




普通高等教育“十一五”国家级规划教材
第六届全国高等学校优秀测绘教材一等奖

网络地理信息系统 原理与技术

(第二版)

● 孟令奎 史文中 张鹏林 黄长青 编著

 科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
第六届全国高等学校优秀测绘教材一等奖
地理信息系统理论与应用丛书

网络地理信息系统原理与技术

(第二版)

孟令奎 史文中 张鹏林 黄长青 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书主要介绍网络地理信息系统相关原理和技术。全书分为十章,分别阐述了 GIS 的发展、计算机网络基础、网络 GIS 基本原理、网络 GIS 数据存储技术、WebGIS 技术、移动 GIS 技术、网格 GIS 技术、基于 P2P 的网络 GIS 技术以及网络 GIS 工程技术与工程管理、常用网络 GIS 软件介绍等内容。书中前九章均附有习题,以加深读者对网络 GIS 的理解与掌握。

本书可作为测绘、遥感、地理信息系统等相关专业的研究生和高年级本科生教材,也可作为相关领域科研和工程技术人员了解、掌握网络 GIS 的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

网络地理信息系统原理与技术/孟令奎等编著.—2 版.—北京:科学出版社,2010

(地理信息系统理论与应用丛书)

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-027586-8

I. ①网… II. ①孟… III. ①计算机网络-应用-地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①P208-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 088209 号

责任编辑:罗 吉/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 5 月第 二 版 印张:22 1/4

2010 年 5 月第六次印刷 字数:508 000

印数:8 501—12 500

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

近年来,网络 GIS 的理论和技术发展十分迅速,相关学科对网络 GIS 的支持力度也越来越大,网络 GIS 这一由多学科、多技术交叉融合而形成的边缘学科的特点愈发明显。

在本书第一版的使用过程中,陆续收到许多高校师生提出的宝贵意见和良好建议,作者在这里表示诚挚的谢意!

为适应网络 GIS 理论和技术的发展并满足教学的需要,我们在原有版本基础上,经过认真分析和遴选,增加了一些新的内容,删除了一些不适宜的部分。全书由原来的 9 章修订为 10 章,新增内容约占原书的 15%,具体如下:

第 3 章,新增网络 GIS 数据特点的介绍。

第 4 章,新增 SAN 在网络 GIS 中的应用的介绍。

第 5 章,新增 WebGIS 应用服务模式的介绍。

第 6 章,新增移动定位技术的介绍。

原第 8 章改为第 9 章,原第 9 章改为第 10 章。

第 10 章(原第 9 章),新增 ArcGIS Server 介绍,删除原来的 § 9.2(开源 WebGIS)和 § 9.3(常用移动 GIS 软件介绍),代之以几个新的网络 GIS 软件的介绍。

鉴于 P2P 技术在最近几年受到广泛的关注,而且它与 GIS 的结合也取得了一定进展,P2P 技术被认为是未来解决网络 GIS 性能瓶颈的重要技术之一。为此,新增第 8 章专门阐述 P2P GIS 技术。

参加本次修订工作的有孟令奎、谢文君、张文、黄长青、张鹏林、周杨。

希望本书的修订能对读者全面了解网络 GIS 及其最新技术进展有所裨益,读者的厚爱和对本书的进一步批评、指正,将激励我们不断地加以改进和完善。

作者

2010 年 3 月于武汉大学

第一版前言

GIS 属于多学科和技术交叉的边缘学科,产生至今已有 40 多年的历史。它的发展得益于各学科和技术的发展与渗透。多媒体技术、虚拟现实技术、数据库技术、图形图像处理技术、网络与通信技术、网络存储技术等日新月异的进步将为 GIS 进一步快速发展提供极其便利的条件。另一方面,国民经济信息化建设步伐的加快促使各行各业在地理空间数据获取、存储、处理、分析、使用以及数据共享与服务等方面的需求日益强烈。此外,随着对地观测和各种数据采集技术的不断进展,GIS 所处理的地理空间数据量空前增长。这些情况表明,GIS 只有走网络化、智能化和多维动态的发展道路,才能符合社会经济发展的客观要求,才能为各行各业提供高性能、高质量的空间信息服务。当前,网络 GIS 在兼收并蓄其他领域理论和技术的基础上,已逐步形成了自己的一套体系,并在发展中不断扩展和完善。它也是目前乃至今后相当长的一段时间内 GIS 发展的象征。

目前,国内不少大专院校开设了地理信息系统、遥感科学与技术、测绘工程及相关的本科专业和摄影测量与遥感、地图学与地理信息系统等硕士和博士专业,许多专业设置了网络 GIS 相关课程,部分专业还将其定为必修课。为配合网络 GIS 的教学和研究,跟踪 GIS 发展进程,弥补国内在网络 GIS 方面资料偏少的缺憾,我们认为有必要编著一本专门介绍网络 GIS 原理与技术的书籍。鉴此,我们在广泛收集资料的基础上,通过认真整理和遴选,结合本单位在网络 GIS 方面的工程实践和研究成果,组织有关人员进行了撰写。希望本书能为读者学习、了解网络 GIS 提供些许帮助。

全书分为九章。第一章主要回顾 GIS 的发展历程,展望 GIS 的发展前景,并简要介绍了网络 GIS 的相关技术;第二章介绍网络 GIS 的基础之一——计算机网络基础,以使读者对计算机网络有一个概要认识或回顾;第三章重点阐述网络 GIS 的基本原理,主要包括网络 GIS 的体系结构、数据组织与管理、数据共享等基础知识;第四章介绍网络 GIS 的数据存储技术,重点讲述了网络存储的若干技术,特别是 NAS 和 SAN,并通过一个实例介绍了网络存储技术在网络 GIS 中的应用;第五章介绍了广为人知的 WebGIS 技术,这也是目前应用最为广泛和成功的一种网络 GIS;第六章阐述目前发展迅速的移动 GIS 技术及其在空间位置服务方面的应用;第七章论述发展潜力巨大的网络 GIS 原理与技术,它也代表了网络 GIS 的重要发展方向;第八章介绍了网络 GIS 工程技术与工程管理;第九章简要介绍了几种常用的网络 GIS 软件,以便读者对实用的网络 GIS 工具软件的功能和特点有所了解。

为配合学习、加深理解,书中前八章均附有大量的习题。在附录中还汇编了书中出现的及常用的术语缩略语,以便读者查阅。

本书可作为测绘、遥感、地理信息系统等相关专业的研究生和高年级本科生教材,也可作为相关领域科研和工程技术人员了解、掌握网络 GIS 的参考用书。

全书主要由孟令奎、史文中、张鹏林编著。参加编写的还有:赵春宇、邓世军、高劲松、

黄长青、林承达、林志勇、毛海霞、吴沉寒。由孟令奎统稿、修订后成书。

在编写过程中,得到了武汉大学遥感信息工程学院和香港理工大学的领导、老师和科研人员的大力帮助和支持;书中的部分图片由香港理工大学的 Sharon Cheung 负责提供;中国矿业大学环境与测绘学院地理信息系陈国良老师对本书提出了许多建议。对他们的帮助、支持和辛勤劳动深表谢意和敬意。我们还参阅、引用了其他书籍和论文的部分内容或思想,在此对相关作者表示衷心感谢。

由于作者水平有限,加之网络 GIS 技术发展很快,新技术、新方法不断涌现,书中定有许多不足甚至错误,敬请读者在阅读时及时加以批评、指正。

作 者

2004 年 12 月于武昌

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 概述	1
§ 1.1 GIS 的发展	1
1.1.1 国际上 GIS 的发展	1
1.1.2 国内 GIS 的发展	3
§ 1.2 GIS 的功能与特点	3
1.2.1 GIS 的功能	3
1.2.2 GIS 的特点	6
§ 1.3 GIS 的主要应用领域	6
1.3.1 “数字城市”	6
1.3.2 “数字流域”	8
1.3.3 物流管理	9
1.3.4 军事	10
1.3.5 位置服务	11
§ 1.4 GIS 的网络化	12
1.4.1 GIS 网络化内涵	12
1.4.2 网络 GIS 相关技术	13
习题一	19
第 2 章 计算机网络基础	21
§ 2.1 计算机网络的形成与发展	21
2.1.1 计算机网络的发展阶段	21
2.1.2 计算机网络协议的标准化进程	22
§ 2.2 计算机网络的基本概念与功能	23
2.2.1 计算机网络的概念	24
2.2.2 计算机网络与分布式计算机系统的区别	24
2.2.3 计算机网络的功能	25
§ 2.3 计算机网络的组成及分类	25
2.3.1 计算机网络的组成	25
2.3.2 计算机网络的分类	26
§ 2.4 数据通信技术	30
2.4.1 数据通信的基本概念	30
2.4.2 数据编码与调制	34

2.4.3	传输介质及其特性	37
2.4.4	多路复用技术	39
2.4.5	广域网数据交换技术	41
§ 2.5	高速计算机信息技术	42
2.5.1	高速计算机信息网络的发展	42
2.5.2	我国高速计算机信息网络的发展	43
2.5.3	宽带 IP 网络技术	43
§ 2.6	无线网络技术	46
2.6.1	无线网络的分类	46
2.6.2	无线局域网	47
2.6.3	无线组网问题	49
习题二	49
第 3 章	网络 GIS 基本原理	52
§ 3.1	网络 GIS 概述	52
3.1.1	传统 GIS 的不足	52
3.1.2	网络 GIS 的特点	53
§ 3.2	网络 GIS 体系结构	54
3.2.1	两层体系结构	54
3.2.2	三层及多层体系结构	55
§ 3.3	网络 GIS 数据组织与管理	59
3.3.1	网络 GIS 数据特点	59
3.3.2	网络 GIS 数据组织策略	60
3.3.3	网络 GIS 数据管理概述	62
3.3.4	空间数据库技术概述	64
3.3.5	对象-关系型空间数据管理技术	66
3.3.6	栅格数据的组织与管理	69
3.3.7	网络 GIS 空间数据库技术新趋势	70
§ 3.4	网络 GIS 的数据共享	73
3.4.1	传统 GIS 数据共享方法	74
3.4.2	分布式空间数据共享	75
3.4.3	空间数据共享平台框架	78
§ 3.5	网络 GIS 中的多服务器技术	81
3.5.1	三层客户/服务器 WebGIS 的服务模型	81
3.5.2	多服务器技术	82
3.5.3	扩展的多服务器技术及其在 WebGIS 中的应用	83
3.5.4	动态负载均衡	85
3.5.5	实现研究与性能分析	87
§ 3.6	网络 GIS 的安全机制	88
3.6.1	空间信息的访问安全	88

3.6.2	空间信息的传输安全	88
3.6.3	机密空间信息的隐藏	89
习题三	90
第4章	网络GIS数据存储	94
§4.1	数据存储概述	94
4.1.1	数据存储技术的发展与分类	94
4.1.2	磁盘阵列技术	96
4.1.3	数据存储接口协议和标准	100
§4.2	网络存储分类	106
4.2.1	直连存储	107
4.2.2	附网存储	107
4.2.3	存储区域网络	111
§4.3	网络存储模式	115
4.3.1	网络存储集成式技术	115
4.3.2	网络存储虚拟化技术	116
§4.4	网络GIS数据存储实例	119
4.4.1	商用网络化存储解决方案简介	119
4.4.2	SAN在空间数据存储管理中的应用	122
4.4.3	SAN在网络GIS中的应用	124
习题四	128
第5章	WebGIS	131
§5.1	WebGIS简介	131
5.1.1	WebGIS基本概念	131
5.1.2	WebGIS的功能与作用	132
5.1.3	WebGIS应用领域	133
5.1.4	WebGIS应用服务模式	133
5.1.5	WebGIS应用前景	135
§5.2	WebGIS分类与特点	135
5.2.1	WebGIS分类	135
5.2.2	WebGIS特点	137
§5.3	WebGIS通信协议及规范	138
5.3.1	通用协议与规范	138
5.3.2	空间数据相关标准与规范	140
§5.4	WebGIS的设计与开发	144
5.4.1	通用网关接口	145
5.4.2	动态网页技术	146
5.4.3	服务器应用程序接口模式	147
5.4.4	插件技术	148
5.4.5	ActiveX技术	150

5.4.6	Java Applet 技术	151
§ 5.5	分布式 WebGIS 技术框架	153
5.5.1	基于 J2EE 的 WebGIS 结构	154
5.5.2	基于 DCOM/COM+ 的 WebGIS 结构	158
5.5.3	基于 CORBA 的 WebGIS 结构	160
5.5.4	基于 .Net 的 WebGIS 结构	162
§ 5.6	WebGIS 应用	166
	习题五	170
第 6 章	移动 GIS	173
§ 6.1	空间移动服务	173
§ 6.2	移动 GIS 概述	174
6.2.1	概述	174
6.2.2	移动 GIS 的发展	175
§ 6.3	移动 GIS 组成与特点	177
6.3.1	移动 GIS 组成	177
6.3.2	移动定位技术	179
6.3.3	移动 GIS 特点	180
§ 6.4	移动 GIS 应用协议	181
6.4.1	无线互联应用协议	181
6.4.2	WAP 基本工作原理及服务网络结构	184
§ 6.5	移动 GIS 应用系统设计技术	186
6.5.1	基于 WAP 的移动 GIS 应用系统结构	186
6.5.2	WML 功能域及支持的设备	188
6.5.3	WML 字符集、语法及核心数据类型	189
6.5.4	导航和事件	192
6.5.5	WML 页面设计	194
§ 6.6	移动 GIS 应用	199
6.6.1	移动 GIS 应用基础——移动电子地图	199
6.6.2	空间位置信息服务	204
	习题六	206
第 7 章	网格 GIS	208
§ 7.1	网格技术概述	208
7.1.1	网格与网格计算	208
7.1.2	网格特点	210
7.1.3	网格体系结构	211
7.1.4	网格关键技术	218
§ 7.2	网格 GIS 概念	220
7.2.1	GIS 的网格化	220
7.2.2	网格 GIS 特点	222

7.2.3 网络 GIS 数据服务类型	224
§ 7.3 网络 GIS 体系结构	226
7.3.1 基础设施层	228
7.3.2 资源服务层	228
7.3.3 核心服务层	229
7.3.4 应用服务与实现层	231
7.3.5 用户层	232
§ 7.4 网络 GIS 关键技术及其实现	233
7.4.1 安全技术体系	233
7.4.2 元信息服务技术	235
7.4.3 资源管理与分配技术	237
7.4.4 数据服务技术	239
7.4.5 网络 GIS 应用技术	241
7.4.6 网络 GIS 集成技术	242
§ 7.5 网络 GIS 应用	244
7.5.1 空间信息网络	244
7.5.2 “数字地球”	246
7.5.3 网络技术在水利信息可视化中的应用	248
习题七	251
第 8 章 P2P GIS	254
§ 8.1 P2P 技术概述	254
8.1.1 P2P 的内涵	254
8.1.2 P2P 的特点	256
8.1.3 P2P 与网络	256
§ 8.2 P2P 分类与应用	257
8.2.1 P2P 的分类	257
8.2.2 P2P 的应用	261
§ 8.3 P2P GIS 概述	264
§ 8.4 P2P 与空间数据查询	265
8.4.1 空间索引	266
8.4.2 基于结构化 P2P 的优化设计方法	268
8.4.3 面向空间数据查询的结构化 P2P 设计	270
§ 8.5 P2P GIS 结构与应用技术	275
8.5.1 P2P GIS 应用架构	275
8.5.2 基于 P2P 的空间数据存储与发现	276
8.5.3 P2P GIS 的空间数据传输	278
8.5.4 P2P GIS 的地理协同工作	281
§ 8.6 P2P GIS 应用实例	282
习题八	287

第 9 章 网络 GIS 工程技术与工程管理	290
§ 9.1 概述	290
9.1.1 工程、工程技术与工程管理	290
9.1.2 网络 GIS 工程技术及工程管理的特点	292
§ 9.2 网络 GIS 工程技术与工程管理框架	292
9.2.1 工程技术与工程管理框架概述	292
9.2.2 工程技术和工程管理与系统生命周期	294
§ 9.3 网络 GIS 工程技术与工程管理方法	296
9.3.1 工程技术阶段任务与技术	296
9.3.2 工程管理功能实现方法	309
习题九	315
第 10 章 常用网络 GIS 软件介绍	318
§ 10.1 常用 WebGIS 软件介绍	318
10.1.1 ArcIMS	318
10.1.2 ArcGIS Server	319
10.1.3 MapXtreme	320
10.1.4 Autodesk MapGuide	321
10.1.5 GeoMedia Web Map	322
10.1.6 GeoBeans	323
§ 10.2 常用移动 GIS 软件介绍	324
10.2.1 ESRI ArcPad	324
10.2.2 MapX Mobile	325
10.2.3 eSuperMap	325
10.2.4 Pocket Map	326
§ 10.3 开源 WebGIS	327
10.3.1 MapServer	327
10.3.2 GeoTools	327
10.3.3 SharpMap	328
主要参考文献	330
附录 常用术语及缩写汇编	334

第 1 章 概 述

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是一种采集、传输、存储、管理、处理、分析、表达和使用地理空间数据的计算机系统,是分析、处理和挖掘海量地理空间数据的通用技术。它集计算机软硬件、地理空间数据和最终用户等几个部分于一体,借助其独有的空间分析功能,准确、真实、图文并茂地输出用户感兴趣的信息。

GIS 的应用范围非常广泛,可用于国土资源评价与管理、环境监测、交通运输管理、城市规划、土地利用等领域,是数字化工程的基础技术,能为行政管理部门和企业等提供决策支持服务。

§ 1.1 GIS 的发展

GIS 的发展以应用为驱动,并以在不同应用领域日益增长的用户需求为导向,不断改进和完善其自身功能,为更多的社会生产部门提供强大的空间信息服务,并逐步走入社会大众的日常生活当中。从技术上讲,GIS 的发展与进步同计算机科学技术的迅速发展密不可分。计算机软硬件技术、网络通信技术的迅猛发展为 GIS 应用系统提供了强大的技术支撑和各种软硬件平台。GIS 属于多学科交叉的产物,它的发展必然受制于或受益于各学科的发展与进步。与此同时,GIS 的成熟与完善同样会推动相关学科的发展与进步。

1.1.1 国际上 GIS 的发展

20 世纪 60 年代是 GIS 的开拓期。最初的 GIS 源于地图制图应用。20 世纪 50 年代末和 60 年代初,计算机开始在各个领域得到广泛应用,并很快地被用于地理空间数据的存储、显示、处理和相关分析,使其成为地图信息存储和计算分析处理的有力工具。人们利用计算机将纸质地图转换为能被计算机识别的数字信号,并以图形方式输出,这就是 GIS 的雏形。1963 年,加拿大测量学家 Roger F. Tomlinson 提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用地图数据,并建议加拿大土地调查局建立 GIS (Canada GIS, CGIS),以实现专题地图的叠加、面积量算、自然资源的管理和规划等,这个 GIS 被认为是世界上第一个 GIS 应用系统。与此同时,美国的 Duane F. Marble 在美国西北大学利用数字计算机研制数据处理软件系统,以支持大规模城市交通应用研究,并提出建立 GIS 的思想。由于当时计算机发展仍处于低水平状态,数据处理能力弱、存储容量小,所以早期的 GIS 更侧重于机助制图功能,地学分析功能相对薄弱。在这个时期,一些 GIS 国际组织和机构相继成立,例如,美国 1966 年成立城市和区域信息系统协会,又于 1969 年建立州信息系统全国协会;国际地理联合会于 1968 年设立了地理数据收集和处理委员会。这些组织

和机构的建立,极大地推动了 GIS 的应用和 GIS 技术的进步。

20 世纪 70 年代是 GIS 的稳步发展期。这一时期的计算机软硬件技术取得了较大的进步,从而推动了计算机应用的普及。磁盘等大容量存储设备的出现,提高了数据处理速度,为存储和处理地理空间数据提供了必要条件。计算机图形用户界面技术的发展,使用户能直接监视数字化操作、查看并编辑制图分析的结果,为人机对话和高质量图形显示提供了保障。在这些技术的支持下,GIS 走向实用发展时期。一些发达国家投入了大量的人力、物力和财力进行 GIS 研究,先后建立了各具特色的 GIS。例如,从 1970 年到 1976 年,美国地质调查研究所建成 50 多个 GIS 应用系统,分别用于处理地形、地质和水资源等不同领域的地理空间数据;1974 年,日本国土地理院建立数字国土信息系统,为国家和地区土地规划服务;瑞典在中央、区域和市三种行政级别上建立了多个信息管理系统,典型的如区域统计数据库、道路数据库、土地测量信息系统、斯德哥尔摩 GIS、城市规划信息系统等。在此期间,国际地理联合会先后于 1972 年和 1979 年两次召开关于 GIS 的学术讨论会。许多大学在这一时期也开始培养 GIS 方面的人才,并创建了 GIS 实验室。总之,GIS 在这个时期逐渐受到政府、大学和商业公司的普遍重视。该时期 GIS 发展的总体特征是:在继承 20 世纪 60 年代已有技术的基础上,充分利用计算机新技术,继续推动 GIS 技术不断进步,不断扩展其应用领域,使其为更多的政府部门和研究人员所重视;但此阶段由于受到技术水平的限制,系统的数据分析能力仍然很弱,在理论和技术上没有新的突破,GIS 的应用与开发未能形成规模。

20 世纪 80 年代是 GIS 的应用推广期。这一时期计算机科学技术的飞速发展推动了 GIS 技术的蓬勃发展。图形工作站和个人计算机(Personal Computer, PC)的出现与应用,使得 GIS 的应用更加灵活方便,其应用领域也不断扩大。与此同时,计算机软硬件技术的发展,特别是计算机通信网络的迅速普及与应用,改变了传统 GIS 软件的开发和应用模式,新的 GIS 体系结构不断涌现,基于网络的 GIS 也进入了研发阶段,GIS 逐渐走向成熟。在这一时期,国际上涌现了一大批具有代表性的商用 GIS 软件,如 Arc/Info、GENAMAP、SPANS、MapInfo 等。许多国家还建立了政府性和学术性的研究机构,如美国于 1987 年成立了国家地理信息与分析中心,英国于 1987 年成立了地理信息协会。另外,商业性的咨询公司以及软件制造商也大量涌现,并能为用户提供系列化、专业化的服务。这一时期 GIS 发展的显著特点是:GIS 应用全面推广,不仅是从发达国家到发展中国家的延伸,也包括向多学科、多领域的拓展和渗透;另外,在技术上,GIS 取得了一系列突破性进展,新的软件开发技术不断应用于 GIS 的研发过程中,并不断向网络应用方向迈进。此时,GIS 从功能单一、分散的系统向多功能、综合性的方向发展。

20 世纪 90 年代为 GIS 的用户期。该时期计算机通信网络基础设施得到极大改善和提高,特别是 Internet 得到迅速普及与广泛应用,改变了传统的软件开发模式和信息共享与服务方式。GIS 作为空间信息管理与服务的应用系统,也顺应了这一发展趋势。这一时期社会对 GIS 的认同率也不断提高,应用范围和领域不断拓宽,GIS 成为许多政府决策部门的工作系统,从而在很大程度上改变了原有机构的认知水平、运行方式和工作模式。另一方面,世界各国积极加强各自的信息基础设施建设,空间信息基础设施就是这一计划的重要组成部分。1998 年,美国前副总统戈尔提出的“数字地球”战略思想,引起了全世界 GIS 专家的广泛关注和企业的研究热潮,世界各国纷纷投入“数字地球”的建设。这一时

期 GIS 发展的显著特点是:GIS 已迅速成长为一个新兴的信息产业,数字化信息产品及空间信息服务需求迅速增长,市场潜力巨大,GIS 的应用与服务走向区域化和全球化。

进入 21 世纪以来,信息技术蓬勃发展,新理念、新技术、新标准、新应用不断出现并得到推广,其中网络数据存储技术及高性能计算等技术取得了长足进步。这些技术为 GIS 向纵深发展奠定了坚实的基础。无线通信技术和移动定位技术与 GIS 技术的结合为空间信息服务增添了新的服务方式和经济增长点。网格计算、虚拟现实、“3S”集成等更多高新技术的发展和运用,为 GIS 技术的发展和运用开辟了更多更新的前沿科研方向,GIS 的应用前景变得愈加广阔。可以预见,GIS 将为人类生产和生活带来越来越多的便利。

1.1.2 国内 GIS 的发展

我国在 GIS 领域的研究工作起步较晚。当前我国 GIS 发展的策略是:在引进和借鉴国外 GIS 的技术基础之上,不断研究开发具有自主知识产权的 GIS 软硬件平台。

20 世纪 80 年代初,中国科学院遥感应用研究所在全国率先成立了 GIS 研究室,这是我国开始 GIS 研究开发工作的标志。进入“七五”计划后,即 20 世纪 80 年代中期,GIS 在我国进入发展阶段。政府大力支持 GIS 研究,鼓励引进国外 GIS 软件开展应用研究。

“八五”计划期间是我国 GIS 的快速发展阶段。面对国内广阔的 GIS 市场,许多高校和研究机构开始研制实用的 GIS 软件,推出了 GeoStar、MapGIS、CityStar、ViewGIS 等一批具有自主知识产权的 GIS 软件,并投入市场推广使用。1994 年,中国 GIS 协会在北京成立,标志着国内 GIS 行业已形成一定规模。“九五”计划中,我国政府认识到研究开发自主知识产权的 GIS 软件的重要性,将“国产 GIS 软件开发与商品化”列为“九五”计划重中之重项目,大力提倡开发和推广国产 GIS 软件。因此,在政府、GIS 专家和企业的共同努力下,GIS 取得了长足进步。1996 年,为支持国产 GIS 软件的发展,科学技术部(原国家科学技术委员会)开始组织 GIS 软件测评,并组织应用示范工程,采取每年测评的方式,对国内 GIS 软件开发实行优胜劣汰、滚动支持,开创了国产 GIS 软件研究开发与推广应用的新局面。到 1998 年,国产软件已打破国外 GIS 软件在国内长期的垄断格局。

“十五”期间,我国继续支持和发展国产 GIS 软件产业,实施第四代 GIS 软件的研究与开发,并积极开拓国际市场。

§ 1.2 GIS 的功能与特点

1.2.1 GIS 的功能

GIS 作为一个独立的软件系统,必须具备五个基本功能,即数据输入、数据编辑、数据存储与管理、空间查询与空间分析、图形输出与交互操作。

1. 数据输入

数据是 GIS 的基础和命脉,缺少了数据的 GIS 就像是无源之水、无本之木。因此,数据输入(也称数据录入)是 GIS 基本功能的重要组成部分,它是指将现实世界中的各种地理空间数据和非空间数据,如地图数据、测量数据、遥感数据、统计数据及文字报告等,输

入或者转换成计算机可识别处理的数字信号形式的数据的功能。从 GIS 产生之初到目前的发展水平,地图和专题图一直是 GIS 的重要数据源。

地理空间数据的输入方式主要有三种:一是手扶跟踪数字化和扫描矢量化方式,早期的地图数据一般是由地图数字化扫描后得到的;二是直接获取数字化形式的数据,如测量数据、遥感数据等;三是转换原有系统的空间数据,为新系统所用,即数据转换的方式。非空间数据的录入一般要通过键盘人工录入,该项工作比较繁琐,容易出错,必须通过反复地检查以保证录入数据的正确性。

数据输入的可靠性、完备性和准确性在很大程度上影响 GIS 的可用性,因此数据输入过程中要把好质量关。较高的数据质量对于评定 GIS 的算法、减少 GIS 设计与开发的难度都具有重要意义。

2. 数据编辑

与数据输入一样,数据编辑也是控制 GIS 数据质量的一个重要环节。数据编辑主要是对空间实体数据、属性数据以及实体之间相互关系的编辑,包括图形坐标变换、图形编辑、图形整饰、图幅接边、拓扑关系的自动建立、数据压缩、空间数据格式转换等。

图形坐标变化包括图幅数据的坐标变换、几何纠正等,往往也包括地图投影变换。

图形编辑对地图资料数字化后的数据进行编辑加工,应用于拓扑关系建立之前,旨在改正数字化过程中的各种错误,如节点之间不吻合、节点与线之间不吻合、存在假节点等情况。

图幅接边是指将多张数字化地图按格网拼装为一个图层,在边界不一致的情况下,要进行边缘匹配处理。接边的目的是使相同类型的空间地物对象属于同一图层,以便按专题分类,建立专题图层,用于分析、决策。

拓扑关系的自动建立包括点线拓扑关系、多边形拓扑关系等的自动建立过程(现有的商用 GIS 中,有的已经不再强调拓扑关系概念)。

数据压缩是指删除冗余数据,减少数据的存储量,以节省存储空间,加快后继处理速度。

空间数据格式转换包括矢量向栅格数据的转换、栅格向矢量数据的转换。

3. 数据存储与管理

数据的存储与管理是 GIS 中至关重要的一个内容,它主要提供空间与属性数据的存储、查询检索、修改和更新等功能,是 GIS 应用系统能否成功运行的关键。此外,GIS 所处理的空间数据具有存储量大、数据种类复杂、多样化等特点,因此设计高效的存储空间存储和管理方式一直是 GIS 技术发展过程中需要解决的问题。

传统的空间数据存储和管理采用空间数据和属性数据分开进行的形式,使用关系数据库存储管理属性数据,用文本或其他自定义的形式保存空间对象的几何数据。这种管理模式存在许多弊端,不适合海量空间数据的存储与管理,其空间数据查询检索速度慢,安全性和交互性差,不能满足海量高效的空間信息服务要求。

随着计算机软件技术特别是数据库技术的不断发展与进步,GIS 应用系统中的空间数据开始采用商用数据库管理系统进行管理,它经历了关系数据库与文件系统并存的方式、纯关系数据库方式、对象-关系型数据库管理方式以及纯面向对象数据库管理方式等过程。由于商用数据库管理系统并不是针对空间数据等特殊数据类型设计的,所以大多

数 GIS 企业和数据库企业在其产品中扩展了空间数据管理模块,如 ESRI 的 ArcSDE、Oracle 的 Oracle Spatial 等。采用扩展的或专门的商用数据库管理系统进行空间数据的组织与管理有效地提高了空间数据查询检索的效率,增强了空间数据的安全性和空间数据组织、录入、编辑、更新的灵活性,这种方式提供了高效的并发控制机制,从而极大地提高了处理海量空间数据的速度,使 GIS 的应用向更广泛的领域拓展。

4. 空间查询与空间分析

空间查询与空间分析是 GIS 的核心功能,是 GIS 区别于其他计算机辅助设计系统(如 AutoCAD)的重要特征。GIS 不仅具备对海量空间数据进行高效存储与管理的能力,还可根据特定条件对空间数据进行查询和检索,并实现在现有空间数据基础上的统计分析和深加工(如空间数据挖掘、知识发现等),从而提供辅助决策信息。

GIS 的空间查询包括位置查询、属性查询和拓扑查询等。

GIS 的空间分析一般包括统计分类分析、DEM 分析、路径分析、叠置分析、缓冲区分析和网络分析等。

(1) 统计分类分析

用于数据分类和综合评价。包括主成分分析、层次分析、系统聚类分析和判别分析。

(2) DEM 分析

主要描述地面起伏状况,可用于提取各种地形参数。DEM 有多种表达方法,包括等高线、三角网和格网等。

(3) 路径分析

用于最佳路径选择,达到最低耗费和省时目的,是网络分析的一种。

(4) 叠置分析

该分析功能是 GIS 最常用的提取空间隐含信息的手段之一。通过对有关主题层的叠加,形成一个新的数据层,其结果综合了原来所有层的信息。

(5) 缓冲区分析

该分析功能是解决邻近度问题的空间分析工具之一,用来研究地理空间目标的某个影响范围或服务范围内的情况。

(6) 网络分析

该分析功能是解决最佳路径、最佳布局中心等问题的空间分析工具,用于优化网络的布局(如城市道路网、电网等),形成合理的物质流、信息流。

5. 图形输出与交互操作

类似于大多数的计算机辅助设计应用系统,GIS 为用户提供了可视化的操作界面。GIS 中的空间数据编辑等处理过程均可通过可视化的操作方式进行。用户通过人机交互界面可对二维(2D)或三维(3D)的地图数据进行交互式地操作,完成绘制、编辑以及属性录入等一系列作业过程。同时,GIS 提供了完备的专题图制作、地图编辑以及打印输出等功能,可为生产单位制作符合实际需求的简报、图表、数据报表等数字产品。

用户还可以方便地缩放、漫游一幅数字化地图,并可灵活地进行图层控制、标注显示、样式表达、符号设计等。例如,根据地块的类型施以不同的颜色显示,或根据学校的规模给代表学校的点设置不同尺寸的符号。同时,可以交互式地操作通过空间分析或查询所得到的新结果集,例如,寻找在超市附近 500m 以内的所有家庭儿童的数量,或者查看道