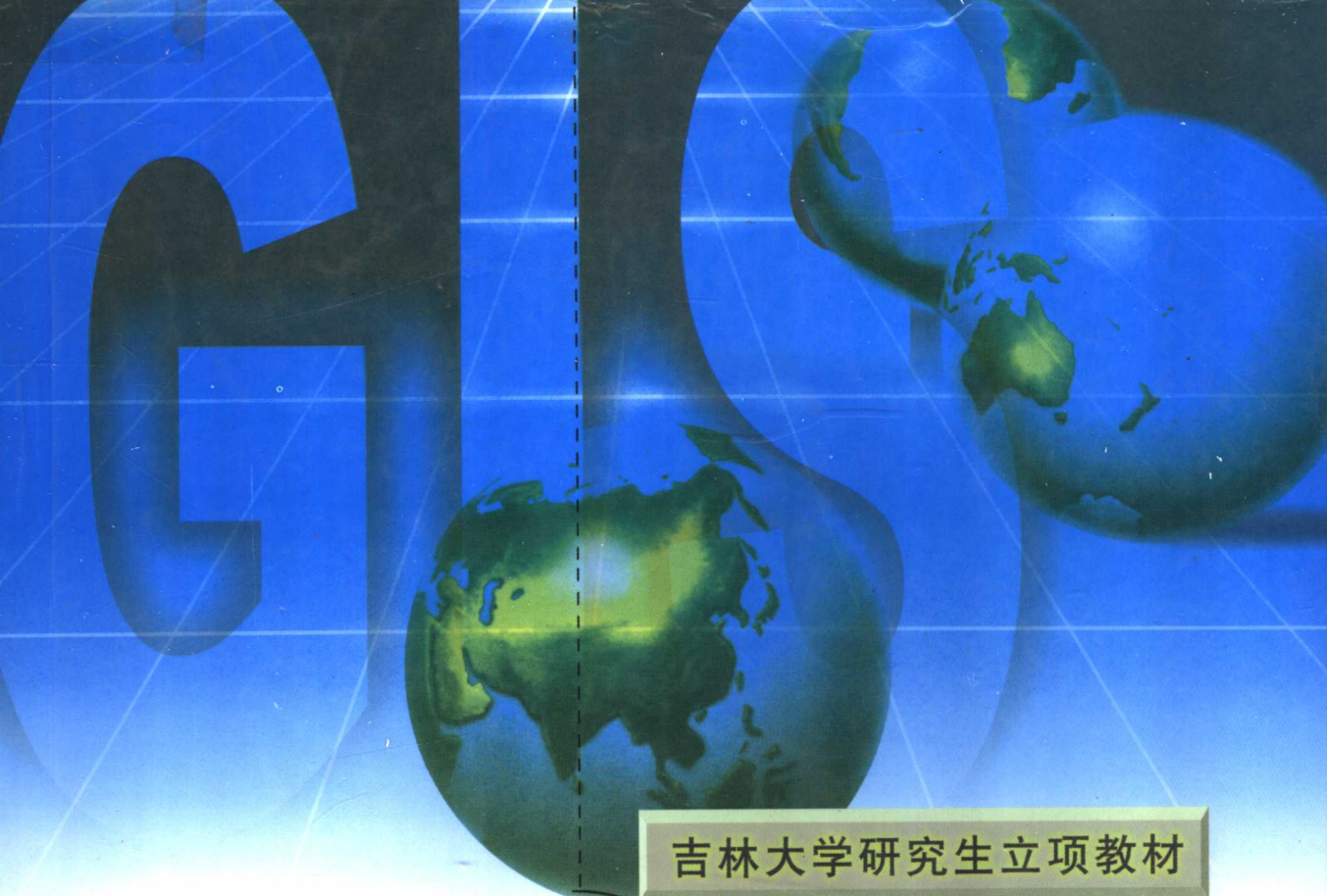




吉林大学研究生立项教材

叶水盛 王世称 刘万崧 刘光胜 马生忠 编著

GIS 基本原理 与应用开发



吉林大学出版社



GIS 基本原理与应用开发

叶水盛 王世称 刘万崧 刘光胜 马生忠

图书在版编目 (CIP) 数据

GIS 基本原理与应用开发/叶水盛编著. —长春:
吉林大学出版社, 2004.7
ISBN 7-5601-3072-0

I . G… II . 叶… III . 地理信息系统 IV . P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 079049 号

GIS 基本原理与应用开发

叶水盛 王世称 刘万崧 刘光胜 马生忠

责任编辑、责任校对: 许海生	封面设计: 孙 群
吉林大学出版社出版 (长春市明德路 421 号)	吉林大学出版社发行 吉林农业大学印刷厂印刷
开本: 787×1092 毫米 1/16	2004 年 8 月第 1 版
印张: 32.5	2004 年 8 月第 1 次印刷
字数: 780 千字	印数: 1—500 册
ISBN 7-5601-3072-0/P·30	定价: 42.00 元

内容提要

本书分上、中、下三篇。上篇介绍了地理信息系统的基本概念、数据结构、空间分析等基本知识；中篇介绍了目前国内较流行的GIS工具软件，MAPGIS和Arc GIS的原理及操作使用；下篇是以开发应用实例，阐述了基于GIS平台二次开发的全过程。

为了满足不同层次的读者需要，本书按基础知识、实际操作、软件设计三个层次组织编写。入门读者可以从头到尾循序渐进地学习；系统使用者可直接从中篇入手学习；对开发人员可以从下篇学习其中有参考价值的内容。本书可作为研究生教材，也可作为地理信息系统、软件工程等专业本科生的教材，还可作为其他相关专业研究人员应用和开发地理信息系统的技术参考书。

前 言

当今世界正处于信息革命的进程中，以信息技术为主要标志的科技进步日新月异，继信息高速公路、知识经济之后，又提出数字地球，预示着人类社会、经济、生活将要发生新的巨大变化。

数字地球是一个全球信息系统，一个开放的联合，是目前遥感系统、地理信息系统、全球定位系统、宽带网络技术、仿真技术与虚拟现实技术的高度综合和升华。这是在计算机世界里创造的一个崭新的“地球”，只要在计算机上轻轻点触键盘、鼠标等操作设备，“地球”上任何地方的气候、植被、水文等与地理位置有关的信息都能完整、详细、快速地展现在你的面前。与此同时，有关现实世界中的政治、军事、经济、文化等信息也动态地呈现在你面前。

地理信息系统 (Geographic Information System, 简记GIS) 是数字地球这项巨大信息工程的重要技术支撑。在应用型地理信息系统的开发与应用的实践中，人们逐步认识到：工具型地理信息系统与不同领域的专业技术相结合的程度，是地理信息系统能否发挥更大作用的关键。

近年来，在承担国家攀登项目、原地矿部高科技项目中，尝试将地理信息系统与综合信息矿产预测理论方法相结合，进行矿产资源预测，收到了良好效果。在总结多年应用GIS、开发实用型GIS的经验和从事研究生、本科生GIS教学体会的基础上，撰写了本书。希望能够对学习和应用GIS的研究生和本科生以及专业技术人员起到帮助作用。

本书内容分为三篇：上篇介绍了地理信息系统基础理论知识；中篇介绍了在我国具有较多用户的两个工具型地理信息系统软件MAPGIS和ArcGIS；下篇通过阐述“综合信息矿产预测系统”的建造过程，介绍了实用型地理信息系统的开发技术。以开发GIS为主的读者可阅读下篇；以使用GIS为主的读者，可阅读中篇；以学习GIS为主的读者，可阅读上篇。虽然本书重点章节（下篇），是以地学实践为基础而撰写的，但所讲述的方法、技术对其他行业都是适用的，具有普遍的推广使用价值。

本书经精心策划，吸取同类书的精华，集多年科研成果与教学经验于书中；将学习GIS、使用GIS、开发GIS汇于一书；集GIS、ES、RS于一体，突出了本书的实用性。同时将作者的最新研究成果：空间信息集成的新技术；信息新内涵；地理信息系统将沿着数字GIS、知识GIS、智能GIS的趋势向前发展；信息地球将沿着数字地球、知识地球、智能地球的轨迹向前发展等，写入书中。从现实中展望未来，注重本书的前瞻性。

本书编写过程中，在边馥苓、张超、吴信才、毛锋、胡鹏、党安荣等专家、学者的专著中，较多地引用了基础知识和实用资料，特此向他们表示深深的谢意。在撰写过程中还参考了很多书刊，在此对作者一并表示感谢。

由于作者水平和知识面等诸多原因，书中错误和不足在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

2004年6月

目 录

绪 论	1
§ 0.1 地理信息系统的发展历程	1
0.1.1 地理信息系统发展的科学背景	1
0.1.2 世界范围内地理信息系统的发展回顾	1
0.1.3 我国地理信息系统的发展回顾	3
0.1.4 数字地球——一个超大的信息系统	4
§ 0.2 展望地理信息系统的未来	5
0.2.1 从理论技术角度展望发展趋势	5
0.2.2 从经济市场角度展望发展趋势	9
0.2.3 从信息处理角度展望发展趋势	13

上篇 地理信息系统基本原理

第一章 地理信息系统的基础简介	17
§ 1.1 地理信息系统的概念和组成	17
1.1.1 地理信息系统的概念	17
1.1.2 地理信息系统的组成	22
§ 1.2 地理信息系统的特点和功能	25
1.2.1 地理信息系统的特点	25
1.2.2 地理信息系统的基本功能	26
§ 1.3 地理信息系统的属性和目标	27
1.3.1 地理信息系统的属性	27
1.3.2 地理信息系统的目标	28
§ 1.4 地理信息系统的研究内容及应用	29
1.4.1 地理信息系统的研究内容	29
1.4.2 地理信息系统的应用依据	30
1.4.3 地理信息系统的效益分析	33
第二章 地理信息系统的数据管理	37
§ 2.1 地理信息系统的空间特性	37
2.1.1 空间实体及描述	37
2.1.2 空间问题概述	44
2.1.3 空间处理方法	51

§ 2.2 地理信息系统的数据采集·····	64
2.2.1 数据源·····	64
2.2.2 数据质量·····	71
2.2.3 数据的输入和检核·····	75
2.2.4 数据的存贮和输出·····	87
§ 2.3 地理信息系统的数据结构·····	90
2.3.1 数据结构分类·····	90
2.3.2 栅格数据结构·····	92
2.3.3 矢量数据结构·····	100
2.3.4 栅格和矢量数据结构的选择与转换·····	110
2.3.5 空间数据分层组织·····	117
§ 2.4 地理信息系统的空间数据管理与库设计·····	119
2.4.1 数据管理·····	120
2.4.2 数据模型·····	123
2.4.3 空间数据库的设计与实现·····	133
§ 2.5 地理信息系统的地图投影·····	136
2.5.1 地图投影的基本原理·····	136
2.5.2 地图投影的设计与配置·····	141
2.5.3 我国常用的地图投影配置与计算·····	144
第三章 地理信息系统的空间分析·····	149
§ 3.1 地理信息系统的空间分析模型·····	149
3.1.1 数学建模简介·····	149
3.1.2 空间分析模型·····	152
§ 3.2 地理信息系统的空间分析方法·····	187
3.2.1 空间分析概念·····	188
3.2.2 空间分析方法·····	189
3.2.3 空间数据查询与统计分析·····	209
第四章 地理信息系统的产品输出·····	217
§ 4.1 地理信息系统的绘图输出·····	217
4.1.1 地理信息系统产品类型·····	217
4.1.2 矢量形式绘图输出·····	219
4.1.3 栅格形式绘图输出·····	224
4.1.4 统计图表输出·····	226
§ 4.2 地图符号库、汉字库及颜色库·····	226
4.2.1 地图符号库·····	227
4.2.2 汉字库·····	237
4.2.3 颜色库·····	239

第五章 地理信息系统的开发和建设	240
§ 5.1 地理信息系统工程化思想	240
5.1.1 地理信息系统工程概念	240
5.1.2 地理信息系统工程化思想	242
§ 5.2 地理信息系统工程建设	245
5.2.1 地理信息系统开发步骤	246
5.2.2 地理信息系统文档设计	256
第六章 地理信息系统的新发展	263
§ 6.1 地理信息系统的三维技术	263
6.1.1 三维地理信息系统概述	263
6.1.2 三维数据结构	264
6.1.3 三维数据的显示	272
6.1.4 三维地理信息系统的设计	277
6.1.5 三维GIS在石油勘探中的应用实例	280
§ 6.2 地理信息系统的网络技术	282
6.2.1 计算机的网络基础	282
6.2.2 地理信息系统网络规划与实施	292
6.2.3 Web GIS	298
6.2.4 地理信息系统网络工程应用实例	304
§ 6.3 GIS与虚拟现实技术的结合	307
6.3.1 虚拟现实技术简介	307
6.3.2 VR的意义	309

中篇 国内两种主流GIS软件简介

第七章 MAPGIS 软件系统	310
§ 7.1 MAPGIS 地理信息系统概述	310
7.1.1 系统总体结构	310
7.1.2 系统的特点	311
7.1.3 系统的运行环境	312
§ 7.2 MAPGIS 数据输入	312
7.2.1 数字化输入子系统	312
7.2.2 智能扫描矢量化	316
§ 7.3 图形数据编辑处理	319
7.3.1 图形编辑子系统	319
7.3.2 拓朴处理及实用工具	329
7.3.3 系统库编辑子系统	331

7.3.4	误差校正子系统	334
7.3.5	投影变换子系统	336
§ 7.4	数据库管理	342
7.4.1	图形库管理子系统	342
7.4.2	属性管理子系统	348
§ 7.5	空间分析	351
7.5.1	空间分析子系统	351
7.5.2	数字高程模型子系统	357
7.5.3	多源图像处理分析子系统	361
7.5.4	图像配准镶嵌子系统	365
§ 7.6	MAPGIS 输出	367
7.6.1	输出子系统	367
7.6.2	数据接口转换子系统	369
第八章	ArcGIS 系列软件	375
§ 8.1	ArcGIS 8 软件概述	375
8.1.1	ArcGIS 桌面	375
8.1.2	ArcSDE	385
8.1.3	ArcIMS	387
§ 8.2	ArcMap 应用简介	389
8.2.1	ArcMap 启动过程	389
8.2.2	ArcMap 窗口组成	390
8.2.3	ArcMap 窗口操作	394
8.2.4	ArcMap 联机帮助	396
8.2.5	ArcMap 地图编辑	396
8.2.6	ArcMap 制图输出	397
8.2.7	ArcMap 符号操作	399
8.2.8	ArcMap 分析操作	401
8.2.9	ArcMap 图形操作	404
8.2.10	ArcMap 数据编辑	405
8.2.11	ArcMap 网络分析	408
8.2.12	ArcMap 地理参考与编码	409
8.2.13	ArcMap 用户定制	410
§ 8.3	ArcCatalog 应用简介	413
8.3.1	ArcCatalog 应用基础	413
8.3.2	目录树创建	414
8.3.3	目录内容浏览与搜索	415
8.3.4	地图与图层操作	416

8.3.5 地理数据管理	417
8.3.6 Coverage 操作	418
8.3.7 Shapefile 和 CAD 文件操作	420
8.3.8 ArcCatalog 元数据	422
8.3.9 ArcCatalog 地理编码	424
§ 8.4 ArcToolbox 应用简介	425
8.4.1 ArcToolbox 应用基础	425
8.4.2 ArcToolbox 主要工具	428
§ 8.5 地理数据库概述	430
8.5.1 地理数据库的基本概念	430
8.5.2 地理数据库设计与建立	432
8.5.3 地理数据库的基本操作	432

下篇 矿产预测 GIS 应用系统的研制

第九章 立项需求分析	434
§ 9.1 综合信息矿产预测系统研制的意义及内容	434
9.1.1 研制意义	434
9.1.2 研制内容	435
§ 9.2 国内外同类研究现状	436
9.2.1 地理信息系统的进展	436
9.2.2 地球学科的特点及 GIS 技术在地质上的适用性	437
第十章 综合信息矿产预测方法分析及软件设计	439
§ 10.1 综合信息预测方法的基本工作流程	439
§ 10.2 金矿综合信息预测方法的特点	439
10.2.1 建立金矿床的模型和预测单元	439
10.2.2 金矿床的预测途径和方法	441
§ 10.3 综合信息矿产预测系统的总体结构设计	441
§ 10.4 多源地学信息图层管理设计	442
10.4.1 图层命名编码设计	443
10.4.2 图层管理设计	444
§ 10.5 多源地学数据库管理设计	445
10.5.1 系统属性库设计	445
10.5.2 系统的非空间数据库设计	448
10.5.3 系统数据库流程	450
§ 10.6 系统标准化设计	451
10.6.1 程序编写规范	451

10.6.2 软件文档·····	453
第十一章 建造综合信息矿产预测系统 ·····	455
§ 11.1 系统用户界面及主要功能·····	455
11.1.1 用户界面设计·····	455
11.1.2 系统主要功能·····	455
§ 11.2 物探解译子系统·····	457
11.2.1 物探解译原理·····	457
11.2.2 物探解译模块设计·····	457
11.2.3 轴线提取的原理与方法·····	460
§ 11.3 化探解译子系统·····	464
11.3.1 化探解译原理·····	464
11.3.2 化探解译模块设计·····	465
11.3.3 化探剩余异常分析·····	468
§ 11.4 地质解译子系统·····	469
11.4.1 地质解译原理·····	470
11.4.2 地质解译模块设计·····	471
§ 11.5 综合预测子系统·····	474
11.5.1 信息综合·····	475
11.5.2 综合预测·····	478
§ 11.6 系统特点及运行方式·····	483
附录1 MAPGIS 二次开发示例 ·····	486
附录2 ArcGIS 二次开发示例 ·····	496
参考文献 ·····	506

绪 论

当前人类社会已经步入信息社会(知识经济时代),一场以信息技术为核心的革命使人类社会在物质文明和精神文明方面取得了长足的进步。美国未来学家,《世界未来协会》理事长柯尼仕指出:“深入生活各层次的信息革命在未来的25年(即2025年)内将彻底改变人类的生产和生活方式”,并预言:信息将取代土地、能源、资本和劳动力,成为快速创造财富的全球最珍贵的资源。信息社会是一个知识化的社会,信息大爆炸导致了信息在采集、存储、处理、检索、分析和显示技术上的重大变革。作为全球信息化浪潮重要组成部分的地理信息系统(简称GIS)的建设与应用,日益受到科技界、企业界和政府部门的广泛重视。中国科学院院士、原国家科技部部长徐冠华曾指出:“GIS产业是关系到国民经济增长、社会发展和国家安全的战略性产业,它不仅为国家创造直接的经济效益,而且是其它众多产业的推动力,对众多经济领域具有辐射作用,能在国民经济的发展中起到倍增器的效果,其渗透作用已深刻影响到国民经济的各个方面。”

§ 0.1 地理信息系统的发展历程

0.1.1 地理信息系统发展的科学背景

地理信息系统技术的创立和发展,与地理空间信息的表示、处理、分析和应用手段的不断发展紧密相连。

在上世纪60年代,美国麻省理工学院首次提出计算机图形学术语,并证明了交互计算机图形学是一个可行、有用的研究领域,从而显示出这一科学分支的独立地位。而后在计算机图形学的基础上出现了计算机数字地图。

地理信息系统也从上世纪60年代开始,由机助制图逐步发展起来。60年代初,计算机技术开始用于地图量算、分析和制作,机助制图由于具有快速、灵活、易于更新、质量可靠、便于存储、量测、分类、合并和覆盖分析等优点而迅速发展起来。到60年代中期,由于大量空间环境数据存储、分析和显示技术方法的改进,以及计算机技术在自然资源和环境数据处理中应用的迅速发展,致使计算机辅助制图和空间数据分析在数据自动采集、数据分析和显示技术这些分支领域都倾向于发展有效的手段,用以从现实世界中按特殊的应用目的来采集、存储、检索分析、传输可显示的空间数据,最终导致了地理信息系统的产生。

0.1.2 世界范围内地理信息系统的发展回顾

地理信息系统自上个世纪60年代问世以来共经历了几个发展时期,在40年的发展历程中已经取得了很大的成就,成为信息产业的重要组成部分。

20世纪60年代是地理信息系统的摇篮时期,出现了许多相关的组织机构。1963年,加

拿大测量学家 R. F. Tomlinson 博士提出把常规地图变成数字形式地图, 进而存入计算机的想法, 并建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统 (CGIS), 用于自然资源的管理和规划。这一时期, 地理信息系统发展的另一个标志是许多与地理信息系统有关的组织机构纷纷建立。例如, 1966 年美国成立了城市和区域信息系统协会 (URISA), 1969 年成立了州信息系统全国协会 (NASIS)。此外, 国际地理联合会 (IGU) 于 1968 年设立了地理数据收集和处理委员会 (CGDSP), 这些组织和机构的建立, 对于传播地理信息系统的知识和发展地理信息系统技术, 起到了重要的作用。

到了上个世纪 70 年代, 在西方地理信息系统进入了蓬勃发展的时期。由于计算机硬件和软件技术的飞速发展, 尤其是大容量存取设备——硬盘的使用, 为空间数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的手段。用户屏幕和图形、图像卡的发展增强了人机对话和高质量图形显示功能, 促使地理信息系统向实用方向迅速发展。一些发达国家先后成立了不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统。如美国地质调查所发展了多个地理信息系统, 用于获取和处理地质、地理、地形和水资源信息; 日本国土地理院从 1974 年开始建立数字国土信息系统, 存储、处理和检索测量数据、航空像片、行政区划、土地利用、地形地质等信息为国家和地区土地规划服务; 瑞典在中央、区域和市三级上建立了许多信息系统, 比较典型的有区域统计数据库、道路数据库、土地测量信息系统、城市规划信息系统等; 法国建立了地理数据库 GITAN 系统和深部地球物理信息系统。

在 20 世纪 80 年代, 地理信息系统进入了普及和推广阶段。由于计算机的发展, 推出了图形工作站和个人计算机等性能价格比大为提高的新一代计算机, 加上计算机网络的建立, 使地理信息的传输效率得到了极大的提高。随着计算机软、硬件技术的发展和普及, 大大推动了地理信息系统软件的发展。这期间, 地理信息系统的数据处理能力、空间分析能力、人机交互、地图输入、地图编辑和输出等技术均有较大的发展。地理数据的处理开始同数学模型、模拟决策工具相结合, 应用不断向横向和纵向发展, 并转向更为复杂的区域开发。开展地理信息系统工作的国家和地区更为广泛, 国际合作日益加强, 开始探讨建立国际性的地理信息系统, 地理信息系统由发达国家推向发展中国家, 如中国。市场上出现了一些有代表性的专业软件, 如 ARC/INFO、IGDS/MRS、TIGRIS、GENAMAP、MGEDENG 等。在地理信息系统理论指导下研制的地理信息系统工具具有更高效率和更强的独立性与通用性, 更少依赖与应用领域和计算机硬件环境, 为地理信息系统的应用开辟了新的途径。

20 世纪 90 年代, 地理信息系统进入了社会化的阶段。随着地理信息产业的建立和数字化信息产品在全世界的普及, 地理信息系统深入到各行各业。投入使用的地理信息系统, 每 2 到 3 年就翻一番, 其市场的年增长率达到了 35% 以上, 从事地理信息系统的厂家超过一千家。一些政府决策部门在一定程度上受地理信息系统影响而改变了现有机构的运行方式、设置与工作计划等。在这一阶段, 地理信息系统开发和研究主要集中在下列一些方向: 空间信息分析的新模式和新方法; 空间信息应用模型; 地理信息系统的效益评价; 三维、四维空间数据结构和数学模型; 人工智能和专家系统的引入; 网络地理信息系统; 虚拟现实技术与地理信息系统的结合等。

进入 21 世纪, 地理信息系统这一关系国家综合竞争实力的技术正在向着更深、更广的

方向快速发展。

0.1.3 我国地理信息系统的发展回顾

地理信息系统的研制与应用在我国起步较晚,但发展较快,发展势头迅猛。GIS在中国的发展可分为四个阶段。

从1970年到1979年为准备阶段。上世纪70年代初,我国开始探讨计算机在测量、地图制图和遥感领域的应用。例如,1972年开始研制制图自动化系统,1974年引进美国地球资源卫星图像,开展了卫星图像的处理与信息解译工作,随后召开了各种区域性遥感技术规划会议,先后开展了多项环境卫星系列数据与图像的接收、处理和应用的实验,如京津唐地区红外遥感实验、新疆哈密地区航空遥感实验等。此外,还开展了全国范围的航空摄影测量与地形制图,为我国地理信息系统数据库的建立打下了坚实的基础,并在1977年诞生了我国第一张全要素数字地图。所有这些都为我国地理信息系统的研制和开发做了物质和技术的准备,为GIS的发展开辟了道路。

1980年到1985年为起步阶段。1980年中国科学院遥感应用研究所成立了全国第一个GIS研究室。在这段时期,我国完成了技术引进、数据规范和标准的研究、空间数据库的建立、数据处理和分析算法以及应用软件的开发等,对GIS进行了理论探索和区域性的实验研究。在全国大地测量和数字地面模型建立的基础上建成了 $1:100\times 10^4$ 国土基础信息系统和全国土地信息系统, $1:400\times 10^4$ 全国资源和环境信息系统, $1:250\times 10^4$ 水土保持信息系统。此外,国际GIS学术会议多次在我国举行,有关高校开设了地理信息系统课程。这一切均为GIS在我国的进一步发展和实际应用打下了基础。

从1986年到1995年,我国GIS进入了发展阶段。GIS的研究和应用进入有组织、有计划、有目标的阶段,逐步建立了不同层次、不同规模的组织机构、研究中心和实验室。1994年,中国GIS协会在北京成立。GIS研究逐步与国民经济建设和社会生活需求相结合,并取得了重要进展和实际应用效益。主要表现在四个方面:(1)制定了国家地理信息系统规范,解决了信息共享和系统兼容的问题,为全国地理信息系统的建立做准备。(2)应用型GIS发展迅速。(3)在引进的基础上扩充和研制了一批软件。(4)开始出版有关地理信息系统理论、技术和应用等方面的书籍,并积极参加国际合作,参与全球性GIS的讨论和实验。1992年10月,联合国经济发展部(UNDESD)在北京召开了城市GIS学术讨论会,对指导、协调和推动我国GIS发展起了重要作用。

1996年以来,我国GIS的发展进入了产业化阶段。在技术研究、成果应用、人才培养、软件开发等方面进展迅速,并力图将GIS从初步发展时期的研究实验、局部应用推向实用化、集成化、工程化,为国民经济发展提供辅助分析和决策依据。在GIS的区域工作重心上,出现了“东移”和“进城”的趋势,促进了地理信息系统在经济相对发达、技术力量比较雄厚、用户需求更加迫切的地区和城市首先实用化。这期间开展的主要研究及今后尚需进一步发展的领域有:重大自然灾害检测与评估系统的建设与应用;重点产粮区主要农作物估产;城市地理信息系统的建设与应用;建立数字化测绘技术体系;国家基础地理信息系统建设与应用;专业地理信息系统与数据库的建设与应用;基础通用软件系统的研制与建立;GIS规范化与标准化;基于GIS的数据产品研制与生产。同时经营地理信息系统业

务的公司逐渐增多。我国经济信息化的基础设施和重大信息工程已纳入国家计划,并正在开发众所周知的“金桥”、“金卡”、“金地”等全国性的重大信息工程。GIS 在研究和应用过程中走向产业化道路,成为国民经济建设普遍使用的工具,并在各行各业发挥重大作用。

当前,中国地理信息系统科学随着数字地球的提出而进入规划、设计和建设数字国土时代,数字农业、生态省建设也已进入试验实施阶段。总之,中国地理信息系统事业经过几十年的发展,取得了重大进展。

目前国内开发出的比较流行的 GIS 软件有中国地质大学的 MAPGIS、武汉大学的 GeoStar、北京大学的 CityStar、中国林业科学研究院的 VIEWGIS、超图公司的 SuperMap 等。这些国产 GIS 软件的出现打破了国外 GIS 软件对我国市场的垄断,必将对搞活我国的国民经济、提高我国的综合国力起到积极的推动作用。

0.1.4 数字地球——一个超大的信息系统

1998 年当时的美国副总统戈尔在加利福尼亚科学中心作了“数字地球——了解 21 世纪我们这个星球”的报告。从那以后,数字地球的概念风靡全球。数字地球是地理信息系统发展的必然结果,是空间技术、信息技术、网络技术、通讯技术等应用发展的产物,是可持续发展的必然要求。数字地球可以把关于人类星球的原始数据转换成可以理解的信息,这种信息不仅包括地球的高分辨率卫星图像、数字地图,也包括经济、社会文化和人口的信息。而且要建立高速网络与数字地球连接,并通过互联网进行更高层次的访问。如果数字地球实现,人们可以方便地获取地形、土壤类型、气候、植被、土地利用变化数据,亦可获得不同区域固体矿产、石油、森林等资源信息和现实地球中的政治、军事、经济、文化信息,应用空间分析与虚拟现实技术,模拟人类活动对生产和环境的影响,制定可持续发展对策。数字地球本质是一个信息系统,它除了是一个超大信息系统外,具有七个方面的特点:

第一,数字地球具有空间性、数字性和整体性。这三者的融合统一,形成了它与其它信息系统的区别。

第二,数字地球的数据具有无边无缝的分布式数据层结构,包括多源、多比例尺、多分辨率、历史和现实的、矢量格式和栅格格式或两者混合格式的数据。

第三,数字地球具有迅速充实、联网的地理数据库。

第四,数字地球以图像、图形、图表、文本报告形式提供服务。

第五,数字地球采用开放平台、构件技术、动态互操作等最先进的技术方案。

第六,数字地球的用户可以以多种方式从中获取信息。任何一个用户都可以实时调用,无论生产者是谁,也无论数据在什么地方。国际互联网上的用户可以根据自己的权限查询数字地球中的信息。运用具有传感器功能的特制数据手套,还可以对数字地球进行各类可视化操作。

第七,数字地球的服务对象覆盖整个社会层面,无论政府机关还是私人公司,无论科教部门还是生产单位,无论专业技术人员还是普通老百姓,都可以找到自己所需要的信息。

地理信息系统是数字地球的核心和支撑技术之一。

§ 0.2 展望地理信息系统的未来

0.2.1 从理论技术角度展望发展趋势

GIS 经过 30 年的发展,其应用已遍及资源环境、社会、经济、军事各个领域。在资源评估、勘查与管理、环境评价与监测、灾害预报、城市规划、城市设施管理(管道、交通、通讯等)、消防、公安和军事指挥、税收、地籍管理、工程选址等各个方面, GIS 发挥了越来越大的作用,并将很快进入个人生活。GIS 应用越广泛,越深入,就越有力地推动 GIS 技术的发展,有人预测,在跨世纪的未来几年,将是 GIS 技术的研究和应用进入空前的迅速增长的大发展时期。

GIS 技术发展的主要趋势可归纳为:

1. 空间数据获取与处理

空间数据的获取技术有多种形式,包括野外全站仪平板测量、GPS 测量、室内地图扫描数字化、数字摄影测量、从遥感影像进行目标测量。空间信息获取技术已基本成熟,现在剩下的主要问题是地物目标的自动识别和自动测量的问题,包括扫描地图要素识别,数字摄影测量和遥感的目标自动提取。这是一个长期的研究课题。

在数据获取以后,进行空间数据处理是一项重要的工作。一般情况下,初始获取的空间数据还不能满足 GIS 的要求,要进行加工处理,如进行数据清查、检查、建立拓扑关系;数据格式转换、制作成符合要求 GIS 数据。这一环节工作量很大,一般与采集的工作量相当。从技术的角度,空间数据处理的方法与技术已基本成熟,但是迄今为止缺少效率高、自动化程度好的空间数据处理的专用软件。

空间数据获取与处理的另一个发展趋势是网络化空间数据生产。所谓网络化空间数据生产是指空间数据采集与处理工作基于一个局域网环境,并用一个网络数据生产管理软件进行生产调度、监控、质量控制,实际类似于网上办公,目的是提高空间数据的生产效率和数据的安全。

2. 空间数据结构和数据管理研究

传统的栅格和矢量结构各有特点,目前倾向于两种结构并存。需要设计高效的栅格—矢量相互转换算法来支持栅格和矢量统一的系统。为满足建立大规模实用系统的需要,图形空间数据压缩技术也在发展。空间数据库系统的研制,包括逻辑结构的设计和适合于地理实体表示的物理存贮结构的研究正在从理论走向实用;一种面向对象的数据模型由于更适合于定义复杂的地理实体和对复杂事物的直接操作而被接受,实用的语言界面正在开发。新的空间数据结构,如“真三维”、“时空四维”等结构也正在探索中。表示空间数据不确定性的有效工具,尤其是包括声、像方法的可视化技术正在研制中。

目前大多数 GIS 都以二维或二点五维信息处理为主,少数具有三维可视化能力,但几乎都缺少三维空间分析能力。真正的三维空间分析软件还没有商品化。而许多地学问题,尤其是地质问题需要三维的分析。如果要模拟地质过程,需要加上时间因素,必须有四维的空间分析,在三维与多维的数据处理中,必须考虑可视化问题,需按时序序列建模,运用动画与多媒体技术,实现图形、图像与属性数据完全融合在一起,由统一的数据库来管理,

有统一的用户界面,这样才能使GIS能以更直观、更形象的形式表现现实世界,从而大大提高系统的总体效率和方便用户使用。这时的GIS,可称为“地学信息系统”,或称“地质信息系统”。

3. 3S集成,实现GIS、RS与GPS一体化

遥感系统(RS)与全球卫星定位系统(GPS)数据都是GIS的重要数据源。GIS与遥感数据的结合,可制作信息更为丰富的专题影像地图,可实现动态监测和信息更新的自动化。GIS与遥感结合主要采用两种方式,一种是通过软件接口完成数据结构的互相转换,将图像处理的结果输入GIS,或将GIS专题信息传入遥感图像处理系统进行信息复合及辅助信息分类;另一种是将GIS与遥感处理系统组成一个统一的软件系统,以信息复合、交互查询、自动分类、更新等为其主要功能。这是GIS与遥感图像结合的高级形式。国内外已经开发了一些具有GIS与遥感叠加交互查询功能的系统。GPS的利用使GIS获得了实时的高精度定位,从而可发展动态GIS系统。它可广泛地用于车辆导航、侦破指挥、火警指挥、医疗急救、战场实时侦察和指挥等。

4. 与ES结合,实现GIS智能化

目前大多数GIS的分析,基本上继承了自动制图的表示方法,因而局限于对图形特征的拓扑关系分析和空间叠置分析等方法。对于复杂、抽象、模糊与动态变化的地学现象与过程,它们的模拟能力非常有限,有必要引入知识处理、人工智能和专家系统方法,使系统能更接近于人的思维方式来学习、理解用户的咨询问题,以及提供决策。

以专家经验式知识为基础的GIS,具有更强的分析和表达复杂地学问题的能力,引起了普遍重视。美国加州大学巴巴拉分校研制的以专家知识为基础的KBGIS-I就是其中之一。这些系统并不十分完善,主要是由于GIS所面临问题的复杂性,以及地理专家知识还没有计算机化,智能化的GIS代表着一个令人鼓舞的重要发展方向。

5. 加大应用模型开发力度,促进GIS实用化

现在的GIS系统功能十分复杂,用户使用不便,常为一些复杂的命令所困惑,二次开发比较困难。因此今后的GIS将面向目标,面向问题,将会提供更多的、使用方便的空间分析与模型化产品,用户界面更为友好,更易于学习和掌握。

应用模型不足,是阻碍GIS实用化的原因之一,目前应用模型的开发已受到较大的重视,比较引人注目的是:(1)引进空间化的数理统计和系统分析方法;(2)通过实例研究,建立专业模型,如水土流失、森林火灾预报、土地评价、地貌分析、旅游资源评价、环境污染评价等,作为模型工具提供用户使用。在GIS应用中,应用模型是联系GIS应用系统与常规专业研究的纽带,模型的建立绝不是纯数学或技术性的问题,它必须以广泛深入的专业知识为基础。专业研究深入程度决定了所建模型的质量与效果。事实上正是地理模型把GIS应用系统和常规专业研究紧密地结合在一起了。因此,应用模型是今后研究的重要和发展的主要方向之一。

6. 超媒体网络GIS技术(WebGIS)

WebGIS是由很多主机、很多数据库与无数终端,并由Internet/Intranet相连接所组成的。实际上WebGIS是通过Internet连接无数个分布在不同地点、不同部门的独立的GIS构成的。WebGIS具有客户/服务器(Client/Server,简称C/S)结构。

WebGIS有4个部分组成:WebGIS浏览器(Browser)可以从服务器连通到任何距离