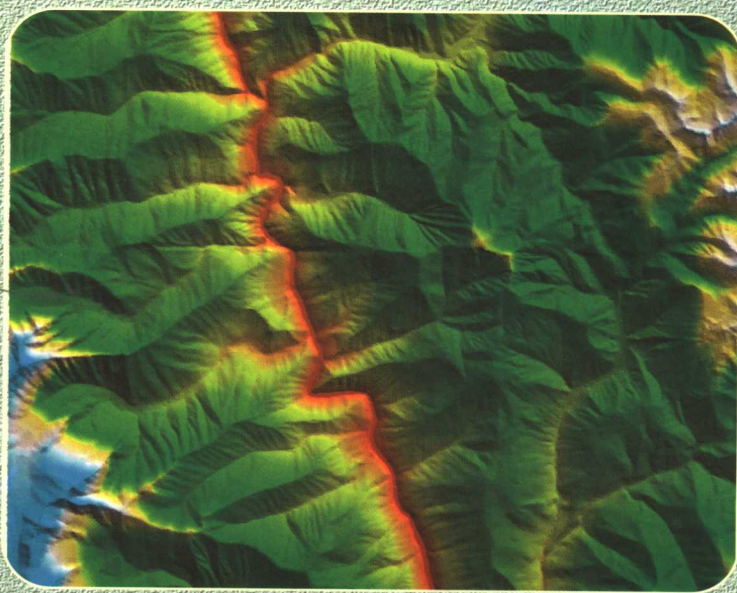


刘明德 林杰斌 编著

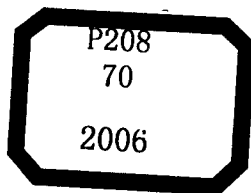


地理信息系统

GIS理论与实务



清华大学出版社



地理信息系统 GIS 理论与实务

刘明德 林杰斌 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本关于地理信息系统(GIS)的入门图书。全书分两篇,共17章。首先阐明GIS的基本内容和应用实务,地理空间数据的特点与类型;再详细地叙述GIS数据库设计与开发的程序和步骤及空间数据管理;进一步介绍随着虚拟实境(Virtual Reality, VR)与因特网的发展,地理信息应用的最新形式,即可视化GIS(Visualization GIS)与网络GIS(Web GIS);在本书最后,还预测了GIS未来的发展趋势,并介绍了相关软件产品。

本书内容新颖、实用,叙述深入浅出。本书的核心目的是让读者能更多地掌握和了解GIS的基本概念、应用实务及发展趋势,使读者不仅要知其然,还要知其所以然,从而具有更扎实的基础。

本书可作为高等院校地理相关专业(地球科学、信息领域、环境工程、城乡规划、地政、建筑等)的教材,并可供GIS研发人员、管理人员及GIS相关软件的用户参考使用。

本书繁体字版书名为《地理资讯系统GIS理论与实务》,由文魁资讯股份有限公司出版,版权属林杰斌,刘明德所有。本书简体字中文版由文魁资讯股份有限公司授权清华大学出版社独家出版。未经本书原版出版者和本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或任何手段复制或传播本书的部分或全部内容。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2006-2344

本书封面贴有清华大学出版社、文魁防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统GIS理论与实务/刘明德,林杰斌编著. —北京:清华大学出版社,2006.12
ISBN 7-302-14284-X

I. 地… II. ①刘… ②林… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第145804号

责任编辑:李春明 闫光龙

封面设计:陈刘源

版式设计:北京东方人华科技有限公司

责任校对:周剑云 李玉萍

责任印制:杜波

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦A座

http://www.tup.com.cn 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印装者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.5 字 数:538千字

版 次:2006年12月第1版 印 次:2006年12月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00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:017155-01

前 言

本书是一本关于地理信息系统(Geographical Information System, GIS)的入门图书。书中首先阐明了 GIS 的基本内容和应用实务, 地理空间数据的特点与类型, 再详细地叙述了 GIS 数据库设计与开发的程序和步骤及空间数据管理; 随着虚拟实境(Virtual Reality, VR)与因特网的最新发展, 使得地理信息的应用开始有了新的发展方式, 即可视化 GIS(Visualization GIS)与网络 GIS(Web GIS)。可视化技术可利用二维平面、三维立体的计算机绘图(Computer Graphics, CG)处理及应用, 提供用户如同真实世界一般的交互式环境, 以协助用户模拟真实的情境; 而 Web GIS 即在 Internet 的 WWW(World Wide Web)上设计一个 GIS, 使 Web GIS 集成了 Internet 的功能, Web GIS 指在浏览器(Browser)上面执行的 GIS。在本书最后, 还预测了 GIS 未来的发展趋势并介绍了相关软件产品。地理信息系统是采集、存储、管理、分析、描述、显示、应用与空间和地理分布有关数据的空间信息系统, 它是由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成的互动系统, 其中智能型 GIS 还包含知识库, 而用户是信息系统服务的主要对象; 地理信息系统(GIS)的功能为整合点线面的空间数据(Spatial Data)与描述性数据(Descriptive Data), 以便用户做地理信息的建档、更新与搜索; 其应用范围很广, 包括土地、道路、河川、建筑物等信息的管理与利用, 其市场潜在价值很高。

空间信息处理, 涉及时空信息处理技术的应用支持及 WebMapping 技术的应用支持, 读者最好能熟悉相关程序语言、Web 应用开发等背景知识。而空间数据采集(Spatial Data Mining, SDM), 或称从空间数据库中发现知识(Knowledge Discovery from Spatial Databases)是指从空间数据库中, 获取用户感兴趣的空间模式与特征及其他隐含在数据库中的普遍数据特征。

本书内容新颖、实用, 叙述深入浅出, 可作为大专院校地理相关专业(地球科学、信息领域、环境工程、城乡规划、地政、建筑等)的教材, 并可供 GIS 研发人员、管理人员及 GIS 相关软件用户参考使用。

本书的核心目的是让读者能更多地掌握和了解 GIS 的基本概念、应用实务及发展趋势, 使读者不仅要知其然, 还要知其所以然, 从而具有更扎实的基础。

希望读者能从本书中学到相关的知识, 并获得启迪与帮助。

本书编写时间匆促, 疏漏或不当之处在所难免, 恳请广大读者不吝批评指正。

编著者

目 录

第一篇 基本概念与理论

第 1 章 绪论.....	1	第 2 章 GIS 的体系结构.....	20
1.1 概述.....	1	2.1 GIS 的体系结构的概述.....	20
1.2 地理信息与地理数据.....	2	2.1.1 计算机硬件系统.....	21
1.3 GIS 的类型.....	3	2.1.2 计算机软件系统.....	21
1.4 GIS 的功能概述.....	3	2.1.3 系统开发、管理和 使用人员.....	22
1.4.1 数据的搜集、监测 与编辑.....	5	2.1.4 空间数据.....	22
1.4.2 数据处理.....	5	2.2 GIS 的硬件配备.....	23
1.4.3 数据存储组织.....	5	2.2.1 单机模式.....	23
1.4.4 空间查询与分析.....	5	2.2.2 局域网模式.....	24
1.4.5 图形与互动式显示.....	6	2.2.3 广域网模式.....	24
1.5 GIS 的研究内容.....	6	2.3 计算机及网络设备.....	24
1.6 GIS 的起源与发展.....	7	2.3.1 中央处理器.....	25
1.7 GIS 的定义.....	9	2.3.2 内存.....	25
1.7.1 信息和地理信息.....	9	2.3.3 网络.....	25
1.7.2 信息系统和地理信息系统.....	9	2.4 存储设备.....	30
1.8 GIS 的基本内容.....	11	2.5 输入设备.....	31
1.9 GIS 的特性.....	11	2.5.1 数字化仪.....	31
1.9.1 GIS 与辅助制图系统的 区别与联系.....	12	2.5.2 扫描仪.....	31
1.9.2 GIS 与数据库管理系统 的区别与联系.....	12	2.5.3 解析和数字摄影 测量仪器.....	32
1.9.3 GIS 与 CAD 的区别 与联系.....	13	2.5.4 全数字摄影测量工作站.....	32
1.9.4 GIS 与遥测图像处理系统 的区别与联系.....	13	2.5.5 其他仪器.....	32
1.10 GIS 的功能.....	13	2.6 输出设备.....	33
1.11 GIS 的应用.....	16	2.6.1 向量绘图机.....	33
1.12 实用 GIS.....	18	2.6.2 栅格式绘图设备.....	33
1.13 思考题.....	19	2.6.3 图形终端机.....	33
		2.7 GIS 的软件架构.....	34
		2.7.1 GIS 程序集的软件层次.....	34

2.7.2 GIS 基础软件的 五大子系统	34	3.8.5 属性误差	67
2.8 思考题	38	3.8.6 属性数据的不确定性	68
第 3 章 实用 GIS 的空间数据	39	3.9 数据的测量尺度	68
3.1 地理空间数据简介	39	3.10 数据来源	69
3.1.1 空间数据的内容	39	3.11 地图射影	70
3.1.2 空间数据的基本特征	40	3.11.1 地理坐标	71
3.1.3 空间数据测量的尺度 与精确度	40	3.11.2 地球的形状	71
3.1.4 数据来源	41	3.11.3 投影类型	72
3.2 野外数据采集	42	3.11.4 地表的垂直和水平 基准面	73
3.2.1 平板测量	42	3.12 全球定位系统(GPS)	74
3.2.2 全站仪(电子平板)测量	42	3.12.1 卫星测距	74
3.2.3 GPS 测量	43	3.12.2 GPS 接收机与 卫星同步产生伪码	74
3.3 数字化地图	44	3.12.3 GPS 的误差与微分纠正	75
3.3.1 移动跟踪数字化	44	3.13 航空图片	75
3.3.2 扫描数字化	45	3.13.1 航空摄影胶片的特性	75
3.4 摄影测量	46	3.13.2 航空摄影	76
3.4.1 基本原理	46	3.13.3 垂直摄影图片的 几何性质	77
3.4.2 解析摄影测量	48	3.13.4 立体像对上测量高度 并创建地面坐标系	78
3.4.3 数字摄影测量	48	3.13.5 航空图片坐标向通用 地图投影坐标系的转换	80
3.5 遥测影像处理	49	3.13.6 正射影像	81
3.5.1 遥测数据	49	3.14 网络结构模型	82
3.5.2 遥感图像的空间分辨率	51	3.14.1 网络空间	82
3.5.3 扫描式传感器所获图形 的几何特性	51	3.14.2 网络模型	82
3.5.4 侧视雷达图像的几何特性	52	3.15 时空模型	83
3.5.5 常用的卫星数据	53	3.15.1 时空数据模型概述	83
3.5.6 遥测图形处理系统	54	3.15.2 TGIS 的研究思路	84
3.5.7 遥测与 GIS 的结合	57	3.15.3 时空数据模型设计	84
3.6 属性数据获取	59	3.16 三维模型	84
3.7 空间数据转换	59	3.16.1 三维 GIS 的功能	85
3.8 空间数据质量	61	3.16.2 三维数据结构	85
3.8.1 数据质量的基本特点	62	3.17 思考题	87
3.8.2 数据误差或不确定性的 来源	64	第 4 章 GIS 数据库设计	88
3.8.3 数据的误差类型	64	4.1 GIS 数据库及其设计	88
3.8.4 几何误差的检测和表达	65		

4.1.1 GIS 数据库.....	88	5.2 数据与文件组织.....	133
4.1.2 GIS 数据库设计的概念.....	89	5.2.1 数据组织的分级.....	133
4.1.3 以应用目的为导向的 GIS 数据库设计程序.....	89	5.2.2 数据之间的逻辑关系.....	134
4.2 用户需求分析.....	90	5.2.3 常用数据文件.....	134
4.2.1 现状调查.....	91	5.3 GIS 的内部数据结构.....	135
4.2.2 需要了解的内容.....	92	5.3.1 向量模型.....	135
4.2.3 调查内容的组织和分析.....	94	5.3.2 栅格模型.....	135
4.3 概念化设计.....	97	5.4 栅格数据结构及其编码.....	136
4.3.1 数据库的全局地理定义.....	98	5.4.1 栅格数据结构.....	136
4.3.2 数据库数据模型的确定.....	101	5.4.2 决定栅格单元代码的方式.....	137
4.4 细节化设计.....	108	5.4.3 编码方法.....	138
4.4.1 数据来源的选择.....	108	5.5 向量数据结构及其编码.....	140
4.4.2 各种数据的评估.....	110	5.5.1 向量数据结构.....	140
4.4.3 空间数据层的设计.....	113	5.5.2 编码方法.....	141
4.4.4 数据字典.....	114	5.6 栅格与向量结构的比较.....	144
4.4.5 内存管理结构的设计.....	115	5.6.1 栅格结构与向量结构 的比较.....	144
4.5 执行规划.....	118	5.6.2 相互转换算法.....	146
4.5.1 数据采集过程的 自动化设计.....	118	5.7 空间索引机制.....	150
4.5.2 数据库的质量管理.....	120	5.7.1 索引概念.....	150
4.5.3 开发进度的监测.....	122	5.7.2 索引类型.....	151
4.6 试验项目.....	123	5.8 空间信息查询.....	154
4.7 数据库执行.....	125	5.8.1 属性特征查询.....	154
4.8 数据管理设计.....	125	5.8.2 空间关系和属性特征 的查询(SQL).....	154
4.8.1 全部采用文件管理.....	125	5.8.3 一种空间扩展 SQL 结构化 查询语言——Geo SQL.....	154
4.8.2 文件结合关系型 数据库管理.....	126	5.9 思考题.....	155
4.8.3 全部采用关系型 数据库管理.....	127	第 6 章 可视化 GIS 与地图制图	156
4.8.4 面向对象的数据库 管理系统(OO-DBMS).....	128	6.1 GIS 数据表现与地图学.....	156
4.9 思考题.....	129	6.1.1 构成地图学与 GIS 的数学法则.....	156
第 5 章 空间数据管理	130	6.1.2 地图学和 GIS 的符号.....	157
5.1 空间数据库.....	130	6.1.3 地图学和 GIS 的制图整合.....	157
5.1.1 GIS 与一般管理信息系统 的比较.....	130	6.2 地图的符号.....	158
5.1.2 空间数据库的概念、特点 及对 DBMS 的要求.....	131	6.2.1 地图符号的实质.....	158
		6.2.2 地图符号的构成特点.....	159
		6.2.3 地图上的注记.....	160

6.3 主题式信息表现.....162	7.2 空间决策支持模型..... 186
6.3.1 主题式地图的分类 和内容163	7.2.1 空间决策过程的复杂性..... 187
6.3.2 面状主题式内容的 表示方法163	7.2.2 空间决策分析的理论 和方法 189
6.3.3 主题式地图内容的 表现方式167	7.2.3 空间决策支持系统..... 190
6.4 主题式地图设计.....169	7.2.4 通用智能型空间决策 支持系统结构体系..... 191
6.4.1 图幅基本轮廓的设计169	7.2.5 空间决策支持系统的 模型管理系统..... 192
6.4.2 制图区范围的确定170	7.3 专家系统..... 194
6.4.3 主题式地图数学基础 的设计171	7.3.1 专家系统的基本组成..... 194
6.4.4 图面设计171	7.3.2 专家系统的知识处理..... 196
6.5 整合式制图172	7.3.3 空间分类专家系统 实例——土地类型分类..... 198
6.5.1 整合式制图的概念172	7.4 GIS 空间分析与空间动态建模..... 200
6.5.2 影响整合式制图 主要因素173	7.4.1 GIS 与空间动态模型 的结合方式..... 201
6.5.3 整合式绘图的基本方法.....174	7.4.2 细胞自动机简介..... 201
6.6 地理信息的可视化.....176	7.4.3 细胞自动机仿真 林火蔓延模型..... 202
6.6.1 基本概念176	7.4.4 细胞自动机与 GIS 整合 应用中的局限性..... 204
6.6.2 地理可视化的类型177	7.5 空间互动与位置-分配模型 205
6.6.3 虚拟地理环境179	7.5.1 地理位置 205
6.6.4 地理可视化研究架构180	7.5.2 空间最优化模式的定义..... 206
6.7 思考题181	7.5.3 空间最优化模式的分类..... 207
第 7 章 空间建模与空间决策支持182	7.5.4 静态-离散空间最优化模式 的数学表达: 线性规划..... 209
7.1 空间分析程序及其模型.....182	7.6 思考题..... 210
7.1.1 空间分析程序182	
7.1.2 空间分析建模183	
第二篇 GIS 应用实务	
第 8 章 网络 GIS.....211	
8.1 计算机网络技术.....211	8.2.2 网络 GIS 的组合方式 217
8.1.1 网络的基本概念211	8.2.3 Web GIS 的概念设计 219
8.1.2 因特网(Internet)212	8.3 Web GIS..... 221
8.2 分布式 GIS215	8.3.1 因特网和 GIS 221
8.2.1 分布式系统和 C/S 模型216	8.3.2 Web GIS 简介 222
	8.3.3 Web GIS 的运行技术..... 222
	8.4 结论 225

第 9 章 3S 整合式技术226	10.6.1 地貌信息的内涵、地貌系统的特点与分析方法.... 245
9.1 遥测简介.....226	10.6.2 地貌信息系统..... 247
9.1.1 遥测的概念及发展.....226	10.7 医疗卫生.....248
9.1.2 遥测技术原理.....226	10.7.1 GIS 与流行病研究..... 248
9.1.3 数字影像处理的主要功能.....227	10.7.2 GIS 与医疗设备分布..... 249
9.1.4 遥测技术的优势.....228	10.7.3 整合流行病与医疗实施规划及空间决策支持系统..... 249
9.2 GPS 简介.....229	10.8 军事.....249
9.2.1 GPS 系统介绍.....229	10.8.1 国外军事地理信息系统(MGIS)现状..... 250
9.2.2 GPS 误差和纠正.....230	10.8.2 国外军用系统范例..... 251
9.3 GIS 与 RS 的整合及具体技术.....231	10.8.3 MGIS 的发展方向..... 252
9.3.1 将 GIS 作为图形处理的工具.....231	10.9 伽利略卫星定位导航系统启动..... 252
9.3.2 遥测数据作为 GIS 的信息来源.....232	10.9.1 伽利略卫星定位导航系统简介..... 252
9.4 GPS 的整合及具体技术.....233	10.9.2 无关军事, 不会关闭, 伽利略比 GPS 更犀利..... 253
9.4.1 定位.....233	10.10 防范自杀客机攻击的措施..... 253
9.4.2 测量.....233	10.11 数据仓库的 GISOLAP 及其应用..... 254
9.4.3 监控导航.....233	10.11.1 数据仓库的 GISOLAP 简介..... 254
9.5 3S 整合概论.....234	10.11.2 数据仓库的 OLAP 技术..... 254
第 10 章 GIS 应用实务236	10.11.3 GIS 与 GIS 的组件化..... 255
10.1 城市规划与建设管理.....236	10.11.4 面向数据仓库的 GISOLAP 应用..... 256
10.1.1 地图更新.....236	10.11.5 GISOLAP 在 PSGIS 中的应用..... 257
10.1.2 土地区域规划管理.....237	10.11.6 结论和意义..... 258
10.1.3 建筑审批处的内部工作管理.....238	10.12 GIS 与工程模型耦合应用模式..... 258
10.2 农业气候区域规划信息系统.....238	10.12.1 GIS 与工程模型耦合应用模式简介..... 258
10.2.1 农业气候区域规划信息系统的系统结构及工作流程.....238	10.12.2 现有耦合应用模式..... 259
10.2.2 3S 技术在项目中的应用.....239	10.12.3 面向开放式 GIS 的耦合模型..... 260
10.3 大气污染监控管理.....240	10.13 全球定位器..... 262
10.4 道路交通管理.....240	
10.4.1 路廓设计.....241	
10.4.2 道路管理.....241	
10.4.3 流量和路径分析.....242	
10.5 地震灾害和损失估计.....243	
10.6 地貌.....245	

第 11 章 GIS 标准化	263	13.2.1 组件式 GIS(COM GIS) 的概念.....	293
11.1 GIS 标准化简介.....	263	13.2.2 COM GIS 的特点.....	294
11.1.1 制定信息技术的 标准化组织.....	263	13.2.3 COM GIS 的设计 与开发.....	296
11.1.2 程序标准.....	263	13.3 “数字化地球”简介.....	298
11.1.3 ISO 的标准制定过程.....	264	13.3.1 “数字化地球” 的基本概念.....	298
11.1.4 地理数据的互操作.....	265	13.3.2 “数字化地球” 的基本架构.....	300
11.2 ISO/TC211 地理信息标准.....	265	13.3.3 “数字化地球” 的技术基础.....	302
11.3 开放式的地理数据互操作规范.....	269	13.4 数字化地球关键性技术.....	305
11.3.1 Open GIS 规范模型.....	269	13.5 NII 和 NSDI.....	308
11.3.2 Open GIS 规范的分类.....	270	13.5.1 国家信息基础架构.....	308
11.3.3 其他 GIS 标准制定 组织和有关标准.....	272	13.5.2 国家空间数据基础架构....	309
11.4 GIS 软件研发的质量管理.....	273	第 14 章 GIS 相关软件产品简介	310
11.4.1 ISO 9000 系列标准.....	273	14.1 ESRI 产品系列.....	310
11.4.2 软件程序改进的 CMM 模型.....	274	14.2 Intergraph 产品系列.....	311
第 12 章 GIS 和商品化	276	14.3 MapInfo 产品系列.....	312
12.1 GIS 的商品化简介.....	276	第 15 章 数据存储与空间数据采掘	314
12.1.1 锥型式的 GIS 到 商品化 GIS.....	276	15.1 数据仓库.....	314
12.1.2 GIS 商品化的影响.....	277	15.2 数据采掘(Data Mining).....	315
12.2 GIS 商品化的其他问题.....	278	15.3 空间数据采掘.....	317
12.2.1 产业.....	278	15.3.1 统计分析方法.....	317
12.2.2 政策.....	279	15.3.2 抽象化的方法.....	317
12.2.3 法律.....	280	15.3.3 群集分析.....	318
12.2.4 教育和评估认证.....	283	15.3.4 空间关联规则方法.....	318
12.3 商品化对 GIS 发展的影响.....	284	15.4 空间数据采掘与知识发现.....	320
12.4 结论.....	285	15.4.1 空间数据采掘与知识发现 的定义与描述.....	320
第 13 章 Web GIS 与数字化地球	286	15.4.2 空间数据采掘的 理论架构.....	322
13.1 网络 GIS.....	286	15.4.3 从空间数据库中发现 的知识及应用.....	322
13.1.1 网络 GIS(Web GIS) 概述.....	286	15.4.4 空间数据采掘与 知识发现方法.....	323
13.1.2 Web GIS 设计方案.....	289		
13.1.3 几种 Web GIS 的比较.....	290		
13.1.4 Web GIS 应用前景.....	292		
13.2 组件式 GIS.....	293		

15.4.5 空间知识发现系统 的架构及开发方法.....	325	17.1.2 GIS 理论中尚待解决 的关键性问题.....	333
15.4.6 空间数据采掘发展 方向探讨	326	17.2 GIS 的发展动态	334
第 16 章 空间数据库采掘	327	17.3 GIS 的发展趋势与展望	336
16.1 空间数据立方体和空间 OLAP	327	17.3.1 GIS 网络化(Wed GIS).....	336
16.2 空间关联分析.....	330	17.3.2 数据商品化	336
16.3 空间群集、空间分类和 空间趋势分析.....	331	17.3.3 GIS 标准化.....	337
16.4 光栅数据库采掘.....	331	17.3.4 系统专业化	337
第 17 章 GIS 的发展趋势与展望.....	332	17.3.5 专业人员团队合作.....	338
17.1 GIS 理论中的关键性问题	332	17.3.6 企业流程再造	338
17.1.1 GIS 理论发展的需求.....	332	17.3.7 GIS 企业化.....	339
		17.3.8 全球化	340
		17.3.9 GIS 普及化.....	341
		参考文献.....	342

第一篇 基本概念与理论

第 1 章 绪 论

21 世纪是人类走向信息社会的世纪,是网络的时代,也是超高速信息公路建设进入具体应用的时期。

美国已经提出开发比今天的 Internet 快 100~1000 倍,可容纳的用户增加 100 倍的 NGI (Next Generation Internet, 下一代因特网)。

21 世纪的信息系统,将整合 NII(国家信息基础建设)和 NIN(国家信息网络),其 Web 平台具有开放性和通用性特征,而且运行环境和信息能够广泛共享。

GIS 是一门整合式技术,在北美和西欧一些国家,GIS 已经被纳入 IT(信息技术)之中,将成为 21 世纪的关键性产业之一。

1.1 概 述

地理信息系统(Geographical Information System, GIS)的意义是利用点、线、面等空间数据(Spatial Data)和描述性数据(Descriptive Data)进行地理信息的建档、更新与搜索。GIS 的应用范围很广,包括对土地、道路、河流、建筑物等信息的管理与利用。

近年来,GIS 技术把虚拟实境(Virtual Reality, VR)与因特网(Internet)搭配应用,使其有了新的发展方向,即可视化 GIS(Visualization GIS)与网络 GIS(Web GIS)。Web GIS 就是在 Internet 的全球信息网(World Wide Web, WWW)上设计一个 GIS,使得 Web GIS 具有 GIS 与 Internet 的双重功能。而可视化技术发展的目的是二维平面与三维立体的图形处理及应用,提供给用户一个如同真实世界一般的互动式(Interactive)环境,以协助用户了解真实的环境。

GIS 是一种决策支持系统(Decision Support System, DSS),它具有信息系统的各种特点。

GIS 与其他信息系统的主要区别在于,其存储和处理的信息是经过地理编码的,地理位置及与该位置有关的地物属性信息构成信息检索的重要部分。在 GIS 中,现实世界被表达成一系列的地理要素和地理现象,这些地理特征,至少由空间位置参考信息和非位置信息两个组成部分。

GIS 的定义是由两个部分组成的。一方面,GIS 是一门学科,是描述、存储、分析和输出空间信息的理论和方法的一门新的综合性学科;另一方面,GIS 是一个技术系统,是以地理空间数据库(Geographical Database)为基础,采用地理模型分析的方法,适时地提供

多种空间的、动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。

GIS 具有以下三个方面的特征：

- GIS 具有采集、管理、分析和输出多种地理信息的能力，具有空间性和动态性。
- GIS 由计算机系统空间地理数据管理，并由计算机程序模拟常规的专业性地理分析方法，使空间数据产生有用的信息。
- 计算机系统的支持是 GIS 的重要特征，因而 GIS 能快速、精确、整合到复杂的地理系统中，进行空间定位和程序动态分析。

GIS 的外观表现为计算机软硬件系统，其内涵是由计算机程序和地理数据组织而成的地理空间模型。当具有一定地理学知识的用户使用地理信息系统时，他所面对的数据不再是毫无意义的，而是把客观世界抽象(Abstract)模型化的空间数据，可以观测这个现实世界模型的各种内容，取得程序分析和预测信息用于管理和决策，这就是 GIS 的意义。一个逻辑简捷的、高度信息化的地理系统，完全由计算机程序的运行和数据的变换来实现其模拟。地理学家可以在 GIS 的支持下，获取地理系统不同角度、不同层次的空间和时间特征，也可以快速地模拟自然过程的演变或相关思维过程，取得地理预测或实验的结果，选择最优方案，用于管理与决策。

1.2 地理信息与地理数据

地理信息是有关地理实体的性质、特征和运动状态的表现，它是对地理数据的解释。在地理信息中，位置是通过数据进行标示的，这是地理信息区别于其他类型信息的最显著的特征。地理数据是指表现地理环境的固有要素和物质的数量、品质、分布特征、关系及规律的数字、文字、图像和图形等的总称。

地理信息具有区域性、多维结构特性和动态变化特性。区域性是通过经纬网络等创建地理坐标，以标示运行空间位置；多维结构特性即在二维空间的基础上，运行主题式的三维结构；地理信息的时序特征十分明显，可以按时间尺度将地理信息划分为超短期的(如飓风、地震)、短期的(如江河洪水、秋季低温)、中期的(如土地利用、作物估产)、长期的(如城市化、水土流失)、超长期的(如地壳变动、气候变化)等。

地理数据是指各种地理特征和现象之间关系的符号化表示，包括空间位置、属性特征及时态特征三部分。空间位置描述地物所在位置，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，如空间上的距离、邻接、重叠、包含等。属性数据又称为非空间数据，是属于一定地物并描述其特征的定性或定量指标，即描述信息的非空间组成部分，包括语义与统计数据等。时态特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段，时态数据对环境模拟分析非常重要，越来越受到 GIS 学术界的重视。从地理实体到地理数据，从地理数据到地理信息的发展，反映了人类认识的一个巨大提升。

1.3 GIS 的类型

GIS 可以分为下列三大类:

- 主题式地理信息系统(Thematic GIS), 是具有有限目标和专业特点的地理信息系统, 为特定的专业目的服务。例如, 森林动态监测信息系统、水资源管理信息系统、矿业资源信息系统、农作物估产信息系统、草场信息管理信息系统、水土流失信息系统等。
- 区域信息系统(Regional GIS), 主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标, 可以有不同的规模, 如国家级、省级或地区、市级和县级等为不同级别行政区服务的区域信息系统, 也可以按自然分区或流域为单位划分区域系统。许多实际的地理信息系统, 是介于上述二者之间的区域性主题式信息系统。
- GIS 工具(GIS Tools), 是一组具有图形数字化、存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等 GIS 基本功能的套装软件。它们或者是专业设计研制的, 或者是在完成了实用 GIS 后剔除具体区域或主题式的地理空间数据后得到的, 具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、功能强的特点, 是具有普遍性的实用性信息, 可以用作 GIS 教学。

在通用的地理信息系统工具支持下创建区域或主题式地理信息系统, 不仅可以节省软件开发的人力、物力、财力, 缩短系统创建周期, 提高系统技术水准, 而且使 GIS 技术易于推广, 并可以使地理学研究者将更多的精力投入高层次的应用模型开发上。

1.4 GIS 的功能概述

GIS 的关键性问题可归纳为 5 个方面的内容: 位置(location)、条件(condition)、变化趋势(trend)、模式(pattern)和模型(model)。

位置, 即在某个特定的位置有什么内容。首先, 必须定义某个物体或地区信息的具体位置, 常用的定义方法是通过各种互动式方式锁定位置, 或是直接输入一个坐标; 其次, 指定了目标或区域的位置后, 可以获得预期的结果及其部分特性, 例如当前地段所有者、土地利用情况、估价等。

条件, 即什么地方有满足某些条件的东西。首先, 可以用下列方式指定一组条件, 例如, 从预定义的可选项中进行选取, 填写逻辑表达式, 在终端机上互动式地填写表格; 其次, 指定条件后, 可以获得满足指定条件的所有目标的列表, 在屏幕上以高亮度显示满足指定条件的所有特征。例如, 其所处的土地类型为居民区, 估价低于 200 000 美元, 有 4 个卧室而且是木制的房屋。

变化趋势, 该类问题需要综合现有数据, 以识别已经发生了或正在发生变化的地理现象。首先, 确定趋势。当然趋势的确定并不能保证每次都正确, 掌握了一个特定的数据集后, 要确定趋势还可能要依赖假设条件、个人推测、观测现象或证据报道等。其次, 可通过对数据

的分析,对该趋势加以确认或否定。GIS 可使用户快速获得定量数据,以及说明该趋势的附图等。通过 GIS,可以识别该趋势的特性。例如,有多少柑橘地块转作他用,某一区域中发生了多少这种变化,这种变化可回溯多少年,哪个时间段能最好地反映该趋势等。

模式,该类问题是分析与已经发生或正在发生事件有关的因素。GIS 将现有数据组合在一起,能更好地说明正在发生什么,找出发生事件与哪些数据有关。首先,确定模式。模式的确定通常需要长期地观察,熟悉现有数据,了解数据间的潜在关系。其次,模式确定后,可获得一份报告,说明该事件发生在何时何地,显示事件发生的系列图像文件。例如,机动车辆事故常常符合特定模式,该模式(即事故)发生在何处,发生地点是否与时间有关,是不是在某种特定的交叉口,在这些交叉处又具有什么条件等。

模型,该类问题的解决需要创建新的数据关系以产生解决方案。首先,创建模型。例如选择标准、检定方法等。其次,创建了一个或多个模型后,能产生满足特定的所有特征的列表,并着重显示被选择特征的地图,而且提供一个描述有关所选择特征的详细报表。例如,要兴建一个儿童书店,用来选址的评估指标可能包括 10、15、20 分钟可到达的空间区域,附近居住的 10 岁或 10 岁以下的儿童的人数,附近家庭的收入情况,以及周围潜在竞争的情况等。

为了完成上述 GIS 的关键性任务,需要采用不同的功能来实现它们。尽管目前商品化 GIS 套装软件各有其优缺点,而且它们实现这些功能所采用的技术也不尽相同,但是大多数商品化 GIS 套装软件都提供了如下功能:数据的获取(data acquisition)、初步数据处理(preliminary data processing)、数据的存储及检索(storage and retrieval)、数据的查询与分析(search and analysis)、图形的显示与互动(display and interaction)。

图 1.1 说明了商品化 GIS 套装软件的各种功能之间的关系,以及它们操作(manipulation)数据的不同表现。从图 1.1 中可以看出,数据获取是通过对现实世界的观测,以及对现存文件、地图查阅完成的。有些数据已经是数字化的形式,但是往往需要进行数据预处理,将原始数据转换为结构化的数据,以使其能够被系统查询和分析。在整个处理过程中,都需要数据存储检索及互动表现的支持,换言之,这两项功能贯穿了 GIS 数据处理的始终。

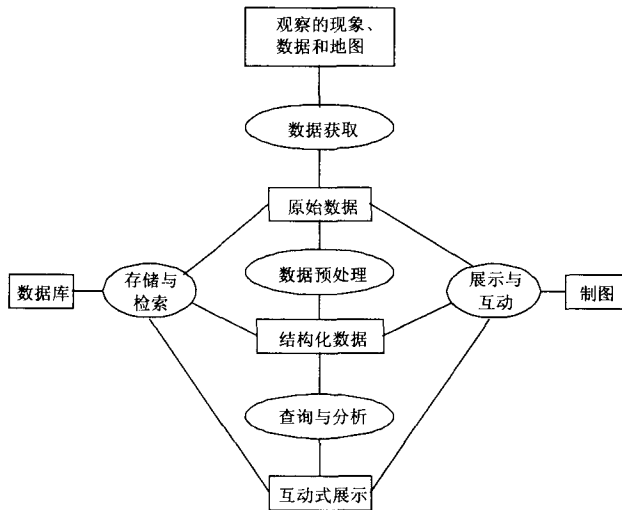


图 1.1 GIS 功能概述

1.4.1 数据的搜集、监测与编辑

数据的搜集、监测与编辑主要用于获取数据,并保证 GIS 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, GIS 数据库的建构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 GIS 研究的重要内容。目前可用于 GIS 数据搜集的方法与技术很多,有些仅用于 GIS,如移动跟踪数字化仪;目前,自动化扫描输入与遥测数据整合,最为人们所关注。扫描技术的应用与改进,运行扫描数据的自动化编辑与处理仍是 GIS 数据获取研究的技术关键。

1.4.2 数据处理

初步的数据处理主要包括数据的格式化、转换、概括。数据的格式化是指不同数据结构的数据间变换,是一种耗时、易错,需要大量计算时的工作,应尽可能避免;数据的转换包括数据格式转化、数据比例尺的变化等。在数据格式的转换方式上,向量到栅格的转换要比其逆运算快速简单。数据比例尺的变换涉及到数据比例尺缩放、平移、旋转等,其中最为重要的是投影变换,制图通用化(generalization)包括数据平滑,特征集结等。目前 GIS 所提供的数据概括功能极弱,与地图综合的要求还有很大差距,需要进一步发展。

1.4.3 数据存储组织

数据存储组织是创建 GIS 数据库的关键步骤,涉及到空间数据和属性数据的组织。栅格模型、向量模型或栅格/向量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能运行的数据与分析的功能;在地理数据组织与管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。目前大多数系统都是将二者分别存储,通过公共项(一般定义为地物标示码)来连接。这种组织方式的缺点是数据的定义与数据操作相分离,无法有效记录地物在时间域上的变化属性。

1.4.4 空间查询与分析

空间查询是 GIS 及许多其他自动化地理数据处理系统应具备的最基本的分析功能;而空间分析是 GIS 的关键性功能,也是 GIS 与其他计算机系统的根本区别。空间分析是在 GIS 的支持下,分析和解决现实世界中与空间相关的问题,是 GIS 应用深入的重要指标。GIS 的空间分析可分为 3 个不同的层次。

1. 空间检索

空间检索包括从空间位置检索空间物体及其属性和从属性条件集检索空间物体。空间索引是空间检索的关键技术,如何有效地从大型的 GIS 数据库中检索出所需数据,将影响

GIS 的分析能力；另一方面，空间物体的图形表达也是空间检索的重要部分。

2. 空间拓扑叠加分析

空间拓扑叠加实现了输入要素属性的合并(union)，以及要素属性在空间上的连接(join)，其本质是空间意义上的布尔运算(Boolean operation)。

3. 模型分析

在空间模型分析方面，目前多数研发工作着重于如何将 GIS 与空间模型分析相结合。其研究可分为以下三类。

第一类是 GIS 外部的空间模型分析，将 GIS 当作一个通用的空间数据库，而空间模型分析功能则借助于其他软件。

第二类是 GIS 内部的空间模型分析，试图利用 GIS 软件提供空间分析模块及发展适用于问题解决模型的宏，这种方法一般适用于基本空间的复杂性与多样性分析，且易于了解和应用，但由于 GIS 软件所能提供的空间分析功能极为有限，这种紧密结合的空间模型分析方法在实际的 GIS 设计中较少使用。

第三类是混合型的空间模型分析，其宗旨在于尽可能地利用 GIS 提供的功能，同时也充分发挥 GIS 用户的主动性。

1.4.5 图形与互动式显示

GIS 为用户提供了许多用于地理信息表示的工具，其形式既可以是计算机屏幕显示，也可以是诸如报告、表格、地图等，尤其要强调的是 GIS 的地图输出功能。一个好的 GIS 应能提供一种良好的互动式的制图环境，以供 GIS 用户能够设计和制作出高品质的地图。

1.5 GIS 的研究内容

GIS 是在地理学研究和实际生产的需求中产生的，其应用技术系统不断完备，并逐渐发展了 GIS 的理论；理论研究又指导开发新一代高效率 GIS，并不断拓宽其应用领域，加深应用的深度；GIS 的应用，又对理论研究和研究方法提出了更高的要求。GIS 研究的内容主要有以下 3 个方面，如图 1.2 所示。

1. GIS 基本理论研究

GIS 基本理论研究包括研究 GIS 的概念、定义和内涵；GIS 的信息论研究；创建地理数据系统的理论体系，研究 GIS 的构成、功能、特点和任务；总结 GIS 的发展历史，探讨 GIS 发展方向等理论问题。

2. GIS 技术系统设计

GIS 技术系统设计包括 GIS 的硬件设计与配备；地理空间数据结构及表示；输入与输