

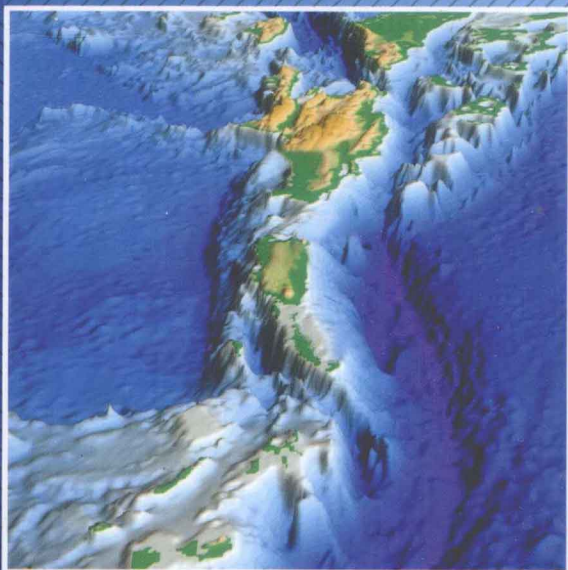
◎ 高等学校教材 ◎

中国地质大学(武汉)实验技术研究项目资助

中国地质大学(武汉)研究生培养模式与教学改革项目资助



含光盘1张

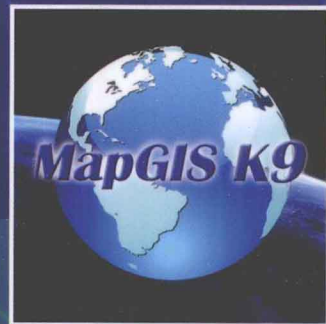


郑贵洲 胡家赋 编著
晁 怡 张学华

地理信息系统 分析与实践教程

*Geographic Information
System Tutorial:*

Spatial Analysis and Practice



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等学校教材

中国地质大学（武汉）实验技术研究项目资助

中国地质大学（武汉）研究生培养模式与教学改革项目资助

地理信息系统分析与实践教程

郑贵洲 胡家赋 编著
晁 怡 张学华

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书简要介绍了 GIS 软件 MapGIS K9 的基本组成及主要特点, 阐述了 MapGIS K9 在地图数字化、专题图制作、地图投影、误差校正、影像匹配、属性表建立、地理数据库创建、栅格分析、矢量分析、网络分析、地形表面分析、数据转换等方面的应用, 广泛涉及土地利用、灾害评估、洪水淹没、矿产预测、农田保护、退耕还林、土壤分析、粮食估产、人口统计、道路选线、资源分配、多车送货以及旅游胜地、商店和实验室选址等方面的内容。本书注重理论与实践、软件与工程、教学与科研、项目与应用、基础与综合等方面的结合。教材融入了大量生产与科研成果, 以及大量工程项目应用案例。

本书可作为地理信息系统、遥感科学与技术、测绘工程、信息工程、软件工程、地图学、地理学、通信工程、环境科学、地质学、计算机科学、管理学等专业本科生和研究生教材, 也可供地质矿产、国土资源、地理测绘、市政工程、城乡规划、交通旅游、空间信息、环境科学、水利水电、精准农业、灾害评估、作战指挥等领域的研究人员使用。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统分析与实践教程/郑贵洲等编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.1

高等学校教材

ISBN 978-7-121-15340-2

I. ①地… II. ①郑… III. ①地理信息系统—高等学校—教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 246960 号

策划编辑: 冯小贝

责任编辑: 王志宇

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 19.25 字数: 543 千字

印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 46.00 元 (含 DVD 光盘 1 张)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

地理信息系统是一门多学科结合的边缘学科,实践性很强。GIS 专业培养的人才,不但要有深厚的理论基础,而且要掌握过硬的实践技术,具有不同层面的实际动手能力。这种能力的培养仅靠课堂教学是不够的,实验教学是课程教学的重要组成部分之一,实验课是为理论课服务的。教学必须紧密结合应用,加强实践内容的研究,重视 GIS 应用环节,做到理论与应用并重。实践教学在培养学生的创新思维、科研能力方面的作用重大,在培养人才方面起着不可替代的作用。通过实践教学可以将理论与实际很好地结合,使课堂内容更好地为学生所接受,理论课程更容易被学生理解,全面增强学生独立分析和解决问题的能力、创造性思维能力,提高学生实际动手能力、专业应用能力和软件开发能力。中国地质大学(武汉)的“地理信息系统”课程已经讲授了十几年,按照教学大纲和教学计划的要求,实践课时占相当大的比例,通过数年的教学经验表明,没有一本配套的实验教程,很难提高教学质量,很难提高实验课的效率。为了促进 GIS 实验教学正规化、标准化,有效提高学生的学习效率,出版这一教材是当务之急。

MapGIS 软件的创新保持了地理信息系统课程的优势和特色,充分发挥了其在地理信息系统课程实践教学中的核心作用,通过 MapGIS 技术创新,不断拓展课程研究方向和领域,拓展课程实践内涵,提升课程实践层次,促进课程实践内容推陈出新,课程实践结构不断变革创新。MapGIS 地理信息系统被引入地理信息系统课程实践教学过程中,对人才培养起到了推动作用。

GIS 实验教材建设的目的是建立 GIS 课程的实践内容体系,实践教程以地理信息系统理论为基础,以 MapGIS K9 为平台,涉及空间数据的采集、处理和管理,地理信息的空间分析和地学建模以及地理信息系统的建立和运用等方面内容,本书按照 GIS 数据输入、处理、管理和分析等功能的应用划分章节,共 11 章。

第 1 章 MapGIS K9 地理信息系统;

第 2 章 GIS 数据输入;

第 3 章 GIS 数据处理;

第 4 章 GIS 数据管理;

第 5 章 栅格分析;

第 6 章 矢量分析;

第 7 章 网络分析;

第 8 章 统计分析;

第 9 章 数字高程模型;

第 10 章 数据转换;

第 11 章 综合应用分析。

本书第 1 章主要参考了吴信才所著的《空间数据库》一书,其他章节基于 MapGIS K9 平台完成。全书广泛涉及地质、矿产、地震、水文、环境、资源、土地、农业、林业、灾害、人口、市政、交通等领域的各种工程应用案例。

本书作者长期从事 GIS 的教学和科研工作,在工作实践中面向应用,组织了多项 GIS 应用软件开发项目,在教学和科研过程中积累了丰富的实践经验和应用案例。本书选定最有代表性、与辐射力的国内主流 MapGIS K9 软件等作为 GIS 课程的实验对象。一个案例集中了 GIS 的很多功能,把 GIS 功能有机地融为一体。学生通过一个案例的学习,就能掌握 GIS 诸多功能,找到快

速学习 GIS 软件的方法,达到事半功倍的效果,解决了以往学会了 GIS 软件但不知道怎么应用的问题。本书的编写注重理论与实践结合、软件与工程结合、教学与科研结合、项目与应用结合、基础与综合结合,将生产与科研成果、工程项目应用案例、MapGIS K9 开发技术融入教材编写过程中。认真精选 GIS 软件的实践内容,尽量吸收国内外 GIS 研究的新进展与新成果,尽可能做到系统性、科学性、综合性、实用性的统一。通过本实践教材的学习,可以很好得巩固学生的理论知识,帮助学生系统、全面地掌握 GIS 的基本概念、基本原理、基本知识、基本方法和基本技能,掌握 GIS 总体设计、功能要求、系统结构和组织实施等方面的基本技术,掌握 GIS 软件的应用和操作,并能用之解决工程中的实际问题,加深对地理信息系统课程的综合理解。

本书主要由郑贵洲策划并组织编写,参加编写的人员还有胡家赋、晁怡、张学华、花卫华、杨乃。彭俊芳参加了第 11.5 节“地质专题图制作”的编写工作及文字整理和绘图工作。书中融入了与广州海洋地质调查局、河南省经贸工程技术学校项目合作的部分成果。研究生姚昞昕、晋俊岭、任东宇、刘琳、李剑萍、师素姣参与本书部分内容的编写工作,本科生李小群、陈贵珍、方辉、刘天凤等为本书案例做了部分数据实验,在此真诚感谢他们为本书付出的辛勤劳动。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中可能存在不少缺点和错误,切盼广大读者提出批评意见,以便进一步完善本书内容。

郑 贵 洲

光盘数据使用说明

(1) 光盘提供了数据目录 data 及 MapGIS K9 学习版三个不同时期版本的安装目录 MapGIS K9 SP1、MapGIS K9 SP2 和 MapGIS K9 SP3。

(2) MapGIS K9 学习版安装较为简单, 首先安装目录下的“学习版证书服务安装程序”, 然后在 Setup 目录下单击 Setup 或 MapGISSetup, 安装主程序。学习版功能不全, 安装过程中部分选项不能选, 但不影响系统安装。例如, SP1 学习版不包括搭建平台, 所以在安装过程中“搭建平台”选项应不选, 安装到最后时, 多次单击“继续试用”按钮, 即可完成安装。

(3) Data 目录下的数据是按章节设置对应的目录, 如第 3 章 3.1 节的数据存放在目录 gisdata3.1\目录下。除第 1 章, 第 2 章中 2.1、2.2 节, 第 3 章中的 3.3 节没有数据外, 后面的章节都是按这个方法设置目录的。

(4) 在进行数据操作之前, 应将需要的数据从随书光盘的 Data 目录下复制到硬盘的 E:\Data 目录下(推荐), 为了避免和原始数据混淆, 将工作目录设置为 E:\Working。E:\Data 称为数据目录, E:\Working 称为工作目录。

(5) MapGIS K9 已推出 SP、SP1、SP2、SP3 几个不同时期的版本, 本书主体在 SP1 中完成, 有的功能在 SP1 中完成会遇到一些问题, 必须在 SP2 或 SP3 中才能实现, 栅格分析的部分功能是在 SP2 中完成的, 如矢栅相互转换、重分类、距离制图等, 因而在使用的过程中如遇到问题, 建议在不同版本中试一试。

(6) SP、SP1 子系统的名称没有变化, SP1 和 SP2 子系统名称和菜单名称有较大的变化, 如“栅格分析”子系统变成了“数字地形分析”子系统, “数据分析与处理”子系统菜单变成图标形式, “表达式计算”菜单变成了“栅格计算器”菜单, 等等。SP2 和 SP3 子系统和菜单名称变化不大, 仅是新功能的扩展。

(7) 学习版 MapGIS K9 有使用期限, 到期了要重新注册, 注册过程是: 登录中地公司主页 (<http://www.mapgis.com.cn>), 找到“软件注册”入口, 选择“学习版试用证书注册”, 输入启动 MapGIS K9 时产生的注册码及其他个人注册信息后, 单击“提交”按钮, 获取新的证书码, 将新的证书码复制到刚才启动 MapGIS K9 时弹出窗口的试用码一栏中, 单击“输入试用期延长证书”按钮, 系统可按新的期限使用。

(8) 本书的示例同样适合在 ArcGIS 及 MapGIS 6X 环境中完成, 请参考电子工业出版社已出版的《地理信息系统分析与应用》一书。

目 录

第 1 章 MapGIS K9 地理信息系统1	
1.1 MapGIS K9 简介1	
1.2 MapGIS K9 体系结构1	
1.3 面向实体的空间数据模型1	
1.3.1 概述1	
1.3.2 空间参照系3	
1.3.3 实体表达及分类3	
1.4 MapGIS 平台特性5	
1.4.1 MapGIS K9 特点5	
1.4.2 MapGIS 6X 与 MapGIS K9 比较6	
第 2 章 GIS 数据输入8	
2.1 手工键盘输入8	
2.1.1 手工键盘输入矢量数字化8	
2.1.2 手工键盘输入栅格数据8	
2.2 手工跟踪数字化8	
2.2.1 数字化仪简介8	
2.2.2 数字化过程9	
2.2.3 数字化误差9	
2.3 扫描数字化10	
2.3.1 问题和数据分析10	
2.3.2 GIS 数据分层10	
2.3.3 数据预处理12	
2.3.4 MapGIS 矢量化13	
第 3 章 GIS 数据处理17	
3.1 地图投影转换17	
3.1.1 问题和数据分析17	
3.1.2 钻探地理坐标转投影平面直角 坐标（去投影带大地坐标）18	
3.1.3 矿区大地坐标转图形投影 平面直角坐标22	
3.1.4 投影平面直角坐标（mm）转 投影平面直角坐标（m）24	
3.1.5 去带号大地坐标（m）转投影 平面直角坐标（mm）27	
3.2 几何误差校正29	
3.2.1 问题和数据分析29	
3.2.2 几何误差校正基本原理30	
3.2.3 MapGIS 自动误差校正30	
3.2.4 MapGIS 交互式误差校正34	
3.2.5 影像匹配误差校正37	
3.3 图幅拼接42	
3.3.1 问题和数据分析42	
3.3.2 拼图基本原理42	
3.3.3 图幅拼接过程43	
3.4 拓扑关系建立46	
3.4.1 问题和数据分析46	
3.4.2 拓扑造区基本过程46	
3.4.3 提取造区线要素层47	
3.4.4 拓扑关系自动生成48	
第 4 章 GIS 数据管理51	
4.1 创建地理数据库51	
4.1.1 问题和数据分析51	
4.1.2 创建地理数据库步骤51	
4.1.3 定义空间参照系52	
4.1.4 空间数据库建立53	
4.1.5 属性数据表创建62	
4.1.6 空间数据导出64	
4.2 属性合并64	
4.2.1 问题和数据分析64	
4.2.2 属性表合并65	
4.3 图形与属性连接67	
4.3.1 问题和数据分析67	
4.3.2 基本原理68	
4.3.3 地块空间数据与属性 数据连接68	
第 5 章 栅格分析71	
5.1 栅格基本分析71	
5.1.1 问题和数据分析71	
5.1.2 距离制图71	
5.1.3 计算密度73	
5.1.4 邻域统计76	

5.2	栅格叠加分析（粮食估产）	78	7.5	定位分配	141
5.2.1	问题和数据分析	78	7.5.1	问题和数据分析	141
5.2.2	粮食产量栅格叠加局部统计	78	7.5.2	定位分配步骤	141
5.2.3	粮食产量关联因素分区统计	79	7.6	多车送货	146
5.2.4	权重叠加运算预测粮食产量	84	7.6.1	问题和数据分析	146
5.3	栅格统计分析（农田保护）	85	7.6.2	多车送货步骤	146
5.3.1	问题和数据分析	85	第 8 章	统计分析	150
5.3.2	找出洪水淹没区域	86	8.1	属性统计分析	150
5.3.3	寻找可耕种区域	88	8.1.1	问题和数据分析	150
5.3.4	确定水坝保护的可耕种区域	89	8.1.2	属性统计	150
5.3.5	选择面积为数公顷的区域	90	8.1.3	属性汇总	153
第 6 章	矢量分析	94	8.2	空间回归分析（人口统计）	155
6.1	商店选址评价	94	8.2.1	问题和数据分析	155
6.1.1	问题和数据分析	94	8.2.2	数据预处理	156
6.1.2	确定商店的服务范围	94	8.2.3	在 Excel 中利用客户化工具 分析空间数据	160
6.1.3	分析消费者特征	99	8.2.4	在 MapGIS K9 中进行回归 分析	162
6.2	洪水灾害损失分析	101	8.3	时间序列分析	163
6.2.1	问题和数据分析	101	8.3.1	问题和数据分析	163
6.2.2	地形地块数据预处理	102	8.3.2	时间序列分析方法	164
6.2.3	洪水灾害损失分析步骤	105	8.3.3	时间序列分析过程	165
6.3	实验室选址分析	110	8.4	空间中心分析（土壤肥沃度 分析）	170
6.3.1	问题和数据分析	110	8.4.1	问题和数据分析	170
6.3.2	数据预处理	112	8.4.2	分析土壤类型与钾元素 含量的关系	170
6.3.3	属性结构编辑	112	8.4.3	空间集中性计算	173
6.3.4	实验室选址分析	114	第 9 章	数字高程模型	176
第 7 章	网络分析	118	9.1	数字高程模型建立	176
7.1	路径分析	118	9.1.1	问题和数据分析	176
7.1.1	问题和数据分析	118	9.1.2	GRID 模型建立	176
7.1.2	几何网络地理数据库创建	118	9.1.3	TIN 模型建立	179
7.1.3	查找路径	123	9.1.4	TIN 转 GRID	183
7.1.4	寻找最佳路线	127	9.2	地形因子分析	184
7.2	连通性分析	129	9.2.1	问题和数据分析	184
7.2.1	问题和数据分析	129	9.2.2	坡度	184
7.2.2	连通性分析步骤	129	9.2.3	坡向	186
7.3	寻找最近设施	133	9.2.4	粗糙度	188
7.3.1	问题和数据分析	133	9.2.5	沟脊值	189
7.3.2	查找最近设施步骤	133			
7.4	创建服务区域	136			
7.4.1	问题和数据分析	136			
7.4.2	创建服务区域步骤	136			

9.2.6 曲率	189	11.1.1 问题和数据分析	230
9.3 可视性分析	190	11.1.2 图像配准	231
9.3.1 问题和数据分析	190	11.1.3 修改地理数据库	234
9.3.2 连线可视性分析	191	11.1.4 数字化及拓扑造区	236
9.3.3 全局可视性分析	191	11.1.5 图形裁剪	238
9.4 道路选线	192	11.1.6 添加属性字段	241
9.4.1 问题和数据分析	192	11.1.7 显示 TypeID 注记	243
9.4.2 最短路径分析	193	11.1.8 新建纯属性表	244
9.4.3 最佳路径分析	194	11.1.9 连接属性	245
9.5 流域及洪水淹没分析	194	11.1.10 缓冲区分析	247
9.5.1 问题和数据分析	194	11.1.11 叠加分析	248
9.5.2 水文表面流域分析	195	11.1.12 确定最后的选址区域	252
9.5.3 洪水淹没分析	197	11.2 度假村选址	257
9.6 DEM 其他应用	199	11.2.1 问题和数据分析	257
9.6.1 问题和数据分析	199	11.2.2 确定以水系为条件的 区域	257
9.6.2 等高线生成	200	11.2.3 确定 Kerri 森林以外的 区域	263
9.6.3 剖面分析	202	11.2.4 确定坡度小于 3% 的 区域	264
9.6.4 阴影图生成	204	11.2.5 提取年平均温度高于 16.5℃ 的区域	265
9.6.5 立体图生成	204	11.2.6 确定最终的度假村选址	268
9.6.6 体积和表面积计算	205	11.3 退耕还林	272
第 10 章 数据转换	207	11.3.1 问题和数据分析	272
10.1 MapGIS 与 MapInfo 间的转换	207	11.3.2 坡度图制作	273
10.1.1 问题和数据分析	207	11.3.3 退耕还林分析	277
10.1.2 MapGIS 数据转换成 MapInfo 数据	207	11.4 MapGIS 在成矿预测中的应用	280
10.1.3 将 MapInfo 数据转换成 MapGIS 点、线、面文件	212	11.4.1 研究区地质概况	280
10.2 MapGIS 与 AutoCAD 间的 转换	214	11.4.2 数据准备	281
10.2.1 问题和数据分析	214	11.4.3 找矿空间分析	282
10.2.2 AutoCAD 数据转换成 MapGIS	215	11.5 地质专题图制作	292
10.2.3 MapGIS 数据转换成 AutoCAD 数据	219	11.5.1 问题和数据分析	292
10.3 MapGIS 与 ArcGIS 间的转换	222	11.5.2 计算机辅助制图设计	292
10.3.1 问题和数据分析	222	11.5.3 图形数据输入	294
10.3.2 MapGIS 数据转换成 ArcGIS 数据	222	11.5.4 线数据预处理	295
10.3.3 ArcGIS 数据转换成 MapGIS	228	11.5.5 造区及区编辑	296
第 11 章 综合应用分析	230	11.5.6 点数据编辑	296
11.1 燕麦试验田选址	230	11.5.7 图幅校验输出	296
		参考文献	298

第 1 章 MapGIS K9 地理信息系统

1.1 MapGIS K9 简介

为了更好地满足用户及产业发展的需求,以吴信才为首的科研团队凭借近 20 年的技术积累,在国家 863 项目的支持下,经过长期攻关,在原有 MapGIS 6 及 MapGIS 7 的基础上,成功推出了基于新一代 GIS 架构与新一代 GIS 开发模式的 MapGIS K9 地理信息系统平台。

MapGIS K9 集新一代面向网络超大型分布式地理信息系统基础软件平台和数据中心集成开发平台为一体,其研发与设计以用户为中心,充分体现了功能实用、产品易用、用户想用的用户体验思想。MapGIS K9 实现了面向空间实体及其关系的数据组织、高效海量空间数据的存储与索引、大尺度多维动态空间信息数据库存储和分析功能;具有版本管理和冲突检测机制的长事务处理机制;具有 TB 级空间数据的处理能力;实现了分布、多源、异构数据的集成管理;实现了“零编程、巧组合、易搭建”的可视化开发,使不懂编程的人员也能开发 GIS 系统,从而推动了人们从重视开发技术细节的传统开发模式向重视专业、业务的新一代开发模式转变,掀起了 GIS 开发和应用领域的一场变革。MapGIS K9 的问世,将带领 GIS 快速迈入大众都能使用的“傻瓜相机”时代。新一代开发模式无论是在开发成本、开发技术难度还是在开发效率上,较传统开发模式都有很大的优势,是软件开发模式的划时代变革。

1.2 MapGIS K9 体系结构

MapGIS K9 采用的是新一代面向服务的悬浮倒挂式体系架构,实现了“纵向多级、横向网格”的体系结构,具有跨平台,可拆卸等特点。在“纵向多级、横向网格”体系结构中,级与级之间、节点与节点之间的连接是采用一种“松耦合”方式。悬浮倒挂式体系架构是一种松耦合的面向服务的体系架构,能够形成系统建设统一的技术框架和运行环境,在面向服务的开发模式下,动态建立应用模型,实现系统快速搭建和灵活调整,在最短时间内构建的特色的应用系统。应用系统开发分为三层结构:底层包括空间数据库引擎(SDE)和数据中心引擎,空间数据库引擎(SDE)是连接 Oracle、SQL server 等数据库的中间件,数据中心引擎提供工作空间引擎、功能仓库引擎和数据仓库引擎;中间层是软件平台,包括基础平台、三维平台、遥感平台、互联网平台和数据中心开发环境;顶层是应用层,包括互联网系统、三维系统、遥感系统、嵌入式系统及其他行业应用系统,如图 1.2-1 所示。

1.3 面向实体的空间数据模型

1.3.1 概述

MapGIS K9 的空间数据模型将现实世界中的各种现象抽象为对象、关系和规则,各种行为(操作)基于对象、关系和规则,模型更接近人类面向实体的思维方式。该模型还综合了面向图形的

空间数据模型的特点,使得模型表达能力强,广泛适应 GIS 的各种应用,如图 1.3-1 所示,该模型具有以下特点:

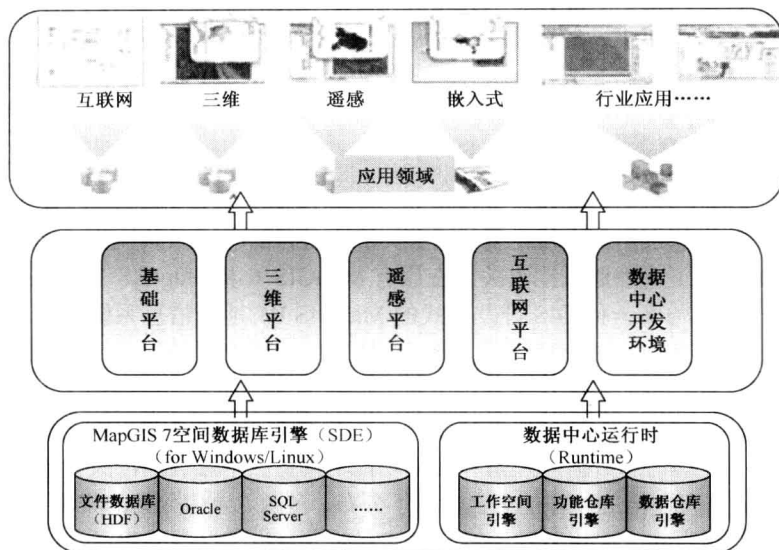


图 1.2-1 MapGIS K9 体系结构 (据中地公司)

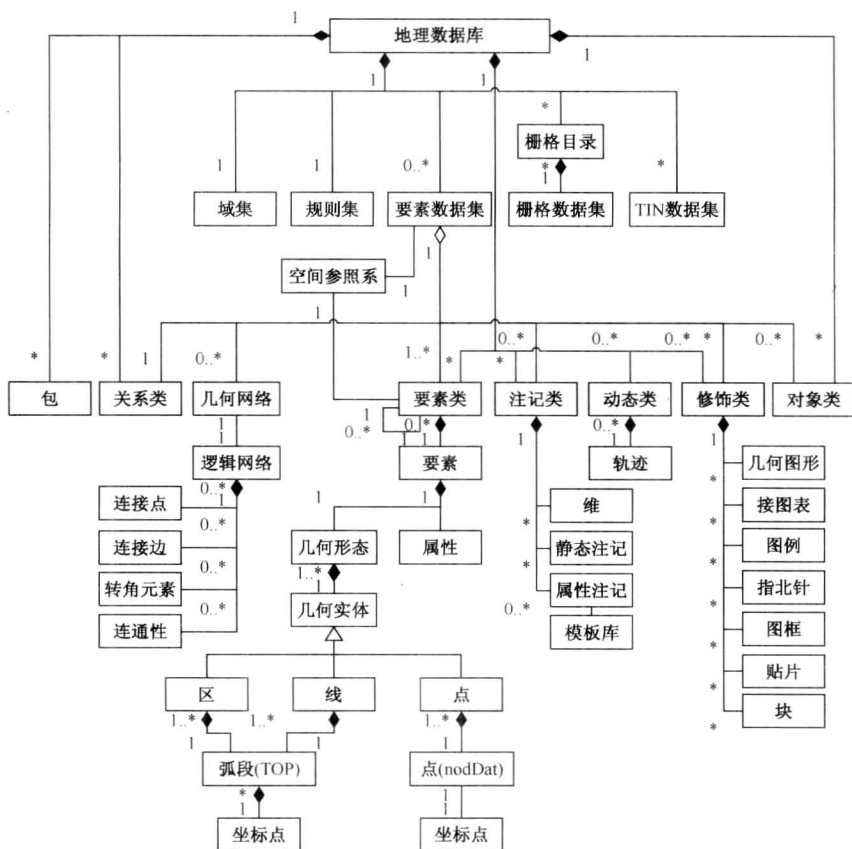


图 1.3-1 MapGIS K9 面向实体的空间数据模型 (据吴信才)

(1) 真正地面向地理实体, 全面支持对象、类、子类、子类型、关系、有效性规则、数据集、地理数据库等概念。

(2) 对象类型覆盖 GIS 和 CAD 对模型的双重要求, 包括要素类、对象类、关系类、注记类、修饰类、动态类、几何网络。

(3) 具备类视图概念, 可通过属性条件、空间条件和子类型条件定义要素类视图、对象类视图、注记类视图和动态类视图。

(4) 要素可描述任意几何复杂度的实体, 如水系。

(5) 完善的关系定义, 可表达实体间的空间关系、拓扑关系和非空间关系。空间关系按照 9 交模型定义; 拓扑关系支持结构表达方式和空间规则表达方式; 完整地支持 4 类非空间关系, 包括关联关系、继承关系 (完全继承或部分继承)、组合关系 (聚集关系或组成关系)、依赖关系。

(6) 支持关系多重性, 包括 1-1、1-M、N-M。

(7) 支持有效性规则的定义和维护, 包括定义域规则、关系规则、拓扑规则、空间规则、网络连接规则。

(8) 支持多层次数据组织, 包括地理数据库、数据集、数据包、类、几何元素、几何实体、几何数据。

(9) 几何数据支持矢量表示法和解析表示法, 包括折线、圆、椭圆、弧、矩形、样条、贝塞尔曲线等形态。能够支持规划设计等应用领域。

1.3.2 空间参照系

空间参照系 (Spatial Reference System) 是平面坐标系和高程系的统称, 用于确定地理目标的平面位置和高程。这包含两方面的内容: 一是在把大地水准面上的测量成果换算到椭球体面上的计算工作中, 所采用的椭球的大小; 二是椭球体与大地水准面的相关位置不同, 对同一点的地理坐标所计算的结果将有不同的值。因此, 选定了一个一定大小的椭球体, 并确定了它与大地水准面的相关位置, 就确定了一个坐标系。

一个要素要进行定位, 必须嵌入一个空间参照系中。地面上任一点的位置, 通常用经度和纬度来表示。经线和纬线是地球表面上两组正交 (相交为 90°) 的曲线, 这两组正交的曲线构成的坐标, 称为地理坐标。因为 GIS 所描述是位于地球表面的信息, 所以根据地球椭球体建立的地理坐标 (经纬网) 可以作为所有要素的参照系统。

地球表面是不可展开的曲面, 地理坐标是一种球面坐标, 也就是说, 曲面上的各点不能直接表示在平面上。为了能够将其表面的内容显示在平面的显示器或纸面上, 必须运用地图投影的方法, 建立地球表面和平面上点的函数关系, 使地球表面上由地理坐标确定的任意一点, 在平面上必有一个与它相对应的点, 即建立地球表面上的点与投影平面上的点之间的一一对应关系。地图投影的使用保证了空间信息在地域上的联系和完整性, 在各类地理信息系统的建立过程中, 选择适当的地图投影系统是首先要考虑的问题。

MapGIS K9 提供了不同类型的地图投影以及相互转换的功能。使用者可根据需要方便地建立不同的坐标系并进行相互之间的转换。

1.3.3 实体表达及分类

1. 对象

在 MapGIS K9 中, 对象是现实世界中实体的表示。诸如房子、湖泊或顾客之类的实体, 均可用对象表示。对象有属性、行为和一定的规则, 以记录的形式存储对象。对象是各种实体一般性的抽象, 特殊性对象包括要素、关系、注记、修饰符、轨迹、连接边、连接点等。

2. 对象类型、子类型

根据对象的行为和属性可以将对象划分成不同的类型,具有相同行为和属性的对象构成对象类,特殊的对象类包括要素类、关系类、注记类、修饰类、动态类、几何网络。在不特别声明的情况下,对象类指没有空间特征的同类对象集。

子类型是对象类的轻量级分类,以表达相似对象,如供水管网中区分钢管、塑料管、水泥管。不同类或子类型的对象可以有不同的属性默认值和属性域。

3. 对象类

对象类是具有相同行为和属性的对象的集合。在空间数据模型中,一般情况下,对象类是指没有几何特征的对象(如房屋所有者、表格记录等)的集合;在忽略对象特殊性的情况下,对象类可以指任意一种类型的对象集。

4. 要素类

要素是具有几何特征的对象,要素包括属性、几何元素和图示化信息,几何元素是点、线、多边形等几何实体的组合。要素类是具有相同属性的要素的集合,是一种特殊的对象类,往往用于表达某种类型的地理实体,如道路、学校等。

5. 关系类

现实世界中的各种现象是普遍联系的,而联系本身也是一种特殊现象,具有多种表现形式。在面向实体的空间数据模型中,对象之间的联系被称为关系,是一种特殊的对象。

房屋所有者和房屋之间的产权关系,具有公共边界的行政区之间的相邻关系,甲乙双方之间的合同关系,都是对象之间关系的实例。

在该模型中,关系被分为空间关系和非空间关系。其中:

(1) 空间关系与对象的位置和形态等空间特性有关,包括距离关系和拓扑关系。拓扑关系如水管和阀门的连接关系、两条道路的相交关系。

(2) 非空间关系是对象属性之间存在的关系,如甲乙双方之间的合同关系。

关系类是关系的集合,一般在对象类、要素类、注记类、修饰类的任意两者之间建立关系类。

6. 注记类

注记是一种标识要素的描述性文本,分为静态注记、属性注记和维注记。其中:

(1) 静态注记是一种内容和位置固定的注记,包括注记内容和版面配置。

(2) 属性注记的内容来自要素的属性值,显示属性注记时,动态地将属性值填入注记模板,因此也称为动态注记。属性注记直接和它要标注的要素相关联,移动要素时,注记跟随移动,注记的生命期受该要素的生命期控制。

(3) 维注记是一种特殊类型的地图注记,仅用来表示特定的长度和距离。维分为平行维和线性维,平行维与基线平行,表示真实距离;线性维可以是垂直、水平或旋转的,并不表示真实距离。

注记的集合构成注记类。

7. 修饰类

修饰类用于存储修饰地图或者辅助制图的要素,包括几何图形、接图表、图例、指北针、图框、比例尺、贴片和块。其中:

(1) 几何图形包括点、线、多边形。线和多边形边界可以是下列类型之一:折线、弧线、圆、椭圆、弧、矩形、样条、贝塞尔曲线。几何图形主要考虑图面的要求,对平面拓扑和形态没有严格要求,如多边形的端点不要求严格重合,线可以自相交。

(2) 图框分为内图框和外图框。

(3) 贴片是一种带图示化信息的矩形框,用于遮盖不需要显示的图形。

(4) 块是修饰类要素的组合,可以自由组合或拆散。

8. 动态类

动态类是一种特殊的对象类,是空间位置随时间变化的动态对象的集合。动态对象的位置随时间变化形成轨迹,动态类中记录轨迹的信息,包括 x 、 y 、 z 、 t 和属性。

9. 几何网络

几何网络是边要素和点要素组成的集合,边要素和点要素相互联系,一条边连接两个点,一个点可以连接大量的边。边要素可以在二维空间交叉而不相交,如立交桥。几何网络中的要素表示网络地理实体,如道路、车站、航线等。

每一个几何网络都有一个逻辑网络与之对应,逻辑网络依附于几何网络,由边元素、节点元素、转角元素及连通性元素组成。

逻辑网络中的元素没有空间特性,即没有坐标值。逻辑网络存储网络的连通信息,是网络分析的基础。

1.4 MapGIS 平台特性

1.4.1 MapGIS K9 特点

1. 先进的体系架构

采用面向服务的体系架构(SOA, Service-Oriented Architecture),是一种粗粒度、松耦合服务架构。服务之间通过简单、精确定义的接口进行通信,不涉及底层编程接口和通信模型。SOA 是一种架构模式,它将应用程序的不同功能单元(称为服务)通过这些服务之间定义良好的接口和契约联系起来,使得构建在各种各样系统中的服务可以以一种统一和通用的方式进行交互,可以将软件功能以“服务”方式提供出来,各功能间相互独立,以一种“松耦合”协议机制组合。

2. 游刃有余的海量空间数据管理

MapGIS K9 采用当前最先进的空间数据管理技术和多种优化措施,大大提高了海量数据的浏览和查询速度;同时,MapGIS K9 可满足用户长时间并发访问的要求,可以根据已有数据回溯过去某一时刻的情况或预测将来某一时刻的情况,以满足历史回溯和衍变、地籍变更、环境变化、灾难预警等应用的需要。

3. 有效的异构数据集成管理

MapGIS K9 通过 GIS 中间件技术在不需要转换原有数据格式的情况下,只需要一个“翻译”的动作就可在 MapGIS K9 平台上表现和管理空间异构数据,操作这些数据可以像操作本平台的数据一样方便和快捷,从而消除了“信息孤岛”。

4. 实用化的真三维动态建模与可视化

MapGIS K9 可对三维地学模型、三维景观模型等进行快速建立和一体化管理,并可对三维数据进行综合可视化和融合分析。通过建立三维地质模型可精确表示地表地形、地物信息,完全满足地层、断层、坑道等复杂地下构造的显示和分析。通过影像、电子地图、高程等数据可生成虚拟的三维景观地理场景,让用户能随意在逼真的三维的数字化城市虚拟场景中沿着街道行走,并提供专业分析功能,可更直观地了解情况,为道路规划、综合管线规划、城市绿化等的分析、决

策和审批提供了一种重要手段。

5. 强大的遥感处理功能

MapGIS K9 的遥感影像数据处理平台是面向遥感应用需求,集 RS、GIS、GNSS 于一体的遥感基础平台,提供遥感影像海量数据的有效存储管理。该平台不仅提供遥感影像校正、分析、管理及出图等基本处理功能,而且在此基础上针对具体应用提供摄影测量、影像测图等专业处理软件包,实现了从基本影像处理到高级智能解译等系列功能,可广泛应用于农林、测绘、地调、城市规划、资源环境调查、灾害监测等部门。平台还提供强大的二次开发库,用户基于该平台可有效地进行多方位、多层次的遥感应用,从而为海量遥感数据能快速、及时地转化为真正能够满足各行各业实际需要和可供决策依据的有用信息提供强大的技术支撑,进而促进遥感应用的发展。

6. 客户可以自由 DIY

在 MapGIS K9 平台所提供的总体框架上,用户在系统上可对各功能模块灵活、自由地进行“插拔”,即需要/不需要某项功能时可直接附加/卸载该功能;另外,MapGIS K9 配置了多种解决方案,用户可以根据需要自行选择配置或自己开发插件来扩展 GIS 平台功能。

7. 强大、简单的二次开发能力

MapGIS K9 在传统的开发库的基础上,还提供了丰富的三维、遥感、Web GIS 等开发库,并提供了数据中心集成开发平台,利用它提供的搭建式、配置式、插件式的新一代开发模式,为客户提供了最大的二次开发支持和各类行业解决方案。真正实现开发人员的零门槛,可以使不懂编程的人员开发 GIS 系统的梦想成为现实。具有一定专业知识和计算机应用基础的人,只要通过一周左右的时间,就能掌握系统的使用方法,使系统开发实现从关心技术细节,转向关心具体业务的转变。在传统开发模式的软件开发过程中,“开发”工作主要靠程序员;在新一代开发模式下,客户、项目经理、程序员、技术支持人员均可参与“开发”。

1.4.2 MapGIS 6X 与 MapGIS K9 比较

1. 体系结构

MapGIS K9 除了继承 MapGIS 6X 的特征优势外,还有着新一代 GIS 体系架构——面向服务的悬浮倒挂式体系架构,该架构使系统更易于集成和管理,更易于维护,具有更好的伸缩性。开发的系统牢固可靠,并能真正做到数据、功能全面共享。同时,此架构技术极大地降低了程序的开发难度,提高了系统开发效率。

2. 数据模型

数据模型不一样,MapGIS 6X 采用面向点、线、面的文件数据模型,数据以文件方式存储,MapGIS K9 采用面向实体的数据模型,是对 MapGIS 6X 数据框架的修改,增加了地理数据库的概念,软件设计上更加贴近 ArcGIS。MapGIS 6X 采用的是文件型数据,MapGIS K9 数据则存储在地理数据库中。至于基本操作,对于制图方面的改变不是很大,但提供了更多的快捷键和对捕获的支持。

3. 数据管理

MapGIS 6X 是以文件的方式管理数据的,一个项目往往多达十几个甚至上百个文件,容易导致文件命名混乱,不利于数据的携带和使用。与 MapGIS 6X 相比,MapGIS K9 继承并提升了对海量空间数据的管理技术和多种优化措施,数据库采用分类管理,支持更高级的数据库管理技术,分类的数据集中到数据库进行统一存储,大大提高了海量数据的浏览和查询速度,可实现系统效率与数据量无关,用户编辑时自动保存数据,不必手动保存,查看、转移数据时也省去了诸多麻烦。

4. 数据处理

MapGIS 6X 的图像校正、输入编辑、投影变换、误差校正、生成图框、打印输出等功能分布在不同的子系统模块中,比较凌乱,而 MapGIS K9 则把这些模块集成到一个界面中,整合较好,使用起来不需要从一个系统再跳到另一个系统,提高了效率。MapGIS K9 添加了更多的实用视图,如专题图视图、选择集视图、标签视图等,使得制图系统功能更加强大。输入编辑更精确,支持精确坐标输入,提升了靠近弧段、弧段起点、弧段终点、弧段交点,最近弧段的中点、最近点、当前点到最近弧段垂点,清除当前捕获点等捕捉功能。

MapGIS K9 还支持多系统库,引用不同系统库的数据可使用各自的系统库显示,方便灵活。支持动态注记,电子地图标注更加智能、美观,且可调节显示比例。打印输出进一步升级,支持图例、比例尺、指北针等制图要素的编辑。增加了更多的实用工具,如图幅系列工具,提供新旧图幅号转换、图幅参数计算,以及给定坐标点范围、不同标准比例尺图幅的图幅号查询。支持用户自定义键盘快捷键,并且可导入/导出用户快捷键配置文档,满足用户个性化操作实用需求。

MapGIS 6X 空间参照系投影参数需要用户定义和输入,而 MapGIS K9 默认提供一系列实用的空间参照系,减轻用户配置参数的不便。提供动态投影,不同坐标系下同一地理范围数据可动态投影到一个坐标系叠加显示。

5. 数据分析

MapGIS 6X 空间分析功能不强大,只提供一些基本功能,缺少一些数理统计的方法,栅格数据分析简单,分析功能不全,因而限制了其在项目中应用的效率。MapGIS K9 把数据的处理与分析单独作为一个模块,提供矢量数据、属性数据、栅格数据、DEM 数据的编辑、处理、分析功能,在 MapGIS 6X 的基础上,增加了主成分分析、聚类分析、回归分析、判别分析、趋势面分析、空间中心分析等功能。这些功能拓展了应用领域的范围。

6. 兼容性

MapGIS K9 完全兼容 MapGIS 6X,可直接读写 MapGIS 6X 的数据,直接对 MapGIS 6X 的数据进行操作,有专门为老用户设计的完全兼容 MapGIS 6X 的功能插件,真正做到了平滑过渡。但 MapGIS 6X 不完全兼容 MapGIS K9 的数据,MapGIS K9 的地理数据库在 MapGIS 6X 中不能使用。

第2章 GIS 数据输入

2.1 手工键盘输入

手工键盘数字化是指不借用任何数字化设备对地图进行数字化,即手工读取并录入地图坐标数据。手工键盘输入方法简单,但工作量很大,输入效率低,需要做十分烦琐的坐标取点或编码工作,而且数字化的精度也不可能很高。手工数字化按照空间数据存储格式的不同,分为手工矢量数字化和手工栅格数字化。

2.1.1 手工键盘输入矢量数字化

手工输入矢量图形数据就是把点、线、面实体的地理位置(各种坐标系中的坐标),通过键盘输入数据文件或程序中去。实体坐标可从地图的坐标网上或其他覆盖的透明网格上量取。数据采集的具体步骤如下:

(1) 对地理实体进行编码。数字化之前要先对数字化的地理要素进行编码,给每一个地理要素赋予唯一的标识码。

(2) 量算地理要素的坐标。在纸质图上建立平面直角坐标系,读取要素特征点(如线的顶点、折线的拐点、居民地角点等)的坐标值并记录下来,或将图纸铺平,蒙上坐标方格纸再读取坐标,对于线状和面状要素必须严格按照统一的编码有顺序地记录。

(3) 录入坐标数据。在文本编辑器中严格按照一定格式录入坐标数据,保存为文本文件格式,或者在数据库软件中建立相应的坐标数据库文件。

2.1.2 手工键盘输入栅格数据

手工栅格数字化是指将图面划分成栅格单元矩阵,按地理实体的类别对栅格单元进行编码,然后依次读取每个栅格单元代码值的数字化方法。手工栅格数字化的一般方法步骤如下:

(1) 确定栅格单元大小和形状。手工栅格数字化时,首先要确定栅格单元的大小,栅格单元的大小直接决定了数字化的精度,栅格单元越小,地图数字化的精度越高,但同时数字化的工作量也相应增加。形状一般为正方形网格。

(2) 绘制透明栅格网。在透明薄膜上绘制栅格网。

(3) 栅格单元分类编码。确定地物的分类标准,划分并确定每一类别的编码。

(4) 固定透明薄膜。将透明栅格网薄膜蒙在要数字化的地图上,铺平并固定好。

(5) 读取栅格单元值。依格网的行、列顺序用键盘输入每个像元的属性值,即各类别的编码值,栅格单元的取值方法主要有中心点法、面积占优法、长度占优法和重要性法。

(6) 数据录入。在文本编辑器中,将栅格编码值按一定的格式存储为栅格数据文件。

2.2 手工跟踪数字化

2.2.1 数字化仪简介

数字化仪由电磁感应板(操作平台)、坐标输入游标(标示器)和接口装置等组成,如图 2.2-1