

GIS

技术与应用丛书

内容定位：全面系统地介绍 GIS 总的体系结构。

读者定位：非 GIS 专业人员，尤其适合希望进入 GIS 领域的相关 IT 人员阅读。

地理信息系统

邬伦 张晶 赵伟 编著

GIS 技术与应用丛书：

- 地理信息系统
- 城市地理信息系统及应用
- 组件 GIS 技术与应用
- 互联网空间信息系统——Web GIS
- 地理信息系统集成及应用

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



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

GIS 技术与应用丛书

地理信息系统

邬伦 张晶 赵伟 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书从地理信息系统(GIS)的基本概念出发,详细介绍了GIS总的体系结构。全书分为7章,内容包括GIS的发展现状、基本概念、主要核心技术与方法,以及GIS的分析功能和输出等,最后对GIS的未来进行了展望。

本书内容丰富,深入浅出,结构清晰,可读性强,适合非GIS专业人员,尤其适合希望进入GIS领域的相关IT人员阅读,也可作为高等院校相关专业的教材。

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/邬伦,张晶,赵伟编著. —北京:电子工业出版社,2002.7

(GIS技术与应用丛书)

ISBN 7-5053-6330-1

I. 地… II. ①邬… ②张… ③赵… III. 地理信息系统—概论 IV. P91

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第035207号

责任编辑:刘志红

印 刷:北京兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:16.25 字数:283千字

版 次:2002年7月第1版 2002年7月第1次印刷

印 数:6000册 定价:25.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077

《GIS 技术与应用丛书》编审委员会

顾 问：徐冠华 陈述彭 李德仁 童庆禧

主 任：方 裕

副主任：田国良 周成虎 李 京

委 员(按姓氏笔画为序)：

王志刚 邬 伦 张其锬 张 晋 张家庆 吴信才

杜振民 陈建春 李加洪 李 莉 李 毅 杨崇俊

郑立中 郝 力 查宗祥 龚健雅 景贵飞 熊允泰

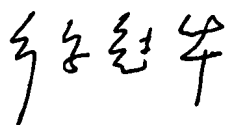
序

地理信息系统(GIS)是空间信息科学与技术的一个重要组成部分。作为一类获取、处理、分析、访问、表示以及在不同用户、不同系统、不同地点之间传输空间数据的计算机信息系统,地理信息系统已经广泛地应用于国民经济的各个领域和社会生活的诸多方面。由于世界 75% ~80% 的信息与其空间位置有关,随着人类获取空间数据能力的不断提高和信息空间化技术的发展,地理信息系统应用将提升到一个新的深度和广度。作为一类软件,它将成为在操作系统和数据库系统基础之上的主要应用集成平台,在国民经济信息化和促进传统行业信息化改造中发挥重要的作用。

经过长期的努力,特别是“九五”期间的努力,我国已经初步形成了自己的地理信息系统软件产业。国产地理信息系统软件已经成为国内市场的一支重要力量,在中小型地理信息系统方面渐成主流之势,并开始走向国门,开拓国际市场。“十五”期间,国家将在“九五”工作的基础上,继续加大投入,坚持技术创新、产品开发和推广应用并重,进一步保持和发展我国地理信息系统软件产业的上升势头。在国家科技计划的引导下,我们要研究新一代地理信息系统软件技术,开发大型地理信息系统软件产品,开展行业性的应用示范。作为我国计算机软件产业的一个重要组成部分,我期望地理信息系统软件能在“十五”期间上一个新的台阶。争取经过一段时间的努力,使我国在地理信息系统理论研究、技术开发和应用推广诸方面进入世界的前列。

作为一门新型的交叉学科,地理信息系统的理论和技术还有相当多的方面不够完善,人们对空间实体之间的关系和表达形式还没有一个完整的、确定性的框架,地理信息系统软件产品也还不能完全满足各方面日益扩大的应用要求。应用需求是地理信息系统理论与技术发展的原动力。当前,地理信息系统软件正面临技术的重大转型。我们必须根据应用实际提出来的问题,研究和解决限制地理信息系统发展的理论问题和技术问题,制定完整的标准规范体系,敢于突破框框,坚持技术创新和跨越,实现地理信息系统软件的四个转变:由以系统为中心向以数据为中心的转变、由面向地图的处理向面向客观空间实体及其关系的处理的转变、由单纯的二维处理向多维处理的转变、由管理型向分析决策型的转变。

目前,全国范围内的数字省区、数字城市的建设方兴未艾,为地理信息系统的发展提供了广阔的舞台。应用的发展需要更多的既熟悉地理信息系统、又熟悉应用领域知识的复合型人才。我们应该动员各方面的力量,建立全国性的培训网络体系,既要重视正规教育,也要重视各种形式的在职培训和社会业余教育。“GIS 技术与应用”丛书的出版,正是顺应了这种发展的形势。丛书以地理信息系统应用技术人员为阅读对象,一定能在推动我国地理信息系统应用与产业发展中发挥积极的作用。

A handwritten signature in black ink, consisting of four characters: '张', '启', '中', '毕' (Zhang Qizhong).

2002 年 6 月 26 日

前 言

近几年来,地理信息系统(GIS)无论在应用上还是在理论上,都处在一个飞速发展的阶段。在多个领域的建模和决策支持系统(如城市管理、区域规划、环境整治等)都应用到了GIS。地理信息成为现代信息的重要组成部分。与此同时,一些学者也在致力于研究GIS发展的相关理论问题。

从应用的角度来看,近几年GIS的应用领域不断扩大,出现了大量成熟的商业GIS平台,空间数据的建设越来越受到重视。基于空间数据基础设施的建设,人们开始了空间数据共享和互操作的研究。

本书从GIS的基本概念出发,由浅入深地介绍GIS总的体系结构;详细介绍GIS的发展现状,GIS中的基本概念,GIS中的主要核心技术与方法(包括GIS的输入、编辑和存储),GIS的分析功能,以及GIS的输出等;最后对GIS的未来进行展望。

本书共7章,结构安排如下:

第1章介绍GIS概述;

第2章介绍计算机里的现实世界——GIS中数据的存储;

第3章介绍GIS空间数据的获取与处理;

第4章介绍计算机中对现实世界的分析——空间查询与空间分析;

第5章介绍GIS输出;

第6章介绍GIS工程与项目管理;

第7章介绍GIS的应用与展望。

本书适合非GIS专业人员阅读,尤其适合希望进入GIS领域的相关IT人员阅读。

本书由邬伦主编。第1~4章和第7章由张晶编写,第5章、第6章由赵伟编写。全书由邬伦、张晶统稿,最后由邬伦定稿。

本书是编著者在北京大学遥感所GIS教研室多年工作的结晶。教研室人员的日常工作,如CityStar软件的开发及相关的科研工作,为本书的写作提供了极好的“原材料”。刘瑜博士、韦中亚博士对本书的整体框架提出了有益的建议与修改意见,高振纪、刘玉玲对本书的图片做了大量的处理工作,田原、张

毅、刘岳峰、高勇、马修军、林报嘉、周贵云、苏元峰、赵建伟、刘述、肖晓柏、于海龙和毛亭亭等参加了本书书稿的讨论，以及部分文字整理工作，在此一并表示衷心的感谢。

由于编著者水平和时间有限，书中错误之处在所难免，望广大读者指正。

编著者

2002年5月

目 录

第 1 章 GIS 概述	(1)
1.1 从现实世界到 GIS	(2)
1.1.1 客观世界与地图	(2)
1.1.2 地图	(6)
1.1.3 电子地图	(11)
1.1.4 地理信息系统 (Geographical Information System, GIS)	(13)
1.2 GIS 的组成要素	(16)
1.2.1 计算机硬件系统	(16)
1.2.2 GIS 软件	(18)
1.2.3 系统开发、管理和使用人员	(19)
1.2.4 空间数据	(19)
1.3 地理信息系统的功能概述	(24)
1.3.1 数据采集	(25)
1.3.2 数据编辑	(27)
1.3.3 数据存储管理	(30)
1.3.4 空间查询与分析	(31)
1.3.5 可视化表现	(36)
1.4 地理信息系统发展简史	(39)
1.4.1 开拓发展阶段	(39)
1.4.2 巩固阶段	(40)
1.4.3 突破阶段	(41)
1.4.4 社会化阶段	(42)
第 2 章 计算机里的现实世界——GIS 中数据的存储	(45)
2.1 从现实世界到计算机世界	(46)
2.1.1 对现实世界的认识	(46)

2.1.2 对现实世界的表达	(46)
2.1.3 对现实世界的抽象——比特世界	(50)
2.2 栅格数据结构及其编码	(53)
2.2.1 栅格数据结构	(55)
2.2.2 栅格数据的获取方式	(57)
2.2.3 编码方法	(58)
2.3 矢量数据结构及其编码	(59)
2.3.1 矢量数据结构	(59)
2.3.2 矢量数据的获取	(60)
2.3.3 编码方法	(61)
2.4 栅格结构与矢量结构的比较及转换算法	(63)
2.4.1 栅格结构与矢量结构的比较	(63)
2.4.2 栅格和矢量数据结构的数据转换	(64)
第3章 空间数据的获取与处理	(67)
3.1 地理信息系统的数据源	(68)
3.1.1 数据分类	(68)
3.1.2 数据的审查过程	(71)
3.2 属性数据的获取	(72)
3.2.1 属性数据的输入方式	(72)
3.2.2 属性数据的类型	(73)
3.2.3 属性数据的编码	(75)
3.3 地图的数字化	(77)
3.3.1 矢量地图的含义及特点	(78)
3.3.2 手扶跟踪数字化	(79)
3.3.3 扫描矢量化	(80)
3.4 野外数据采集	(83)
3.4.1 全站仪(电子平板)测量	(83)
3.4.2 GPS 测量	(84)
3.4.3 摄影测量	(89)
3.4.4 遥感图像处理	(91)
3.5 空间数据编辑处理	(94)

3.5.1	格式转换	(95)
3.5.2	图形坐标变换	(95)
3.5.3	图形拼接	(97)
3.5.4	拓扑生成	(98)
第 4 章	空间查询与空间分析	(103)
4.1	GIS 空间查询	(104)
4.1.1	空间定位查询	(105)
4.1.2	空间关系查询	(107)
4.1.3	SQL 查询	(111)
4.2	缓冲区分析	(114)
4.2.1	缓冲区类型	(114)
4.2.2	缓冲区的建立	(115)
4.3	叠置分析	(117)
4.3.1	视觉信息叠加	(118)
4.3.2	基于矢量的叠置分析	(118)
4.3.3	栅格图层叠加	(122)
4.4	网络分析	(123)
4.4.1	路径分析	(123)
4.4.2	资源分配	(124)
4.5	空间统计分类分析	(125)
4.5.1	统计图表分析	(125)
4.5.2	分布密度和均值	(126)
4.5.3	层次分析	(127)
4.5.4	系统聚类分析	(128)
4.5.5	判别分析	(128)
4.6	数字地形模型 (DTM) 与地形分析	(128)
4.6.1	DEM 的主要表示模型	(129)
4.6.2	构建 DEM 的主要技术手段	(131)
4.6.3	格网 DEM 的分析与应用	(133)
第 5 章	GIS 输出	(137)

5.1 GIS 输出概述	(138)
5.1.1 GIS 输出产品类型	(138)
5.1.2 GIS 输出设备	(141)
5.2 GIS 与地图制图	(145)
5.2.1 地图的基本概念	(147)
5.2.2 地图的符号	(155)
5.2.3 普通地图制图	(157)
5.2.4 专题地图制图	(161)
5.2.5 地图输出	(176)
第 6 章 GIS 工程与项目管理	(181)
6.1 GIS 软件工程	(182)
6.1.1 GIS 软件系统建立过程	(182)
6.1.2 GIS 需求分析	(186)
6.1.3 数据管理设计	(188)
6.1.4 GIS 界面设计	(189)
6.2 GIS 应用项目	(191)
6.2.1 GIS 应用模式与分类	(191)
6.2.2 GIS 应用项目	(194)
6.3 GIS 应用项目的管理	(196)
6.3.1 项目管理范畴	(196)
6.3.2 数据管理	(197)
6.3.3 人员管理	(199)
6.3.4 项目控制与评价	(202)
第 7 章 GIS 的应用与展望	(205)
7.1 GIS 在不同领域的应用	(206)
7.1.1 GIS 应用概述	(206)
7.1.2 GIS 应用模型的类型	(209)
7.1.3 GIS 在不同领域中的应用	(210)
7.2 Web GIS——万维网地理信息系统	(219)
7.2.1 因特网和 GIS	(219)

7.2.2 Web GIS 简介	(220)
7.2.3 Web GIS 的实现方法	(221)
7.3 VR-GIS	(225)
7.4 数字地球与数字城市	(229)
7.4.1 数字地球	(229)
7.4.2 数字城市	(234)
参考文献	(243)

第1章

GIS 概述



1.1 从现实世界到 GIS

社会信息化飞速发展的今天,越来越多的人接触和使用着 GIS (地理信息系统)。对于现代社会的居民来说, GIS 知识已经深入到现代生活的每一个角落;对于政府部门、广大企业、商业机构来讲, GIS 是关系业务竞争、经营成败的关键因素。

在信息社会中,面对包罗万象的信息,传统方法局限于枯燥乏味的数据处理和表现形式,缺乏直观性和决策可视化。GIS 将电子表格和数据库中无法看到的商业模式和发展趋势以图形方式清晰地表现出来,提高了实用性。通过对企业数据库的智能化访问,很容易掌握全球范围商务数据中的地理规律,实现数据的可视化和地理信息与主流商务应用的集成,满足企业决策多维性的需求。可见,利用 GIS 迅速有效地管理空间数据,进行空间可视化分析,了解发展趋势,把握机遇,行之有效地利用空间分布优势,降低成本,加快资金周转,提高市场和销售运作效率,对现代企业是势在必行的。

目前, GIS 带动的产业急剧膨胀,已经深入到市政工程、企业决策、资源管理、交通运输、医疗保健、邮电通信、公安急救、市场销售、金融保险、石油化工、水利电力、环境保护、旅游、科研教育等各个方面。可观的发展前景使 GIS 市场吸引了众多 IT 厂商涉足其中,传统 GIS 厂商(例如,ERSI, MAPINFO, INTERGRAPH 等)竞争激烈, CAD 厂商 AUTODESK 和关系数据库厂商 ORACLE, INFORMIX 等,也都相继推出了 GIS 产品或支持模块。国内 GIS 通用软件平台开发初见成效,代表产品已拥有相当规模。

为了更好地了解什么是 GIS,下面全面系统地介绍从现实世界到地图、从地图再到 GIS 的发展过程,其示意图如图 1-1 所示。

1.1.1 客观世界与地图

地球是目前人类赖以生存和发展的惟一星球。

早期,人类主要是分门别类地对地球某一组成部分进行研究。由此逐渐形成了地球物理学、气象学、地理学、地质学和地球化学以及海洋学等分支学科。由于地球各子系统之间存在着相互联系、相互作用的机制,到了近代,人们开

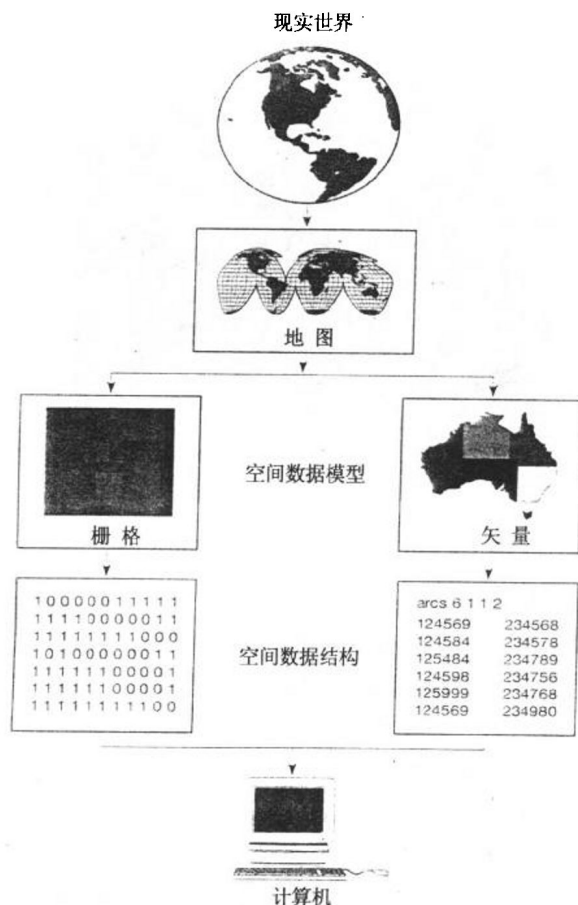


图 1-1 从现实世界到地图、从地图再到地理信息系统的模型示意图

始把地球作为一个整体加以研究和认识。地球是由大气圈、水圈、陆圈（岩石圈、地幔、地核）和生物圈组成，形成一个复杂的系统，有着亿万年不断演变和进化的历史。经过人类活动和自然变迁，如今的地球已向人们敲响了警钟：环境恶化、自然灾害频繁、不可再生能源和矿产资源逐渐贫乏以及人口膨胀等，人类正面临着一系列全球性或区域性的重大难题。

科学技术的不断发展，为人类从总体上认识地球提供了有利条件。人类花费了 1000 多年才大致搞清楚地球的轮廓；花费了大约 300 年，对大陆 30 % 的面积进行了地理探险和地形测量；却只花费了 50 年就用传统的航空摄影技术测绘了陆地 70 % 的面积。现在采用的遥感卫星，更是每天都在采集全球的图像



和数据。图 1-2 所示为卫星正在从空间测绘地球的示意图。

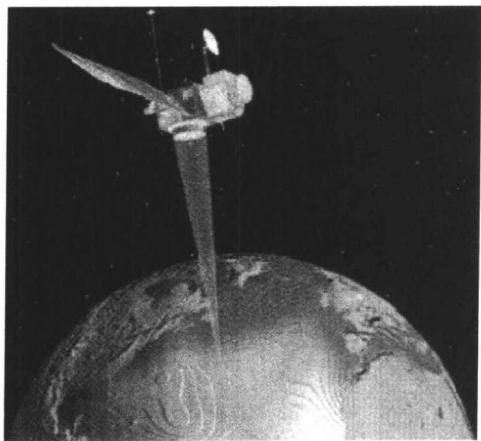


图 1-2 卫星从空间测绘地球的示意图

自古以来，人类所有活动几乎都发生在地球上，并与地球表面位置有关。地理环境极其复杂多样，人们获得大尺度范围的环境信息，展现和利用这些信息，最为普遍的方法是绘制描述这些环境要素的简图。所以说，从产生人类文明的远古时代起，地图就一直是描述地球表面空间事物的工具，也是存储和传输空间信息的载体。无论是交通运输、农田水利建设、市政建设和管理，还是疆土、行政区域的划定，以至军事、国防，都离不开地图。

地图是地球表面自然形态信息和社会经济人文信息的载体和表达形式。地图要素不仅可以表现真实世界中对象的大小、形状，还可以表达各种对象之间的位置关系。由于地球表面很不规则，要将其表面绘制成模拟地图，首先要将地球自然表面上的点沿着垂直方向投影到地球椭球面上，然后将地球椭球面上的点运用地图投影方法投影到某种可展面上，并按照一定的符号、制图综合原则和比例尺，将空间实体和现象的形状、大小、相互位置、基本属性等表示在二维地图上。现实世界的对象如何投影在二维地图上的示意图如图 1-3 所示，制图活动过程如图 1-4 所示。

地图是自然世界的一种模型，是制图人根据对自然世界的认识，用概括和简化的可视化形式可观反映自然世界在某些方面的结构。读图人通过对地图符号的理解，建立起地图所表示的客观世界的空间模型。

从地图上，人们可以获得一个区域或整个地球表面在同一时间的空间现象。同时，不仅可以获得关于地物的数量和质量方面的特征——地表景象的空