



**Geographical Information System and
Application**

地理信息系统 及其应用

❖ 王亚民 赵捧未 编著



西安电子科技大学出版社

<http://www.xduph.com>

内 容 简 介

本书介绍了地理信息系统的基本理论、技术体系及其应用方法。其主要内容包括: GIS 的基本概念, 地理投影基本理论, 空间数据结构和空间数据库, 空间数据采集处理和空间分析, GIS 产品输出, GIS 应用系统开发, ArcView 软件使用基础等。

本书可作为高等院校信息管理与信息系统专业、计算机应用专业本科生学习地理信息系统的教材或参考书, 也可供相关专业研究生及从事地理信息系统工作的人员参考。

随书配套光盘中有 ArcView 3.2 校园版学习软件和实验数据, 供读者练习使用。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统及其应用/王亚民等编著.

—西安: 西安电子科技大学出版社, 2006. 6

ISBN 7 - 5606 - 1681 - X

I. 地… II. 王… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 048245 号

责任编辑 邵汉平 云立实

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com> E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17

字 数 400 千字

印 数 1~4 000 册

定 价 32.00 元(含光盘)

ISBN 7 - 5606 - 1681 - X/TP · 0412

XDUP 1973001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

地理信息系统(GIS)是用于回答地理学问题的艺术、科学、工程 and 技术的总称,是一种利用计算机创建和描述地表的数字表达方法。^[6]

从 20 世纪 60 年代至今, GIS 已迅速发展成为一个独特的研究与应用领域, 并形成成为一个全球性的重要行业。据统计, 1997 年全球有 1500 所以上的大学和 1000 个以上的研究生院教授 GIS 课程, 有 50 万以上的固定 GIS 用户(不包括无数偶尔用 GIS 制图的用户), GIS 的全球产值超过 120 亿美元。GIS 已走出象牙塔, 从研究室走向了生产第一线, 成为信息技术(IT)的主流。今天, GIS 是一个充满活力与迅速扩张的领域, 它作为“数字地球”的基础、“3S”(GIS、GPS、RS)的核心, 已几乎渗透到国民经济的各个部门, 影响和改变着我们的生产、生活和工作方式。另据统计: 2000 年, 我国有 37 所院校设立了专门培养 GIS 人才的专业; 2002 年, 这个数字翻了一番; 到 2003 年, 已普及到了 100 余所院校。

对于信息管理与信息系统专业, 为了适应信息处理技术飞速发展的要求, 需要开设“地理信息系统及其应用”课程, 以帮助本专业的学生学习和掌握地理信息系统的基本理论和基本技术。为此目的, 我们在参阅了国内外有关教材、专著的基础上编写了本书。

全书共分 11 章。第 1 章概述 GIS 的基本概念、系统构成和研究的最新进展。第 2 章介绍 GIS 的地理数学基础。第 3 章介绍空间对象的组成和空间数据结构。第 4 章介绍空间数据库的概念和组织方法。第 5 章介绍空间数据的采集和处理。第 6 章介绍地理空间分析的基本方法。第 7 章介绍 GIS 产品的输出。第 8 章介绍 GIS 的设计与开发方法。第 9 章中利用 MapInfo 的 MapX 开发了一个基本的的应用系统。第 10 章介绍 ArcView 应用基础。第 11 章给出了基于 ArcView 3.2 的 13 个上机操作练习(在随书光盘中备有配套练习数据), 由于本课程在高等院校开设, 学生已具备相应的英语基础, 因此本章以英文方式给出。

在本书的编写过程中, 得到了西安电子科技大学出版社云立实老师的关怀和指导, 在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限, 书中错误和不足在所难免, 恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	1	第 3 章 地理信息系统的数据结构	38
1.1 地理信息系统的基本概念	1	3.1 地理空间及其表达	38
1.1.1 信息与地理信息	1	3.1.1 地图对地理空间的表达	38
1.1.2 地图与地理空间数据表示	3	3.1.2 遥感影像对地理空间的表达	40
1.1.3 信息系统与地理信息系统	4	3.1.3 地理信息的数字化表达	42
1.2 地理信息系统的发展历史	6	3.2 地理空间数据及其特征	45
1.2.1 国际发展概况	6	3.2.1 GIS 的空间数据	45
1.2.2 国内发展概况	7	3.2.2 空间数据的基本特征	47
1.3 地理信息系统的构成	8	3.2.3 空间数据的拓扑关系	48
1.3.1 硬件环境	8	3.2.4 空间数据的计算机表示	49
1.3.2 软件环境	8	3.3 空间数据结构	50
1.3.3 地理空间数据	9	3.3.1 矢量数据结构	51
1.3.4 系统使用与管理人员	9	3.3.2 栅格数据结构	57
1.3.5 应用模型	10	3.4 两种数据结构的比较	68
1.4 地理信息系统的功能及应用	11	第 4 章 地理信息系统空间数据库	70
1.4.1 地理信息系统的功能	11	4.1 概述	70
1.4.2 地理信息系统的应用领域	12	4.1.1 数据库的定义	70
1.5 地理信息系统新进展	13	4.1.2 数据库的主要特征	70
1.5.1 空间数据处理与管理技术	13	4.1.3 数据库的系统结构	71
1.5.2 地理信息应用服务	15	4.1.4 数据组织方式	72
1.5.3 地理信息共享技术	16	4.1.5 数据间的逻辑联系	72
1.5.4 新型地理信息系统	18	4.1.6 空间数据库的概念	73
第 2 章 地理数学基础	22	4.2 数据模型	74
2.1 地球与地理参数	22	4.2.1 层次模型	74
2.1.1 地球空间模型	22	4.2.2 网状模型	75
2.1.2 地理空间坐标系的建立	24	4.2.3 关系模型	76
2.1.3 地理空间坐标系两点的距离	25	4.2.4 对象模型	77
2.2 地图投影概述	25	4.2.5 时空模型	79
2.2.1 地图投影的基本问题	25	4.3 GIS 中空间数据库的组织方式	81
2.2.2 地图投影的变形	26	4.4 Shapefile 空间数据库结构	83
2.2.3 地图投影的分类	28	4.4.1 Shapefile 简介	83
2.2.4 地图投影与 GIS 的关系	30	4.4.2 空间要素结构	84
2.3 中国 GIS 的地图投影选择	31	4.5 Oracle Spatial 的空间数据管理	90
2.3.1 高斯—克吕格投影	31	4.5.1 Oracle Spatial 的空间数据 管理方法	90
2.3.2 正轴等角圆锥投影	35	4.5.2 空间数据模型	90
2.4 面向数字地球的投影问题	37		

4.5.3 元数据管理	92	7.2.3 打印输出	145
4.5.4 空间索引	93	7.3 地理信息系统图形输出系统设计	146
4.5.5 空间操作函数	93	7.3.1 基本理论	146
第5章 地理空间数据的采集和处理	94	7.3.2 输出的几何变换	148
5.1 GIS数据源	94	7.3.3 地形图与专题图的输出 组织形式	154
5.2 空间数据采集	96	第8章 地理信息系统设计与开发	156
5.2.1 属性数据的采集	96	8.1 信息系统设计与开发基本方法	156
5.2.2 几何数据的采集	99	8.1.1 结构化生命周期法	156
5.3 空间数据的处理	101	8.1.2 原型化方法	158
5.3.1 数据检查与编辑	101	8.1.3 面向对象设计方法	160
5.3.2 几何纠正	102	8.2 地理信息系统设计与开发过程	163
5.3.3 投影变换	104	8.2.1 GIS设计的特点	163
5.3.4 空间数据结构的转换	104	8.2.2 GIS设计的内容	163
5.3.5 图幅拼接	109	8.2.3 GIS设计的步骤	164
第6章 地理空间分析	112	8.3 应用模型设计	170
6.1 数字地面模型与地形分析	112	8.3.1 一般介绍	170
6.1.1 DTM和DEM	112	8.3.2 应用实例	171
6.1.2 DEM的主要表示模型	114	8.4 地理信息标准和标准化	172
6.1.3 DEM的建立	117	8.4.1 地理信息标准	172
6.1.4 DEM的分析和应用	119	8.4.2 地理信息标准化技术特征	172
6.2 矢量数据分析	129	8.4.3 地理信息标准的类型	173
6.2.1 包含分析	129	第9章 应用型GIS开发	175
6.2.2 矢量数据的缓冲区分析	130	9.1 GIS开发方式选择	175
6.2.3 多边形叠置分析	130	9.1.1 应用型GIS开发的三种 实现方式	175
6.2.4 矢量数据的网络分析	131	9.1.2 三种实现方式的分析与比较	176
6.3 栅格数据分析	132	9.2 MapX概述	176
6.3.1 栅格数据的聚类、聚合分析	133	9.2.1 MapX简介	176
6.3.2 栅格数据的信息复合分析	134	9.2.2 MapX的安装	177
6.4 空间统计分析	136	9.2.3 Geoset Manager	178
6.4.1 主成分分析法	136	9.2.4 应用程序的结构与数据组织	180
6.4.2 层次分析法(AHP)	137	9.3 用VC++开发基于MapX的 GIS应用	183
6.5 空间集合分析和查询	137	9.3.1 用VC++的应用程序向导 建立单文档应用程序	183
6.5.1 空间集合分析	137	9.3.2 给应用程序MapGIS加入 MapX控件	184
6.5.2 空间数据的查询	139	9.3.3 在应用中实现地图显示和操作	185
第7章 地理信息系统产品的输出	142	9.3.4 地图图层管理方法及函数	195
7.1 地理信息系统产品的输出方式	142	9.3.5 实现图层中图元的管理	199
7.1.1 常规地图	142	9.3.6 动态图层	203
7.1.2 数字地图	143		
7.2 地理信息系统产品的输出系统	144		
7.2.1 屏幕显示	144		
7.2.2 矢量绘图	145		

第 10 章 ArcView 应用基础	204	10.6.2 创建与编辑图形要素	226
10.1 ArcView 概述	204	10.6.3 框架	228
10.1.1 ArcView 项目	205	10.6.4 图版的打印与输出	230
10.1.2 ArcView 文档	205	10.7 Script 简介	230
10.1.3 使用帮助功能	205	第 11 章 地理信息系统上机练习	232
10.2 视图和主题	205	11.1 Introduction(ArcView 介绍)	232
10.2.1 创建视图	206	11.2 Projection and Coordinate System	
10.2.2 视图和主题的基本操作	207	(地图投影和坐标系统)	234
10.2.3 创建 Shape 主题	207	11.3 The Vector Data Model	
10.2.4 使用图例编辑器改变图符	208	(矢量数据模型)	236
10.2.5 管理主题显示	211	11.4 Vector Data Input	
10.3 表格	214	(矢量数据输入)	237
10.3.1 创建表格	214	11.5 Spatial Data Editing	
10.3.2 编辑表格	215	(空间数据编辑)	240
10.3.3 表格显示	216	11.6 Attribute Data Entry and Management	
10.3.4 表格查询	217	(属性数据的输入和管理)	241
10.3.5 表格统计与汇总分析	217	11.7 Raster Data(栅格数据)	245
10.3.6 表格连接与关联	218	11.8 Data Display and Cartography	
10.4 空间查询与分析	220	(数据显示与地图制图)	245
10.4.1 Theme-on-theme 选择	220	11.9 Data Exploration(数据探查)	251
10.4.2 几种主要的空间分析类型	221	11.10 Vector Data Analysis	
10.5 图表	221	(矢量数据分析)	255
10.5.1 创建图表	221	11.11 GIS Modeling(地理信息系统	
10.5.2 选择或改变图表类型	222	模型与建模)	258
10.5.3 转换图表系列与分组	222	11.12 Regions(区域)	260
10.5.4 图表要素编辑	223	11.13 Network and Dynamic Segmentation	
10.5.5 图表查询	224	(网络与动态分段)	261
10.6 地图图版	225	参考文献	263
10.6.1 创建图版	225		

第1章 绪 论

世界各地的人每天都会提出如下一些问题：种植园的土壤有什么特征(农场主)? 下一个服装店应该选址在什么地方(零售商)? 应该在道路的何处开挖，才能迅速找到煤气总管(煤气工程师)? 臭氧洞在过去的十年里有何变化(气候学家)? 有预测未来地震趋势的模型吗(地质学家)? 在过去的两次人口普查中，城乡人口在分布上有何变化(规划人员)? 在这里配备武器装备和人员，会遭到谁的袭击(军事指挥员)? 将冰箱送到客户家里，如何走最好(货物配送管理员)? 前12个月，这个城市卖掉的土地和财产总值是多少(城市会计师)? 如果发生火灾，大火将向何方延伸? 将有多少木材被烧掉(林业管理员)? 若大量污水排入井内，污水将如何扩散? 对饮用者又有何危害(水文学家)? 上述问题以及其他更多的类似问题，都与地表地理环境及其地理过程密切相关。地理信息系统领域的人都很清楚，要回答上述问题，需要访问具有多维(x 、 y 、 z 坐标和时间)、大容量和高处理费用特征的地理信息；同时，即使回答明显简单的地理学问题，也要求按统一的标准集成多种数据源。

地理信息系统(Geographical Information System, 简称GIS)是用于回答地理学问题的艺术、科学、工程 and 技术的总称，是一种利用计算机创建和描述地表的数字表达方法。

从20世纪60年代至今，GIS已迅速发展成为一个独特的研究与应用领域，并形成一个全球性的重要行业。据统计，1997年全球有1500所以上的大学和1000个以上的研究生院教授GIS课程，有50万以上的固定GIS用户(不包括无数偶尔用GIS制图的用户)，GIS的全球产值超过120亿美元。GIS已走出象牙塔，成为信息技术(IT)的主流。今天，GIS是一个充满活力与迅速扩张的领域，已广泛引起公众、个人的兴趣、辩论和思考。

当今，信息技术突飞猛进，信息资源呈爆炸式增长，信息时代对信息资源的采集、管理、分析提出了更高的要求。计算机技术、网络技术、通信技术、人造卫星遥感等空间技术、自动化技术的应用，为信息资源的科学管理展示出更广阔的前景。地理信息系统是在上述学科不断发展的历史背景下产生的，是一门集计算机科学、信息科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学和管理科学为一体的新兴边缘学科。

1.1 地理信息系统的基本概念

1.1.1 信息与地理信息

1. 信息与数据

信息是近代科学的一个专门术语。关于信息有各种不同的定义，通常我们认为，信息是现实世界在人们头脑中的反映，是用文字、数字、符号、语言、图像等介质来表示事件、事物、现象等的的内容、数量或特征，从而向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实和知

识,作为生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、传输性和共享性等特征。客观性是指信息是客观存在的,任何信息都与客观事物紧密联系,同一信息对不同部门的重要性不一定相同。适用性是指信息对决策十分重要,它可作为生产、管理、经营、分析和决策的依据,因而信息具有广泛的适用性。传输性是指信息可以在信息发送者和接收者之间传输,既包括系统把有用信息送至终端设备(包括远程终端)和以一定形式提供给用户,也包括信息在系统内各子系统之间的传输和交换。共享性是指在现代信息社会中,信息共享是最基本的特点,共享使信息被多个用户使用。随着科学的进步和社会的发展,信息已经与能源、材料一样重要。

信息来源于数据。那么,数据又是什么呢?一般来说,数据是通过数字化或直接记录下来的可以被鉴别的符号。数据不仅包括数字,还包括文字、符号、图形、图像以及各种可以转换成数据的对象。数据是用以载荷信息的物理符号。在计算机化的地理信息系统中,数据的格式往往和具体的计算机系统有关,随载荷它的物理设备的形式而改变。例如,同样的数据“1”和“0”都是普通阿拉伯数字符号,当用来表示某一种实体在某个地域内存在与否时,它就提供了“有”(用1表示)、“无”(用0表示)的信息;当在绘图矩阵中表示绘线或不绘线时,它就提供“抬笔”、“落笔”的信息,等等。地理信息系统的建立,首先是收集数据,然后对数据进行处理,目的是为了获得数据中所包含的信息。对于同一数据由于每个人的解释可能不同,因而获得信息量的多少与人的知识水平和经验有关。

数据是客观对象的表示,而信息则是数据内涵的意义,是数据的内容和解释。例如,从实地或社会调查数据中可获取到各种专门信息;从测量数据中可以抽取出地面目标或物体的形状、大小和位置等信息;从遥感图像数据中可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

在信息科学领域中,信息与数据不可分离,信息用记录在各种物理介质中的数据来表达,数据中所包含的意义就是信息。数据只是信息的载体,并不等于信息。只有理解了数据的含义,对数据做出解释,才能得到数据中所包含的信息。通常在不会引起混乱的情况下,人们往往对“信息”和“数据”这两个术语的使用不加以严格区分。

2. 地理信息

地理信息是有关地理实体的性质、特征、运动状态等的知识,是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。而地理数据则是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、属性特征及时域特征三部分。空间位置数据描述地物所在位置。这种位置既可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,如空间上的相邻、相交、包含等。属性特征有时又称非空间数据,是属于一定地物、描述其特征的定性或定量指标。时域特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻/时段。时间数据对环境模拟分析非常重要,正受到地理信息系统学界越来越多的重视。

空间位置、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。地理信息属于空间信息,其位置的识别是与数据联系在一起的,这是地理信息区别于其他类型信息的最显著的标志。

地理信息没有一个权威的公认的定义,在参考文献^[6]中,地理信息定义为:地理信息是一些与地球表面(包括与地表非常接近的地区、亚地表、海洋与大气圈)空间位置数据相关联的信息。

3. 地理信息的特征

地理信息除了具有信息的一般特性外,还具有以下独特特性:

(1) 空间分布性。地理信息具有空间定位的特点,先定位后定性,并在区域上表现出分布式特点,其属性表现为多层次。因此,地理数据库的分布或更新也应是分布式的。

(2) 海量。地理信息既有空间特征,又有属性特征,另外地理信息还随着时间的变化而变化,具有时间特征,因此其数据量很大。尤其是随着全球对地观测计划的不断发展,我们每天都可以获得上万亿兆的关于地球资源、环境特征的数据。这必然给数据处理与分析带来很大压力。

(3) 信息载体的多样性。地理信息的第一载体是地理实体的物质和能量本身,除此之外,还有描述地理实体的文字、数字、地图和影像等符号信息载体以及纸质、磁带、光盘等物理介质载体。对于地图来说,它不仅是信息的载体,也是信息的传播媒介。

(4) 地理信息的多维特征。

(5) 需要专门的数据结构、索引系统和算法来有效地处理地理信息。

1.1.2 地图与地理空间数据表示

1. 地图

地图是地理学家最常用的地理信息载体和地理语言,主要有地表形态和地表物分布(水系、植被、土质、居民点、交通网、国界和行政区划等)的普通地理图、地形图,以及详细客观地表示某种(或某些)自然要素的专题地图。

地图是遵循一定的数学法则,将地理信息通过科学的概括综合,运用符号系统表示在一定载体上的图形,以传递它们的数量、质量在时间和空间上的分布规律和发展变化。

前苏联地图学家 K. A. 萨里谢夫将地图定义为:由数学所确定的经过概括并用形象符号表示的地理表面上的图形,用其表示各种自然现象和社会现象的分布、状况的联系,根据每种地图的具体用途对所表示现象进行选择 and 概括,结果得到的图形叫做地图。也就是说,地图包括三个方面的内容:

(1) 由数学决定的结构,即必须首先确定地球表面上点的地理坐标或其他坐标,以及这些点在地图平面上的直角坐标或其他坐标之间的严格的映射函数关系。确定了这些函数关系后,才可以利用地图来研究它表示的地物的空间关系和联系。

(2) 特殊的符号系统。地图采用便于空间定位的专用图解符号,用于表示各种现象、性质及其相互关系,以及记录、转换和传递各种自然和社会现象的知识,从而在地图上构成客观实际的形象。

(3) 现象的表示、取舍和概括,或称为地图综合。这是由于地图受到图幅比例的限制和图解符号表示的可能性制约,地图在应用中常需要对自然景观进行取舍和概括表示。

地图是一种图像,从地图上我们可以获得一个地区或整个地球表面在同一时间的空间现象。它们建立起地物形状、尺寸和相对而言的视觉形象,从而可从地图上得出地表景象的空间尺度,即空间坐标、长度、面积、高度和体积。除表示地物的数量和质量方面的特征外,地图还可以表示地物之间的空间联系和其他联系,即邻近性、包含性、叠置性、相对距离、从属关系、经济和交通等方面的联系。

对于能够理解地图符号的使用者来说,地图是自然世界的一种模型,是制图人根据其对于自然世界的认识,用概括和简化的可视化形式客观反映自然世界在某些方面的结构。读图是通过对地图符号的理解,建立起地图所表示的客观实际的空间模型。这是一种思维模型,它的建立依赖于制图人和读图人对制图符号的“约定”,地图是制图人和读图人之间交流自然空间信息的图形载体。

地图表达的对象可以是具体的(如居民区植被、土壤等)和抽象的(如人口密度、工农业产值、影响范围等)、现实的(如河网、道路、城市土地利用)和预期的(规划中的灌溉网、规划的道路和土地利用规划)。更为重要的是,地图还可表示自然现象的发生发展过程,例如城市扩展图、土地利用变化图、土壤侵蚀速率图等。

由于地图在表达空间地理信息时具有精确、简洁、丰富、动态、灵活等特点,因此地图已经成为地理工作者普遍使用的地理语言,也是地理信息系统最重要的数据源。事实上,地图也是地理信息系统向用户输出信息的重要形式之一。

2. 地理空间数据表示

空间数据是单个或群体的以空间位置为参照的数据。地理空间数据是指人们通过观测所得到的地理上某些地物景观的空间数据。

一般来说,空间位置可通过两种方法表示:专门位置表示法和列名位置表示法。

(1) 专门位置表示法:通过空间实体与某些数据要素之间空间位置的联系来表示,即表示为绝对坐标和相对坐标。专门位置法可以表示:

① 小尺度空间现象的点或大尺度空间现象的抽象的点,如城镇、高程控制点、交通网络的结点等。

② 具有线性特征的线段,如水系、公路等。

③ 有规则的面,如栅格、像元等。

④ 用于面状描述的不规则多边形,如土壤分布、植被类型、空间影响范围等。

(2) 列名位置表示法:用名称或编码等可标识的数码表示,如邮政编码、街区地址、门牌号码等。它们只表示空间实体的组合和偶然的联系,本身并不能完整地表达空间位置,而需参照其他空间要素。例如,在地图上,地名与编码结合起来才能确定实体的空间位置。

地理空间数据可以用来描述地球上的自然资源、人类赖以生存的自然环境、人文经济与劳动力资源的有关信息,包括:地形地貌、土壤、岩石矿藏、植被、水、土地利用、行政区界、交通网络、邮政区、公共设施位置、土地界限、土地价值、土地所有权、人口普查分区、人口分布、收入分配、经济区划、环境污染、疾病影响范围和自然灾害分布等。

空间数据表示了各种空间现象之间的空间关系,如邻接、距离、重叠、包含等。空间现象的其他属性也可以用数据表示,有时,在一定程度上空间关系或属性隐含于数据结构中,可以根据记录格式和数据结构计算出来。

1.1.3 信息系统与地理信息系统

1. 系统

系统是具有特定功能,由相互联系的若干要素所构成的一个整体。对计算机而言,系统是为实现某些特定的功能,由必要的人、机器、方法或程序按一定相关关系联系起来进

行工作的集合体,其内部要素之间的相互联系通过信息流实现。系统的特征由构成系统的要素及要素之间的联系的方式所决定。

2. 信息系统

信息系统是具有处理、管理和分析数据功能的系统,它能为企业、部门或组织的决策过程提供有用的信息。在信息社会中,我们所说的信息系统大部分都由计算机系统支持,例如,图书情报信息系统、商业服务管理系统、资源与环境信息系统等。

3. 地理信息系统

地理信息系统是以采集、存储、管理、描述、分析地球表面及空间和地理分布有关的数据的信息系统。它是以地理空间数据库为基础,在计算机硬、软件环境的支持下,对空间相关数据进行采集、管理、操作、分析、模拟和显示,并采用地理模型分析方法,适时提供多种空间和动态的地理信息,为地理研究、综合评价、管理、定量分析和决策服务而建立起来的一类计算机应用系统。简而言之,地理信息系统是以计算机为工具,具有地理图形和空间定位功能的空间型数据管理系统,它是一种特殊而又十分重要的信息系统。

从学术与技术的角度看,地理信息系统所涉及的内容主要包括:

- 有关的计算机硬件、软件;
- 空间数据的获取及输入;
- 空间数据模型及表达;
- 属性数据的数据库存储及处理;
- 数据的共享、分析与应用;
- 数据的显示与输出;
- 地理信息系统的项目管理、开发、质量保证与标准化;
- 地理信息系统的机构设置与人员培训等。

我们将从功能或内容上来讨论地理信息系统,即把地理信息系统看成是一种以计算机为工具,具有地理图形和空间定位功能的空间型信息管理系统。

一般说来,地理信息系统按其内容可以分为以下三大类:

(1) 专题信息系统(Thematic Information System):是具有限定目标和专业特点的地理信息系统,为特定的、专门的目的服务,如矿产资源管理信息系统、农作物估产信息系统、灾害监测信息系统、城市管网信息系统等。

(2) 区域信息系统(Regional Information System):主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标。区域信息系统可以有不同的规模,如国家级、地区或省级、市级和县级等为各不同级别行政区服务的区域信息系统;也可以是按自然分区或流域为单位的区域信息系统,如加拿大国家地理信息系统,我国黄河流域信息系统,区域资源与环境信息系统等。区域信息系统有时也称为综合信息系统。

(3) 地理信息系统工具(GIS-Tool):也称地理信息系统开发平台。它是具有地理信息系统基本功能的工具软件或开发平台,供其他系统调用或进行二次开发。国内、外已在不同档次的计算机设备上研制了一批地理信息系统工具,如美国耶鲁大学森林与环境学院的Map软件包(Map Analysis Package),MapInfo公司的MapInfo系统,美国环境系统研究

所(ESRI)的 ArcGIS 等。将地理信息系统开发平台与数据库系统结合,用以完成图形图像数字化、地理数据的存储管理、查询检索、结果输出等任务,就可以开发出相应的决策支持系统、专家系统等。

也可以从其他角度对地理信息系统进行分类。例如,按数据结构的不同可将地理信息系统分为:基于多边形的,即矢量型地理信息系统;基于格网的,即栅格型地理信息系统。

1.2 地理信息系统的发展历史

1.2.1 国际发展概况

1. 地理信息系统的开拓期(20世纪60年代)

20世纪50年代末60年代初,计算机获得广泛应用,很快就被应用于空间数据的存储和处理,使得计算机成为地图信息存储和计算处理的装置。于是,很多地图转换为能被计算机利用的数字形式,出现了地理信息系统的早期雏形。1963年,加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出了“地理信息系统”这一术语,并建立了世界上第一个实用的地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。这时地理信息系统的特征是和计算机技术的发展水平联系在一起,表现为计算机存储能力小,磁带存取速度慢;机助制图能力较强,地学分析功能比较简单;实现了手扶跟踪的数字化方法,可以完成地图数据的拓扑编辑,分幅数据的自动拼接;开创了格网单元的操作方法,发展了许多面向格网的系统。例如,哈佛大学的 SYMAP 是最著名的一例,另外还有 GRID、MLMIS 等系统。所有这些处理空间数据的主要技术,奠定了地理信息系统发展的基础。

2. 地理信息系统的巩固发展期(20世纪70年代)

20世纪70年代,随着计算机技术的迅速发展,数据处理速度加快,内存容量增大,而且输入、输出设备比较齐全,推出了大容量直接存取设备——磁盘,为地理数据的录入、存储、检索、输出提供了强有力的手段。特别是人机对话和随机操作的应用,可以通过屏幕直接监视数字化的操作,而且制图分析的结果能很快看到,并可进行实时编辑。计算机技术及其在自然资源和环境数据处理中的应用,促使地理信息系统迅速发展。例如,从1970年至1976年,美国地质调查所就建成50多个信息系统,分别作为处理地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其他如加拿大、前联邦德国、瑞典和日本等国也先后发展了自己的地理信息系统。地理信息系统在这时受到了政府部门、商业公司和大学的普遍重视。这个时期地理信息系统发展的总体特点是:地理信息系统在继承60年代技术的基础之上,充分利用了新的计算机技术,但系统的数据分析能力仍然很弱;在地理信息系统技术方面没有新的突破;系统的应用与开发多限于某些机构。

3. 地理信息系统的技术大发展时期(20世纪80年代)

由于大规模和超大规模集成电路的问世,推出了第四代计算机,特别是微型计算机和远程通信传输设备的出现为计算机的普及应用创造了条件,加上计算机网络的建立,因而使地理信息的传输时效得到极大的提高。在系统软件方面,数据库管理系统(DBMS)、系

统软件工具和应用软件工具得到研制,数据处理开始和数学模型、模拟等决策工具结合。由此,地理信息系统的应用领域迅速扩大,从资源管理、环境规划到应急反应,从商业服务区域划分到政治选举分区等,涉及到了许多的学科与领域。这时期,许多国家制定了本国的地理信息系统发展规划,建立了一些政府性、学术性机构,如美国于1987年成立了国家地理信息与分析中心(NCGIA),英国于1987年成立了地理信息协会。同时,商业性的咨询公司、软件制造商大量涌现,并提供系列专业化服务。地理信息系统不仅引起工业化国家的普遍兴趣,如英国、法国、前联邦德国、挪威、瑞典、荷兰、以色列、澳大利亚、前苏联等都积极致力于地理信息系统的发展和运用,而且不再受国家界线的限制,地理信息系统开始用于解决全球性的问题。

4. 地理信息系统的应用普及时代(20世纪90年代)

由于计算机的软、硬件均得到飞速的发展,网络已进入千家万户,因此地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统,尤其是政府决策部门在一定程度上由于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。另外,社会对地理信息系统的认识普遍提高,需求大幅度增加,从而导致地理信息系统应用的扩大与深化。国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题,例如,地理信息系统被列入美国政府制定的“信息高速公路”计划。毫无疑问,地理信息系统将发展成为现代社会最基本的服务系统。

1.2.2 国内发展概况

我国地理信息系统方面的工作从20世纪80年代初开始,以1980年中国科学院遥感应用研究所成立的全国第一个地理信息系统研究室为标志。在几年的起步发展阶段中,我国地理信息系统在理论探索、硬件配制、软件研制、规范制定、区域试验研究、局部系统建立、初步应用试验和技术队伍培养等方面都取得了进步,积累了经验,为在全国范围内展开地理信息系统的研究和应用奠定了基础。

我国地理信息系统进入发展阶段的标志是从第七个五年计划开始的,地理信息系统研究作为政府行为,正式列入国家科技攻关计划,开始了有计划、有组织、有目标的科学研究、应用实验和工程建设工作。许多部门同时开展了地理信息系统研究与开发工作,如全国性地理信息系统(或数据库)实体建设,区域地理信息系统研究和建设,城市地理信息系统研究和建设,地理信息系统基础软件或专题应用软件的研制,地理信息系统教育培训。地理信息系统技术的应用开创了新的局面,在全国性应用、区域管理、规划和决策中取得了实际的效益。

自20世纪90年代起,我国地理信息系统步入快速发展阶段,开始执行地理信息系统和遥感联合科技攻关计划,强调地理信息系统的实用化、集成化和工程化,力图使地理信息系统从初步发展时期的研究实验、局部应用走向实用化和产业化,为国民经济重大问题提供分析和决策依据;同时,努力实现基础环境数据库的建设,推进国产软件系统的实用化、遥感和地理信息系统技术一体化,促进地理信息系统在经济相对发达、技术力量比较雄厚、用户需求更为急迫的地区和城市首先实用化。

1.3 地理信息系统的构成

一个实用的 GIS 要支持对空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示等功能。一般, GIS 主要由五个部分构成(图 1-1), 它们是计算机硬件环境、软件环境、地理空间数据、系统使用与管理人员和应用模型。

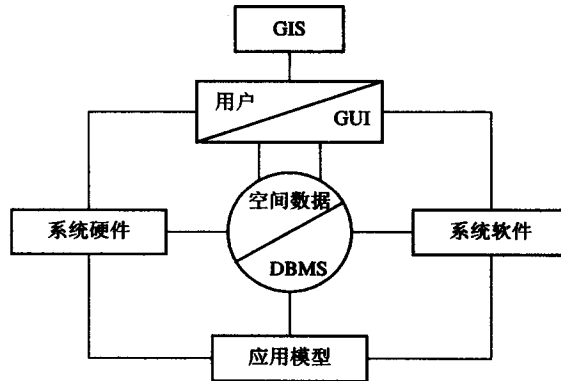


图 1-1 地理信息系统的基本构成

1.3.1 硬件环境

地理信息系统的硬件配置一般包括以下几个部分：

- (1) 计算机主机：可以是单机，也可以组成计算机网络系统来应用。
- (2) 数据输入设备：用于将系统所需要的各种数据输入计算机，并将模拟数据转换成数字化数据。其他一些专门设备，如数字化仪、扫描仪、解析测图仪、数字摄影测量仪器、遥感图像处理系统、机助制图系统、图形处理系统等，均可以通过数字接口与计算机相连接。
- (3) 数据存储设备：主要指存储数据的磁盘、磁带、光盘及相应的驱动设备。
- (4) 数据输出设备：包括图形终端显示设备、绘图机、打印机、磁介质硬拷贝机、可擦写光盘以及多媒体输出装置等。它们将以图形、图像、文件、报表等不同形式显示数据的分析处理结果。
- (5) 数据通信传输设备：配上网络系统连线、网卡及其他网络专门设施，地理信息系统就可通过网络与服务器或其他工作站交流信息或共享数据。

1.3.2 软件环境

地理信息系统运行所必需的各种程序通常包括：

- (1) 计算机系统软件：一般是由计算机厂家提供的，为用户开发和提供使用计算机提供方便的程序系统，通常包括操作系统、汇编系统、编译程序、诊断程序、库程序，以及各种维护使用手册、程序说明等。这些是地理信息系统正常运行所必需的。
- (2) 地理信息系统软件和其他支持软件：可以通过地理信息系统工具专门开发的地理信息系统软件包，也可包括数据库管理系统、计算机图形软件包、CAD、图像处理系统

等,用于支持对空间数据的输入、存储、转换、输出和与用户接口。

(3) 应用分析程序:是系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析模型编制的用于某种特定应用任务的程序,是系统功能的扩充与延伸。应用程序作用于地理专题数据或区域数据,构成地理信息系统的具体内容,这是用户最为关心的真正用于地理分析的部分,也是从空间数据中提取地理信息的关键。用户进行系统开发的大部分工作是开发应用程序,而应用程序的水平在很大程度上决定着系统的成败。

1.3.3 地理空间数据

地理空间数据是地理信息系统的操作对象与管理内容。它是指以地球表面空间位置为参照,描述自然、社会和人文经济景观的数据,这些数据可以是数字、文字、表格、图像和图形等。它们由系统建造者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他输入设备输入到地理信息系统中,是地理信息系统所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容,其相应的区域信息包括位置信息、属性信息和空间关系等。

地理信息系统中的数据主要包括两大类型:空间数据和非空间的属性数据。

1. 空间数据

空间数据用来确定图形和制图特征的位置,是以地球表面空间位置为参照的。具体来说,它反映以下两方面信息:

(1) 在某个已知坐标系中的位置,也称几何坐标,主要用于标识地理景观在自然界或包含某个区域的地图的空间位置,如经纬度、平面直角坐标、极坐标等。

(2) 实体间的空间相关性,即拓扑关系(Topology),表示点、线、网、面等实体之间的空间联系,如网络结点与网络之间的枢纽关系,边界线与面实体间的构成关系,面实体与岛或内部点的包含关系等。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、格式转换、存储管理、查询检索和模型分析都有重要意义,是地理信息系统的特色之一。

2. 非空间的属性数据

非空间的属性数据用来反映与几何位置无关的属性,即通常所说的非几何属性。它是与地理实体相联系的地理变量或地理意义,一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算、统计等方法得到。非几何属性分为定性和定量两种,前者包括名称、类型、特性等,如岩石类型、土壤种类、土地利用、行政区划等;后者则包括数量和等级等,如面积、长度、土地等级、人口数量、降雨量、水土流失量等。任何地理实体至少包含一个属性,而地理信息系统的分析、检索主要是通过对属性的操作运算来实现的。

1.3.4 系统使用与管理人員

地理信息系统是一个动态的地理模型,是一个复杂的人—机系统。仅仅有系统硬件、软件和数据还构不成一个完整的地理信息系统,它必须处于相应的机构或组织环境内,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充等工作。因此,系统的管理、维护和使用人员是地理信息系统中的重要构成因素,它们在地理信息系统环境中的作用与关系如图1-2所示。

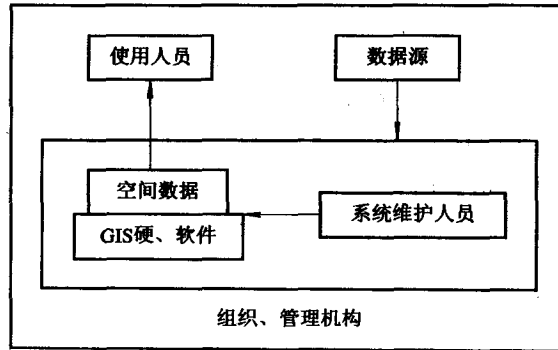


图 1-2 地理信息系统与组织、管理机构环境

1.3.5 应用模型

GIS 应用模型的构建和选择也是系统应用成败至关重要的因素。虽然 GIS 为解决各种现实问题提供了有效的基本工具，但对于某一专门的应用，则必须构建专门的应用模型，例如土地利用适宜性模型，公园选址模型，洪水预测模型，人口扩散模型，森林增长模型，水土流失模型等。

这些应用模型是客观世界到信息世界的映射，反映了人类对客观世界利用、改造的能动作用，并且是 GIS 技术产生社会效益的关键所在，也是 GIS 生命力的重要保证。因此，应用模型在 GIS 技术中占有十分重要的地位。

构建 GIS 应用模型，首先必须明确用 GIS 求解问题的基本流程(图 1-3)；其次根据模型的研究对象和应用目的，确定模型的类别、相关的变量、参数和算法，构建模型逻辑结构框图；然后确定 GIS 空间操作项目和空间分析方法；最后是模型运行结果验证、修改和输出。显然，应用模型是 GIS 与相关专业连接的纽带，它的建立绝非纯数学技术性问题，而必须以坚实而广泛的专业知识和经验为基础，对相关问题的机理和过程进行深入的研究，并从各种因素中找出其因果关系和内在规律，有时还需要采用从定性到定量的综合集成法，这样才能构建出真正有效的 GIS 应用模型。

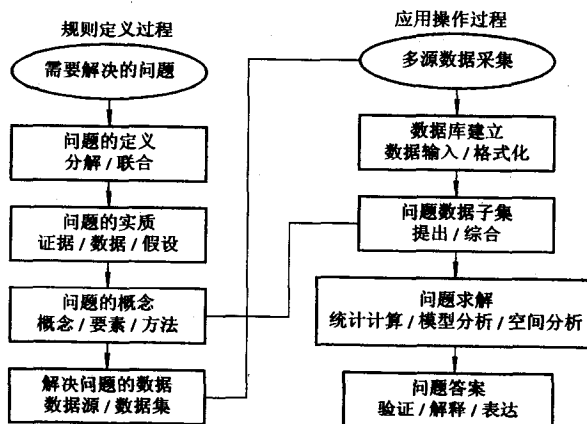


图 1-3 用 GIS 求解问题的基本流程

1.4 地理信息系统的功能及应用

1.4.1 地理信息系统的功能

一般的 GIS 包括以下五项基本功能：

1. 数据采集与输入

数据采集与输入是指在数据处理系统中将系统外部的原始数据传输给系统内部，并将这些数据从外部格式转换为系统便于处理的内部格式。对多种形式、多种来源的信息可实现多种方式的数据输入，主要有图形数据输入(如管网图的输入)、栅格数据输入(如遥感图像的输入)、测量数据输入(如全球定位系统 GPS 数据的输入)和属性数据输入(如数字和文字的输入)。

地理信息系统的数据通常抽象为不同的专题或层(图 1-4)。数据采集与输入功能就是保证各层实体的地物要素按顺序转化为 x 、 y 坐标对应的代码并输入到计算机中。

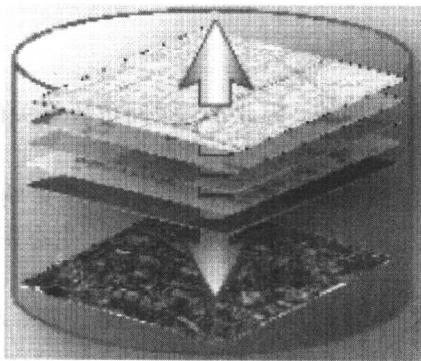


图 1-4 GIS 数据分层概念

2. 数据编辑与更新

数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑。属性编辑主要与数据库管理结合在一起完成；图形编辑主要包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、图形变换、投影变换、误差校正等功能。数据更新即以新的数据项或记录来替换数据文件或数据库中相对应的数据项或记录，是通过删除、修改、插入等一系列操作来实现的。由于空间实体都处于发展着的时间序列中，人们获取的数据只反映某一瞬时或一定时间范围内的特征，随着时间的推移，数据会随之改变。数据更新可以满足动态分析的需要，也可以对自然现象的发生和发展做出合乎规律的预测预报。

3. 数据存储与管理

数据存储即将数据以某种格式记录在计算机内部或外部存储介质上。其存储方式与数据文件的组织密切相关，关键在于建立记录的逻辑顺序，即确定存储的地址，以便提高数