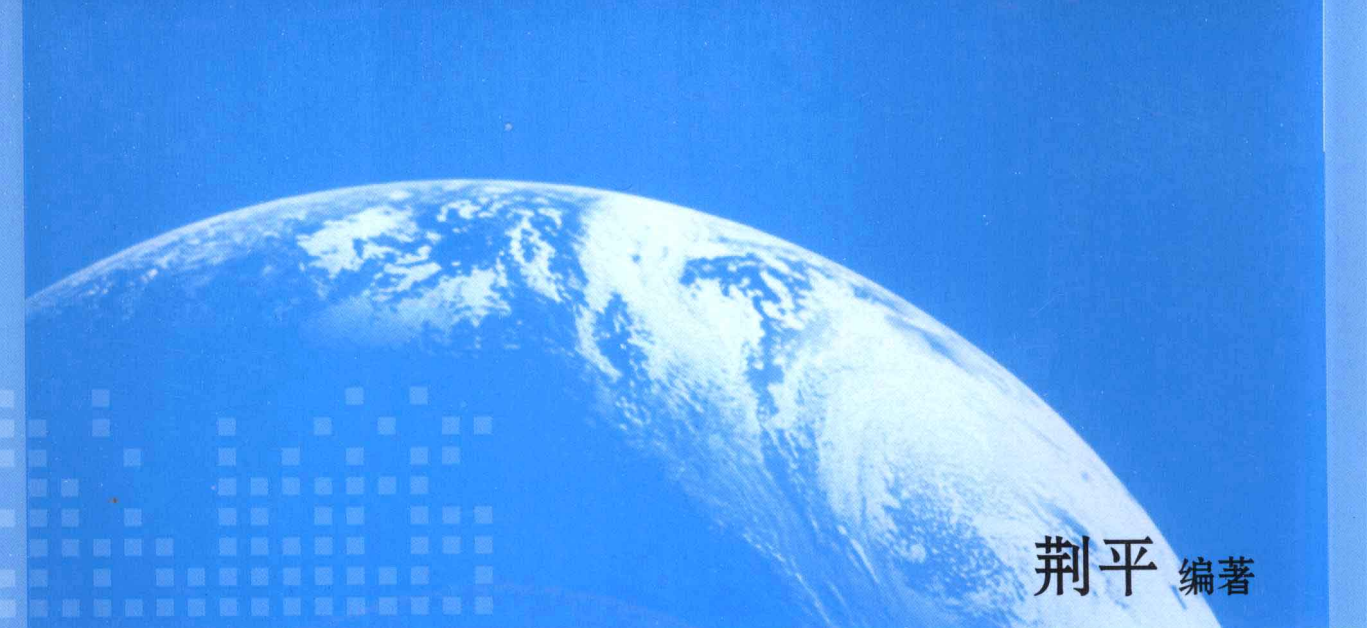
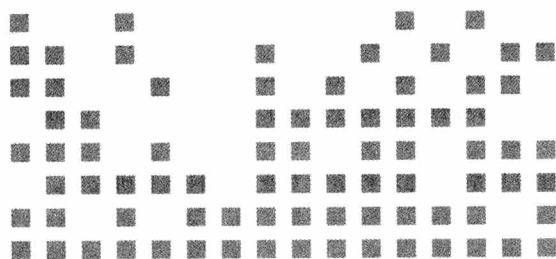




荆平 编著

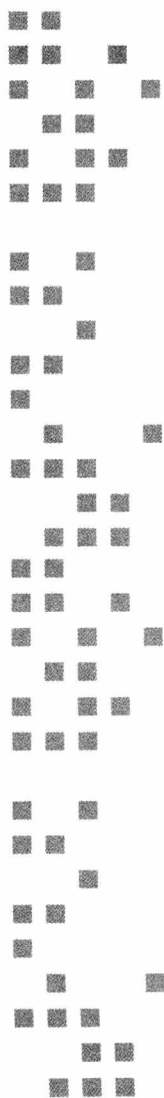
基于Visual Basic 2008的 地理信息系统 设计开发案例教程

清华大学出版社



荆平 编著

基于Visual Basic 2008的 地理信息系统设计开发案例教程



清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

全书在简要介绍 GIS 组件开发基本方法的基础上,以国外最流行的 GIS 组件(MapX、Map Objects、ArcGIS Engine)为对象,采用 VB2008 开发语言,以示例程序为核心,分别对 GIS 的浏览功能、检索功能、专题地图实现及高级功能进行示例演示。书中所有示例均为可执行的程序段,利于读者学习参考,快速提高程序设计的技能,深入了解 GIS 程序设计的方法。

本书读者对象主要是高等院校资源与环境、地理信息系统、地理科学等专业的本科生和研究生。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

基于 Visual Basic 2008 的地理信息系统设计开发案例教程 / 荆平编著. --北京:清华大学出版社, 2012.9

ISBN 978-7-302-29301-9

I. ①基… II. ①荆… III. ①地理信息系统—系统设计—教材 ②BASIC 语言—程序设计—教材
IV. ①P208 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 152513 号

责任编辑:柳 萍 赵从棉

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:30.25 字 数:735 千字

(附光盘 1 张)

版 次:2012 年 9 月第 1 版

印 次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:56.00 元

产品编号:042487-01

目前,地理信息系统设计与开发已经成为大学地理信息系统专业的必修课,涉及理论方法和编程实践两部分内容,上机实践的难度相对较大。因此,编者根据近年的教学及开发实践,在编写《地理信息系统设计与开发》教材的基础上,编写了本书,以作为教材的案例题集。

本书采用组件式地理信息系统(COMGIS)的设计开发方法,以目前主流GIS组件 MapX、Map Objects 和 ArcGIS Engine 为核心,以最新的开发语言 VB.NET 2008 为平台,对地理信息系统应用软件的浏览功能、信息查询检索功能、专题地图渲染功能及三维分析等 GIS 高级功能进行设计开发。书中结合大量代码和开发示例进行技术分析和开发讲解,案例均为可运行的程序段,可在开发平台上直接运行,便于学习和借鉴。

全书分为 12 章。第 1 章为绪论,简要论述了地理信息系统的发展状况,对 GIS 设计开发方式及组件的加载进行了说明;第 2 章对基于 MapX 的 GIS 基本功能的实现进行论述;第 3 章介绍基于 MapX 信息检索功能的设计开发;第 4 章对基于 MapX 的专题地图设计开发进行分析论述;第 5 章介绍基于 Map Objects 的 GIS 基本功能的实现;第 6 章为基于 Map Objects 信息检索功能的设计开发;第 7 章为基于 Map Objects 的专题地图设计开发;第 8 章介绍基于 ArcGIS Engine 的 GIS 基本功能的实现;第 9 章为基于 ArcGIS Engine 的检索功能的设计开发;第 10 章为基于 ArcGIS Engine 的专题地图设计开发;第 11 章为基于 ArcGIS Engine 的空间分析功能的设计开发;第 12 章为基于 ArcGIS Engine 的三维 GIS 功能的设计开发。

在本书的编写与出版过程中,清华大学出版社的编辑柳萍给予了大量帮助与全力支持,并提出了非常中肯的改进意见,在此深表感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请专家学者批评指正。

编者邮箱:jingpingtj@163.com

编 者

2012-4-15

第 1 章 绪论	1
1.1 地理信息系统发展概述	1
1.1.1 地理信息系统的基本概念	1
1.1.2 地理信息系统的分类	3
1.1.3 地理信息系统的组成	4
1.1.4 地理信息系统软件的功能	5
1.1.5 地理信息系统的发展	6
1.1.6 地理信息系统的趋势	7
1.2 GIS 设计开发方式	13
1.2.1 独立开发	13
1.2.2 单纯二次开发	13
1.2.3 集成二次开发	13
1.2.4 三种开发方式的分析与比较	14
1.3 组件式 GIS	14
1.3.1 软件开发的组件技术	14
1.3.2 COM 与 DCOM	15
1.3.3 组件技术与 GIS 的发展	16
1.3.4 组件式 GIS 系统的特点	16
1.3.5 组件式 GIS 开发平台的结构	18
1.4 GIS 组件的加载	18
1.4.1 MapX	18
1.4.2 Map Objects	20
1.4.3 ArcGIS Engine	22
第 2 章 基于 MapX 的 GIS 基本功能的实现	27
2.1 MapX 组件	27
2.1.1 MapInfo 的数据组织	28
2.1.2 MapX 组件的模型结构	29
2.1.3 MapX 组件的空间数据结构	31

2.2	图层的添加与删除	32
2.2.1	图层集的加载	32
2.2.2	图层的基本属性	34
2.2.3	图层的加载	41
2.2.4	图层的删除	46
2.3	图层的移动	49
2.3.1	采用 Move 方法实现图层位置的移动	49
2.3.2	图层的管理方法	49
2.4	浏览功能的实现	50
2.5	地图输出	55
2.6	鹰眼功能的实现	57
第3章	基于 MapX 信息检索功能的设计开发	61
3.1	属性数据检索	61
3.1.1	Features 集合和 Selection 集合	61
3.1.2	Features 集合的常用方法	62
3.1.3	Selection 集合的常用方法	71
3.1.4	利用选择工具实现属性数据检索	75
3.2	空间数据检索	77
3.2.1	数据绑定	77
3.2.2	Find 和 Search 方法	88
3.3	综合检索示例	98
第4章	基于 MapX 的专题地图设计开发	104
4.1	专题地图的基本类型简介	104
4.1.1	专题地图的定义及类型	104
4.1.2	利用 MapX 可以设计实现的专题地图	105
4.2	专题地图的实现方法	106
4.2.1	专题地图的对象、方法及属性	106
4.2.2	通过数据绑定实现专题地图	110
4.2.3	各种专题地图的实现示例	118
4.2.4	动态生成专题地图	126
4.3	专题地图的组合实现	131
第5章	基于 Map Objects 的 GIS 基本功能的实现	134
5.1	Map Objects 组件	134
5.1.1	Map 地图控件	134
5.1.2	图层文件的特征	136
5.1.3	符号对象	138

5.1.4 颜色属性	144
5.2 图层的添加与删除	145
5.2.1 图层加载	145
5.2.2 加载 SDE 层	150
5.2.3 增加一个影像图层	151
5.2.4 图层的删除	152
5.3 图层的移动	154
5.4 浏览功能的实现	157
5.5 颜色及字体的修改	163
5.5.1 颜色修改	163
5.5.2 设置图层为文本内容的字体	165
5.6 动态跟踪层的实现	167
5.6.1 TrackingLayer	167
5.6.2 GeoEvent	167
5.7 鹰眼功能的实现	169
第 6 章 基于 Map Objects 信息检索功能的设计开发	173
6.1 查询条件的创建	173
6.1.1 条件查询的方法	173
6.1.2 创建查询条件	174
6.2 通过查询条件搜索元素	176
6.2.1 字段检索	177
6.2.2 所有记录值的检索	180
6.2.3 记录集对象浏览	182
6.2.4 基于查询条件搜索元素	184
6.3 通过距离来搜索元素	188
6.3.1 SearchByDistance 方法	188
6.3.2 示例程序	189
6.4 通过几何图形搜索元素	193
6.4.1 SearchShape 方法	194
6.4.2 示例程序	195
第 7 章 基于 Map Objects 的专题地图设计开发	199
7.1 专题地图渲染方法	199
7.2 专题地图的实现方法	203
7.2.1 常见专题地图实现方法	203
7.2.2 同步缩放 ValueMapRenderer 专题地图	215
7.2.3 动态设定点密度专题地图	218
7.2.4 Statistics 对象的 CalculateStatistics 方法	220

7.2.5	可选字段生成专题地图	222
7.3	专题地图的组合实现	225
7.3.1	组合渲染对象 GroupRenderer	225
7.3.2	ChartRenderer 和 ClassBreaksRenderer 组合专题地图	225
7.3.3	ChartRenderer 和 DotDensityRenderer 组合专题地图	228
第 8 章	基于 ArcGIS Engine 的 GIS 基本功能的实现	231
8.1	图层的加载与删除	231
8.1.1	MapControl 控件	231
8.1.2	PageLayoutControl 控件	242
8.1.3	TOCControl 控件	243
8.2	图层的移动	246
8.3	浏览功能的实现	250
8.3.1	ToolbarControl 控件	250
8.3.2	ToolbarControl 功能的代码加载	255
8.3.3	放大缩小功能的代码实现	258
8.3.4	弹出式菜单的设计	262
8.4	图层文件的保存及另存	264
8.5	鹰眼功能的实现	267
第 9 章	基于 ArcGIS Engine 的检索功能的设计开发	272
9.1	信息数据的检索方式	272
9.1.1	检索类型	272
9.1.2	数据管理对象	274
9.1.3	主要查询对象	278
9.2	属性数据检索	287
9.2.1	点信息查询	287
9.2.2	线信息查询	290
9.2.3	面对象信息查询	295
9.3	空间数据检索	304
9.4	综合检索示例	310
第 10 章	基于 ArcGIS Engine 的专题地图设计开发	317
10.1	专题地图的基本颜色	317
10.1.1	Color	317
10.1.2	ColorRamp	320
10.2	专题地图的基本符号	324
10.2.1	MarkerSymbol 对象	325

10.2.2	LineSymbol 对象	336
10.2.3	FillSymbol 对象	345
10.3	专题地图的实现方法	355
10.3.1	简单渲染	355
10.3.2	独立值渲染	358
10.3.3	点密度/多字段点密度	362
10.3.4	数据分级绘制	369
10.3.5	饼图/柱状图	375
10.3.6	比例符号渲染	392
10.4	专题地图的组合实现	397
10.5	专题地图的综合实现示例	402
10.5.1	符号的获取	403
10.5.2	加载图层	404
10.5.3	设置分级数	406
10.5.4	计算各级数值大小并设置颜色	407
10.5.5	实现分级渲染	408
第 11 章	基于 ArcGIS Engine 的空间分析功能的设计开发	409
11.1	缓冲功能设计开发	409
11.2	空间拓扑运算的实现	419
11.2.1	Boundary 方法	419
11.2.2	Clip 方法	420
11.2.3	Cut 方法	421
11.2.4	Difference 方法和 SymmetricDifference 方法	421
11.2.5	Intersect 方法	427
11.2.6	ConstructUnion 方法和 Union 方法	430
11.2.7	IsSimple 属性和 Simplify 方法	434
11.3	网络分析功能的实现	434
11.4	空间量算功能的实现	437
第 12 章	基于 ArcGIS Engine 的三维 GIS 功能的设计开发	439
12.1	三维浏览查询	439
12.1.1	文件的加载	439
12.1.2	浏览功能的实现	443
12.2	等高线的设计实现	447
12.2.1	Contour 方法	447
12.2.2	ContourList 方法	450

12.2.3	空间插值分析.....	453
12.3	MultiPatch 的创建	460
12.3.1	创建 MultiPatch 的常用接口	460
12.3.2	通过输入点坐标创建 MultiPatch	462
12.3.3	通过拉伸平面创建 MultiPatch	468
12.3.4	外部三维模型的导入.....	470
12.4	三维动画的实现.....	471
参考文献.....		473

绪 论

1.1 地理信息系统发展概述

1.1.1 地理信息系统的基本概念

1. 地理信息

信息(information)是指用来表示事件、事物、现象等的内容、数量或特征的文字、数字、符号、语言、图像等介质。信息来自人类的社会活动又服务于人类的社会活动,向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实和知识,是人类生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。

信息与数据密切相关,数据是未经加工的原始资料,是对客观事物的性质、状态以及相互关系等进行记录描述的单一或组合物理符号,是信息的载体,数字、文字、符号、图像等都是数据;信息则是经过处理后并能够被识别的用于解释数据的数据,能够反映数据内涵的意义,是数据的内容和解释。

地理信息与研究对象的空间地理分布有关,指地球表层物体及环境所固有的数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。

地理信息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间关系的符号化表示,包括空间位置、属性特征(简称属性)及时序特征三部分。地球表层的岩石圈、水圈、大气圈和生物圈是地理信息的主要描述对象,这些信息与人类社会的生活、生产、管理和决策关系非常密切,是人类认识自然、了解自然的基础。

地理信息除了具有信息的一般特性外,还具有以下特点。

(1) 空间性

地理信息属于空间信息,有空间分布的特点。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一个最显著的标志。地理实体或目标具有空间特征,空间特征包括空间位置、几何特征(如方向、距离、面积等)和拓扑关系(地理实体之间的邻接、包含、关联等),地理信息空间定位可通过公共的地理基础来实现,即按照特定地区的经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别,并可以按照指定的区域进行信息的处理。

(2) 空间关联性

有些信息本身并不具有空间性,如大量的属性数据,也有人称为非空间数据。它是描述地理实体特征的定性或定量的指标,可以是关于地理目标的定性描述,也可以是地理目标的定量量测数据。

(3) 多维性

地理信息具有多维结构的特征,即在二维空间的基础上,实现多专题的第三维信息结构,也即某一空间位置上含有多重属性。一般地,在地理信息系统中分成多个专题地图层,各个专题或实体之间的联系是通过属性码进行的。这既对岩石圈—气圈—水圈—生物圈及其内部的相互作用进行综合性的研究提供了可能性,也为地理圈各层次的分析和信息的传递与筛选提供了方便。

(4) 时序变化性

时态特征是地理现象变化过程的时段表达,越来越受到地理信息系统学界的重视。地理信息的时序特征十分明显,因此可以按照时间尺度描述地理信息。地理信息的这种动态变化的特征,一方面要求及时获取信息、定期更新地理信息系统的空间数据库,另一方面要重视自然历史过程的积累和对未来的预测、预报。避免使用过时信息而造成决策失误,或者缺乏可靠的动态数据,不能对地理事件或现象做出合理的预测预报和科学论证。因此,要研究地理信息,首先必须把握地理信息的这种区域性、多层次和动态变化的特征,然后才能选择正确的手段,实现资源和环境的综合分析、管理、规划和决策。

2. 信息系统

为了有效地对信息流进行控制、组织和管理,实现信息的双向传递,就需要通过某种信息系统对数据和信息进行采集、存储、加工、再现和分析,实现信息的自动化分析和处理,节省人力物力,这就是信息系统开发和建设的依据和必要性。

信息系统有四大基本功能:数据的采集、管理、分析和表达。从计算机技术在信息科学中的应用角度看,信息系统由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成。计算机硬件包括各类计算机处理机及终端和外部设备;软件是支撑数据和信息采集、存储、加工和输出的程序系统;数据是系统中的重要组成部分,是系统的支撑基础,包括定量和定性数据;用户是信息系统的服务对象或使用者,是系统的操作者或管理者,包括一般用户和实现系统设计、建设、维护、管理和更新的高级用户等。

根据信息系统所执行的任务,可将其分为信息管理系统和决策支持系统。信息管理系统强调数据的记录和操作,决策支持系统是用以获得辅助决策方案的交互式计算机系统。

3. 地理信息系统

世界上第一个地理信息系统是1963年由加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 提出并建立的,称为加拿大地理信息系统(CGIS)。

不同的部门和不同的应用目的,对地理信息系统的定义不尽相同。目前对 GIS 有以下三种观点:地图观、数据库观与空间分析观。

持地图观点的人主要来自景观学派和制图学派,认为 GIS 是一个地图处理和显示系统。在该系统中,每个数据集被看成一幅图、一个图层(layer)、一个专题(theme)或一个覆

盖(coverer)。这些地图常常以网格的方式储存,并通过各种逻辑运算以达到整合信息和空间检索查询分析的目的,并由此产生新的地图。

持数据库观点的人主要来自计算机学派,强调优化设计、合理建立数据库、有效存取数据并进行科学管理。

持空间分析观点的人主要来自地理学派,强调空间分析与模拟的重要性,并提出地理信息科学的概念,将地理信息系统视为一门学科。

从功能角度,地理信息系统被定义为:地理信息系统是在计算机硬、软件系统支持下,以空间数据库为基础,以具有地理位置属性的空间数据为研究核心,对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的信息系统。强调地理信息系统是一种特定的空间信息系统,在空间数据库存放具有空间关系的需要空间定位的点、线及多边形的空间信息及其相关的基本属性信息,将空间数据和属性数据有机结合起来,具有强大的空间分析和空间数据库管理能力。

从学科发展的角度,可以认为地理信息系统(GIS)是一门集计算机科学、信息科学、现代地理学、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。它是在计算机软硬件支持下,以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属性数据等为主要任务的计算机系统。

综上所述,可从两个方面理解地理信息系统的定义:一方面,地理信息系统是一门学科,是描述、存储、分析和输出空间信息的理论和方法的一门新兴的交叉学科;另一方面,地理信息系统是一个技术系统,它以地理空间数据库(geospatial database)为基础,采用地理模型分析方法,对空间数据和属性数据进行采集、管理、操作、分析、模拟,实时提供多种空间和动态的地理信息,为地理研究和地理决策服务。

与一般的管理信息系统相比,地理信息系统具有以下特征。

(1) 横跨多个学科,是一门新兴的边缘学科。它依赖地理学、测绘学、统计学等基础性学科,又随着计算机技术、遥感技术、人工智能及专家系统的发展而不断改进,功能逐步增强,操作趋向简单,系统不断开放。

(2) 研究对象具有空间分布的特征,以空间数据为主,连接大量属性数据,数据量庞大,结构复杂。

(3) 空间数据和属性数据的融合管理。地理信息系统在分析处理问题中使用了空间数据与属性数据,并通过数据库管理系统将两者联系在一起,共同管理、分析和应用,从而提供了认识地理现象的一种新的思维方法。

(4) 以空间分析统计处理、提出决策为主要任务。一般管理信息系统只有属性数据库的管理,即使存储了图形,也往往以文件形式进行机械存储,不能进行有关空间数据的操作,如空间查询、检索、相邻分析等,更无法进行复杂的空间分析。而地理信息系统处理的数据是空间数据和属性数据的综合,它不仅管理反映空间属性的一般的数字、文字数据,还要管理反映地理分布特征及其之间拓扑关系的空间位置数据。

1.1.2 地理信息系统的分类

GIS按其功能、内容和作用,一般分为工具型地理信息系统和应用型地理信息系统。工具型地理信息系统也就是GIS工具软件包,如ARC/INFO等,具有空间数据输入、存储、处

理、分析和输出等 GIS 基本功能。随着地理信息系统应用领域的扩展,应用型 GIS 的开发工作日益重要,如何针对不同的应用目标高效地开发出合乎需要的实用型地理信息系统是 GIS 开发者需要深入研究的课题。

1. 工具型地理信息系统

工具型地理信息系统也称为地理信息系统开发平台或外壳,具有地理信息系统基本功能,可供其他系统调用或用户开发。工具型地理信息系统被看作 GIS 工具软件包,具有 GIS 的通用功能和特点,如空间数据输入、存储、处理、分析和输出等基本功能,它向用户提供一个满足地理信息处理与管理 and 应用的 GIS 操作平台。此类 GIS 一般都没有地理空间实体,用户可根据自己的需要和一定的应用目的,作进一步的设计和二次开发,以达到解决实际应用问题的目的。

地理信息系统是一个复杂庞大的空间管理信息系统,工具型地理信息系统为地理信息系统的使用者提供了一种技术支持,使用户能借助地理信息系统工具中的功能直接完成应用任务,或者利用工具型地理信息系统加上专题模型完成应用任务。目前,国外已有很多商品化的工具型地理信息系统,如 ArcGIS、ARC/Info、MapInfo、MGE 等。国内近几年正在迅速开发工具型地理信息系统,并取得了很大的成绩,已开发出 MapGIS、GeoStar、CityStar、SuperMap 等。

2. 应用型地理信息系统

应用型地理信息系统是在比较成熟的工具型基础上,根据用户的需求和应用目的而设计的一种解决一类或多类实际问题的地理信息系统,它具有地理空间信息实体和解决空间信息的分布规律、空间分布特性以及空间信息相互依赖关系的应用模型和方法。应用型地理信息系统按研究对象的性质和内容又可分为专题地理信息系统和区域地理信息系统。

应用型 GIS 是在一定的工具型 GIS 基础上,经过二次开发而得到的适合于一定应用目的的 GIS 系统。因此,它基本上继承了工具型 GIS 所提供的所有基本功能。所以应用型 GIS 的功能设计重点并不在于对基本功能的设计和编程,而是根据需求分析的结果,对解决特定应用目的而进行功能分析,选择合适的工具型 GIS 功能并将其具体化,以满足用户的需要。

应用型地理信息系统目标比较明确,主要为实际应用服务,并根据应用的需要进行针对性的设计开发,专业性强且系统开销小。

1.1.3 地理信息系统的组成

一个完整地理信息系统应包括四个基本部分:计算机硬件系统、计算机软件系统、数据库、系统管理应用人员。计算机软硬件系统是地理信息系统的核心,硬件主要包括计算机和网络设备,存储设备,数据输入、显示和输出的外围设备等;空间数据库则是基础;管理应用人员是地理信息系统应用成功的关键。

计算机硬件是计算机系统中的所有物理装置的总称,由电子的、磁的、机械的、光的元件或装置组成。这些物理装备组合在一起,能够很好地支持 GIS 软件系统。GIS 硬件系统一

般由以下四个部分组成。

- (1) 计算机主机。
- (2) 输入设备：数字化仪、图像扫描仪、手写笔、光笔、键盘、通信端口等。
- (3) 存储设备：光盘刻录机、磁带机、光盘塔、活动硬盘、磁盘阵列等。
- (4) 输出设备：笔式绘图仪、喷墨绘图仪(打印机)、激光打印机等。

计算机软件系统指地理信息系统运行所必需的各种程序,包括以下几类:操作系统软件;数据库管理软件;系统开发软件;GIS 软件等。主要由计算机系统软件和地理信息系统软件组成。数据库管理系统是操作和管理数据库的软件系统,支持可被多个应用程序调用的数据库的建立、更新、查询和维护。

1.1.4 地理信息系统软件的功能

地理信息系统软件的功能主要包括:数据的采集、编辑和处理;空间数据的管理;地理数据的操作和分析;分析结果的输出与转化。

1. 数据的采集、编辑和处理

GIS 不但具备数据的采集和编辑能力,而且还可以对图像及文本数据进行编辑和修改。

数据采集:地理数据如何有效地输入到 GIS 中,需要投入大量的人力和物力,常用的方法是数字化、扫描和遥感。数字化的主要问题是低效率和高代价,能够直接获得矢量数据;扫描输入可以得到栅格数据,还需要变换才能成为 GIS 数据库通常要求的点、线、面、拓扑关系等矢量形式;遥感数据已经成为 GIS 的重要数据来源,与地图数据不同的是,遥感数据输入到 GIS 较为容易,但如果通过对遥感图像的解释来采集和编译地理信息则是一件较为困难的事情,可先通过遥感影像处理软件进行预处理,然后将处理结果输入到 GIS 软件中。

地理数据采集的另一主要技术就是 GPS 技术。GPS 可以准确、快速地定位在地球表面的任何地点,除了作为原始地理信息的来源外,GPS 在飞行器跟踪、紧急事件处理、环境和资源监测、管理等方面有着很大的潜力。

数据的编辑和处理:GIS 软件应能够完成图形的修改、装饰,对图形数据(点、线、面)和属性数据进行增加、删除、修改等基本操作。由于 GIS 中图形数据与属性数据紧密结合在一起,对其中一类数据的操作势必影响到与之相关的另一类数据,因而 GIS 数据操作必须注意数据一致性和操作效率的问题。GIS 中对数据的操作提供了对地理数据有效管理的手段。

2. 空间数据的管理

GIS 能对庞大的地理图形和文本数据进行管理,并能与其他数据库管理系统进行相互转换,实现对栅格数据和矢量数据进行综合管理的功能,在计算机中有效存储和管理这两类数据。地理数据存储是 GIS 中最低层和最基本的技术,它直接影响到其他高层功能的实现效率,从而影响整个 GIS 的性能。

3. 地理数据的操作和分析

地理数据的操作和分析主要实现地理信息的空间查询和空间分析,把各种专题地图叠

加在一起,对这些空间信息进行综合查询分析。

地理数据的分析功能,即空间分析,是 GIS 得以广泛应用的重要原因之一。通过 GIS 提供的空间分析功能,用户可以从已知的地理数据中得出隐含的重要结论,这对于许多应用领域是至关重要的。

GIS 的空间分析分为两大类:矢量数据空间分析和栅格数据空间分析。矢量数据空间分析通常包括:空间数据查询和属性分析,多边形的重新分类、边界消除与合并,点线、点与多边形、线与多边形、多边形与多边形的叠加,缓冲区分析,网络分析,面运算,目标集统计分析。栅格数据空间分析功能通常包括:记录分析,叠加分析,滤波分析,区域操作,统计分析。

4. 分析结果的输出与转化

将用户查询的结果或数据分析的结果以合适的形式输出是 GIS 问题求解过程的最后一道工序,可将空间查询和分析的结果以数学表格或二维、三维图形等多种形式输出。

输出形式通常有两种:①在计算机屏幕上显示或通过绘图仪输出。对于一些对输出精度要求较高的应用领域,高质量的输出功能对 GIS 是必不可少的,这方面的技术主要包括数据校正、编辑、图形整理和修饰、误差消除、坐标变换、出版印刷等。②可视化输出功能:以数字地形模型为基础,建立城市、区域或大型建筑工程、著名风景名胜区的三维可视化模型,实现多角度浏览,可广泛应用于宣传、城市和区域规划、大型工程管理和仿真、旅游等领域。

1.1.5 地理信息系统的发展

地理信息系统的发展始于 20 世纪 60 年代,并随着计算机及其相关设备的不断更新而快速发展,进入 20 世纪 90 年代后,由于用户的需要、技术的进步、应用方法的提高,在全球得以迅速发展。依据 GIS 在不同时段的技术特征及应用范围,可将地理信息系统的发展过程分为以下几个阶段。

1. 开拓发展阶段

20 世纪 60 年代,地理信息系统处于初期发展阶段,当时计算机硬件水平较低,限制了软件技术的发展。GIS 软件的开发主要依据当时计算机主机的技术水平和处理速度,功能非常有限,软件主要由一些大学研制,形式为基于栅格系统的软件包,如哈佛的 SYMAP、马里兰大学的 MANS 等。初期地理信息系统发展的动力来自诸多方面,如学术探讨、新技术的应用、大量空间数据处理的生产需求等。这个时期地理信息系统的发展,专业学术探讨以及政府的推动起着积极的引导作用,许多地理信息系统研究工作局限于政府与大学的范畴,国际交流不多。

2. 稳固发展阶段

20 世纪 70 年代,可称为地理信息系统的稳固发展阶段。计算机硬件和软件技术的快速发展,为空间数据的输入、存储、查询和输出提供了技术支持,促进了 GIS 的深入发展。这种发展应归结于以下几方面的原因:一是不合理的资源开发利用导致环境问题越来越严

重,引起各国政府的高度重视,而要解决区域环境污染和生态破坏问题,必须有效地分析、处理空间信息,实现资源分布及环境问题的空间可视化显示;二是计算机硬件技术迅速发展,处理器速度加快,内存容量增大,超小型、多用户系统的出现,尤其是计算机硬件价格下降,使得政府部门、学校以及科研机构、私营公司也能够配置计算机系统,而且计算机硬件的功能不断强大,如图形图像卡的发展增强了人机对话和高质量的图形显示功能,促使 GIS 朝着实用方向迅速发展;三是地理信息系统专业的人才不断增加,一些机构开始提供地理信息系统培训,同时,从事地理信息系统工作的咨询服务公司也不断涌现,推动了地理信息系统研究工作的不断深入。由于这一时期 GIS 的需求增加,地图数字化输入技术有了一定的进展,通过扫描输入技术系统,可实现空间地理数据的栅格化输入速度,解决了地理信息系统基础数据匮乏的问题,为空间分析技术的深入研究提供了支持,促进了地理信息系统应用领域的扩展。

3. 快速发展阶段

20 世纪 80 年代,随着计算机软、硬件技术的发展和普及,GIS 技术得到了飞速发展,这是 GIS 发展的重要时期。GIS 软件技术在栅格扫描的数据输入、数据存储和数据分析方面有了很大的突破。随着硬件技术的发展,GIS 软件处理的数据量和复杂程度大大提高,许多软件技术固化到专用的处理器中,而且遥感影像的自动校正、实体识别、影像增强和专家系统分析软件也明显增加,为 GIS 数据输入提供了更加快捷的方式,促进了大区域地理信息数据的快速获取。在数据输出方面,结合功能不断增强的计算机硬件技术,GIS 软件可支持多种形式的地图输出。在地理信息数据管理方面,采用 DBMS 技术进行大型地图数据库的综合管理,同时,专门研制的适合 GIS 空间关系表达和分析的空间数据库管理系统也有了很大发展。地理信息系统的应用领域迅速扩大,从资源管理、环境规划到决策分析,从商业服务区域划分到政治选举分区等,涉及许多学科与领域,如人口学、景观生态规划、环境影响分析、环境保护区域管理、土地利用规划及物种空间分布等。

4. 广泛应用阶段

进入 90 年代,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,成熟的地理信息系统软件不断涌现,其在空间分析方面的独特优势被用户所认可,社会对 GIS 的认识普遍提高,需求大幅度增加,从而导致 GIS 应用的扩大与深化。应用领域从初期的地理数据空间化,逐步深入到辅助决策分析,尤其是大区域范围的管理决策分析。这一阶段,GIS 为国民经济重大问题的分析提供了决策依据,同时 GIS 的研究和应用正逐步形成行业,具备了走向产业化的条件。

1.1.6 地理信息系统的趋势

GIS 系统是一门综合性技术,也是一种对空间数据进行采集、存储、更新、分析、输出等处理的工具,软件是 GIS 系统的核心。GIS 软件体系主要指 GIS 软件的组织方式,它依赖于一定的软件技术基础,并决定了 GIS 系统软件的应用方式、集成效率等许多方面的特点。从发展历程看,GIS 系统应用软件技术体系可以划分为 GIS 模块、集成式 GIS、模块化 GIS、核心式 GIS、组件式 GIS 和 Web GIS 系统六个阶段。随着计算机和互联网技术的发展以及