

◎ 国家高技术研究发展计划
(863计划) 支持成果

倪金生
李道亮 编著
于雷易

地球空间信息技术丛书

3S 技术二次开发 实践教程



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

地球空间信息技术丛书

3S 技术二次 开发实践教学

倪金生 李道亮 于雷易 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材以实际的 3S 开发组件为例,讲述了如何从最基本的功能开始,构建一个实际应用的 3S 信息系统。书中第 1、2 章简要介绍了 3S 技术相关的理论。从第 3 章开始,由浅入深,结合一个个小例子来讲授如何实现基本的 GIS/RS/GPS 功能,详细的源代码和注释让初学者也能很容易上手。通过学习这些小例子,读者不仅可以对 TITAN GIS 组件的强大功能有一个直观的了解,也能从中体会到 3S 开发技术的方方面面。

本书可作为 3S 及相关专业大专、本科层次的辅助教材。同时对从事地球科学领域的软件工作者和从事 3S 应用开发的技术人员,具有重要的参考价值。

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

3S 技术二次开发实践教程 / 倪金生, 李道亮, 于雷易编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.10
(地球空间信息技术丛书)

ISBN 978-7-121-05119-7

I. 3… II. ①倪… ②李… ③于… III. ①遥感技术—教材②地理信息系统—教材③全球定位系统(GPS)—教材 IV. TP79 P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 150739 号

策划编辑: 万子芬 (wzf@phei.com.cn)

责任编辑: 毕军志

印 刷: 北京市海淀区四季青印刷厂

装 订: 涿州市桃园装订有限公司

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: 17.5 字数: 444.8 千字

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 33.00 元

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 zlts@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

在材料科学、能源科学、空间科学、电子学、计算机技术、网络信息技术等高、精、尖科学技术飞速发展的今天，人类历史进入了一个崭新的时代。以遥感（RemoteSensing，简称 RS）、地理信息系统（Geographical Information System，简称 GIS）和全球定位系统（Global Position System，简称 GPS）及其集成技术在 20 世纪 90 年代已经形成并取得很大的研究进展，应用范围也越来越广。3S 技术是空间技术、传感器技术、卫星定位与导航技术和计算机技术、通信技术相结合，多学科高度集成的对空间信息进行采集、处理、管理、分析、表达、传播和应用的现代信息技术。3S 技术是现代技术发展的先导，对全世界的科技进步发挥着重要的作用。

目前，开设 3S 相关专业的高等学校越来越多，不少高校已形成了从本科到博士的完整的培养梯队，培养了一批又一批的 3S 技术人才。专业教材的编写是人才培养的一个重要环节。纵观目前市场上的众多 3S 相关的教材，不难发现，大部分都是讲授相关理论，真正涉及实际应用的并不多。这些教材缺乏实际案例的支撑，理论与实践结合不紧，不少学生学完后却不知道一个真正的 3S 信息系统是什么模样。在实际的工程应用甚至商业化软件开发中，仅仅有理论是不够的，更多的是需要实践技能。

本教材正是针对这一现象而编写的。本教材以实际的 3S 开发组件为例，结合一个个具体实例，讲授如何实现基本的 GIS/RS/GPS 功能，使读者可以对 TITAN GIS 组件的强大功能有一个直观的了解，并从中体会学习到 3S 技术二次开发的具体过程。

本书具有如下特色：

1. 深入浅出地介绍了 3S 技术的基本理论。
2. 详细介绍了目前常用的 3S 开发方法及 TITAN GIS 组件的强大功能。
3. 图文并茂，直观明了。
4. 大量的源代码和详细的注释。
5. 结合实际案例，讲解涉及 3S 开发的众多相关技术和技巧。

本书中涉及的 TITAN GIS 组件技术资料及实际案例资料均由北京东方泰坦公司提供，如读者在学习需要任何技术支持，请致电 010-82884082。

在本书的编写过程中，得到了南京大学田庆久教授等众多专家学者的支持，在此表示感谢。同时谭靖、梁苏研等人参与了书稿的整理工作，在此一并感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免存在不足，希望各位专家学者批评指正。同时作者抛砖引玉，希望有更多更好的精品 3S 技术二次开发教程出版，使得 3S 行业的最新理论与技术不断问世，为读者深入了解学习 3S 技术提供良好的素材，为中国的空间信息技术建设尽绵薄之力。

目 录

第 1 章 空间信息系统概述	(1)
1.1 空间信息系统的相关概念	(1)
1.1.1 信息与信息系统	(1)
1.1.2 地图与地理空间数据	(1)
1.1.3 空间信息系统的定义	(3)
1.1.4 空间信息系统与地理信息系统的区别与联系	(3)
1.2 空间信息系统软件的开发	(4)
1.2.1 开发需要研究的主要问题	(4)
1.2.2 空间信息系统软件的发展趋势	(5)
1.3 空间信息系统的组成	(5)
1.4 空间信息系统的主要功能	(7)
1.5 空间信息系统的发展趋势	(8)
1.5.1 空间信息的发展趋势	(8)
1.5.2 GIS 的发展方向	(8)
1.6 3S 技术简介	(12)
1.6.1 地理信息系统	(12)
1.6.2 遥感技术	(13)
1.6.3 导航定位系统	(15)
习题 1	(19)
第 2 章 空间信息系统开发技术	(20)
2.1 常见二次开发技术	(20)
2.1.1 信息系统的开发方式	(20)
2.1.2 二次开发的具体方式	(21)
2.1.3 3S 的二次开发	(21)
2.2 基于组件技术的二次开发	(22)
2.2.1 组件概述	(22)
2.2.2 组件模型	(24)
2.2.3 组件软件的开发	(28)
2.2.4 3S 的组件化	(29)
2.2.5 组件技术的发展意义	(32)
2.3 基于组件的 GIS 二次开发	(33)
2.3.1 应用型 GIS 的开发方式	(33)
2.3.2 组件式 GIS 的基本思想及其构成	(34)
2.3.3 组件式 GIS 的特点	(35)
2.3.4 组件式 GIS 开发平台	(37)
2.3.5 当前主流组件 GIS 产品的比较	(39)

2.3.6 组件式 GIS 的应用	(42)
习题 2	(43)
第 3 章 组件式开发基础	(44)
3.1 TITAN 二次开发基础知识	(44)
3.2 GIS 软件的相关概念	(46)
3.2.1 几个基本概念	(46)
3.2.2 GIS 数据模型	(47)
3.2.3 GIS 数据组织	(50)
3.3 TITAN GIS COM 简介	(52)
3.4 组件式开发体系结构	(53)
3.4.1 TDO 组件对象	(53)
3.4.2 TMapX 控件	(55)
3.5 TDO 对象详解	(56)
3.5.1 TDO 主要对象纵览	(56)
3.5.2 toShape 对象	(57)
3.6 TMAPX 控件详解	(64)
习题 3	(84)
第 4 章 组件式开发入门	(85)
4.1 开发环境设置	(85)
4.1.1 Visual Basic 环境设置	(85)
4.1.2 Visual C++ 环境设置	(88)
4.2 编写第一个组件式开发程序	(94)
4.2.1 在 Visual Basic 中实现地图浏览	(94)
4.2.2 在 Visual C++ 中实现地图浏览	(96)
习题 4	(99)
第 5 章 组件式系统开发	(100)
5.1 加载多种专题	(100)
5.1.1 添加实体专题	(100)
5.1.2 添加拓扑专题	(101)
5.1.3 添加栅格专题	(102)
5.1.4 添加 TIN 专题	(103)
5.2 基本操作详解	(104)
5.2.1 地图的放大、缩小及漫游	(104)
5.2.2 数据层的符号化显示	(109)
5.2.3 动态要素的显示	(113)
5.2.4 地图要素的选择查询	(116)
5.2.5 图表互查	(119)
5.2.6 统计功能	(126)
5.2.7 显示栅格图层	(127)
5.2.8 制作专题图	(129)

5.2.9 生成和编辑数据	(131)
5.2.10 文字注记的显示、添加	(133)
5.2.11 外部数据的访问	(138)
习题 5	(144)
第 6 章 高级分析功能开发	(145)
6.1 GIS 外部程序	(145)
6.1.1 简介	(145)
6.1.2 外部程序功能说明	(145)
6.2 高级分析功能开发实例——缓冲区分析	(148)
6.2.1 练习说明	(148)
6.2.2 界面设置	(148)
6.2.3 代码分析	(149)
6.3 高级分析功能开发实例——网络分析	(151)
6.3.1 练习说明	(151)
6.3.2 界面设置	(151)
6.3.3 代码分析	(154)
习题 6	(161)
第 7 章 空间数据库开发	(162)
7.1 TOSA 概述	(162)
7.1.1 TOSA 组件简介	(162)
7.1.2 TOSA 组件架构	(162)
7.1.3 TOSA 的功能	(163)
7.1.4 存储和管理方案	(164)
7.2 TOSA 开发入门	(165)
7.2.1 TOSA 开发环境设置	(165)
7.2.2 TOSA 组件详解	(166)
7.3 TOSA 开发实例 1——矢量数据管理	(172)
7.3.1 练习说明	(172)
7.3.2 界面设置	(173)
7.3.3 代码分析	(178)
7.4 TOSA 开发实例 2——影像数据管理	(190)
7.4.1 练习说明	(190)
7.4.2 界面设置	(191)
7.4.3 代码分析	(195)
习题 7	(205)
第 8 章 遥感图像处理系统开发	(206)
8.1 基于 API 的遥感图像处理开发	(206)
8.2 基于 TDO 的遥感图像处理开发	(207)
8.2.1 toImage 对象	(207)
8.2.2 toImageTools 对象	(210)

8.3 遥感图像处理开发实例	(211)
8.3.1 练习说明	(211)
8.3.2 界面设置	(211)
8.3.3 代码分析	(212)
习题 8	(214)
第 9 章 导航定位系统开发	(215)
9.1 TITAN GPS 开发组件简介	(215)
9.1.1 TITAN 导航地图数据制作组件	(215)
9.1.2 TITAN 导航系统组件对象	(216)
9.2 编程实例	(225)
9.2.1 基于 VS2005 环境的编程示例	(225)
9.2.2 基于 EVC 环境的编程示例	(233)
9.3 实例 1——TITAN GPS 车辆监控系统	(244)
9.3.1 系统简介	(244)
9.3.2 GIS 监控模块演示	(248)
9.4 实例 2——TITAN 手持终端导航系统	(256)
9.4.1 系统简介	(256)
9.4.2 系统的功能和体系结构	(256)
9.4.3 手持网络导航终端技术指标	(257)
9.4.4 系统的实际操作使用	(258)
习题 9	(267)
参考文献	(268)

第 1 章 空间信息系统概述

1.1 空间信息系统的相关概念

1.1.1 信息与信息系统

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，狭义信息论将信息定义为人们获得信息前后主体（人、生物和机器等）与外部客体（环境、其他人、生物和机械等）之间相互联系的一种形式，是主体和客体之间一切有用的消息和知识，是表征事物的一种普通形式。在很多书中还采用如下的定义：信息是人们或机器提供的关于现实世界新的知识，是数据、消息中所包含的意义，它不随载体的物理设备形式的改变而改变。

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现象。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）和“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。

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。通常在不致引起混乱的情况下，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。

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方式所决定。

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。

1.1.2 地图与地理空间数据

其次，我们要了解一下地图和地理空间数据是什么？

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,主要有可以标识地表形态和地表物分布(水系、植被、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。

前苏联地图学家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和概括,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,地图在应用中也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。它们建立超地物形状、尺寸和相对的视觉形象,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、经济和交通方面的联系,等等。

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,是制图人根据对自然世界的认识,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像载体。

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,所以地图已经成为地理工作者普遍使用的地理语言,也是地理信息系统的最重要的数据源。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. 空间数据

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球上某些地物景观的空间数据。

一般来说,空间位置可以通过以下两种方法表示:

(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,如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可更新与不可更新的自然资源、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、行政界限、交通网络、政治分区、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、自然灾害公布等。

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 空间信息系统的定义

地球空间信息系统(Geo-spatial Information System),简称空间信息系统(SIS),是地球空间信息科学的技术系统,它是基于计算机技术和网格通信技术的解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析与应用等问题的信息系统。

1.1.4 空间信息系统与地理信息系统的区别与联系

1. 地理信息系统的有关知识

地理信息系统是以采集、存储、描述、检索、分析和应用与空间位置有关的相应属性信息的计算机系统,它是集计算机、地理、测绘、环境科学、空间技术、信息科学、管理科学、网络技术、现代通信技术、多媒体技术为一体的多学科综合而成的新兴学科。目前,GIS正向多功能、高精度、现势性强的方向发展,例如,TGIS(Temporal GIS)研究区域随时间的演变,用来推测和预报“未来”并做出科学的分析;3D GIS(三维GIS)研究图像可视性,利用空间位置来探索空间影响;多媒体技术导入GIS中,使GIS的功能更强大,具有声音、动画等效果,可以模拟人类、动物的特征,更具有智能化;WebGIS(网络GIS)也是当前研究领域中另一个热门话题,使GIS的媒介对象更丰富,从而与社会、人类生活密不可分。我国的GIS发展和应用也比较迅速,已经成功开发出MapGIS、Geostar、Citystar等,而专题GIS的开发更是数不胜数。

2. SIS包含GIS

可以说,地理信息系统(Geography Information System, GIS)是空间信息系统(SIS)的典型代表。SIS是一个比GIS更广的概念,它显然具有与地理信息系统相同的功能部件

(functional components), 但是它能处理的数据和能解决的问题要广泛一些。不过, 在一般不致造成混乱的情况下, SIS 与 GIS 两个术语是可以互相替代的。

SIS 或 GIS 与一般信息系统最大的区别在于, 它不仅能够存储、分析和表达现实世界的各个对象的属性信息, 而且能够处理其空间定位特征, 能够将空间信息和属性信息有机地结合起来, 从空间和属性两个方面对现实世界的各个对象进行查询、检索和分析, 并将结果以各种直观的形式形象而精确地表达出来。其主要特征如下:

(1) SIS 或 GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统, 该系统由计算机软、硬件环境、多功能软件模块、能准确描述地球空间地理实体的空间数据和便于沟通人机交互的用户界面组成。

(2) SIS 或 GIS 的操作对象是地球空间数据, 即地球空间实体(地理实体)的空间位置数据及相应的属性数据和拓扑关系数据。这是它区别于其他类型信息系统最根本的标志, 也是它的最大特点和难点。

(3) SIS 或 GIS 的技术优势, 在于它的集地球空间数据采集、存储、管理、分析、制图、显示和输出于一体的数据流程; 在于它的空间分析、预测预报和辅助决策的能力。这些也正是它研究的核心。

1.2 空间信息系统软件的开发

1.2.1 开发需要研究的主要问题

1. 数据选择

选择数据的条件可能是空间和非空间的属性, 或者两者的结合。例如:

- (1) 检索所有代表直辖市的多边形。
- (2) 检索临海的多边形。
- (3) 检索所有代表直辖市并且临海的多边形。

用户可以通过输入命令语句, 通过菜单选择, 填写对话框或者直接用鼠标操作(绘制点、线或者多边形)来选择数据。直接操作选择需要的数据显示在屏幕上, 它和 SQL 查询语句的组合通常要间接地完成。

2. 数据表现

好的数据表现形式有利于用户直接操作并加以进一步的分析。在地理信息系统中, 图形显示需要被赋予更多的关注, 我们需要仔细地设计图形显示来正确表达地物对象的含义, 并容易被用户理解。一些可定制的图形显示内容可能有:

- (1) 多边形轮廓——颜色, 宽度, 线型。
- (2) 多边形填充——颜色, 填充模式。
- (3) 线——颜色, 宽度, 线型。
- (4) 点——颜色, 大小, 样式。
- (5) 符号——颜色, 形状, 大小。

3. 数据处理

数据处理由一系列空间的和非空间的操作组成,设计良好的界面使这些操作更加容易实现。GIS 所管理的数据大多具有面向对象的特性,所以一个面向对象的界面更加有利于不同用户的交互,以完成数据处理。面向对象的界面设计不但要把地理实体和一些操作以一些符号表达出来,用户通过单击和拖放就可以实现功能,而且还要遵循以数据为中心的表达式原则,以合理的方式组织界面。

用户要处理的数据往往通过加载或者选择等方式提取出来,之后的种种操作,如删除、更新、求交、转换等,都应该以这个数据为中心,以它为操作对象。一个常见的设计失误是以命令为中心,也就是说用户执行某个命令必须重新从指定数据开始,这样操作必然是烦琐和缺乏连贯性的。

4. 数据查询

目前的数据查询如果基于文件就需要开发人员自己处理查询语句,如果基于关系数据库就需要使用 SQL 语句。对于目前的 SQL 语句,要实现空间操作需要将 SQL 语句嵌入一种编程语言中,还需要在界面上允许用户设定查询的条件和各种逻辑关系组合。

1.2.2 空间信息系统软件的发展趋势

空间信息系统或地理信息系统由于社会需求的牵引和技术发展的推动,无论其技术和应用都有了迅速发展,空间信息系统的构成由简单到复杂,其功能由单一到综合,现在已经发展到了一个新的阶段。针对空间信息系统基础(工具)软件,它的功能软件应该尽可能全面一些,因为它不是针对某一类更不是针对某一个特定用户的。但是,作为一个应用系统,由于它必须针对某个特殊用户,因此它的构成应根据用户的需要。对于这类问题,应该做具体的分析。只有空间信息系统构成中数据库、模型库和知识库直接的接口及相互之间的最佳调用关系,才是需要进一步研究的问题。

1.3 空间信息系统的组成

空间信息系统(SIS)由多媒体地球空间数据库子系统,模型库、知识库和符号库构成的支撑工具子系统,地球空间数据获取(采集)子系统,空间数据查询与分析子系统,仿真与虚拟子系统,决策支持子系统,制图与显示输出子系统等部分组成,如图 1.1 所示。

1. 多媒体地理空间数据库子系统

多媒体地理空间数据库子系统是 SIS 的核心,是系统赖以运行的基础,是系统各种操作的对象。它依赖于空间数据基础设施建设提供符合标准的空间数据(地理数据),为空间数据的查询与分析、仿真与虚拟、决策支持、制图与显示输出提供所需空间数据集。空间数据库的管理功能至关重要,是有效发挥空间数据库作用的关键。

2. 模型库、知识库和符号库构成的支撑工具子系统

(1) 模型库:面向用户的各种分析应用模型的集合。它要从地球空间数据库中存取数据,

还要通过知识库调用知识，为空间数据分析、决策支持提供模型工具。

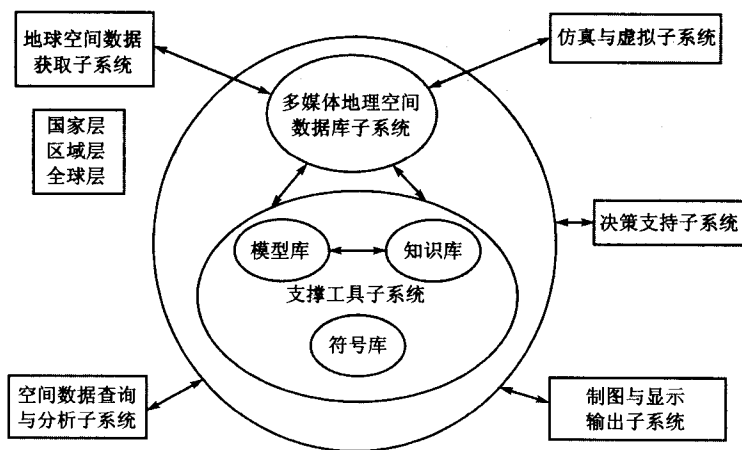


图 1.1 空间信息系统的组成

(2) 知识库：与使用地球空间信息系统有关的各方面知识的总结，存储在计算机中的知识的集合。在知识推理过程中需要调用空间数据库中的数据。由于模型本身是一种过程性知识，所以推理过程中还要调用模型，是动态的辅助决策的核心。

(3) 符号库：它以空间数据的图形显示和输出为目的，包括地图（普通地图和专题地图）符号库和军标符号库，用于地图、态势标绘和作战方案模拟的显示与输出。

3. 地球空间数据获取（采集）子系统

目前，它仍是 SIS 的“瓶颈”，没有它，SIS 就是“空的”，就成了“无源之水，无本之木”。它通过全球定位系统（GPS）、遥感（RS）、地图数据采集等多种手段获取地球空间数据，并进行融合与集成。

4. 仿真与虚拟子系统

无论从理论还是从技术的角度讲，地形或地理环境仿真与虚拟现实只能是空间信息系统的一个子系统，是扩展 SIS 功能和应用效果的技术手段。它依赖于多媒体地球空间数据库提供所需数据，为空间数据查询与分析、决策支持提供三维、动态、身临其境、可交互操作的地理环境。

5. 空间数据查询与分析子系统

空间数据查询是 SIS 的基本功能模块，它通过空间数据库引擎高效访问海量空间数据库，为空间分析提供所需数据。SIS 的空间分析功能包括网络分析、缓冲分析、叠置分析、地形分析、以及实现数据挖掘的各种联机分析方法。

6. 决策支持子系统

具备决策支持功能，是 SIS 发展的高级阶段。它是在多媒体地球空间数据库和支撑工具、空间查询与分析等子系统支持下实现的，是一种由数据、模型和智能支持的辅助决策子系统。目前的 SIS 大多还不具备这方面的功能。

7. 制图与显示输出子系统

它是 SIS 的重要组成部分。它是在多媒体地理空间数据库、符号库的支持下,利用地图制图功能直观地表达查询与分析结果,直接为用户提供结论性的专题地图和专题数据集,以及各种比例尺的数字地图和各种输出方式输出的模拟地图,包括三维地图。

1.4 空间信息系统的主要功能

1. 数据输入与编辑

数据输入是指将外部的原始数据传输到系统内部,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过程。从总体上讲可以分为空间数据和属性数据两大类。图形输入方式可以是手工绘制输入,图形数据(遥感图像、扫描图像)输入等,测量数据输入和属性数据输入(数字和文字)等。编辑的主要任务有:建立空间数据的拓扑关系;实现空间数据和属性数据的连接,空间数据和属性数据综合构成完整空间实体,但是由于彼此结构不同,在 GIS 中是以不同组织形式分别存储的,为了使用它们,需要在它们之间建立连接;对数据进行增加、删除、修改。

2. 数据管理

对于 GIS 来说,数据分为空间数据和属性数据,空间数据是 GIS 信息系统不同于其他信息系统的本质特征,是系统数据管理的核心。数据管理的任务就是对这些两类数据进行存储、检索、更新,其实现涉及数据的存储结构、文件的组织方式、索引的建立与操作维护等。

3. 空间查询和分析

空间查询与分析是 GIS 的核心,是 GIS 最重要和最具有魅力的功能,主要完成空间数据查询和数据综合分析。

空间数据查询包括:根据属性查图形,根据某一属性值查找相应的几何坐标;根据图形查属性,根据图形几何位置查找对应的属性数据,并显示在属性表中,可以对数据进行编辑。以上两类属于简单查询,同时 GIS 还应提供比较复杂一些的查询,例如,方便的几何量算功能——目标长度,面积和周长的测量和计算。多种查询选择的任意组合,可满足用户复杂的空间查询需求。

综合分析功能可以提供系统评价、管理和决策的能力,主要包括信息测量,属性分析,统计分析,二维模型分析,三维模型分析及多要素综合分析等。主要的分析类型包括三种。

(1) 缓冲区分析:以地理图形中的点、线、面为基础,建立其周围一定范围的缓冲区多边形,从这个多边形里查找具有某种特征的地理空间要素。

(2) 叠置分析:叠置分析是将两层或多层地理图形相叠加,通过计算和观察来确定某类地理空间要素的变化情况和趋势。

(3) 网络分析:网络分析是运用图论及运筹学方法来解决与网络有关的各种问题,如最佳路径选择,地下管网中流量的分配及生活网点的分布等。

4. 数据显示与输出

输入地理数据经过处理分析后, 就可以形成结果输出。输出的设备主要有显示器、绘图仪和打印机, 输出形式有矢量图、栅格图、统计图表及其他的数字产品等。

1.5 空间信息系统的发展趋势

1.5.1 空间信息的发展趋势

从目前的发展来看, 空间信息走网格化道路是大势所趋。它的核心思想是: 按不同经纬网格大小将全球、全国范围划分不同粗细层次的网格, 每个层次的网格, 在范围上具有上下层涵盖关系。每个网格以其中心点的经纬度坐标来确定其地理位置, 同时记录与此网格密切相关的基本数据项。落在每个网格内的地物对象记录与网格中心点的相对位置, 以高斯坐标系或其他投影坐标系为基准。根据实际地物的密集程度确定所需要的网格尺度, 如地物稀疏的地方只需要粗网格, 而地物密集的地方则按细网格存储空间与非空间数据。

我国空间信息多级网格的体系结构包括: 空间信息多级网格的划分, 每个网格点属性项的确定, 行政区划与空间信息多级网格对应关系的确定, 基于网格计算技术的空间信息多级网格结构。这四项内容应当成为标准, 数据采集、更新、维护、管理和使用部门均服从这个统一的空间信息多级网格标准, 以利于网格分布计算。

空间信息(包括几何与属性数据)按多级网格的存取与多比例尺地图空间数据库的区别是: 所有数据直接由粗或细网格组成统一网格系进行存储、查询、分析和应用, 而无须通过地图综合为每一级网格存储一个完整的数据集, 形成一个变网格的统一数据集, 保证数据的完整性和一致性。

空间信息多级网格的信息表示、数据存储与快速查询技术以传统 GIS 空间数据表示、数据组织和查询技术为借鉴, 研究空间信息多级网格的信息表示、数据存储与快速查询技术。只有解决了这里所列出的技术关键点, 空间信息多级网格才有可能成为现有数字地图和空间数据库的补充或替代产品并得到真正的应用。

空间信息多级网格处理与分析技术分为网格层次和网格内部两个方面。一是网格内部的处理与分析, 可以在传统 GIS 空间分析的基础上结合网格计算技术进行, 实现空间网格信息结点内的处理与分析服务。网格层次上的处理与分析需要空间网格信息结点之间的协同, 同时考虑空间信息多级网格的特点。这里的关键是使空间信息多级网格处理和分析技术有效地融合到网格计算的环境中, 满足经济建设、国防建设和面向全社会服务的需要。

1.5.2 GIS 的发展方向

随着信息技术, 尤其计算机技术的快速发展、数字地球(Digital Earth)的提出与实施, 以及 GIS 的应用深度和广度的扩大, GIS 正处于急剧变化与发展之中, 并对 GIS 提出了许多新的要求。一方面, 计算机的进步、信息网的发展和利用等技术上的突破, 使得以数字形式表示信息更加容易, 另一方面, 地理信息仍滞后于其他更适合于以数字形式表示的信息, 如数字和文本。因此, 地理信息的使用, 又存在一定的困难和障碍。如果这些障碍能够妥善解

决, GIS 的应用将会取得突飞猛进的发展。

GIS 技术依托的主要工具和平台是计算机及其相关设备。进入 20 世纪 90 年代以来, 随着计算机技术的发展, 计算机其微处理器的处理速度越来越快, 性能价格比更高; 其存储器能实现将大型文件映射至内存的能力, 且能存储海量数据。此外, 随着多媒体技术、空间技术、虚拟实景、数字测绘技术、数据仓库技术、计算机图形技术三维图形芯片、大容量光盘技术及宽频光纤通信技术的突破性进展, 特别是消除数据通信瓶颈的卫星因特网的建立, 以及能够提供接近实时对地观测图像的高分辨、高光谱、短周期遥感卫星的大量发射, 这些为 GIS 技术的广泛、深入应用展示了更加光明的前景。同时, 也使当前的 GIS 已不能满足信息时代、数字时代的要求, 目前 GIS 总体上主要呈现网络化、开放性、虚拟现实、集成化、空间多维性等发展趋势。

1. 网络 GIS (WebGIS)

计算机网络技术的最新发展推动着当代 GIS 技术的快速更新和发展, 使得在因特网上实现 GIS 应用日益引起人们的关注, 建立万维网 GIS (WWW GIS 或 WebGIS) 是近年来 GIS 研究领域的热门话题。WebGIS 或因特网地理信息系统 (Internet GIS) 是当前 GIS 的一个重要发展方向。

目前, WWW GIS 的建设面临四个方面的挑战: 网上数据发布, 网上数据互操作, 网上数据采掘和网上数据管理及安全性。与传统的 GIS 相比, WebGIS 具有以下特点:

(1) 适应性强。WebGIS 是基于因特网的, 因而是全球的, 能够在不同的平台运行。

(2) 应用面广。网络功能将使 WebGIS 应用到整个社会, 真正实现 GIS 的无所不能, 无处不在。

(3) 现实性强。地理信息的实时更新在网上进行, 人们能得到最新信息和最新动态。

(4) 维护社会化。数据的采集、输入、空间信息的分析与发布将在社会协调下运作, 对其维护将是社会化, 减少重复的劳动。

(5) 使用简单。用户可以直接从网上获取所需要的各种地理信息, 直接进行各种地理信息的分析, 而不用关心空间数据库的维护和管理。

网络 GIS 可实现网上发布、浏览、下载, 实现基于 Web 的 GIS 查询和分析。尽管目前已有多家国内外公司推出 WebGIS, 总体来说, WebGIS 尚处在试验研究阶段, 其最终目标是实现 GIS 与 WWW 技术的有机结合, GIS 通过 WWW 成为大众使用的技术和工具。

2. 开放式 GIS

开放式地理信息系统 (Open GIS) 是指在计算机和通信环境下, 根据行业标准和接口 (Interface) 所建立起来的地理信息系统。它不仅使数据能在应用系统内流动, 还能在系统间流动。Open GIS 可使不同的地理信息系统软件之间具有良好的互操作性, 并且能在异构分布数据库中实现信息共享的途径。因此, Open GIS 要具有下列特点。

(1) 互操作性: 不同地理信息系统软件之间连接、信息交换没有障碍。

(2) 可扩展性: 硬件方面, 可在不同软件、不同档次的计算机上运行, 其性能和硬件平台的性能成正比; 软件方面增加新的地学空间数据和地学数据处理功能。

(3) 技术公开性: 开放的思想主要是对用户公开, 其中公开源代码及规范说明是重要的途径之一。