



全国高等职业教育“十三五”规划教材

地理信息系统 基础及应用

林琳 路海洋 主编

Dili Xinxitong Jichu Ji Yingyong



中国矿业大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

全国高等职业教育“十三五”规划教材

地理信息系统基础及应用

主 编 林 琳 路海洋
副主编 赵晓琳 杜芳芳

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

GIS 是一门多学科结合的边缘学科,实践性很强。本书以工作过程为导向,将课程目标融入岗位工作过程的项目任务中,强调知识必需、够用,注重知识、理论和实践一体化设计,满足 GIS 数据采集员、数据处理员、数据建库员、数据分析员以及 GIS 高级管理和应用人员等地理信息系统应用工作岗位的需要。

全书分 7 个项目:GIS 平台选择, GIS 空间数据获取, GIS 空间数据处理, GIS 空间数据建库, GIS 空间数据查询与分析, GIS 产品输出, GIS 技术综合应用。

本书可作为地理信息系统、测绘及相关专业的教材,也可作为地理信息系统开发及应用人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统基础及应用/林琳,路海洋主编. —徐州:
中国矿业大学出版社,2018.5
ISBN 978 - 7 - 5646 - 3792 - 7

I. ①地… II. ①林…②路… III. ①地理信息系统 IV.
①P208.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第290676号

书 名 地理信息系统基础及应用
主 编 林 琳 路海洋
责任编辑 张 岩
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 14 字数 349 千字
版次印次 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

为了更好地配合高等职业教育测绘类专业的教学改革,开展工学结合教学资源的开发,为高职高专测绘类专业高端技能型人才培养提供优质教材支持,提高测绘类专业人才培养质量,本书以学生职业岗位能力为依据编写而成,强调对学生应用能力、实践能力、分析问题和解决问题能力的培养,突出职业教育的特色。

进入 21 世纪以来,信息技术革命越来越迅速地改变着人类生活和社会的各个层面,作为全球信息化浪潮的一个重要组成部分,地理信息系统(GIS)日益受到各界的普遍关注,并在多个领域得到了广泛的应用。GIS 是一门多学科结合的边缘学科,实践性很强。GIS 专业的人才,不但要有深厚的理论基础,而且要掌握过硬的实践技术,需要具有不同层面的实际动手能力。本书以工作过程为导向,深入分析职业岗位工作所必需的知识 and 能力,据此确定课程教学所要达到的知识和能力目标,再将课程目标融入岗位工作过程的项目任务中,以任务为载体,突出能力目标,强调知识“必需、够用”,注重理论和实践一体化设计,兼顾学生自学能力和可持续发展能力的培养,满足 GIS 数据采集员、数据处理员、数据建库员、数据分析员以及 GIS 高级管理和应用人员等地理信息系统应用工作岗位的需要。

本书具有以下鲜明的特色:

(1) 体现“项目引导、任务驱动”的教学特点。从实际应用出发,以任务为突破口,通过任务描述、相关知识、任务实施、技能训练、思考练习等步骤展开。在宏观教学设计上突破以知识点层次递进为体系的传统模式,而是以工作过程为参照系,将职业工作过程系统化,按照工作过程来组织和讲解知识,培养学生的职业技能和职业素养。

(2) 体现“教、学、做”合一的教学思想。以学到实用技能、提高职业能力为出发点,以“做”为中心,“教”和“学”都围绕着“做”,在学中做,在做中学,从而完成知识学习、技能训练和提高职业素养的教学目标。

(3) 强基础、重实践。在编写过程中,强调基本概念、基本原理、基本分析方

法的论述,采用“教、学、做”相结合的教学模式,既能使学生掌握好基础,又能启发学生思考,培养其动手能力。

(4) 符合高职学生的认知规律,有助于实现有效教学。本书打破传统的学科体系结构,将各知识点与操作技能恰当地融入各个任务中,突出现代职业教育的职业性和实践性,强化实践,培养学生实践动手能力,适应高职学生的学习特点,在教学过程中注意情感交流,因材施教,调动学生的学习积极性,提高教学质量。

本书由辽源职业技术学院林琳、辽宁地质工程职业学院路海洋任主编,辽宁地质工程职业学院赵晓琳、兰州资源环境职业技术学院杜芳芳任副主编。编写人员及分工如下:项目一由兰州资源环境职业技术学院杜芳芳编写;项目二和项目七由辽宁地质工程职业学院路海洋编写;项目三、项目五和项目六由辽源职业技术学院林琳编写;项目四由辽宁地质工程职业学院赵晓琳编写。

本书在编写过程中参阅了大量的书籍和文献,引用了同类书刊中的部分内容,在此谨向有关作者表示衷心感谢。同时,得到了许多领导和课程团队的大力支持,在此致以衷心的感谢! 由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请各位专家、读者能给予批评和指正。本书配有相应课件,任课教师如有需要请与编辑联系(邮箱 962065858@qq.com)。

编 者

2017年8月

目 录

项目一 GIS 平台选择	1
任务一 职业岗位分析	1
任务二 地理信息系统认识	2
任务三 地理信息系统平台选择	15
项目小结	20
职业知识测评	20
职业能力训练	22
项目二 GIS 空间数据获取	23
任务一 空间数据采集	23
任务二 属性数据采集	44
任务三 空间数据格式转换	49
项目小结	52
职业知识测评	53
职业能力训练	54
项目三 GIS 空间数据处理	55
任务一 空间数据编辑	55
任务二 拓扑关系建立	67
任务三 空间数据误差校正	72
任务四 空间数据投影变换	77
任务五 图形裁剪与合并	85
项目小结	92
职业知识测评	92
职业能力训练	93
项目四 GIS 空间数据建库	95
任务一 空间数据组织与管理	95
任务二 空间数据库的建立	109
项目小结	117

职业知识测评	118
职业能力训练	120
项目五 GIS 空间数据查询与分析	121
任务一 空间数据查询	121
任务二 缓冲区分析	129
任务三 叠置分析	133
任务四 数字高程模型分析	139
任务五 空间网络分析	149
任务六 泰森多边形分析	156
任务七 空间统计分析	159
项目小结	165
职业知识测评	165
职业能力训练	167
项目六 GIS 产品输出	169
任务一 地理信息可视化	169
任务二 GIS 产品检查与质量评定	179
任务三 地理空间数据输出	188
项目小结	198
职业知识测评	198
职业能力训练	199
项目七 GIS 技术综合应用	200
任务一 “3S”集成技术应用	200
任务二 地理信息系统行业应用	204
任务三 GIS 的大众化与信息服务	209
项目小结	213
职业知识测评	214
职业能力训练	216
参考文献	217

项目一 GIS 平台选择

【项目概述】

当今社会信息技术突飞猛进,信息产业空前发展,信息资源爆炸式扩张。多尺度、多类型、多时态的地理信息是人类研究和解决土地、环境、人口、灾害、规划、建设等重大问题时所必需的重要信息资源。地理信息系统的迅速发展不仅为地理信息现代化管理提供了契机,而且有利于其他高新技术产业的发展,由此 GIS 平台应运而生。

通过本项目的学习,读者在对地理信息系统职业岗位有所了解的前提下,学习掌握地理信息系统的概念、组成、功能及其在行业中的应用,对地理信息系统技术的发展有一个初步的了解,为将来从事 GIS 技术应用岗位工作打下基础。

【教学目标】

◆知识目标

1. 掌握信息、数据、地理信息、地理信息系统等基本概念。
2. 掌握 GIS 的基本组成、功能及类型。
3. 掌握 GIS 平台选择的标准。

◆能力目标

1. 能结合 GIS 软件明确地理信息系统的基本概念、组成及功能。
2. 能根据项目需求,选择合适的 GIS 平台。

任务一 职业岗位分析

■ 任务描述

通过对地理信息系统概念的简单学习,了解地理信息的行业发展状况和岗位设置情况。在对高职高专测绘类专业的毕业生从事地理信息系统工作岗位情况分析的基础上,进一步明晰今后的工作范围,以及学习该课程的要求,增强对课程学习的目的性。

■ 岗位描述

20 世纪 80 年代以来,国民经济的发展和社会的进步对地理信息资源的需求不断增加,地理信息产业迅速兴起。

地理信息产业是现代测绘技术、信息技术、计算机技术、通信技术和网络技术相结合而发展起来的综合性产业。地理信息产业的活動都是围绕地理信息资源的建设和开发利用而产生的,涉及地理信息相关的硬件制造、软件开发、数据生产、产品开发、系统集成、信息与技术服务等各个方面。

地理信息产业是一个高速增长的产业,地理信息服务将越来越多地渗透到各行业及人

们的日常生活中,从而形成极大的市场需求。

目前,国家十分重视地理信息产业的发展,并要求加强地理信息国情监测,加速数字城市建设、天地图建设及北斗卫星建设,从中央到地方相继成立了测绘地理信息管理机构。

高职高专地理信息系统专业的人才必须具备良好的职业道德和科学文化素养,掌握必备的地理信息系统理论知识,具备熟练的专业技能,能在相关领域胜任地理信息数据生产、地理信息服务、地图制图等工作。

从全国高职高专测绘专业的学生从事地理信息系统工作岗位的情况分析,高职高专学生地理信息系统专业的就业岗位主要集中在地理信息数据生产领域。地理信息数据生产就业岗位主要涉及地理空间数据和属性数据的采集、处理、分析和应用,以及地理信息数字产品的输出。其工作范围如下:

- ① 在地理信息系统企业从事地理空间数据的采集、处理、分析、制图与建库工作。
- ② 在国土资源、房地产部门从事地籍测量与地籍数据库建设、管理及房地产信息管理工作。
- ③ 在城乡规划、城市建设部门从事地理信息系统的建设和管理工作。
- ④ 在农田水利部门从事工程测量和环境监测、土地资源调查与利用等工作。
- ⑤ 在政府机关从事与空间位置信息有关的信息交流、环境信息管理工作。

■ 课程描述

地理信息系统课程是一门技术性、实践性很强的专业课程。课程以计算机技术、测绘技术、地图制图技术等为基础,主要针对高职高专测绘类专业的学生在实际工作中从事地理信息数据生产所需的知识、技能和素质要求等内容展开。

课程教学立足于地理信息数据生产这一岗位,围绕地理信息数据的获取、地理信息数据的编辑与处理、地理信息数据的分析和地理信息系统产品输出等技术岗位所需的知识与技能,培养学生地理信息数据的采集、分析与应用能力,以及专题地图的制作能力和地理信息系统职业素养。

对本课程的学习不应局限于书本知识,要充分利用网络工具去了解地理信息的相关知识和应用,特别是网络上电子地图、导航地图的应用。同时,应结合某一流行地理信息系统软件的应用来阐述地理信息系统相关的概念和知识点。

任务二 地理信息系统认识

■ 任务描述

地理空间技术覆盖许多领域,其中包括遥感、地图制图、测绘和摄影测量。但要在地理空间技术中将这此不同领域的数据整合起来,则需要地理信息系统(geographic information system, GIS)知识。为了弄清地理信息系统知识,需要明确 GIS 的基本概念、组成和功能。

■ 相关知识

一、GIS 的基本概念

1. 数据和信息

数据(data)是人类在认识世界和改造世界过程中,定性或定量地对事物和环境描述的

直接或间接原始记录,是一种未经加工的原始资料,是客观对象的表示。数据可以以多种方式和存储介质存在,前者如数字、文字、符号、图像等,后者如记录本、地图、胶片、磁盘等。不同数据存储介质和格式可相互转换。

信息(information)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、可传输性和共享性等特征。

信息来源于数据,是数据表示的意义,是对数据内容的解释。信息是一种客观存在,而数据是客观对象的一种表示,其本身并不是信息。数据所蕴含的信息不会自动呈现出来,需要利用一种技术如统计、解译、编码等对其解释,信息才能呈现。例如,从实地或社会调查数据中通过分类和统计可获取各种专门信息;从测量数据中通过量算和分析可以抽取地面目标或物体的形状、大小和位置等信息;从遥感图像数据中通过解译可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

2. 地理信息和地理数据

地理信息是有关地理实体和地理现象的性质、特征和运动状态的表征和一切有用的知识,它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数字化表示。地理特征和现象的数据描述包括空间位置、属性特征(简称属性)及时域特征三部分。

地理数据具有空间上的分布性、数据量的海量性、载体的多样性和位置与属性的对应性等特征。空间上的分布性是指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。数据量的海量性反映地理数据的巨大性,地理数据既有空间特征,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,因此其数据量巨大。尤其是随着全球对地观测计划的不断发展,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,这必然对数据处理与分析带来很大压力。载体的多样性指地理信息的第一载体是地理实体及地理现象的物质和能量本身,除此之外,还有描述地理实体和地理现象的文字、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。地理实体和地理现象具有明确的位置与属性的对应性特征,两者之间是相互对应和关联的,也就是说,二者相互依赖,缺一不可,有位置则有属性,反之亦然。

3. 地理信息系统

地理信息系统有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”,是一种特定且十分重要的空间信息系统,是在计算机软件、硬件系统支持下对整个或部分地球表层(包括大气层)的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的科技系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理实体和地理现象数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。简言之,地理信息系统是对空间数据进行采集、编辑、存储、分析和输出的计算机信息系统。

通过上述的分析和定义可以得出 GIS 的基本内容如下:

GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统,它又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系

统等,这些子系统的结构及其优劣程度直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

GIS 的操作对象是空间数据,即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体和地理现象。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性和定量的描述,这是 GIS 区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点所在。

GIS 的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息,实现地理空间过程演化的模拟和预测。

GIS 与测绘学和地理学有着密切的关系。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数;电子速测仪、GPS 全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为 GIS 提供丰富和更为实时的信息源,并促使 GIS 向更高层次发展。地理学是 GIS 的理论依托。GIS 被誉为地理学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

4. GIS 的“S”新解

随着 GIS 的发展,地理信息学的内涵与外延也在不断变化,集中体现在“S”的含义上,如图 1-1 所示。



图 1-1 不同历史时期 GIS 含义的变化

GIScience——地理信息科学,从地理信息的基础理论、原理方法研究地理信息的本质、表达模型和地理信息的认知过程等;GISystem——地理信息系统,则是从技术化、工程化角度研究地理信息的集成开发、系统结构、系统功能等;GIService——地理信息服务,则是从产业化应用角度研究面向社会化、网络化、多元化的信息服务,强调信息标准、管理、产业政策、规模化集成应用等,是地理信息产业发展的需求。在本书中,如果没有特别说明,GIS 指的是地理信息系统(GISystem)。

二、GIS 的组成

一个实用的地理信息系统,要具有对空间数据采集、管理、处理、分析、建模和显示等功能,其基本构成应包括以下五个部分:硬件系统、软件系统、空间数据、应用模型、系统管理操作人员,其核心部分是硬件系统、软件系统。空间数据反映 GIS 的地理内容,应用模型是解决问题的方法,而系统管理和操作人员则决定系统的工作方式和信息表示方式。其组成如图 1-2 所示。

1. 硬件系统

计算机硬件是计算机系统在实际物理装置的总称,是 GIS 的物理外壳,可以是电子的、电气的、磁的、机械的、光的元件或装置。系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法



图 1-2 GIS 的组成

甚至软件都与硬件有极大的关系,受硬件指标的支持或制约。

GIS 硬件系统包括输入设备、处理设备、存储设备和输出设备四部分。其中,处理设备、存储设备和输出设备与一般信息系统并无差别,但由于 GIS 处理的是空间数据,其数据输入设备除常规的设备外,还包括空间数据采集的专用设备,如全球定位系统(global position system, GPS)、全站仪、数字摄影测量系统等。

2. 软件系统

软件系统是指 GIS 运行所必需的各种程序,通常包括 GIS 支撑软件、GIS 平台软件和 GIS 应用软件三类。其中,GIS 支撑软件是指 GIS 运行所必需的各种软件环境,如操作系统、数据库管理系统、图形处理系统等;GIS 平台软件包括 GIS 系统功能所必需的各种处理软件,一般包括空间数据输入与转换、空间数据编辑、空间数据管理、空间查询与空间分析及制图与输出等五部分,称为 GIS 五大子系统;GIS 应用软件一般是在 GIS 平台软件基础上,通过二次开发所形成的具体的应用软件,一般是面向应用部门的。

3. 空间数据

地理空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文景观数据,可以是图形、图像、文字、表格和数字等,由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他通信系统输入 GIS,是系统程序作用的对象,是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。不同用途的 GIS,其地理空间数据的种类、精度都是不同的,但基本上都包括三种互相联系的数据类型:

① 某个已知坐标系中的位置:即几何坐标,标识地理实体和地理现象在某个已知坐标系(如大地坐标系、直角坐标系、极坐标系、自定义坐标系)中的空间位置,可以是经纬度、平面直角坐标、极坐标,也可以是矩阵的行、列数等。

② 实体间的空间相关性:即拓扑关系,表示点、线、面实体之间的空间联系,如网络节点与网络线之间的枢纽关系,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。

③ 与几何位置无关的属性:即常说的非几何属性,简称属性,是与地理实体和地理现象相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量两种,前者包括名称、类型、特性等,后者包括数量和等级。定性描述的属性如岩石类型、土壤种类、土地利用类型、行政区划等;定量描述的属性如面积、长度、土地等级、人口数量、降雨量、河流长度、水土流失量等。非几何属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体和地理现象至少有一个属性,而地理信息系统的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的,因

此,属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

4. 系统管理操作人员

人是 GIS 中的重要构成因素。地理信息系统从设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。仅有系统软硬件和数据还构不成完整的地理信息系统,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。

5. 应用模型

GIS 应用模型即 GIS 方法,该模型的构建和选择是 GIS 应用成功与否的关键。GIS 方法是面向实际应用,在较高层次上对基础的空间分析功能集成,并与专业模型接口,研制解决应用问题的模型方法。虽然 GIS 为解决各种现实问题提供了有效的基本工具(如空间量算、网络分析、叠加分析、缓冲分析、三维分析、通视分析等),但对于某一专门的应用,则必须构建专门的应用模型并进行 GIS 二次开发,例如土地利用适应性模型、大坝选址模型、洪水预测模型、污染物扩散模型、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的认知水平,也是 GIS 技术产生社会、经济、生态效益的所在。因此,应用模型在 GIS 技术中占有十分重要的地位。

三、GIS 的功能

(1) 基本功能需求

① 位置:位置问题回答“某个地方有什么”,一般通过地理对象的位置(坐标、街道编码等)进行定位,然后利用查询获取其性质,如建筑物的名称、地点、建筑时间、使用性质等。位置问题是地学领域最基本的问题,反映在 GIS 中,则是空间查询技术。

② 条件:条件问题即“符合某些条件的地理对象在哪里”的问题,它通过地理对象的属性信息列出条件表达式,进而查找满足该条件的地理对象的空间分布位置。在 GIS 中,条件问题虽也是查询的一种,但却是较为复杂的查询问题。

③ 趋势:趋势即某个地方发生的某个事件及其随时间的变化过程。它要求 GIS 能根据已有的数据(现状数据、历史数据等),对现象的变化过程做出分析判断,并能对未来做出预测和对过去做出总结。例如土地地貌演变研究中,可以利用现有的和历史的地形数据,对未来地形做出分析预测,也可展现不同历史时期的地形发育情况。

④ 模式:模式问题即地理对象实体和现象的空间分布之间的空间关系问题。例如,城市中不同功能区的分布与居住人口分布的关系模式;地面海拔升高、气温降低,导致山地自然景观呈现垂直地带分异的模式等。

⑤ 模拟:模拟即某个地方如果具备某种条件会发生什么问题,是在模式和趋势的基础上,建立现象和因素之间的模型关系,从而发现具有普遍意义的规律。例如,通过对某一城市的犯罪概率和酒吧、交通、照明、警力分布等的分析,对其他城市进行相关问题研究,一旦发现带有普遍意义的规律,即可将研究推向更高层次——建立通用的分析模型对未来进行预测和决策。

(2) GIS 的基本功能

为实现对上述问题的求解,GIS 首先要重建真实的地理环境,而地理环境的重建需要获取各类空间数据(数据获取),这些数据必须准确可靠(数据编辑与处理),并按一定结构进行组织和管理(空间数据库),在此基础上,GIS 还必须提供各种求解工具(称为空间分析),以及对分析结果的表达(数据输出)。因此,GIS 应该具备以下基本功能。

① 数据采集功能:数据是 GIS 的血液,贯穿于 GIS 的各个过程。数据采集是 GIS 的第一步,即通过各种数据采集设备(如数字化仪、全站仪、调查等)来获取现实世界的描述数据,并输入 GIS。GIS 应该尽可能提供与各种数据采集设备连接的通信接口。

② 数据编辑与处理:通过数据采集获取的数据称为原始数据,原始数据不可避免地含有误差。为保证数据在内容、逻辑、数值上的一致性和完整性,需要对数据进行编辑、转换、拼接等一系列处理工作。也就是说,GIS 应该提供强大的、交互式的编辑功能,包括图形编辑、数据变换、数据重构、拓扑建立、数据压缩、图形数据与属性数据的关联等内容。

③ 数据存储、组织与管理功能:计算机的数据必须按照一定的结构进行组织和管理,才能高效地再现真实环境和进行各种分析。由于空间数据本身的特点,一般信息系统中的数据结构和数据库管理系统并不适合管理空间数据,GIS 必须发展自己特有的数据存储、组织和管理的功能。目前常用的 GIS 数据结构主要有矢量数据结构和栅格数据结构两种。而数据的组织和管理则有文件-关系数据库混合管理模拟模式、全关系型数据管理模式、面向对象数据管理模式等。

④ 空间查询与空间分析功能:虽然数据库管理系统一般提供了数据库查询语言,如 SQL 语言,但对于 GIS 而言,需要对通用数据库的查询语言进行补充或重新设计,使之支持空间查询。例如,查询某铁路周围 5 km 的居民点等。空间分析是比空间查询更深层次的应用,内容更加广泛,包括地形分析、土地适应性分析、网络分析、叠置分析、缓冲区分析、决策分析等。随着 GIS 应用范围的扩大,GIS 软件的空间分析功能将不断增加。

需要说明的是,空间分析和应用分析是两个层面的内容。GIS 所提供的是常用的空间分析工具,如查询、几何量算、缓冲区建立、叠置操作、地形分析等,这些工具是有限的,而应用分析却是无限的,不同的应用目的可能构建不同的应用模型。GIS 空间分析为建立和解决复杂的应用模型提供了基本工具,因此 GIS 空间分析和应用分析是“零件”和“机器”的关系,用户应用 GIS 解决实际问题的关键,就是如何将这些零件搭配成能够用来解决问题的“机器”。

⑤ 数据输出功能:GIS 必须能够通过图形、表格和统计图表显示空间数据及分析结果。GIS 的一个主要功能就是计算机地图制图,包括地图符号的设计、配置与符号化、地图注记、图幅整饰、统计图表制作、图例与布局等内容。此外,GIS 对属性数据也要设计报表输出,并且这些输出结果需要在显示器、打印机、绘图仪上进行数据文件输出,GIS 软件亦应具有驱动这些设备的能力。

四、GIS 的类型

GIS 发展迅速,应用广泛,其类型划分也无一定之规。一般地,可根据 GIS 的研究内容、功能和作用等对 GIS 进行类型划分。

1. 按 GIS 功能分类

从功能角度出发,GIS 可分为应用功能和软件功能两大类。前者强调 GIS 的社会服务功能,可再分为工具型 GIS、应用型 GIS 和大众型 GIS 三类;后者则侧重 GIS 软件自身功能,一般分为专业 GIS、桌面 GIS、手持 GIS、组件 GIS、GIS 浏览器等几类。

(1) 应用功能

工具型 GIS 也称为地理信息系统开发平台或外壳,它具有 GIS 的基本功能,可供其他系统调用或作为用户进行二次开发的操作平台。前面已谈及 GIS 是一个复杂、庞大的软件

系统,而用 GIS 解决实际问题尚需用户进行一定程度的二次开发。但如果每一用户在实际应用时都需开发,则会造成人力、物力和时间上的浪费。工具型 GIS 为 GIS 用户提供一种技术支持,使用户能借助 GIS 并加上专题应用模型完成相应的任务。目前比较流行的工具型 GIS 软件有 ArcGIS、MapInfo、IDRISI、GeoStar、MapGIS 等。

应用型 GIS 是根据用户的需求和应用目的而设计的一类或多类专门型 GIS,它一般是在工具型 GIS 的平台上,通过二次开发完成。应用型 GIS 除具备 GIS 的基本功能外,还能够进行与专业相关的模型构建和求解。应用型 GIS 按研究对象性质和能力又分为专题 GIS 和区域 GIS 两种类型。

① 专题 GIS:是为特定专业服务的、具有很强专业特点的 GIS,如交通规划 GIS、水资源管理 GIS、城市管网设计 GIS、土地覆盖和利用 GIS 等。

② 区域 GIS:主要以区域综合研究和全面信息服务为目标,按区域大小有国家级、地区、省级、市级等不同行政区域的 GIS,如福建省 GIS 基础数据库系统;也可以按照自然相对独立的单元划分,如闽江流域 GIS、黄土高原 GIS 等。

大众型 GIS 是一种面向大众服务、不涉及具体专业的 GIS,使用者只需要有一般的计算机常识就可以操作 GIS,例如为普及和加强公众的环境意识而开发的环境教育信息系统。

(2) 软件功能

按照 GIS 软件功能的强弱,GIS 软件分为专业 GIS、桌面 GIS、手持 GIS、组件 GIS、GIS 浏览器等,其中专业 GIS 功能最强,几乎具备所有的 GIS 功能;桌面 GIS 功能次之;GIS 浏览器功能最为简单,主要是作查询之用。GIS 软件功能不同,应用范围也是不同的,服务对象也是有所差异的。

2. 按数据结构分类

从数据结构上,GIS 可以分为矢量 GIS、栅格 GIS 和矢量-栅格 GIS 三种类型,这种划分是以 GIS 的主要数据处理和管理对象为依据的。本书将以这种分类在后续项目中介绍 GIS 空间分析。尽管一个 GIS 软件可以划为某一 GIS 类型(如矢量 GIS 或栅格 GIS),但不代表该软件只能处理这种格式的空间数据,而不能处理其他结构的空间数据,这里只是强调功能上有强弱的问题。用户可根据自己手头的数据结构有效地利用 GIS 软件。

3. 按数据维数分类

从数据维数的角度,GIS 可分为 2D GIS、2.5D GIS、3D GIS 和时态 GIS(temporal GIS, TGIS)等类型。

以平面制图和平面分析为主的 GIS,称为 2D GIS,当增加了高程信息并将高程信息看作是属性时,所构建的数字高程模型(digital elevation model, DEM)或数字地形模型(digital terrain model, DTM)的 GIS,称为 2.5D GIS。若平面位置和高程信息相互独立,即形成所谓的 3D GIS。TGIS 是将时间概念引入 GIS 中,用以反映空间信息随时间变化的 GIS。

需要说明的是,随着 GIS 从低维向高维的发展,关于 2.5D GIS 和 3D GIS 学术界存在不同意见。如一些出版物在 2.5D GIS 和 3D GIS 上,先后出现了一些新的名词,如 2.75D GIS、表面 3D GIS、3D 城市模型、假 3D GIS、真 3D GIS 等。实际上,不管是 2.5D GIS、2.75D GIS 还是假 3D GIS,它们与真 3D GIS 的区别主要在于:前者描述的是三维空间实体的表

面而不表达其内部属性;而后者不仅刻画实体表面,还表达实体内部的属性。

4. 按软件开发模式和支持环境分类

按软件开发模式和支持环境,GIS 软件可分为 GIS 模块、集成式 GIS、模块化 GIS、核心式 GIS、组件式 GIS 和 WebGIS 以及互操作 GIS 等几种类型。这些类型实际代表了 GIS 软件开发和集成技术的发展历程。

(1) GIS 模块

GIS 模块是早期 GIS 开发的主要模式,其特点是 GIS 软件为只能满足于某些功能要求的一些模块,没有形成完整的系统,各个模块之间不具备协同工作的能力。

(2) 集成式 GIS

随着软件开发技术的发展,各种 GIS 模块走向集成,逐步形成大型 GIS 软件包,形成集成式 GIS。集成式 GIS 集成了 GIS 的各项功能并形成独立完善的系统,但系统复杂、庞大,从而导致成本高且难以与其他系统进行集成。

(3) 模块化 GIS

模块化 GIS 是把 GIS 按照功能划分为一系列模块,运行于同一集成环境之上。模块化 GIS 具有较大的工程针对性,便于开发、维护和应用,但难以与管理信息系统、专业应用模型等进行无缝集成。

(4) 核心式 GIS

为解决集成式 GIS 与模块化 GIS 的缺点,提出了核心式 GIS 的概念。核心式 GIS 提供一系列的 GIS 功能动态链接库,开发 GIS 应用系统时可以采用现有的高级编程语言,通过应用程序接口 API 访问和调用内核所提供的 GIS 功能。核心式 GIS 虽然可以与 MIS 集成,但开发过于低层,给应用开发者带来一定的困难。

(5) 组件式 GIS 和 WebGIS

组件式 GIS 基于标准的组件式平台,各个组件之间不仅可以自由灵活地重组,而且具有可视化的界面和使用方便的标准接口。因特网的发展为 GIS 发展带来了另外一个领域的发展,Web 技术和 GIS 技术的结合产物就是 WebGIS。

(6) 互操作 GIS

互操作 GIS 是指在计算机网络环境下,遵循一个公共的接口标准,能够实现空间数据及数据处理功能的共享和相互操作的 GIS,但互操作 GIS 的前提是 GIS 组件化。

■ 任务实施

一、任务内容

MapGIS 是中国地质大学开发的通用工具型地理信息系统软件平台。本任务以 MapGIS 软件为例,通过对 MapGIS 软件的认识,进一步明确 GIS 的基本概念、组成和一个普通 GIS 应具备的基本功能。

二、任务实施步骤

1. MapGIS 体系结构

MapGIS 是具有国际先进水平的完整的地理信息系统,它分为“数据输入模块”“图形编辑模块”“库管理模块”“空间分析模块”“数据输出模块”以及“实用服务模块”六大部分,如图 1-3 所示。根据地学信息来源多种多样、数据类型多、信息量庞大的特点,该系统采用矢量

和栅格数据混合的结构,力求矢量数据和栅格数据形成一个整体的同时,又考虑栅格数据既可以和矢量数据相对独立存在,又可以作为矢量数据的属性,以满足不同问题对矢量、栅格数据的不同需要。

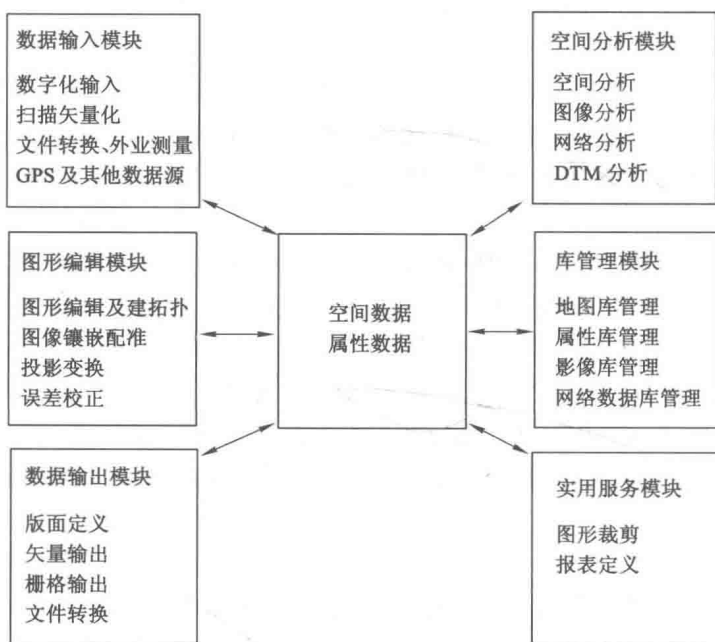


图 1-3 MapGIS 的总体结构图

2. MapGIS 的主要功能

(1) 数据输入

在建立数据库时,我们需要将各种类型的空间数据转换为数字数据,数据输入是 GIS 的关键之一。MapGIS 提供的数据输入有数字化输入、扫描矢量化输入、GPS 输入和其他数据源的直接转换。

① 数字化输入。数字化输入也就是实现数字化过程,即实现空间信息从模拟式到数字式的转换,一般数字化输入常用的仪器为数字化仪。

② 扫描矢量化输入。扫描矢量化子系统,通过扫描仪输入扫描图像,然后通过矢量追踪,确定实体的空间位置。对于高质量的原始资料,扫描是一种省时、高效的数据输入方式。

③ GPS 输入。GPS 是确定地球表面精确位置的新工具,它根据一系列卫星的接收信号,快速计算地球表面特征的位置。由于 GPS 测定的三维空间位置以数字坐标表示,因此不需作任何转换,可直接输入数据库。

④ 其他数据源输入。MapGIS 升级子系统可接收低版本数据,实现 6. X 与 5. X 版本数据的相互转换,即数据可升可降,供 MapGIS 使用。MapGIS 还可以接收 AutoCAD、ArcInfo、MapInfo 等软件的公开格式文件,同时提供了外业测量数据直接成图功能,从而实现了数据采集、录入、成图一体化,大大提高了数据精度,加快了作业流程。

(2) 数据处理

输入计算机后的数据及分析、统计等生成的数据在入库、输出的过程中常常要进行数据