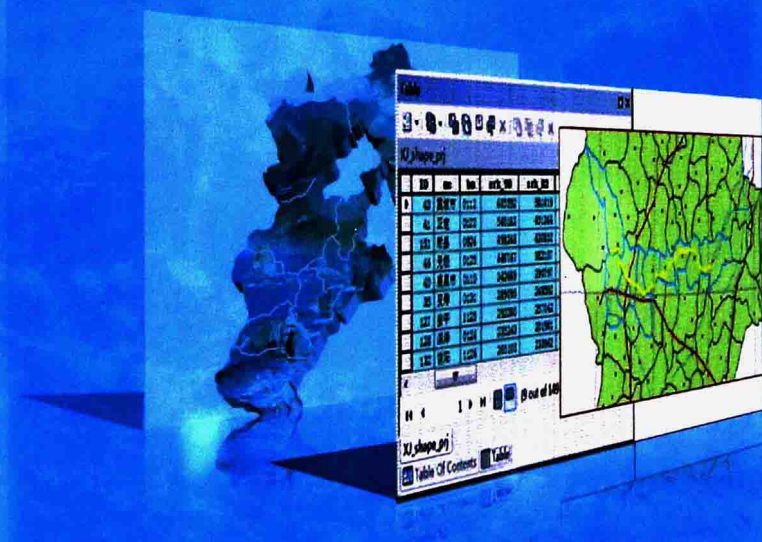


河北省高等学校精品课程配套教材

地理信息系统原理与实践

(第二版)

张军海 李仁杰 傅学庆 胡引翠 编著



科学出版社

河北省高等学校精品课程配套教材

地理信息系统原理与实践

(第二版)

张军海 李仁杰 傅学庆 胡引翠 编著

河北省环境演变与生态建设实验室

河北省高校重点学科建设项目

河北省高等学校精品课程建设项目

河北师范大学精品教材基金

联合资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是作者在总结多年从事地理信息系统(GIS)教学与研究工作的基础上,参阅国内外大量GIS文献编写而成的。以GIS基本原理和基本技能为主线,根据教与学的特点,贯彻理论联系实际的原则,尽量使教材结构体系符合教学规律。全书通过简练的文字和大量的实例插图,力图增强教材的实用性。全书共分两部分。第一部分重点介绍GIS的概念和特征、空间数据的表达、地理数据获取方法、空间数据处理与质量控制、空间数据管理、空间分析、建模与决策、数字地形模型及其应用、空间数据可视化与产品输出、GIS系统平台、地理信息工程、地理信息系统集成等内容。第二部分为地理信息系统实习指导,以ArcGIS为平台,精心设计了9个实习项目,帮助和指导学生上机操作实习。

本书可作为高等院校地理科学、地理信息科学、自然地理与资源环境、人文地理与城乡规划、环境科学、土地资源管理等专业本、专科生和函授生的教材,同时也可供地球科学、信息科学以及相关学科的师生和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理与实践 / 张军海等编著. —2 版. —北京: 科学出版社, 2015.6

河北省高等学校精品课程配套教材

ISBN 978-7-03-044636-7

I. ①地… II. ①张… III. ①地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 124598 号

责任编辑: 杨 红/责任校对: 赵桂芬

责任印制: 赵 博/封面设计: 迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

保定市中华美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015年6月第 二 版 印张: 18

2015年6月第七次印刷 字数: 472 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

第二版前言

21 世纪,世界将全面进入信息时代。在人类活动所接触到的信息中有 80%与地理位置和空间分布有关。为了有效地描述、采集、处理、存储、管理、分析和应用地理空间信息,20 世纪 60 年代产生了地理信息系统(geographic information system, GIS)技术。经过 50 多年的发展, GIS 已成为信息产业一支重要的生力军。今天的 GIS 已不仅是一门单纯的技术,而且还是具有自身理论和技术体系的一门学科——地理信息科学,它跨越信息科学、地球科学和空间科学,是地学相关领域管理空间数据的技术学科。陈述彭先生说:“如果说地图是地理学的第二代语言,那么地理信息系统就是地理学的第三代语言。”从传统二维平面符号对空间的抽象模拟,到数字高程模型的三维表达以及虚拟地理环境的科学实验;从宏观领域的土地覆被变化的监测和预测到微观领域污染物的迁移和追踪, GIS 相对于地图学,正以更丰富的语言句法、更直观多样的表达方式、灵活的存储和显示载体,以及更广泛的应用领域,将空间现象、空间过程和空间规律表达得淋漓尽致。

GIS 发展迅猛,正向集成化、产业化和社会化方向迈进。伴随 Google Earth 掀起的普及风暴, GIS 携手全球定位系统(global positioning system, GPS)、遥感(remote sensing, RS)技术,正从一种科学研究工具变为一种人类生活中的日用产品。我们的 PC 上、Internet 上,还有汽车、手机上到处都留下了电子地图的足迹,这正是 GIS 走入人们日常生活的最初印记。截至 2014 年,我国地理信息产业总产值超 3000 亿元,连续多年总产值年平均增长率保持在 20%以上,我国地理信息产品品牌和国际形象逐步树立。

GIS 的教育与普及是随着 GIS 技术的研究而不断推进的,国务院学位委员会作出决定:新生的地理信息系统与古老的地图学并列为理科专业,到 1998 年第一个 GIS 本科专业的诞生,以及目前全国 210 多所高校相继开设 GIS 专业, GIS 专业已成“雨后春笋”之发展态势。我们为之欣喜也为之担忧,喜,是因为看到它被社会认可的程度和社会对之需求的不断增长;忧,则是感觉专业发展速度太快,使很多教育资源不能有效满足专业培养的目标和标准,而最终导致教育质量下降,学生理论根基不厚,技能训练不足。

近年来,各家出版社相继出版了一系列地理信息系统教材,有侧重 GIS 理论阐述的,有侧重相关行业应用的,还有介绍 GIS 设计与开发技术的。而本书定名为地理信息系统原理与实践,旨在阐明地理信息系统管理空间数据的机制及其应用方法,为地学相关专业学生和科技人员提供理论指导和应用。本书以地理空间数据的表达、采集、处理、管理、查询、分析与可视化表示为基本思路,围绕空间数据的各项处理工作展开。以 ArcGIS 为平台,精心设计了教学实验项目,帮助和指导学生实习。本书力求简洁明了、重点突出、图文并茂、理论与实践紧密结合,为学生提供基本理论介绍和技能训练平台。

本教材第一版于 2009 年 7 月出版,到 2014 年 12 月底已进行了 6 次印刷。随着地理信息技术的快速发展,以及我们对 GIS 的理解,适应教学改革的需要,2014 年年初我们酝酿了教材第二版的编写大纲,从体系、章节、实验项目设计到内容,都进行了较大改动,内容力求吸收近年来的新 GIS 理论和技术成果,实习软件实现了版本升级,淘汰相对过时的内容和技术介绍,简明阐述 GIS 基本理论知识、基本分析技术和基本应用方法。

全书分地理信息系统原理和实习指导两部分内容。地理信息系统原理部分主要内容有：第1章简要介绍GIS的概念、组成、功能和发展历程；第2章重点介绍空间数据的几种常见表达模型；第3章详细阐述地理数据获取方法；第4章概要说明空间数据处理、数据质量控制与元数据作用；第5章着重介绍空间数据组织与空间索引；第6章对GIS的基本空间分析方法进行详细说明，包括空间数据查询与量算、缓冲区分析、叠置分析、网络分析、空间统计分类分析、GIS空间建模和空间决策支持；第7章描述了DEM的概念、建立方法和应用；第8章扼要说明空间数据可视化方法、GIS产品类型和输出方式；第9章介绍网络GIS、云GIS和大数据GIS等新GIS平台的搭建；第10章叙述地理信息工程的概念、特点和建设过程。第11章论述GIS集成技术、GIS标准化、智慧城市与数字地球框架。实习指导部分，精心设计了实习项目，介绍了每个项目的实习目的、实习环境与数据准备及实习步骤。

本书由张军海、李仁杰确定整体框架和编写风格，主要编写人员包括张军海、李仁杰、傅学庆、胡引翠等。各章编写分工为：第1、第8章和部分实习指导内容由张军海编写；第2、第5、第6章和部分实习指导内容由李仁杰编写；第3、第4、第10章由傅学庆编写；第7、第9、第11章由胡引翠编写。另外，河北民族师范学院孙百生和GIS专业本科生自主创新实验平台创新小组的成员参与了实习指导项目的测试工作。本书最终由张军海统稿定稿。

本书是河北师范大学地理信息科学教研室教师多年来从事地理信息系统科学教学与研究工作的结晶。本书的完成，得到了河北省环境演变与生态建设实验室、河北省高校重点学科建设项目、河北省高等学校精品课程建设项目和河北师范大学精品教材基金资助。另外，实验室研究生张天龙、成功、程丽萍、智烈慧、张璐璇、魏丽钦、杜冲等相关人员参加了书稿的图件绘制和实验项目的验证工作，在此一并表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，广泛参阅了近年来国内外该领域的有关论著、学术报告、杂志、研究进展报告和会议论文集等，在参考文献中未能一一列出，谨致歉意。

由于作者水平和时间所限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者

2015年1月20日

目 录

第二版前言

第一部分 地理信息系统原理

| | |
|-------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 地理信息系统的产生 | 1 |
| 1.2 地理信息系统的基本概念 | 2 |
| 1.3 地理信息系统的特征和类型 | 5 |
| 1.4 地理信息系统的组成 | 6 |
| 1.5 地理信息系统的基本功能 | 9 |
| 1.6 地理信息系统的应用 | 11 |
| 1.7 地理信息系统的研究内容 | 12 |
| 1.8 地理信息系统发展概况 | 14 |
| 习题 | 19 |
| 第 2 章 空间数据的表达 | 20 |
| 2.1 地理空间与空间抽象 | 20 |
| 2.2 空间数据概念模型 | 21 |
| 2.3 矢量数据模型 | 24 |
| 2.4 栅格数据模型 | 29 |
| 2.5 矢量栅格一体化数据模型 | 34 |
| 2.6 其他数据模型 | 35 |
| 习题 | 38 |
| 第 3 章 地理数据获取方法 | 39 |
| 3.1 空间数据数学基础 | 39 |
| 3.2 空间数据获取方法 | 42 |
| 3.3 属性数据获取 | 48 |
| 习题 | 52 |
| 第 4 章 空间数据处理与质量控制 | 53 |
| 4.1 空间数据处理的概念和意义 | 53 |
| 4.2 常见的空间数据处理 | 53 |
| 4.3 空间数据配准与校正 | 60 |
| 4.4 空间数据插值 | 63 |
| 4.5 空间数据质量控制 | 66 |
| 4.6 元数据 | 71 |

| | |
|---------------------------|------------|
| 习题 | 72 |
| 第 5 章 空间数据管理 | 73 |
| 5.1 数据的层次与文件组织 | 73 |
| 5.2 空间数据库 | 75 |
| 5.3 空间数据管理设计 | 79 |
| 5.4 空间数据组织 | 83 |
| 5.5 空间索引 | 85 |
| 5.6 数据库查询语言 | 88 |
| 习题 | 89 |
| 第 6 章 空间分析、建模与决策 | 90 |
| 6.1 空间数据查询与量算 | 91 |
| 6.2 缓冲区分析 | 96 |
| 6.3 叠置分析 | 98 |
| 6.4 网络分析 | 100 |
| 6.5 空间统计分类分析 | 103 |
| 6.6 GIS 空间建模 | 104 |
| 6.7 空间决策支持 | 110 |
| 习题 | 113 |
| 第 7 章 数字地形模型及其应用 | 114 |
| 7.1 数字高程模型概念 | 114 |
| 7.2 DEM 的主要表示模型 | 115 |
| 7.3 DEM 的建立 | 118 |
| 7.4 DEM 分析与应用 | 123 |
| 习题 | 130 |
| 第 8 章 空间数据可视化与产品输出 | 131 |
| 8.1 空间数据可视化 | 131 |
| 8.2 地理信息系统产品输出方式 | 135 |
| 8.3 地理信息系统产品类型 | 137 |
| 习题 | 139 |
| 第 9 章 GIS 系统平台 | 140 |
| 9.1 GIS 平台的构成 | 140 |
| 9.2 GIS 平台的发展 | 141 |
| 9.3 ComGIS | 144 |
| 9.4 WebGIS | 146 |
| 9.5 WebGIS Service | 150 |
| 9.6 GridGIS | 155 |
| 9.7 Cloud GIS | 159 |
| 9.8 大数据 GIS | 162 |

| | |
|------------------------------|------------|
| 习题 | 164 |
| 第 10 章 地理信息工程 | 165 |
| 10.1 地理信息工程的特点 | 165 |
| 10.2 地理信息工程的建设过程 | 165 |
| 10.3 地理信息工程实例——县级农村土地调查数据库建设 | 169 |
| 习题 | 176 |
| 第 11 章 地理信息系统集成 | 177 |
| 11.1 计算机信息系统集成 | 177 |
| 11.2 地理信息系统集成 | 178 |
| 11.3 地理信息系统标准化 | 181 |
| 11.4 空间数据基础设施与数字地球框架 | 186 |
| 11.5 智慧地球与智慧城市 | 191 |
| 习题 | 196 |

第二部分 实习指导

| | |
|--------------------------------|------------|
| 实习一 初识 ArcGIS for DeskTop 实习环境 | 197 |
| 实习二 基于栅格图像的矢量数据生产与互联网数据获取 | 204 |
| 实习三 空间数据格式转换与坐标系统维护 | 214 |
| 实习四 空间数据库建立与数据查询统计 | 222 |
| 实习五 基于矢量数据的空间分析方法 | 236 |
| 实验六 基于栅格数据的空间分析方法 | 244 |
| 实验七 数字高程模型分析 | 253 |
| 实习八 空间数据的可视化表达 | 260 |
| 实习九 地图版面设计与输出 | 268 |
| 主要参考文献 | 278 |

第一部分 地理信息系统原理

第1章 绪 论

21 世纪,世界将全面进入信息时代。信息时代以信息资源的科学管理和充分利用为特征,它必将要求地理学高度现代化。信息时代的地理学,对地理信息采集、管理、分析提出了更高要求。可以说,地理决策的科学性,取决于地理信息的获取和分析技术水平,于是地理信息系统(geographical information system, GIS)应运而生。地理信息系统技术的兴起,使地理学向精密科学迈进。地理信息系统(GIS)、遥感(remote sensing, RS)技术和全球定位系统(global positioning system, GPS)三者有机结合(称为 3S 技术),使 GIS 应用的深度和广度达到一个新水平,构成地理学日臻完善的技术体系,引起世界各国的普遍重视。

随着大地理时代的到来, GIS 作为地理信息技术的重要组成部分,将发挥越来越重要的作用。大地理时代以地理系统为核心,系统化解解决地理感知、地理建模、地理监测、地理设计和地理控制问题,使地理科学、地理技术充分发挥作用,特别是综合作用,从而摆脱地理学危机,建立一种良性的发展模式,进入地理学发展的新时代。

1.1 地理信息系统的产生

20 世纪中叶,计算机的发明与应用成为第一次信息革命的标志。从此人类在经历了农业社会和工业社会之后,像自然界的进化一样,步入了第三个文明社会——信息社会。信息社会是一个知识化的社会,信息的爆炸、技术的爆炸导致了信息存储和处理方法的重大变革,信息的海量存储与管理、信息的迅速处理与传递、信息的分布与共享构成了信息社会的重要支柱。信息技术凝聚着新的文明,人类工作的重点从单纯的物质生产转移到信息处理上来。信息产业的发展日益迅猛,已成为当代经济发展的重要特征。信息革命的影响要求地理学要顺应时代的要求,跟上时代的步伐,地理学要高度现代化。计算机技术、自动化技术等的发展为 GIS 的形成奠定了坚实的基础。

地理信息系统脱胎于地图,它们都是地理信息的载体,具有存储、分析和显示地理信息的功能。机助制图起源于 20 世纪 50 年代,计算机制图的出现是地图制图领域的一次重大技术革命。它不仅适应人类社会的客观需要,而且最终改变了地图制图的性质和地图的面貌。计算机制图大大减轻了人的劳动强度,使过去手工方法很难解决的曲线内插、立体图形的表示和许多复杂的专题图的表示变得更加容易,同时避免了制图过程中的一些主观因素,而且精度高、速度快;地图内容以数字形式存储,按要素建立数据文件,便于保存、提取、传输、更新和应用;由于地图图形的数字处理方法,使内容转绘、投影变换和比例尺改变等各项编图技术方法更加简单了。总之,计算机制图能缩短成图周期、提高地图精度、增强地图功能等。由此可见,计算机制图技术的发展对 GIS 的产生起到了有力的促进作用。

国土规划、区域开发、环境保护和大型工程规划设计的开展,人口普查、土地调查、工

业普查、农业普查、经济普查、文物普查和污染源普查等大量数据的获取, 卫星和航空多层次遥感手段提供的丰富信息和更新能力等, 都为社会经济建设提供了极其丰富的信息资源。总之, 资源环境信息的爆炸, 客观上需要 GIS 为之服务。

社会的进步使人类开始觉悟到对于自然资源的利用, 不能是简单的掠夺, 而应是合理的利用, 并且将开发和保护相结合。对自然资源应采取科学的管理, 进行定量分析和预测, 从而为宏观科学决策提供依据, 这些为 GIS 的产生提供了应用基础。

基于上述社会经济与技术发展的历史背景和原因, GIS 的产生是历史的必然。GIS 是 20 世纪 60 年代中期开始形成并逐渐发展起来的一门新技术。20 世纪 50 年代, 由于计算机科学的兴起和它在航空摄影测量与地图制图学中的应用, 使人们开始有可能利用计算机来收集、存储和处理各种与空间分布有关的图形和属性数据, 并希望通过计算机对数据的分析来直接为管理和决策服务, 从而促使 GIS 问世。

1.2 地理信息系统的基本概念

1.2.1 数据与信息

数据是通过数字化或直接记录下的可以被鉴别的符号, 是一种未经加工的原始资料。数据是客观事物的属性、数量、位置及其相关关系等的抽象表示。数据的形式不仅表现为数字, 还有文字、符号和图像等。数据是用以载荷信息的物理符号, 在 GIS 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。

信息是向人们或机器提供关于现实世界各种事实的知识, 是数据、消息中所包含的意义, 它不随载体物理形式的改变而改变。信息是通过数据形式来表达的, 是加载在数据之上的, 是对数据具体含义的解释。信息的主要特点如下:

(1) 客观性。任何信息都是与客观事实紧密相关的, 是现实世界的反映, 这是信息正确性的保证。

(2) 实用性。信息对决策是十分重要的, 建立 GIS 的目的就是为生产、管理和决策服务, 因而信息具有实用性。

(3) 传输性。信息可以在信息发送者和接收者之间传播, 既包括系统把有用信息传送到终端设备和以一定形式或格式提供给有关用户, 也包括信息在系统各子系统之间的流动和交换以及网络中的传输。

(4) 共享性。信息与实物不同, 它可以传输给多个用户, 为多个用户共享, 而其本身并无损失。

信息的这些特点, 使信息成为当代社会发展的一项重要资源。

数据与信息既有区别又有联系。信息与数据是不可分离的, 数据是信息的表达, 信息是数据的内涵。数据本身并没有意义, 数据只有对实体行为产生影响时才成为信息。例如, 同样的数据“1”和“0”, 当用来表示某一种实体在某个地域内存在与否时, 它就提供了有和无(1表示有、0表示无)的信息; 在绘图矩阵中表示画线或不画线时, 它就提供了抬笔、落笔信息(1表示落笔、0表示抬笔)等。要从数据中得到信息, 处理和解释是非常重要的环节。数据处理是对数据进行运算、排序、转换、分类、筛选、检索等, 其目的就是为了得到数据中包含的信息。对同一数据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。信息与数据虽然有词义上的差别, 但 GIS 的建立和运行, 就是信息(或数据)

按一定方式流动的过程,在通常情况下,并不严格区分使用数据和信息两个术语。

1.2.2 地理信息与地图

地理信息是指表示地理环境诸要素的数量、质量、分布特征及其相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。从地理实体到地理数据,从地理数据到地理信息的发展,反映了人类认识从认识物质、数据到认识信息的一个巨大飞跃。地理环境是客观世界最大的信息源,随着现代科学技术的发展,地理科学的一个重要任务就是迅速地采集到地理空间的几何信息、物理信息和人文信息,并定期和适时地识别、转换、存储、传输、显示、控制和应用这些信息。

地理信息的主要特征有以下几个方面:

(1) 属于空间信息。这是地理信息区别于其他类型信息的显著标志。地理信息位置的识别与数据联系在一起,这种定位特征是通过公共地理基础来体现的,即参照某一特定的大地坐标框架,通过经纬网或方里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别。

(2) 具有多维结构的特征。在二维空间的基础上,实现多专题的第三维结构,而各个专题型、实体型之间的联系是通过属性码进行的,这就为地理系统各圈层之间的综合研究提供了可能,也为地理系统多层次的分析和信息的传输与筛选提供了方便。

(3) 时序特征十分明显。按照时间尺度将地理信息划分为超短期的(如台风、地震)、短期的(如江河洪水、寒潮)、中期的(如土地利用、作物估产)、长期的(如水土流失、城市化)、超长期的(如气候变化、地壳变动)等。地理信息的时序特征,一方面要求地理信息获取和更新要及时;另一方面要从其自然变化过程中研究变化规律,从而进行预测预报,为科学决策提供依据。认识地理信息的这种区域性、多层次性和动态变化的特征,对建立 GIS、实现人口、资源和环境等的综合分析、管理、规划和决策具有重要意义。

地图是遵循相应的数学法则,将地球(也包括其他星体)上的地理信息,通过科学的概括,并运用符号系统表示在一定载体上的图形,以传递它们的数量和质量在空间和时间上的分布规律和发展变化。地图是一种符号图形,从地图上可以获得一个区域或整个地球表面同一时间的空间表象,它是自然世界的一种抽象模型,是制图者根据对自然世界的认识,用简化和概括的可视形式表示客观实际某些方面的结构。读者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。地图是一种思维模型,它的建立依赖于制图者和读者对地图符号的“约定”,地图是制图者与读者交流空间信息的符号图形载体。

地图具有表达空间信息精确、简洁、丰富、动态和灵活等特点,成为地学工作者普遍使用的第二语言。地图是地理信息的传统数据源, GIS 的查询与分析结果的表示手段也主要是地图。因此,地图学理论和地图分析方法成为 GIS 的重要学科基础。

1.2.3 信息系统与地理信息系统

信息系统是具有采集、管理、分析和表达数据能力的系统。信息系统是为实现某些特定功能,由人、机器、数据、程序或方法按一定的相关关系联系起来进行工作的集合体,内部要素之间的相互联系通过信息流实现。信息系统由硬件、软件、数据和用户四个主要部分组成。另外,智能化的信息系统还包括知识。

信息系统根据所处理的信息特征可分为空间信息系统和非空间信息系统(图 1-1)。非

空间信息系统强调的是数据的记录和操作，如目前流行的人事管理信息系统、图书资料管理信息系统和企业管理信息系统等。空间信息系统是一种十分重要而又与其他类型信息系统有显著区别的信息系统，它所采集、管理、处理和更新的是空间信息。因此，这类信息系统在结构上也比一般信息系统复杂得多，功能上也较其他信息系统强得多。

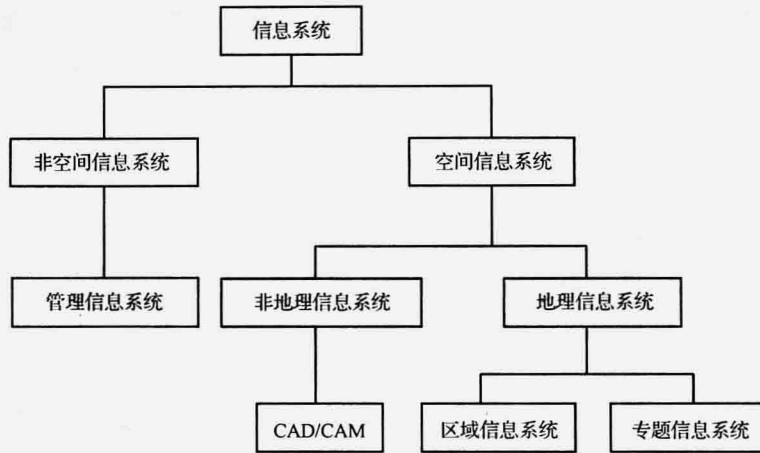


图 1-1 信息系统的分类

由于不同的部门和不同的应用目的，GIS 的定义也不相同。有的侧重于 GIS 的技术内涵，有的则强调 GIS 的应用功能。例如，美国的 Goodchild 把 GIS 定义为“采集、存储、管理、分析和显示有关地理现象信息的综合技术系统”。加拿大的 Roger Tomlinson 认为“GIS 是全方位分析和操作地理数据的数字系统”。笔者推荐美国联邦数字地图协调委员会（FICCCDS）关于 GIS 的定义，认为“GIS 是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统，该系统设计支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示，以便解决复杂的规划和管理问题”。目前，国内外已研制了一批较为成熟的 GIS 工具软件，如美国环境系统研究所研制的 ArcGIS 系统、北京超图软件股份有限公司研制的 SuperMap 系统、中国地质大学研制的 MapGIS 系统等。

地理信息系统可以把整个地区或全球的各种观测站建成网络，再加上遥感卫星周期性的大范围扫描数据，以及结合社会经济统计数据的实时传输，数据库可以经常更新，而且可以选择多种多样的对比方案，进行快速的运算，获取最优化的结果。可以根据地理信息系统建立动力学模型，来进行动态数学模拟和预测，从而克服某些物理模拟的局限性，提高宏观决策与工程设计的水平。对于地理学研究来说，有的学者断言：“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙，那么，信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门，必将为地理科学的发展开辟一个新的天地”。GIS 被誉为地理学的第三语言——用数字形式来描述空间实体，成为地理学研究的主要方法之一。

1.2.4 地理信息科学

地理信息科学 (geographic information science) 是研究地理信息采集、分析、存储、显示、管理、传播与应用，以及地理信息流的产生、传输和转化规律的一门科学。地理信息科学于 1992 年由 Goodchild 提出，与 GIS 相比，它更加侧重于将地理信息视作一门科学，而不

仅仅是一个技术实现,主要研究在应用计算机技术对地理信息进行处理、存储、提取以及管理和分析过程中提出的一系列基本问题。

地理信息科学基本问题包括:①分布式计算;②地理信息的认知;③地理信息的互操作;④比例尺;⑤空间信息基础设施的未来;⑥地理数据的不确定性和基于 GIS 的分析;⑦GIS 和社会;⑧GIS 在环境中的空间分析;⑨空间数据的获取和集成等。地理信息科学在对地理信息技术研究的同时,还指出了支撑地理信息技术发展的基础理论研究的重要性。

随着以 GIS 技术为核心的 RS、GPS 等技术的发展以及其间的相互渗透,逐渐形成了 3S 集成化技术系统,为解决区域范围更广、复杂性更高的现代地学问题提供了新的分析方法和技术保证。20 世纪 70 年代以来,由于整个人类社会面临的人口、资源、环境和发展等各方面的问題,人们逐渐开始重视全球变化(global change)以及可持续发展(sustainable development)等方面的研究,这两个方面的推动,最终促成了地理信息科学的产生。

1.3 地理信息系统的特征和类型

1.3.1 地理信息系统的特征

GIS 是 20 世纪 60 年代开始迅速发展起来的地理学研究新技术,是多学科交叉的产物。概括起来讲,GIS 具有以下特征:

(1) 公共的空间定位基础。所有的空间要素,要按地理坐标或者特定的坐标系统进行严格的空问定位,才能使具有时序性、多维性、区域性特征的空间要素进行复合和分解,将隐含其中的信息进行显示表达,形成空问和时间上连续分布的综合信息基础,支持空问问题的处理与决策。

(2) 具有采集、管理、分析和输出多种空问信息的能力。

(3) 系统以空问分析模型驱动,具有极强的空问综合分析和动态预测能力,并能产生高层次的空问信息。

(4) 以提供空问信息服务为目的,是一个人机交互式的空问决策支持系统。GIS 的外观表现为计算机软硬件系统,其内涵是由计算机程序和空问数据组成的地理空问信息模型,一个逻辑缩小的、高度信息化的地理系统,从视觉、计量和逻辑上对地理系统进行模拟,信息的流动及信息流动的结果,完全由计算机程序的运行和数据的变换来仿真,可以在 GIS 支持下提取地理系统不同侧面不同层次的空问和时间特征信息,也可以快速地模拟自然过程的演变和思维过程,取得地理预测和实验的结果,选择优化方案,避免错误的决策。

GIS 比传统地图所表达的自然世界模型更为丰富和灵活,用户可以按照应用目的观测这个现实世界模型的各方面内容,也可以提取这个模型所表达现象的各种空问尺度指标,更重要的是,它可以将自然发生或人为规划的过程加在这个数据模型上,取得自然过程的分析和预测信息,用于管理和决策,这就是 GIS 的深刻内涵。

1.3.2 地理信息系统的类型

GIS 可按多种指标进行分类,常见的分类方法有以下两种。

1. 按内容分类

GIS 按内容可分为专题地理信息系统、区域地理信息系统和地理信息系统工具三大类。

(1) 专题地理信息系统(thematic GIS),是以某一专业、任务或现象为主要内容的 GIS,

为特定的专门目的服务，如森林动态监测信息系统、农作物估产信息系统、水土流失信息系统和土地资源管理信息系统等。

(2) 区域地理信息系统 (regional GIS)，主要以区域综合研究和全面信息服务为目标。区域可以是行政区，如国家级、省级、市级和县级的区域信息系统；也可以是自然区域，如黄土高原区、黄淮海平原区和黄河流域等区域信息系统；还可以是经济区域，如京津冀区和沪宁杭区等区域信息系统。

(3) 地理信息系统工具 (GIS tools)，是一组包括 GIS 基本功能的软件包或组件。一般包括图形图像数字化、存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等功能，GIS 工具软件是用于建立专题或区域性实用 GIS 的支撑软件。

2. 按用途分类

GIS 按用途的不同可分为多种地理信息系统，如自然资源查询信息系统、规划与评价信息系统、土地管理信息系统、地质灾害模拟与监测信息系统等。

除此之外，GIS 还可以按照系统功能、数据结构、用户类型、数据容量等进行分类。

1.4 地理信息系统的组成

GIS 主要由四部分组成，即硬件系统、软件系统、地理数据和人员。GIS 的组成如图 1-2 所示。

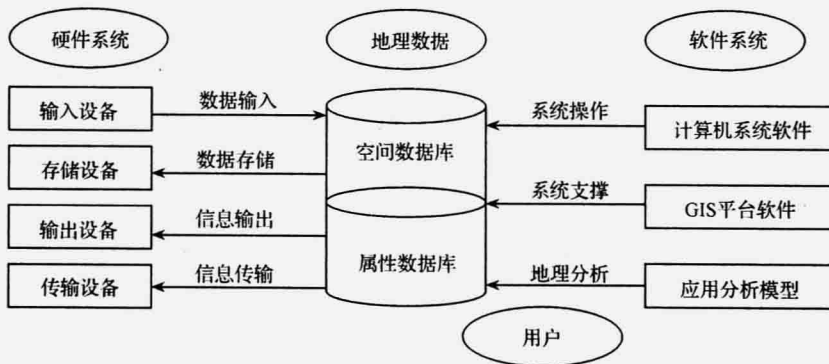


图 1-2 GIS 的组成

1.4.1 硬件系统

硬件系统是由计算机与一些外部设备及网络设备连接构成的 GIS 硬件环境，它是 GIS 的物理外壳，如图 1-3 所示。计算机主机是 GIS 硬件系统的核心，包括从主机服务器到桌面工作站，用作数据的处理、管理与计算。GIS 受硬件的支持或制约，由于 GIS 目标和任务的复杂性和特殊性，必须有与计算机连接的外部设备的支持。GIS 外部设备包括输入设备，如数字化仪、扫描仪、键盘和全站仪等；输出设备，如显示器、绘图仪、打印机等；存储设备，如磁带机、光盘机、移动硬盘和磁盘阵列等。计算机网络设备包括布线系统、网桥、路由器和交换机等，具体的网络设备根据网络计算的体系结构来确定。随着计算机技术的飞速发展、Web 技术的成熟和网络带宽的不断增加，以 Browse/Server 为主、以 Client/Server 为辅的网络结构模式是当前的最佳选择。

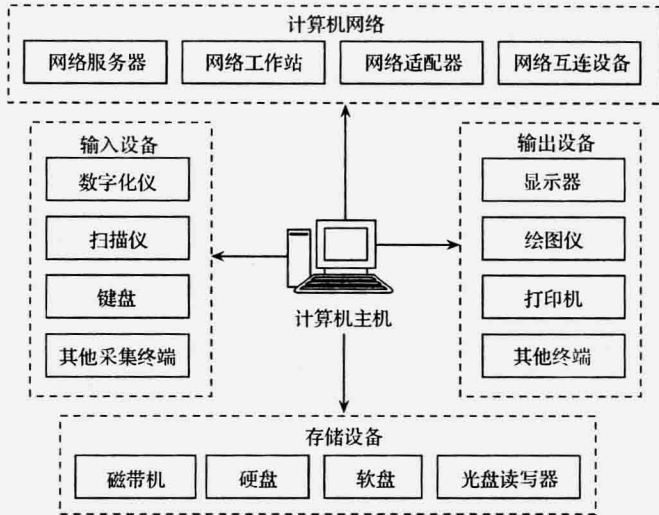


图 1-3 GIS 硬件系统组成

GIS 硬件系统配置上要注意以下几个方面：

- (1) 硬件平台性能价格比高，可维护性好，可靠性高；
- (2) 硬件的速度及容量能满足系统及用户的要求，并且扩展方便；
- (3) 硬件销售商有较好的售后服务及技术实力。

1.4.2 软件系统

软件系统是指 GIS 运行所必需的各种程序，它是 GIS 的灵魂。GIS 软件系统一般由计算机系统软件、地理信息系统平台软件和应用分析软件组成，如图 1-4 所示。

计算机系统软件是由计算机厂家为方便用户使用和开发计算机资源而提供的程序系统。通常包括操作系统、汇编程序、编译程序和服务程序等，它是 GIS 工作所必需的基本软件。

GIS 平台软件可以是通用的 GIS 基础平台，也可以是专门开发的 GIS 软件包。GIS 平台软件一般应包括数据输入和校验、数据存储和管理、空间查询与分析、数据显示和输出、系统二次开发以及用户接口等六个基本模块。

在 GIS 基础软件平台上，用户进行的大部分工作是 GIS 应用模型的构建和开发，虽然 GIS 为解决各种现实地理问题提供了有效的基本工具，但对于某一专门应用目的的解决，必须通过构建专门的应用模型，如环境影响评价模型、土地利用适宜性模型、水土流失模型、人口扩散模型、旅游规划模型等。而 GIS 应用模型的构建和选择是系统应用成败至关重要的因素，大量应用模型的研究、开发和应用，凝聚着许多专家的经验 and 知识，是 GIS 技术产生社会和经济效益的关键所在，也是 GIS 生命力的重要保证。随着系统应用水平的提高、优化和扩充，



图 1-4 GIS 软件系统组成

只有应用分析软件开发做得好的 GIS 才会是一个实用、成功的地理信息系统。

GIS 软件的配置应注意以下几个方面：

- (1) 能最大限度地满足本系统的需要，便于使用与开发；

- (2) 软件公司技术实力较强, 软件维护、更新和升级有保障;
- (3) 有较强的力量支持, 并且有一个较大的用户群体;
- (4) 性能稳定可靠, 价格相对合理。

1.4.3 地理数据

地理数据是指以地球表面空间位置为参照, 描述自然和社会经济要素的数据, 可以是图形、图像、文字、数字和表格等。地理数据由用户通过各种输入设备或系统通信设备输入 GIS, 是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。

GIS 所包含的数据均与空间位置相联系, 以坐标的形式进行定位。GIS 地理数据包括相互联系三个方面。

1. 空间数据

空间数据(几何数据)是描述地理实体本身位置、形状和大小等的量度信息, 其表达手段是坐标串。

2. 属性数据

属性数据即非空间数据, 是各个地理单元中的自然、社会、经济等专题数据。其表达手段是字符串或统计、观测、监测数值串。属性数据是 GIS 的主要处理对象, 是对地理实体专题内容更广泛、更深刻的描述, 是对空间数据强有力的补充。

3. 关系数据

关系数据是描述各个不同地理实体之间空间关系的信息, 如邻近度、邻接、关联、包含和连通关系等。其表达手段是建立实体之间的连接信息, 用拓扑关系来表示, “关系”也是一种数据。关系数据的存在有助于各种应用和空间分析。

地理数据以数据库进行组织和存储, 并通过数据库管理系统进行管理。GIS 特殊的空间数据模型决定了 GIS 独有的空间数据结构和数据编码方式, 也决定了 GIS 独具的空间数据管理方法和系统空间数据分析功能。地理数据库的建立和维护是一项非常复杂的工作, 其技术也在不断地完善。地理数据库是 GIS 的重要组成部分和应用资源, 是资源与环境管理和地学研究的重要工具。

1.4.4 人员

GIS 人员包括系统开发人员和 GIS 产品的最终用户, 他们的业务素质和专业性是 GIS 工程开发及其应用成败的关键。

用户是 GIS 中重要的构成因素, 仅有系统软件、硬件和数据还构不成完整的地理信息系统, 需要用户进行系统组织、管理、维护、数据更新、应用程序开发, 并采用地理分析模型提取多种信息, 为地理研究和空间决策服务。

在工作方式上, 人机对话的交互方式, 应该是 GIS 的主要工作方式。批处理的方式是不适用的, 因为它把人的思维过程和系统的处理分割开来, 不能形成人机间的及时信息交流, 而这种交流对于问题的解决和系统作用的发挥是十分必要的。不难想到, 许多复杂问题的解决, 事先并不知道解决的途径和具体步骤, 而是在处理过程中, 通过信息反馈, 不断地积累知识和经验, 逐步找到问题答案。人机交互工作方式为此提供了灵活手段, 通过人机之间创造性交流, 可将人的经验与智慧和系统的信息处理能力有机地结合起来。

GIS 只是一种技术方法和工具,它的作用在很大程度上取决于用户的水平、技能和经验。系统可快速地采集和显示所需的数据,执行指定的分析计算,提供结果信息,帮助用户制定决策,系统本身并不作决策,它只是辅助或支持用户,而不是代替用户决策。因此,GIS 是一个决策支持系统。当前 GIS 技术发展迅猛,为使现行的系统始终处于优化的运作,其组织管理和维护十分必要,主要包括 GIS 技术和管理人员的技术培训、硬件设备的维护与更新、软件功能扩充和升级、操作系统升级、数据更新、文档管理、数据共享性建设等。

1.5 地理信息系统的基本功能

GIS 将现实世界从自然环境转移到计算机环境,其作用不仅仅是真实环境的再现,更主要的是 GIS 能为各种分析提供决策支持。也就是说,GIS 实现了对空间数据的采集、编辑、存储、管理、分析和表达等加工处理,其目的是从中获得更加有用的空间信息和知识。这里“有用的空间信息和知识”可归纳为位置、条件、趋势、模式和模拟等五个基本问题,GIS 的价值和作用就是通过地理对象的重建,利用空间分析工具,实现对这五个基本问题的求解。

(1) 位置:位置问题回答“某个地方有什么”,一般通过空间对象的位置(坐标、街道编码等)进行定位,然后利用查询获取其属性信息,如建筑物名称、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,它通过空间对象的属性信息列出条件表达式,进而查找满足该条件的空间对象的分布位置。在 GIS 中,条件问题虽也是查询的一种,但也是较为复杂的空间查询问题。

(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)对现象的变化过程作出分析判断,并能对未来作出预测和对过去作出回溯。例如,土地覆被变化研究中,可以利用现有的和历史的土地覆被数据,对未来土地覆被状况作出分析预测,也可展现不同历史时期的覆被情况。

(4) 模式:模式问题即“地理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、警力分布等要素关系分析,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进行未来的预测和决策。

GIS 是计算机技术和空间数据相结合的产物,在建立一个实用的地理信息系统过程中,面对以上五类问题,从数据准备到系统完成,它包含了处理地理信息的各种高级功能,但它的基本功能是数据的采集、管理、处理、分析和输出。GIS 依托这些基本功能,利用空间分析技术、模型分析技术、数据集成技术、网络技术和二次开发技术等,演绎出丰富多彩的系统应用功能,满足社会和用户的广泛需求。

1.5.1 数据采集与输入

数据采集与输入,是将系统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