



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

地理信息系统 实习教程

张 超 主 编



高 等 教 育 出 版 社
HIGHER EDUCATION PRESS

面向 21 世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

地理信息系统 实习教程

张 超 主编

张 超 王远飞 李治洪 何洪林 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统实习教程/张超主编. —北京: 高等教育出版社, 2000 (2002 重印)

ISBN 7-04-008623-9

I. 地... II. 张... III. 地理信息系统-教材 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 23142 号

地理信息系统实习教程

张超 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16

版 次 2000 年 8 月第 1 版

印 张 25.5

印 次 2002 年 5 月第 3 次印刷

字 数 470 000

定 价 21.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果，是面向 21 世纪课程教材。本书以地理信息系统（GIS）实习为主线，重点讲述了 GIS 的数字化、空间数据结构、数据模型与数据库、空间分析、产品输出、GIS 系统设计以及数字高程模型（DEM）、GIS 与遥感、GIS 应用模型和网络 GIS 等方面的原理、操作和编程。教材突出 GIS 算法编程和应用软件操作。其中，GIS 应用软件的操作以目前流行的 MapInfo、ARC/INFO 和自行研制的 GIS-TP 教学实习软件为主要工具，算法编程方面则提供大量的 C、VB 和 DELPHI 源程序。教材充分体现了 GIS 实践性和操作性强的特点。

本书既可作为高等学校地理学、地理信息系统、资源环境与城乡规划管理、区域经济学、环境科学、房地产等专业本科生的教材，也可作为上述有关专业的硕士、博士研究生的教学参考书。同时也可供政府、企业相关部门的 GIS 研究和工作人员参考。

前 言

国内外地理信息系统 (GIS) 技术的发展, 呈现出广阔的应用前景。在我国环境、土地、规划和管理部门, 对 GIS 技术的应用已形成一个热点, 受到人们普遍关注。同时, GIS 技术已成为地理科学发展的强有力的技术支持, 但是目前我国 GIS 人才不足, 从而制约了这项技术的应用和发展, 迫切需要培养掌握 GIS 的基本原理、技术方法和应用经验的人才, 让更多的人了解它、使用它、发展它。为此, 根据教育部高校理科地理教学指导委员会审定的我国高校地理系有关专业的培养规格和教学的基本要求, 我们编写了本实习教材。本教材既可与《地理信息系统》教材 (张超等主编, 高等教育出版社, 1995 年) 配套使用, 也可单独使用。地理信息系统已被列为高校地理系必修的主干课程, 本教材的出版, 对提高学生 GIS 的编程能力、上机操作技能, 提高 GIS 的教学质量将会起重要的作用。

地理信息系统是覆盖领域十分广泛的高新技术, 它包括空间数据输入子系统、空间数据存贮和检索子系统、数据处理和空间分析子系统、数据和图形输出子系统等, 具有实践性、操作性强的特点。要掌握该技术, 培养学生的创新精神和实践能力, 在地理教学中推进素质教育, 加强 GIS 的实习是十分必要的, 因此, 本书定名为《地理信息系统实习教程》。使实习课成为 GIS 教学过程中的重要环节, 既培养学生的编程和上机操作的能力, 又让他们了解 GIS 的基本知识、原理、应用和发展, 并通过实习课巩固和拓展课堂讲授的内容。

本书内容共分五部分: 第一部分主要是 GIS 的产生、发展、硬软件环境、数据采集、数据结构、空间数据库的建立等基本原理和实习 (第一、二、三、四章), 这是 GIS 的基础理论和基本技能训练部分; 第二部分是空间分析与模型构建的技术方法与应用实习 (第五、六、七章), 这部分内容是地理信息系统的核心, 也是 GIS 实习的重点和难点; 第三部分是 GIS 的产品输出的设计和实习 (第八章), 这部分内容是 GIS 理论和应用实践之间的纽带; 第四部分是 GIS 与遥感技术、网络 GIS 技术的应用与实习 (第九、十章), 这部分内容是新技术与 GIS 技术的结合, 反映 GIS 技术的发展趋势和培养学生的创新能力; 第五部分是 GIS 应用系统的综合集成及实习 (第十一章), 主要讨论 GIS 应用系统建立的目的、步骤和方法, 培养学生运用 GIS 解决实际地学问题的能力。全书以 GIS 原理、技术方法、应用实例、实习操作为主线, 以空间数据库、空间分析、系统集成为重点, 实习中突出算法编程与系统操作两部分,

并结合我国实际尽量应用面向对象、网络、多媒体软件开发的新技术。全书体系结构严谨，内容涵盖了 GIS 主要技术方法。

本实习应用的软件平台是基于 MapInfo、ARC/INFO、MapGIS 等国内外有代表性的 GIS 软件。考虑到目前我国部分高校在 GIS 教学中不能满足上述软件环境的要求，以及为了使本教材更有针对性和方便教学，我们还研制了 GIS-TP 教学与实习软件，它包括数据采集、空间数据库、DEM 生成、数据格式转换、双向查询、数据分析模型、数据与图形输出等功能，该软件既可在微机上运行，也可安装在局域网上运行，具有全汉化界面，操作方便。

本书是在读者已掌握计算机基本知识的基础上编写的，为照顾到读者计算机知识水平的差异，并考虑到初次接触 GIS 的读者的阅读能力，本书编写过程中力求通俗易懂，实习步骤、方法给予较为详细的介绍，便于自学。

本书由张超、王远飞、李治洪、何洪林编写，初稿完成后由主编张超进行统稿。在本书的编写过程中，得到南京大学黄杏元教授、华东师范大学徐建刚教授、北京师范大学彭望琮教授、南京师范大学闾国年教授、浙江大学刘南教授、兰州大学徐建华教授和高等教育出版社全体地理编辑的帮助，GIS 专业博士后、博士研究生范业正、吴沛林、刁红军、李百岁、余晟，硕士研究生司航、聂影、陈珏丹、于慧颖、郑小平、叶雷以及访问学者高峰参加书稿内容的讨论，协助图片整理、文稿打印。书稿完成后，由刘南教授和徐建刚教授审稿。本书在编写过程中还参阅、引用了国内外学者的很多论文与著作，书中只列出主要部分。在此一并表示衷心感谢。

由于编者的水平所限，书中难免存在各种错误和不足之处，希望读者批评指正。

编 者

2000年3月于上海

责任编辑	崔凤文
封面设计	张楠
责任绘图	吴文信
版式设计	周顺银
责任校对	王雨
责任印制	杨明

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 地理信息技术的发展与应用	1
一、GIS 是信息技术 (IT) 的重要组成部分	1
二、GIS 技术的发展趋势	2
三、GIS 技术的产业化	4
四、GIS 技术的应用	5
§ 1.2 GIS 教育	7
一、国外 GIS 教育现状	7
二、中国的 GIS 教育	10
§ 1.3 GIS 软硬件环境	11
一、GIS 的硬件配置	12
二、GIS 软件的特点和组成	13
§ 1.4 GIS 主要商品化软件	16
一、ARC/INFO GIS 软件	17
二、GENAMAP GIS 软件	19
三、模块化的 GIS 环境 (MGE, Modular GIS Environment)	20
四、MapInfo 桌面地图信息系统软件	20
五、MAPTITUDE GIS 软件	22
六、城市之星 (CityStar) GIS 软件	22
七、吉奥之星 (GeoStar) GIS 软件	23
八、MAPGIS 软件	24
§ 1.5 GIS 演示与操作实习	25
一、地理数据可视化	26
二、操作电子地图	27
三、地理查询与分析	29
四、实习	31
第二章 地图数字化	32
§ 2.1 地图投影与坐标变换	32
一、投影与坐标系	32
二、坐标变换和最小二乘法	33

三、坐标变换的地理意义	35
§ 2.2 数字化的方法与步骤	35
一、确定数字化路线	36
二、地图预处理	37
三、设置好数字化设备	37
四、扫描仪的原理与使用	40
§ 2.3 利用 ARC/INFO 数字化	41
一、利用 ARC/INFO 数字化的基本步骤	41
二、ARC/INFO 数字化过程中的坐标和投影变换	42
§ 2.4 手工数字化	43
一、手工矢量数字化	43
二、手工栅格数字化	44
§ 2.5 空间数据的编辑处理	45
一、利用 ARCEDIT 进行数据编辑	45
二、利用 MapInfo 进行数据编辑	46
三、数字化与编辑过程中的若干技术问题	47
§ 2.6 实例分析——屏幕跟踪矢量化	48
一、准备扫描图像	48
二、栅格图像配准	48
三、新建数字化图层	50
四、屏幕跟踪矢量化地图	51
§ 2.7 实习	52
实习一 最小二乘法误差检验	52
实习二 用 MapInfo 对《上海市政区简图》进行屏幕跟踪矢量化	52
实习三 手工矢量和手工栅格数字化	52
第三章 空间数据结构	54
§ 3.1 地理实体及其空间关系	54
一、地理实体的空间特征及其表示	54
二、地理实体的空间相互关系	55
§ 3.2 矢量数据结构	56
一、实体型数据结构	56
二、索引编码	59
三、拓扑型编码	61
§ 3.3 栅格数据结构	62
一、游程压缩编码	63

二、链式数据编码*	65
三、四叉树编码*	66
§ 3.4 矢量到栅格的数据格式转换	70
一、由矢量到栅格的数据格式转换	70
二、由栅格到矢量的数据格式转换	74
§ 3.5 空间数据结构的新技术*	75
一、三维数据结构	75
二、矢栅一体化数据结构	76
三、动态数据结构	77
§ 3.6 实习	80
实习一 手工空间数据编码	80
实习二 利用 GIS 软件建立空间拓扑数据文件	81
实习三 空间数据文件格式转换编程	81
第四章 GIS 数据模型与数据库	82
§ 4.1 ARC/INFO 数据模型	82
一、Coverage 及其组成	82
二、ARC/INFO 中的拓扑定义	84
三、特征属性数据的管理	86
§ 4.2 MapInfo 数据文件组织	91
一、MapInfo 表	91
二、MapInfo 工作空间	93
三、OLE 与 MapInfo 地图对象	95
§ 4.3 GIS 中的 SQL 查询	98
一、关系数据库与 SQL	98
二、MapInfo 中的 SQL 查询	102
§ 4.4 GIS 数据库设计	105
一、数据库设计的基本原理和方法	105
二、ER 模型(Entity Relationship Model)	106
三、地理元数据和数据字典	109
四、地理信息的分类和编码	110
§ 4.5 实习	114
实习一 利用 ARC/INFO 建立 GIS 数据库	114
实习二 利用 MapInfo 建立 GIS 数据库, 并进行 SQL 查询	114
实习三 利用 ER 模型设计 GIS 数据库	114
第五章 GIS 空间分析技术	116

§ 5.1 基本图形运算	116
一、图形量算	116
二、包含分析	119
三、直线段求交	120
四、图形裁剪*	122
§ 5.2 缓冲区分析	130
一、缓冲区的概念与算法原理	130
二、缓冲区分析实例	131
三、讨论	134
§ 5.3 空间叠置分析原理与操作	134
一、空间叠置分析的基本步骤	135
二、ARC/INFO 空间叠置分析的原理与操作	136
§ 5.4 网络分析	145
一、网络的组成	145
二、路径优化与选址问题	146
三、地理编码	148
§ 5.5 栅格数据的空间分析	150
一、栅格数据空间叠置分析的基本内容	150
二、ARC/INFO 的 GRID 模块	151
§ 5.6 空间分析综合应用实例	154
一、多伦多市公园分布合理性分析	154
二、一个伐木公司的决策	159
§ 5.7 实习	178
实习一 图形面积和周长量算及多边形内点生成	178
实习二 城市潜力势能缓冲区生成	178
实习三 空间叠置分析	179
实习四 网络路径分析	180
实习五 栅格数据叠置分析	181
第六章 数字高程模型的建立与应用	182
§ 6.1 DEM 的建立	183
一、DEM 数据采集概述	183
二、数据处理	184
三、DEM 空间插值(格网化)程序设计	190
四、一个插值实例计算与程序	193
§ 6.2 DEM 的应用	198

一、等高线的绘制	198
二、立体透视图的绘制	206
三、地形剖面图的绘制	210
四、DTM 的地形分析	212
五、在 ARC/INFO 系统中 DEM 的建立与应用简介	214
§ 6.3 数字地面模型实例分析	218
一、地形数据的输入与编辑	218
二、数据转换与数字地形模型的生成	218
三、数字地形模型的应用	220
§ 6.4 实习	223
实习一 用距离加权插值法形成格网化数据	223
实习二 用格网化数据绘制等高线	223
实习三 数字地形模型综合实习	223
第七章 GIS 应用模型	225
§ 7.1 GIS 应用模型建模的步骤和方法	225
一、GIS 应用模型建模的步骤	225
二、GIS 应用模型的开发方法	226
§ 7.2 GIS 应用模型建模举例	227
一、空间聚类原理与应用	227
二、水质模型在 GIS 中的应用	241
三、大气扩散模型在 GIS 中的应用	244
四、基于 GIS 的城市土地利用模拟系统	248
§ 7.3 实习	254
实习一 空间聚类分析编程实习	254
实习二 高斯扩散模型与 MapInfo 结合运用操作	254
第八章 GIS 产品输出	255
§ 8.1 点状符号的输出	255
一、正多边形符号的绘制	256
二、圆与椭圆符号的绘制	257
三、星形符号的绘制	259
四、组合符号的绘制	260
§ 8.2 线状符号的输出	260
一、平行线的绘制	261
二、虚线的绘制	263
三、短齿线的绘制	264

四、加粗线的绘制	265
五、铁路线的绘制	266
六、境界线的绘制	267
§ 8.3 面状符号的输出	269
一、Windows 编程简介	269
二、调用 API 函数绘制面状符号	271
§ 8.4 统计图表的输出	273
一、扇形图的绘制	274
二、直方图的绘制	275
三、玫瑰图的绘制	276
§ 8.5 利用 MapInfo 进行专题制图	277
§ 8.6 电子地图	281
一、电子地图的基本概念	282
二、电子地图的基本特征	282
三、电子地图的应用举例	283
§ 8.7 实习	287
实习一 点、线、面状符号的计算机编程实现	287
实习二 统计图表的计算机编程实现	287
实习三 专题地图的制作	287
第九章 GIS 与遥感	288
§ 9.1 遥感数字数据	288
一、遥感数字数据的特征	288
二、遥感数字数据的格式	289
§ 9.2 遥感图像的计算机处理	291
一、遥感数据的处理流程	291
二、遥感图像的校正	292
三、遥感图像的变换	294
四、遥感图像的分类	302
§ 9.3 GIS 与遥感结合应用实例	308
一、GIS 与遥感结合的基本方式	308
二、GIS 与遥感结合对澳门城市用地的解译	309
三、GIS 辅助遥感进行水稻估产	313
§ 9.4 实习	315
实习一 使用遥感图像处理软件 (ER Mapper) 解译某城市用地	315
实习二 编程实现图像处理的基本算法	316

第十章 网络地理信息系统 (WebGIS)	327
§ 10.1 网络与网络地理信息系统	327
一、互联网与万维网	327
二、万维网的基本特征	328
三、万维网地理信息系统 (WebGIS)	329
§ 10.2 WebGIS 构建的模式分类	330
一、基于服务器的 WebGIS 模式	331
二、基于客户机的 WebGIS 模式	331
三、基于服务器/客户机 (Server/Client) 的 WebGIS 模式	333
§ 10.3 WebGIS 的实现技术	334
一、通用网关接口法 (CGI)	335
二、服务器应用程序接口法 (Server API)	335
三、插入软件法 (Plug-in)	336
四、ActiveX 和构件对象模型 COM 方法	336
五、Java 语言开发方法	337
§ 10.4 WebGIS 软件产品与应用实例	338
一、WebGIS 软件产品	338
二、WebGIS 应用实例	340
§ 10.5 实习	342
实习一 从 Web 浏览器上操作城市旅游电子地图	342
实习二 从网上下载 ArcExplore 软件	343
实习三 访问 WebGIS 相关网站	343
第十一章 GIS 工程设计	344
§ 11.1 GIS 工程设计的原理与方法	344
一、GIS 产品开发的工程化方法	344
二、GIS 系统分析	346
三、GIS 需求分析	349
四、GIS 系统设计方法	352
§ 11.2 GIS 编码设计	355
一、结构化程序设计	355
二、程序设计风格	357
§ 11.3 GIS 用户界面设计	359
一、用户界面设计分析	359
二、基本类型用户界面的设计	360
§ 11.4 GIS 工程文档的编写	363

一、文档的作用与分类	363
二、主要 GIS 文档的编制	364
§ 11.5 实习	370
实习一 GIS 系统概要设计	370
实习二 GIS 系统分析	371
实习三 用高级语言实现简单 GIS 系统	372
附录一 国外主要 GIS 软件的基本情况与基本功能一览表	373
附录二 主要国产 GIS 软件名称和研制单位一览表	376
附录三 几种常见图形图像数据交换格式	377
附录四 城市地理信息系统参考交换文件数据格式	387
参考文献	392

说明：目录中带*部分为选修内容

第一章 绪 论

世界已进入信息时代，世界各国特别是发达国家，都把发展信息产业、建设信息高速公路和培养信息建设人才作为重要的发展战略。人们不仅需要能够快速检索和交互使用各种统计型、文档型等社会经济信息，而且愈加迫切要求将这些信息与地理信息有机地匹配和结合起来，以掌握这些社会经济信息的空间分布及其相互关系。当前社会各方面对地理信息的需求日益增长，地理信息的用户市场逐步形成，对地理信息的内容、提供地理信息服务的方式和地理信息人才等方面的需求不断提高。地理信息系统作为一种以采集、贮存、管理、分析和描述整个地球表面与地理分布有关数据的空间信息系统，与人类生存、地区的发展和进步密切关联，在我国已受到愈来愈大的重视。

§ 1.1 地理信息技术的发展与应用

一、GIS 是信息技术 (IT) 的重要组成部分

20 世纪 90 年代以来，人类社会正在从工业经济迈向知识经济时代。信息与信息技术作为社会经济发展的战略资源和主要生产力的观点已为人们普遍共识。信息产业已成为经济增长的新的驱动力，世界各国愈来愈把发展信息产业放到重要战略地位上来考虑。

地理信息系统是国家信息资源的重要组成部分。地理信息技术经过 20 多年的飞速发展，已经渗透到社会各个方面，促使人们生产、生活方式发生深刻变化。在我国，地理信息系统 (GIS) 技术正在向信息化方向发展，并正在逐步成为面向 21 世纪的支柱产业——信息产业的重要组成部分。

地理信息系统技术及其产业对于我国国民经济增长和社会发展的基础性、战略性的产业地位，对于其他众多产业的推动力，以及对于其他经济领域的辐射作用越来越得到广泛的社会认可和各级政府的重视。社会对地理信息的需求，特别是在解决资源环境、人口、灾害等全球关心的重大问题中，迫切需要国家的、区域的和局部的地理信息系统作为规划、监测、管理和决策的依据。

21 世纪将是人类走向信息社会的世纪，是网络的时代，是超高速信息公路建设进入应用的年代。

美国已经提出开发 NGI (Next Generation Internet)，NGI 是比今天 Internet

快 100~1 000 倍的高速 Internet, 可容纳的用户将增加 100 倍。Internet 的发展使人们看到未来的 NII (国家信息基础设施) 和 NIN (国家信息网络) 的一种新的应用模式。

信息系统已经从科学计算、数据处理等向提高人民文化教育和生活质量的方面发展, 信息资源建设日益受到重视, 信息处理逐步由单维向多维化过渡, 人类将走向一个以 Internet 为基础的计算机、通信和消费类电子结合的几乎是全新的世界。21 世纪信息系统的应用模式必然走开放的道路。Web 平台把开放性和通用性结合在一起, 提供应用平台、运行环境和人机界面, 实现软件和信息广泛共享, 必将引起信息产业界的一场革命。

全新的概念、全新的市场给包括地理信息系统在内的整个软件产业提出了新的问题和新的技术、市场机遇。我国地理信息系统软件产业的发展要注意立足创新, 争取在未来市场竞争中取得成功。

GIS 是一门综合性技术, 它已经与其他技术相融合。GIS 的应用需要利用和集成其他技术, 同时, 其他信息技术的应用也需要 GIS。

在北美和西欧一些国家, GIS 已经被纳入 IT 之中, 在政府的统计和法律文件中, 给予 GIS 明确的地位, 甚至一些地理信息标准, 需要由国家首脑颁布法令加以实施。在联合国, 也设立了专门机构和召开了专门会议讨论 GIS 的应用。

我们在探讨 GIS 产品化途径和制定产业政策时, 必须把 GIS 和 IT 结合起来加以考虑, 把发展 GIS 视为与数据库等技术一样重要。同时, 在技术上, 发展 GIS 必须符合信息技术的潮流。

二、GIS 技术的发展趋势

近年来, 计算机技术飞速发展, 特别是软件技术的发展, 促使 GIS 技术发生了很大的变化。国际 GIS 技术的发展趋势, 主要体现在两个方面, 一是综合 (integration), 二是分化 (fractionation)。

(1) 综合: GIS 技术的综合, 主要体现在与其他信息技术的结合上, 我们常听说的“3S”, 或 GIS、RS(Remote Sensing)和 GPS 的一体化, 就是技术综合的体现。然而, 现在的 GIS 已经远远超出了这些, 它已经与 CAD、多媒体、通信、Internet、办公自动化、虚拟现实等多种技术结合, 形成了综合的信息技术。综合是 GIS 技术开发和应用值得注意的重要方向。GIS 与有关信息技术的结合简述如下:

GIS-CAD: CAD 为计算机辅助制图和设计, 是一门空间设计技术, 用以设计地球; GIS 是一门空间管理技术, 用以管理地球。二者结合将为我们提供一个设计和管理地球的工具。