



智能交通 (ITS) 系列教材

地理信息系统原理与应用

胡振文 孙玉梅 李仁杰 主编

注重培养动手能力

理论与实践紧密结合

集体订户 (50 册以上) 赠送实习数据光盘

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

智能交通(ITS)系列教材

地理信息系统原理与应用

主 编 胡振文 孙玉梅 李仁杰
副主编 李孟山 周淑波 张庆彬

中国铁道出版社

2005年·北京

内 容 简 介

本书是有关智能交通系统(ITS)的系列教材之一,全面介绍了智能交通的重要技术基础——地理信息系统的概念、基本原理和实习应用。本书共分为两大部分,第一部分是地理信息系统的基本原理,包括地理信息系统的概述、地图基础、空间数据结构及编码、数据处理、空间分析、数字地面模型及地形分析、地理信息系统的开发与应用;第二部分是实习指导,主要以 MapInfo 软件为例给出了地理信息系统的十个上机操作指导。

本书强调学生动手能力培养,适合作为高职院校智能交通专业或相关课程教材,也可作为智能交通专业或相关课程本科教材。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理与应用/胡振文,孙玉梅,李仁杰
主编. —北京:中国铁道出版社,2005.9
(智能交通(ITS)系列教材)

ISBN 7-113-06701-8

I. 地… II. ①胡…②孙…③李… III. 地理信
息系统-高等学校:技术学校-教材 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 108104 号

书 名: 智能交通(ITS)系列教材
地理信息系统原理与应用
作 者: 胡振文 孙玉梅 李仁杰 主编
出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)
策划编辑: 李小军
责任编辑: 王 亮 李小军 编辑部电话:(010)51873084
封面设计: 陈东山
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司
开 本: 730×988 1/16 印张: 16 字数: 321 千
版 本: 2005年9月第1版 2005年9月第1次印刷
印 数: 1~3000 册
书 号: ISBN 7-113-06701-8/U·1826
定 价: 25.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

联系电话:010-63549466 网址:<http://www.tdpress.com>

凡集体订户(50册以上),可与责任编辑联系,免费索取实习数据光盘1套。

联系电话:(010)51873084。E-mail:w99062@163.com

前 言

20 世纪后半期,随着世界经济的高速发展,交通工具和客流、物流业务的急剧增加,世界范围内的交通状况在不断恶化。无论是发达国家还是发展中国家,都不同程度地受到交通问题的困扰。一些发达国家为解决本国的交通问题,率先将当前先进的信息技术、通信技术、控制技术、传感技术等应用到交通运输系统中。经过 30 多年的不断努力,在世界范围内逐步形成了智能交通系统(ITS)产业。

GIS(Geographic Information Systems)技术是 ITS 中的一项重要技术,它基于地理空间数据管理,以道路交通网的地理位置为坐标,将道路交通特性资料与地理空间资料相结合,形成一个完整的、多层次的空间数据库,并建立相关模型的知识库。可用于车辆导航定位和车辆监控调度,是实现智能交通系统中车辆定位和跟踪的地理信息基础平台;同时还可用于道路交通管理以及车站、码头等运输公共事业部门,作为一种交通信息查询的工具。运用 GIS 数据库和工具实现的电子地图可以完成多种功能,包括数据采集与编辑、地理数据库管理、空间查询和分析以及地形分析等,从而有效地服务于智能交通系统中的各项管理功能。

本书作为 ITS 的系列教材之一,不仅阐述了 GIS 的基本原理,而且还加强了 GIS 的实践操作。主要由两大部分组成,第一部分是地理信息系统的基础原理,第二部分是地理信息系统的实习指导。其中第一章、第二章和第四章由孙玉梅编写,第三章由李孟山编写,第五章由张庆彬编写,第六章由周淑波编写,第七章由胡引翠编写,实习一、实习二、实习三和实习四由张军海编写,实习五、实习六、实习七、实习九和实习十由李仁杰编写,实习八由傅学庆编写。全书由胡振文、孙玉梅、李仁杰主编。

在撰写过程中,得到了石家庄铁路职业技术学院建筑系和土木系、河北师范大学资源与环境科学学院、河北省测绘局的大力支持和帮助,在此谨表

示衷心的感谢。

由于时间仓促,也限于作者水平,不足之处在所难免,在此热忱欢迎读者给予批评指正,以便将来不断修订和改进。

编者
2005年5月

目 录

第一篇 基本原理

第一章 地理信息系统概述	1
第一节 地理信息系统发展概况	1
一、国际发展状况	1
二、国内发展状况	3
第二节 地理信息系统的基本概念	4
一、数据与信息	4
二、地理信息与地图	5
三、信息系统与地理信息系统	6
第三节 地理信息系统的研究内容	7
第四节 地理信息系统的组成	7
一、计算机硬件系统	8
二、计算机软件系统	9
三、地理数据	10
四、应用人员	10
第五节 地理信息系统的功能	11
一、数据采集与输入	12
二、数据编辑与更新	12
三、数据存储与管理	12
四、空间查询与分析	12
五、数据显示与输出	13
第六节 地理信息系统的应用	13
一、GIS应用的特点	13
二、地理信息系统的应用模式	14
三、地理信息系统的应用领域	16
第二章 地理信息系统的地图基础	19

第一节 地图构成与分类	19
一、地图的构成要素	19
二、地图的分类	20
第二节 地图坐标	20
一、地理坐标	20
二、平面直角坐标	21
第三节 地图投影	22
一、地图投影的分类	22
二、数字地图的投影变换	24
三、地形图投影	24
第四节 地图的分幅与编号	25
一、1:100万地图的分幅编号	26
二、1:50万,1:20万和1:10万地图的分幅编号	26
三、1:5万,1:2.5万,1:1万地形图的分幅编号	26
第三章 空间数据结构及编码	28
第一节 空间数据特征与编码	28
一、地理空间数据及类型	28
二、空间数据的基本特点	29
第二节 空间数据的拓扑关系	30
一、拓扑的基本概念和意义	30
二、空间数据的拓扑关系	31
三、拓扑关系的关联表达	34
第三节 空间数据结构	35
一、空间数据结构的概念和类型	35
二、栅格数据结构	35
三、矢量数据结构	39
四、矢量结构与栅格结构的比较及转换	40
五、矢量与栅格一体化	45
第四节 空间数据的编码方法	46
一、编码的概念和意义	46
二、栅格数据编码方法	47
三、矢量数据编码方法	51
第四章 空间数据的输入与处理	54

第一节 空间数据的数据来源	54
一、常用数据源的种类	54
二、数据的误差分析	55
第二节 空间信息的分层和编码	56
一、空间信息的分层	56
二、数据编码	56
第三节 数据输入方式	57
一、手工输入图形数据	57
二、手扶跟踪数字化仪输入	57
三、自动扫描数字化输入	57
四、解析测图仪	57
五、全球定位系统	58
第四节 地图数字化	58
一、手扶跟踪数字化	58
二、扫描矢量化方法	60
第五节 数据处理	62
一、数据处理的概念和意义	62
二、图形坐标变换	63
三、地图投影变换	64
四、图幅拼接	65
五、图形数据编辑	67
六、建立拓扑关系	67
第六节 南水北调数字化实例	69
一、任务和目的	69
二、作业技术依据	69
三、地理信息特征要素分层编码方案	69
四、数字化采集技术方案	72
第五章 GIS 中的数据分析	73
第一节 综合属性数据分析	74
一、算术关系分析	74
二、逻辑关系分析	74
三、单变量分级分析	75
四、多变量统计分析	75

第二节 缓冲区分析	75
一、缓冲区分析的概念和作用	75
二、缓冲区的建立	76
第三节 空间叠置分析	78
一、包含分析	78
二、多边形叠置	78
三、栅格数据的叠置	79
第四节 网络分析	80
一、基本概念	80
二、网络要素及其属性表示	82
三、选取最佳路径	83
四、选择最佳布局中心	84
第六章 数字地形模型(DTM)与地形分析	85
第一节 数字高程模型的概念和表示	85
一、DTM 和 DEM	85
二、DEM 的表示法	86
第二节 DEM 的主要表示模型	87
一、规则格网模型	87
二、等高线模型	87
三、不规则三角网(TIN)模型	88
第三节 DEM 的数据来源和采集方法	89
一、DEM 数据来源	89
二、DEM 数据采集方法	90
三、DEM 的空间插值方法	92
四、DEM 的生成流程	93
第四节 DEM 的分析和应用	94
一、格网 DEM 应用	94
二、三角网 DEM 分析应用	97
第五节 DEM 绘图实例	98
一、制图系统要求	98
二、DEM 数据文件的生成	98
三、DEM 模型的应用	100
第七章 地理信息系统应用	102

第一节 地理信息系统应用项目组织与管理	102
一、地理信息系统应用模式	102
二、地理信息系统应用项目	103
三、地理信息系统项目策划	103
四、地理信息系统应用项目合同	104
五、地理信息系统应用项目实施规划	106
六、项目预算	107
七、软件开发管理和数据管理	107
八、数据管理	108
九、项目控制与评估	108
第二节 地理信息系统开发应用实例	108
一、河北省行政区域界线信息管理系统	109
二、河北省城市规划管理信息系统	113

第二篇 实习指导

实习一 了解 GIS 基本功能,初识 MapInfo 软件	125
一、实习目的	125
二、实习内容	125
三、实习相关知识	125
四、实习步骤	138
实习二 地图屏幕矢量化	139
一、实习目的	139
二、实习内容	139
三、实习要求	139
四、实习相关知识	139
五、实习步骤	143
实习三 地图编辑	147
一、实习目的	147
二、实习内容	147
三、实习相关知识	147
四、实习步骤	153
实习四 地图整饰	156

一、实习目的	156
二、实习内容	156
三、实习要求	156
四、实习相关知识	157
五、实习步骤	161
实习五 属性数据库的建立	165
一、实习目的	165
二、实习内容	165
三、实习要求	165
四、实习相关知识	166
五、实习步骤	169
实习六 数据查询与统计分析	175
一、实习目的	175
二、实习内容	175
三、实习要求	175
四、实习相关知识	176
五、实习步骤	186
实习七 区域分析	193
一、实习目的	193
二、实习内容	193
三、实习相关知识	193
四、实习步骤	198
实习八 叠加分析	203
一、实习目的	203
二、实习内容	203
三、实习数据及要求	203
四、实习相关知识	203
五、实习步骤	211
实习九 网络分析	217
一、实习目的	217
二、实习内容	217
三、实习要求	217
四、实习相关知识	218

五、实习步骤	224
实习十 数字高程模型	234
一、实习目的	234
二、实习内容	234
三、实习相关知识	234
四、实习步骤	235

第一篇

基本原理

第一章 地理信息系统概述

地理信息系统 (Geographic Information Systems, 简称 GIS) 是一种兼容、存储、管理、分析、显示与应用地理信息的计算机系统, 是分析和处理海量地理数据的通用技术。它在最近的 40 多年内取得了惊人的发展, 并广泛地应用于资源调查、环境评估、重大灾害处理、区域发展规划、公共设施管理、交通安全控制等领域。尤其是以地理信息系统、遥感、全球定位系统三者有机结合的 3S 技术, 使 GIS 应用的深度和广度达到一个新水平, 成为一个跨学科、多方向的研究领域。

第一节 地理信息系统发展概况

一、国际发展状况

20 世纪 50 年代末和 60 年代初, 计算机获得广泛应用以后, 很快就被用于空间数据的存储和处理, 使计算机成为地图信息存储和计算处理的装置, 将很多地图转换为能被计算机利用的数字形式。最初的系统主要是关于城市和土地利用的。1956 年, 奥地利测绘部门首先利用电子计算机建立了地籍数据库, 随后不少国家的土地测绘和管理部门都逐步发展土地信息系统 (LIS) 用于地籍管理。1963 年, 加拿大测量学家 R. T. Tomlinson 首先提出地理信息系统这一术语, 并建立了世界上第一个 GIS——加拿大地理信息系统 (CGIS), 用于自然资源的管理和规划。稍后, 美国哈佛大学研究出 SYMAP 系统软件, 被认为是第一个综合分析地图的软件。但是由于当时计算机技术水平不高, 存储量小, 磁带存取速度慢, 使得 GIS 带有更多的机助制图色彩, 地学分析功能极为简

单。当时的系统能实现手扶跟踪数字化地图,进行地图数据的拓扑编辑,分幅数据的拼接,并发展基于栅格的操作方法。

20世纪60年代中后期,许多与GIS有关的组织和机构纷纷建立,这是早期GIS发展的另一显著特点。例如,1966年美国成立了城市和区域信息系统协会(URISA),1969年又建立起州信息系统全国协会(NASIS),1968年国际地理联合会(IGU)设立了地理数据遥感和处理委员会(CGDSP)。这些组织和机构的建立,对于传播GIS的知识和发展GIS技术起到了重要的指导作用。

进入20世纪70年代以后,由于计算机硬件和软件技术的飞速发展,尤其是大容量存取设备磁盘的使用,为空间数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的手段。用户屏幕和图形、图像卡的发展增强了人机对话和高质量图形显示功能,促使GIS朝实用的地理信息系统发展。例如,从1970年至1976年,美国地质调查局就建成了50多个信息系统,作为地理、地质和水资源等领域处理空间信息的工具。其他国家如加拿大、原联邦德国、瑞典和日本等也相继发展了自己的GIS。与此同时,一些商业公司开始活跃起来,软件在市场上受到欢迎。据统计,在20世纪70年代大约有300多个系统投入使用。1980年美国地质调查局发表了《空间数据处理计算机软件》的报告,总结了1979年以前世界各国空间信息系统的发展概况。这期间许多大学和研究机构开始重视GIS软件和应用的研究。例如,美国纽约州立大学布法罗校区创建GIS实验室,后来在1988年发展成为包括加州大学和缅因州大学在内的由美国国家科学基金会支持的国家地理信息和分析中心(NCGIA)。自此,GIS这一技术受到政府部门、商业公司和大学的普遍重视,成为一个引人注目的领域。

20世纪80年代是GIS普及和推广应用的阶段。随着计算机软件、硬件技术的发展和普及,GIS也逐步走向成熟。这一时期GIS的发展有如下特点:

(1)在20世纪70年代技术开发的基础上,把地理信息技术全面推向应用。

(2)开展工作的国家和地区更为广泛,GIS由发达国家推向发展中国家。国际合作日益加强,GIS与卫星遥感技术相结合,开始用于全球性问题的研究,建立国际性的GIS,如全球沙漠化、全球可居住区的评价、厄尔尼诺现象及酸雨、核扩散及核废料,以及全球化与全球监测等。

(3)微机GIS蓬勃发展,得到广泛应用。GIS工具软件具有高效率、独立性和通用性的特点,更少依赖于应用领域和计算机硬件环境,为GIS的建立和应用开辟了新的途径。这一时期涌现出了一些代表性的GIS软件,如ARC/INFO、GENAMAP等。

GIS的发展是先从应用开始,在应用中不断地开展理论研究,以完善GIS。Marble等在1984年拟订了处理空间数据的计算机软件说明的标准格式,指出GIS今后的发展应着重研究空间数据的算法、数据结构与模型以及数据库管理系统等三个方面。

进入20世纪90年代,由于计算机的软硬件均得到飞速发展,网络已进入千家万户,地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统,尤其是政府决策部门,在一定程度

上由于受 GIS 的影响而改变了原有机构的运行方式、设置和工作计划等。另外,社会对地理信息系统认识普遍提高,需求大幅度增加,从而导致 GIS 应用的扩大与深化。国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题,例如地理信息系统已列入美国政府制定的“信息高速公路”计划;美国前副总统戈尔提出的“数字地球”战略、我国的“21 世纪议程”和“三金工程”也包括地理信息系统。毫无疑问,GIS 将发展成为现代社会最基本的服务系统。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,GIS 将深入到各行各业乃至千家万户,成为人们生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具和助手。

二、国内发展状况

我国 GIS 起步稍晚,大体上可分为以下三个阶段:

1. 准备阶段(20 世纪 70 年代)

20 世纪 70 年代初期,我国开始探讨电子计算机在测量、制图和遥感领域中的应用。随着世界遥感技术的发展,我国在 1974 年开始引进美国地球资源卫星图像,并开展了遥感图像的处理和分析工作。1976 年召开第一次遥感技术规划会议,形成了遥感技术试验和应用蓬勃发展的新局面,先后开展了京津塘地区红外遥感试验、新疆哈密地区航空遥感试验、天津渤海湾地区的环境遥感研究、天津地区的农业土地资源遥感调查等工作。与此同时,国家测绘局系统开展了一系列航空摄影测量和地形测量,为建立 GIS 的数据库打下了坚实的基础。解析和数字测图、机助制图和数字高程模型的研究和使用也同步进行。1977 年诞生了第一张由计算机输出的全要素地图,1978 年国家计委在黄山召开了全国第一届数据库学术讨论会。所有这些都为 GIS 的研制和应用作了技术上的准备。

2. 试验阶段(20 世纪 80 年代)

进入 20 世纪 80 年代后,我国执行“六五”、“七五”计划,国民经济全面发展,很快对“信息革命”作出热情响应。在大力开展遥感应用的同时,GIS 也全面进入试验阶段。在典型试验方面,围绕着建立数据规范和标准、空间数据库建设、数据处理和分析算法以及系统分析软件和应用软件的开发等专题展开。以农业为主要服务对象,研究有关质量评价和动态分析预报的模式与软件,并用于水库淹没损失、水资源估算、土地资源清查、环境质量评价与人口趋势分析等多项专题的实验研究。在专题试验和应用方面,在全国大地测量和数字地面模型建立的基础上,建立了 1:100 万国土基础信息系统和全国土地信息系统,建立了 1:400 万全国资源与环境信息系统和 1:250 万水土保持信息系统,并开展了黄土高原信息系统以及洪水灾情预报与分析系统等专题研究实验。在通用软件的设计方面,一是在“七五”期间,GIS 软件系统的研制和应用,不但为区域的管理与规划提供实用的系统服务,而且从理论和技术上为 GIS 通用软件的固化提供有益的经验。在机构建设和人才培养方面,于 1986 年中国科学院创建了我国第一个开

放型的高技术开发试验室——资源与环境信息系统国家重点实验室。1987 年在北京举行了国际地理信息系统学术讨论会,交流和讨论国际上 GIS 研究现状、主要趋向和应用前景,并举行了专题学术讲座。有关高等院校开设了 GIS 课程和不同层次的讲习班,培养出了一批从事 GIS 研究与应用的博士和硕士。

3. 快速发展阶段(20 世纪 90 年代)

20 世纪 90 年代以来,中国的 GIS 随着社会主义市场经济的发展走入了全面发展阶段。国家测绘局正在全国范围内建立数字化测绘信息产业,遥感应用从典型试验逐步走向运行系统,这样就可保证向 GIS 源源不断地提供地形和专题信息。沿海、沿江经济开发区的发展,土地的有偿使用和外资的引进,亟须 GIS 为之服务。与国家各级在“七五”期间建立的统计、企业管理、交通运输数据库相结合,各种形式的专题 GIS 已在“八五”期间建立和运转起来。其中包括用于农作物估产和灾害监测的遥感与 GIS 运行系统,以及在大、中、小城市建立的城市信息系统或土地信息系统。

近几年来,我国经济信息化的基础设施和重大信息工程已纳入国家计划。一些国家级和地方级的 GIS 相继建立并投入运行;一些涉及数字化地理信息技术的标准和规范已经公布执行;一些专业遥感基地已经建立,并进入产业化运行;初步建成了具有相当规模的数字化测绘基地;一些综合运用“3S”技术的重点项目已经实施,并在自然灾害监测和国土资源调查中发挥效用;国内一些适用于数据采集、处理和输出的硬件设备已研制成功,并进入市场;一些 GIS 软件已提供用户使用;一些高校已设立了与地理信息学科和工程相关的新专业,专门培养相应科技人才;一些专门从事地理信息产业活动的高科技企业相继建立,并活跃在市场中。此外,1994 年 4 月正式成立了中国 GIS 协会,以指导、协调和推动全国 GIS 的发展,这些都标志着我国地理信息产业已经进入了一个新的发展阶段。

第二节 地理信息系统的基本概念

一、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。不仅数字是数据,而且文字、符号和图像也是数据。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。

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,它不随载体的物理形式的改变而改变。信息是通过数据形式来表示的,是加载在数据之上的,对数据具体含义的解释。信息的主要特点如下:

(1)信息的客观性。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)信息的适用性。信息对决策是十分重要的,建立 GIS 的目的就是为生产、管理和决策服务的,因而信息具有适用性。

(3)信息的传输性。信息可以在信息发送者和接受者之间传播,既包括系统把有用信息传送至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个子系统之间的流动和交换以及网络中的传输。

(4)信息的共享性。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(1表示)、无(0表示)的信息。在绘图矩阵中表示绘线或不绘线时,它就提供了抬笔、落笔信息等。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 的建立和进行,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。

二、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,是人类认识地理事物的一次飞跃。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,并适时地识别、转换、存储、传输、再生成、显示、控制和应用这些信息。

地理信息的主要特征有:

(1)地理信息属于空间信息。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)地理信息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)地理信息的时序特征十分明显。可以按照时间尺度将地理信息划分为超短期