

● 邬伦 刘瑜 张晶 马修军 韦中亚 田原 / 编著

地理信息系统

——原理、方法和应用

北京大学地理教学丛书



科学出版社

北京大学地理教学丛书

地 理 信 息 系 统

——原理、方法和应用

邬 伦 刘 瑜 张 晶 编著
马修军 韦中亚 田 原

科 学 出 版 社

2 0 0 1

内 容 简 介

本书是《北京大学地理教学丛书》之一。全书系统介绍了 GIS 的基本理论、功能实现和应用技术,共包括五个部分,其中收录了国内外有关 GIS 技术和应用的最新研究成果,同时每章前写有导读,便于读者阅读使用。

本书作为教材而编写,但同时希望它能对 GIS 开发人员、管理人员有所帮助。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统——原理、方法和应用/邬伦,刘瑜等编著. —北京:科学出版社,2000

(北京大学地理教学丛书)

ISBN 7-03-008912-X

I. 地… II. ①邬…②刘… III. 地理信息系统 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 54886 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001 年 2 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001 年 2 月第一次印刷 印张:30 1/2

印数:1—4 000 字数:691 000

定价:46.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

《北京大学地理教学丛书》编辑委员会

主 编 杨开忠

编 委 (按姓氏笔画排列)

马蔼乃 王仰麟 李 京 杨吾扬 杨景春

陈静生 周一星 周力平 胡兆量 陶 澍

崔之久 崔海亭 韩光辉 蔡运龙

学术秘书 李国平

16/11/27/02

《北京大学地理教学丛书》序

新世纪伊始,历史长卷展示出知识社会的端倪。知识成为社会生产力发展的“关键因素”。一个民族和国家的兴衰日益取决于知识生产、传播和应用。有着“爱国、进步、民主、科学”光荣传统的北京大学,与民族同命运、共荣辱,在21世纪中华民族伟大复兴中责无旁贷承担着知识生产、传播和应用的重任。

北京大学是整个中华民族的,也是世界的。社会共享北大智慧,北大服务社会需要。数年来,北京大学在出色完成教学科研任务的同时,更面向社会开班办学,以其博大的胸怀吸纳包容着各界有识之士,为社会培养了大批素质较高、业务出众的人才。

然而,对于社会广大求学若渴的人士来说,北大的开班办学仅仅是杯水车薪。这套丛书收集了北大城市与环境学系教学使用的部分自编教材,它凝结了教学相长的智慧。相信它的出版会使更多的人得以分享北大的才学知识,会有更多的人收益良多、自学成才,成为社会发展建设力量的中坚。这正是北京大学尽树人之责,担育人才之任所希望的、所期盼的。

杨开忠

2000年8月1日于燕园

序

国务院学位委员会决定,新生的地理信息系统与古老的地图学并列为理科专业。在《北京大学地理教学丛书》中,邬伦教授等编著的《地理信息系统——原理、方法和应用》列为其中系列教材之一,同时也作为研究生及自学的参考书。它的出版,标志着地理信息系统作为大学理科专业已经得到了科技界、教育界的认同——它既是应用领域广泛的工程技术,又是跨越信息科学、地球科学和空间科学的应用基础科学。这是科教兴国战略与教育深化改革的又一崭新的亮点。我感到非常欣慰,并表示热烈的祝贺!

随着全球化、网络化和知识经济蓬勃发展的新世纪的到来,我国地理信息系统正迅猛地由实验室走向产业化和社会化。由设备引进、技术克隆迈上自主开发、数据挖掘与知识创新的新台阶。随着加入世界贸易组织(WTO),在互联网服务领域(ISP)、信息服务领域(ICP)以及应用服务领域(ASP),都需要大量地理信息系统(GIS)人才,特别是管理科学结合的管理/地理信息系统(MGIS)人才。

我国地理信息系统起步稍晚。20世纪末,互联网的普及还远远低于世界平均水平。计算机软、硬件人员在信息产业中所占比例低于15%。虽然已有74%的重点企业建立了网站或主页,但大部分还没有建立防火墙设施,安全审计、监测和自动恢复系统。在国家重点企业中,采用的服务器HP、IBM各占35%以上,UPS山特独占69%,路由器CISCO占70%以上,交换机3COM占42%,操作系统WINDOW占51%,办公软件OFFICE占83.3%(据国家经贸委经济信息中心调查)。

在迎接全球化、网络化新机遇的同时,我国信息化所面临的挑

战是十分严峻的,任重而道远,关键在于素质教育与科技人才的培养。我国联想集团生产的PC机占有国内市场的55%,北京大学方正集团,Citystar和其他院校开发的专用软件已享有盛誉,其中地理信息系统中自主开发的软件已占有国内市场25%左右,是非常良好的开端,但在发达国家中,信息产业对国民经济增长贡献率和就业动力所占社会劳动力都已超过50%,我们的成就还只能算是万里长征的第一步。

近年出版了一系列地理信息系统教材,其中有些侧重于科学原理阐明,有些侧重于专业部门的应用。邬伦博士等以其深厚的地学造诣与计算机软件开发丰富实践,融汇贯通化为一体,又着眼于公共课程的广大性与大学本科的基础性,旁征博引,求实创新,图文并茂,深入浅出,推出这部迎接新世纪空间时代和信息社会的好教材,是非常难能可贵的。我非常乐意向读者们郑重推荐。

陳述彭

2000.10.12

前 言

近几年来,地理信息系统(GIS)无论是在理论上还是应用上都处在一个飞速发展的阶段。GIS被应用于多个领域的建模和决策支持,如城市管理、区划、环境整治等等,地理信息成为信息时代重要的组成部分之一;“数字地球”概念的提出,更进一步推动了作为其技术支撑的GIS的发展。与此同时,一些学者致力于相关的理论研究,如空间感知、空间数据误差、空间关系的形式化等等。这恰好说明了地理信息系统作为应用技术和学科的两个方面,并且这两个方面构成了相互促进的发展过程。

从应用的角度看,近几年GIS的发展主要体现在以下几个方面:

1)应用领域的扩大,如一些商业部门开始利用GIS进行客户研究;此外同遥感、GPS的结合,为GIS开拓了更加广泛的应用空间,如汽车导航、环境监测等。

2)大量成熟的商业GIS平台出现,或已有的软件不断推出新的产品。

3)空间数据的建设越来越受到重视,基于空间数据基础设施的建设,开始了空间数据共享和互操作的研究。

在这样的背景下,全国许多高校的地理系都开始了GIS专业人才的培养,以满足GIS发展的需求。北京大学城市与环境学系于1999年开始招收GIS专业本科生,这样,编写一本全面的、能够反映GIS最新进展的教材就成为当务之急。

在编写的过程中,考虑到GIS专业学生今后从事的工作可能包括以下几类:

1)GIS理论的研究工作。

2)GIS软件的开发。

3)GIS项目组织管理。

4)应用GIS的其他领域。

因此,在设计本书的结构时兼顾了这些方面,依次介绍了GIS的基本理论、功能实现、应用技术。本书共分三篇、19章和两个附录,分为五部分:

第一章,介绍了GIS的相关概念,信息、数据、信息系统,以及GIS的发展历史和展望;

第二至五章,介绍了GIS的空间数据模型、参照系统和GIS中的数据,这几章组成了GIS的理论基础;

第六至十一章,按照从空间数据录入、管理、分析、表现的过程讲述了GIS的基本功能;

第十二至十九章,介绍了GIS应用技术的各个方面。

附录(一、二),分别介绍了GIS的计算机基础和国内外的GIS工具软件,供阅读本书时参考。

在编写中,每章前面的导读概括了本章的内容,说明了与其他章节的关系;正文中采用灰底文字讲述了相关的知识,供阅读时参考。

本书作为教材而编写,但同时希望它能够对GIS开发人员、管理人员有所帮助。

本书由邬伦、刘瑜确定整体结构,主要编写人员有刘瑜、张晶、马修军、韦中亚、田原等。各章主笔分工为:第一至五章、第七章、第十一章:张晶;第八、九、十章:马修军;第六章和附录一:韦中亚;第十二章至第十九章、附录二:刘瑜。最终本书由刘瑜、邬伦统稿,邬

伦定稿。

本书的完成,是北京大学城市与环境学系 GIS 教研室多年工作的结晶,教研室人员的工作,包括 Citystar 软件的开发以及相关的科研工作,都为本书提供了极好的“原料”。教研室中下列人员参加了书稿的讨论以及部分文字整理工作:叶燕林、张金海、刘岳峰、林报嘉、唐大仕、高勇、张毅、王永乾、周贵云、苏元峰、刘玉玲、赵建伟、刘述、赵伟。

本书的完成得到了许多老师和同行的关怀和支持:德高望重的陈述彭院士于百忙之中为本书作序;何建邦教授、承继成教授、谢昆青博士、任伏虎博士、张世琨博士为本书提出了许多有益的建议和修改意见;山西大学马义娟,江西省气象局曹华盖、文海龙也参加了部分工作,在此表示衷心的感谢。

地理信息系统是一门实用性很强的学科,必须更多地动手实践,才能更好地理解其中的一些概念,因此与本书配套,作者还将继续编写地理信息系统实习教材,并开发相应的实习软件。

由于作者水平和时间有限,书中错误之处在所难免,希望读者不吝指正。

作者

2000/9/1

目 录

《北京大学地理教学丛书》序

序

前 言

第一篇 基本概念和理论

第一章 地理信息系统概论	3
1. 地理信息系统的基本概念	3
1.1 信息、数据、地理数据与地理信息	3
1.2 信息系统(Information System)及其类型	5
2. 地理信息系统及其类型	7
2.1 地理信息系统	7
2.2 地理信息系统的类型	8
2.3 地理信息系统的构成	9
3. 地理系统的功能概述	12
3.1 数据采集、监测与编辑	14
3.2 数据处理	14
3.3 数据存储与组织	15
3.4 空间查询与分析	15
3.5 图形与交互显示	16
4. 地理系统的研究内容	16
4.1 研究内容	16
4.2 地理系统相关学科	17
5. 地理系统发展简史	22
5.1 60年代开拓发展阶段	22
5.2 70年代巩固阶段	23
5.3 80年代突破阶段	23
5.4 90年代社会化阶段	24
6. GIS的发展展望	26
6.1 GIS理论研究中亟待解决的问题	26
6.2 地理系统的发展动态	28
第二章 从现实世界到比特世界	32
1. 对现实世界的地理认知	33
1.1 认知的含义	33
1.2 环境映象与模型	35
1.3 地图认知模型	35
1.4 地理客体的科学认知	36

1.5 地图是客观世界的形象—符号—概括模型	37
2. 现实世界的抽象	37
2.1 现实世界	38
2.2 概念世界	39
2.3 地理空间世界(Geospatial World)	40
2.4 维度世界(Dimensionality World)	41
2.5 项目世界(Project World)	41
3. 比特世界	42
3.1 比特世界	42
3.2 模型的作用	43
3.3 GIS 空间数据建模	44
3.4 GIS 空间数据模型的概念与分类	45
第三章 空间数据模型	47
1. 空间数据模型的基本问题	47
1.1 概念	48
1.2 空间数据模型的类型	48
1.3 GIS 空间数据模型的学术前沿	48
2. 场模型	50
2.1 场的特征	50
2.2 栅格数据模型	52
3. 要素模型	53
3.1 欧氏(Euclidean)空间和欧氏空间中的三类地物要素	53
3.2 要素模型的基本概念	55
3.3 矢量数据模型	57
4. 基于要素的空间关系分析	59
4.1 空间关系的基本概念	59
4.2 拓扑空间关系分析	60
4.3 方向空间关系分析	66
4.4 度量空间关系分析	67
5. 网络结构模型	68
5.1 网络空间	68
5.2 网络模型	69
6. 时空模型	69
6.1 时空数据模型概述	69
6.2 时空数据模型设计的基本思想	70
7. 三维模型	71
7.1 三维 GIS 的功能	71
7.2 三维数据结构	72
第四章 空间参照系统和地图投影	75

1. 地球椭球体基本要素	75
1.1 地球椭球体	75
1.2 地图比例尺	77
2. 坐标系	78
2.1 地理坐标	78
2.2 平面上的坐标系	79
2.3 直角坐标系的平移和旋转	80
3. 地图投影的基本问题	82
3.1 地图投影的概念	82
3.2 地图投影的变形	82
3.3 地图投影的分类	84
3.4 地图投影的选择	86
3.5 常用的一些地图投影	87
4. 高斯-克吕格投影	87
5. 地形图的分幅和编号	89
5.1 地形图的分幅	89
5.2 分幅编号	90
第五章 GIS 中的数据	92
1. 数据涵义与数据类型	92
1.1 数据的涵义	92
1.2 空间数据的类型	93
1.3 空间数据的表示方法	95
2. 数据的测量尺度	95
2.1 命名(Nominal)量	95
2.2 次序(Ordinal)量	95
2.3 间隔(Interval)量	96
2.4 比率(Ratio)量	96
3. 地理信息系统的数据质量	97
3.1 数据质量的基本概念	97
3.2 空间数据质量问题的来源	98
3.3 常见空间数据的误差分析	99
3.4 空间数据质量控制	103
4. 空间数据的元数据	104
4.1 元数据的概念及类型	105
4.2 空间数据元数据的应用	108
4.3 在地理信息系统中使用元数据的原因	110
4.4 空间数据元数据的获取与管理	110
4.5 元数据存储和功能实现	111

第二篇 地理信息系统功能

第六章 空间数据获取与处理	115
1. 地图数字化	115
1.1 概述	115
1.2 地图数据类型	116
1.3 数字化仪数字化	117
1.4 扫描矢量化及常用算法	120
2. 空间数据录入后的处理	125
2.1 图形坐标变换	125
2.2 图形拼接	127
2.3 拓扑生成	127
第七章 空间数据管理	133
1. 空间数据库	133
1.1 地理信息系统与一般管理信息系统的比较	133
1.2 空间数据库	134
1.3 数据与文件组织	136
1.4 GIS 的内部数据结构——矢量结构和栅格结构	138
2. 栅格数据结构及其编码	140
2.1 栅格数据结构	140
2.2 决定栅格单元代码的方式	141
2.3 编码方法	142
3. 矢量数据结构及其编码	146
3.1 矢量数据结构	146
3.2 编码方法	146
4. 矢栅结构的比较及转换算法	150
4.1 栅格结构与矢量结构的比较	150
4.2 相互转换算法	151
5. 空间索引机制	155
5.1 索引概念	155
5.2 索引类型	156
6. 空间信息查询	159
6.1 基于属性特征查询	159
6.2 基于空间关系和属性特征的查询(SQL)	159
6.3 一种空间扩展 SQL 查询语言——GeoSQL	159
第八章 空间分析	161
1. 空间查询与量算	161
1.1 空间查询	162
1.2 空间量算	163

2. 空间变换	166
3. 再分类	167
4. 缓冲区分析	168
5. 叠加分析	172
5.1 视觉信息叠加	172
5.2 点与多边形叠加	172
5.3 线与多边形叠加	173
5.4 多边形叠加	173
5.5 栅格图层叠加	175
6. 网络分析	175
6.1 网络数据结构	176
6.2 主要网络分析功能	176
7. 空间插值	178
7.1 空间插值的概念和理论	178
7.2 空间插值的数据源	179
7.3 空间插值方法	180
8. 空间统计分类分析	192
8.1 主成分分析	192
8.2 层次分析法	193
8.3 系统聚类分析	193
8.4 判别分析	193
第九章 数字地形模型(DTM)与地形分析	195
1. 概述	195
1.1 DIM 和 DEM	195
1.2 DEM 的表示法	196
2. DEM 的主要表示模型	197
2.1 规则格网模型	197
2.2 等高线模型	198
2.3 不规则三角网(TIN)模型	199
2.4 层次模型	200
3. DEM 模型之间的相互转换	200
3.1 不规则点集生成 TIN	201
3.2 格网 DEM 转成 TIN	202
3.3 等高线转成格网 DEM	204
3.4 利用格网 DEM 提取等高线	205
3.5 TIN 转成格网 DEM	205
4. DEM 的建立	205
4.1 DEM 数据采集方法	206
4.2 数字摄影测量获取 DEM	206

4.3 DEM 数据质量控制	207
5. DEM 的分析和应用	208
5.1 格网 DEM 应用	208
5.2 三角网 DEM 分析应用	214
第十章 空间建模与空间决策支持	217
1. 空间分析过程及其模型	217
1.1 空间分析过程	217
1.2 空间分析建模	218
2. 空间决策支持模型	222
2.1 空间决策过程的复杂性	222
2.2 空间决策分析的理论和方法	224
2.3 空间决策支持系统	225
2.4 通用智能空间决策支持系统结构体系	227
2.5 空间决策支持系统的模型管理系统	228
3. 专家系统	230
3.1 专家系统的基本组成	230
3.2 专家系统的知识处理	231
3.3 空间分类专家系统实例——土地类型分类	233
4. 数据仓库与空间数据挖掘	235
4.1 数据仓库(Data Warehouse)	236
4.2 数据挖掘(Data Mining)	236
4.3 空间数据挖掘	238
5. GIS 空间分析与空间动态建模	241
5.1 GIS 与空间动态模型的结合方式	242
5.2 元胞自动机简介	242
5.3 元胞自动机模拟林火蔓延模型	243
5.4 元胞自动机与 GIS 集成应用中的局限性	245
6. 空间相互作用与位置——分配模型	246
6.1 地理位置	246
6.2 空间优化模式的定义	247
6.3 空间优化模式的分类	248
6.4 静态-离散空间优化模式的数学表达:线性规划	250
第十一章 空间数据表现与地图制图	252
1. 概述——地理信息系统数据表现与地图学	252
1.1 构成地图学与地理信息系统的数学法则	253
1.2 地图学和地理信息系统的符号	253
1.3 地图学和地理信息系统的制图综合	254
2. 地图的符号	255
2.1 地图符号的实质	255

2.2 地图符号的构成特点	256
2.3 地图上的注记	257
3. 专题信息表现	259
3.1 专题地图的分类和内容	260
3.2 面状专题内容的表示方法	260
3.3 专题地图内容的表现手段	268
4. 专题地图设计	270
4.1 图幅基本轮廓的设计	270
4.2 制图区域范围的确定	271
4.3 专题地图数学基础的设计	272
4.4 图面设计	272
5. 制图综合(制图概括)	273
5.1 制图综合的概念	273
5.2 影响制图综合的主要因素	273
5.3 制图综合的基本方法	276
6. 地理信息的可视化	280
6.1 基本概念	280
6.2 地学可视化的类型	281
6.3 虚拟地理环境	284
6.4 地学可视化研究框架	285

第三篇 地理信息系统应用技术

第十二章 3S 集成技术	289
1. 遥感简介	289
2. 全球定位系统简介	294
2.1 GPS 系统介绍	294
2.2 GPS 定位基本原理	294
2.3 GPS 误差和纠正	295
3. GIS 与遥感的集成及具体技术	296
4. GIS 与全球定位系统的集成及具体技术	297
5. 3S 集成综述	298
第十三章 网络地理信息系统	300
1. 计算机网络技术	300
1.1 网络的基本概念	300
1.2 因特网(Internet)	302
2. 分布式地理信息系统	305
2.1 分布式系统和 C/S 模型	305
2.2 网络地理信息系统的组合方式	306
2.3 网络地理信息系统的概念设计	308

3. WebGIS——万维网地理信息系统	314
3.1 因特网和 GIS	314
3.2 WebGIS 简介	315
3.3 WebGIS 的实现技术	316
第十四章 地理信息系统应用实例	321
1. 城市规划、建设管理	321
2. 农业气候区划	324
2.1 项目背景与需求	324
2.2 农业气候区划信息系统(ACDIS)系统结构及工作流程	324
2.3 “3S”技术在项目中的应用	325
3. 大气污染监测管理	327
4. 道路交通管理	330
4.1 路廓设计	330
4.2 道路管理	330
4.3 流量和路径分析	331
5. 地震灾害和损失估计	333
6. 地貌	336
6.1 地貌信息的内涵、地貌系统的特点与分析方法	337
6.2 地貌信息系统	338
7. 医疗卫生	339
7.1 GIS 与流行病研究	339
7.2 GIS 与医疗设施分布	341
7.3 联系流行病学与医疗实施规划——空间决策支持系统	342
8. 军事	342
8.1 国外军事地理信息系统(MGIS)现状	343
8.2 国外军事应用系统示例	344
8.3 MGIS 的发展方向	345
第十五章 地理信息系统应用项目组织和管理	346
1. GIS 应用项目简介	346
1.1 GIS 应用模式与分类	346
1.2 开发 GIS 应用的方式	348
1.3 GIS 应用项目	349
2. 应用项目策略性规划	350
3. 应用项目合同	352
4. 应用项目实施性规划——软硬件配置	354
5. 子项目划分和进度安排	355
5.1 划分子项目	356
5.2 进度安排的原则和表示方法	356
6. 项目预算	358