



地理信息系统丛书

地理信息系统 基本原理 (第二版)

Fundamentals of

Geographic Information Systems

Second Edition

[美] Michael N. DeMers 著
武法东 付宗堂 王小牛 等译



WILEY



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
www.phei.com.cn

地理信息系统丛书

地理信息系统基本原理

(第二版)

Fundamentals of Geographic Information Systems
Second Edition

[美] Michael N. DeMers 著

武法东 付宗堂 王小牛 等译

HH154/05

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书系统全面地介绍了地理信息系统的基本原理。全书共15章,内容涉及地理信息系统的基本概念,地图、GIS的数据结构,GIS输入、存储和编辑,空间分析,GIS输出,GIS设计等。内容丰富,系统性强,既有基本概念的阐述,又有技术性指导,并附以大量的实例说明,深入浅出,易学易懂。每一章都有对本章学习的目的要求、复习题、术语及参考文献,非常便于学习,是较为成熟的地理信息系统教材。

本书可作为高等院校本科专业学生的教材和研究生参考教材;由于书中内容专业面宽、深度层次跨度大,因此也可作为软件开发、资源管理、环境保护、城市规划等部门或相关专业研究人员进行地理信息系统设计和开发的技术参考书。

Copyright 2000© John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

AUTHORIZED TRANSLATION OF THE EDITION PUBLISHED BY JOHN WILEY & SONS NEW YORK, CHICHESTER, BRISBANE, SINGAPORE AND TORONTO. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of John Wiley & Sons, Inc.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry. Copyright © 2001.

本书中文专有翻译出版权由John Wiley & Sons, Inc.授予电子工业出版社。中文版权属于电子工业出版社和John Wiley & Sons, Inc.共有。该专有出版权受法律保护。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统基本原理(第二版) / (美)德默斯(DeMers, M. N.)著;武法东等译.

- 北京:电子工业出版社,2001.10

书名原文: Fundamentals of Geographic Information Systems, Second Edition

ISBN 7-5053-7034-0

I. 地… II. ①德… ②武… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第067688号

丛 书 名: 地理信息系统丛书

书 名: 地理信息系统基本原理(第二版)

原 书 名: Fundamentals of Geographic Information Systems, Second Edition

著 者: [美] Michael N. DeMers

译 者: 武法东 付宗堂 王小牛 等

责任编辑: 谭海平 杜闽燕

排版制作: 今日电子公司制作部

印 刷 者: 北京东光印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 www.phei.com.cn

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 23 字数: 589千字

版 次: 2001年10月第1版 2001年10月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5053-7034-0

Z · 371

定 价: 39.00元

版权贸易合同登记号 图字: 01-2001-3641

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系调换。联系电话: 88211980 68279077

译者序

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是一门集计算机科学、信息学、地理学等多门科学为一体的新兴学科,它是在计算机软件和硬件支持下,运用系统工程和信息科学的理论,科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据,以提供对规划、管理、决策和研究所需信息的空间信息系统。GIS理论萌芽于20世纪60年代初期,加拿大的Roger F. Tomlinson 和美国的Duane F. Marble在不同的地方、从不同的角度提出了地理信息系统的概念。20世纪70年代加拿大土地调查局建立的加拿大地理信息系统 (CGIS) 的投入运行,标志着应用型地理信息系统进入全面发展阶段。随着计算机软件和硬件技术的飞速发展,20世纪80年代是GIS技术大发展的时期,许多国家制定了本国的地理信息系统发展规划,并开始探讨建立国际性的地理信息系统。从比较简单的、单一功能的分散系统发展成为多功能的共享的综合信息系统,运用专家系统知识进行分析、预报和决策;同时,商业实用系统进入市场。20世纪90年代是地理信息系统的用户时代,社会对GIS的认识普遍提高,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,如美国政府的“信息高速公路”计划、“数字地球”战略以及我国的“21世纪议程”等都包括地理信息系统的内容。

我国GIS的研究和应用开始于20世纪80年代,虽然起步较晚,发展却很迅速。大致经历了三个阶段,即准备与起步阶段、发展阶段和产业化阶段。经过近20年的发展,地理信息系统在我国得到了长足的发展,其价值和应用前景得到有关部门的认可和重视。在重大自然灾害的检测与评估、重要产粮区主要农作物估产、城市交通管理以及矿产资源勘查评价等方面都取得了突破性进展,并产生了明显的社会和经济效益。

除了数据和软件以外,人才是GIS应用成功与否的关键。GIS的本质是将多种空间信息进行有机的综合,取得比仅使用一种方法更好的解决问题的效果。GIS的应用不但需要应用人员对GIS的概念有准确而深刻的理解、对如何用GIS解决问题有清晰的思路,而且需要他们具有跨学科领域的知识,需要多方面专家的共同努力。因此,具有扎实理论基础和专业知识的人才才是21世纪GIS全面深入发展的急需。

本书比较系统而全面地介绍了地理信息系统的基本概念、地理数据及其结构、GIS数据的输入存储和编辑、空间分析、GIS输出以及GIS设计。全书按照教材的体系编写,深入浅出,既有概念、理论介绍,又有大量应用实例,每一章都有对本章学习的目的要求、问题回顾、术语及参考文献,非常便于学习。

按照国家教育部21世纪教育教材要与国际接轨的精神,在电子工业出版社的推荐和支持下,我们完成了本书的翻译工作,但愿这一微薄的努力能对我国的GIS教育事业有所裨益。本书翻译分工如下:前言、第2章、第4章、第5章、第10章、第11章、第14章、第15章由武法东教授负责;第3章、第6章、第7章、第8章、第9章、第12章由付宗堂副教授负责;第1章、第13章由王小牛讲师负责;词汇表由三位老师共同翻译。硕士研究生刘荣梅、占车生、王芳、周小成、卢文龙、候宇安、王雨双和张峰参加了部分章节的翻译、校对和文字录入工作。

本书原著所涉及的技术方法新颖,学科内容广泛,知识面宽。尽管译者在翻译时力求按照中文习惯完整准确地表达作者的意思,但是由于译者水平有限,不当之处在所难免,敬请读者指正。

前 言

地理信息系统 (GIS) 的实用性正以前所未有的速度扩展, 其中, 部分原因是由于现今社会面临的许多重要问题内在的地理学性质已经被人们所认识。这对于专业的地理学家而言并不感到惊奇, 然而对于那些没有受过正规地理学教育的人来说, 这项新技术的优势似乎只是最近才显现出来的。实际上, GIS 的地理学基础可以追溯到近 2500 年的地理勘探、研究和理论发展。在 20 世纪 60 年代初期, 这种知识开始作为正式的计算机系列工具, 用于加拿大政府自然资源信息的输入、存储、编辑、检索、分析和输出。第一个 GIS——加拿大地理信息系统在世界上开创了正规和自动地理学原理, 用于解决与自然资源管理有关的空间问题。经过 40 年的发展, GIS 已成为解决有关地理问题的支柱, 不仅限于自然资源, 而且也用于若干自然问题和人们要解决的其他问题: 从犯罪、疾病分析和预防到突发事件的交通调度以及商业和工业的位置分析, 从城市和区域规划到科学研究、空间数据勘测, 从效率清单管理到军事演习。地理信息系统潜在的应用空间非常巨大, 而且仍在继续扩展。

作为回答地理问题的工具包, GIS 目前提供了一套相对有力的计算机运算法则。但是随着应用需要的增长和地理概念的扩展, 更高级工具的需要也在不断增加。认识到高级工具需要增加和新理论需要发展这一点后, GIS 工业格外重视那些不仅能够在复杂和创新过程中使用已有软件、而且善于把这项技术运用到当前领域之外的人才。作为地理信息科学, 这项新的调查技术证实如果工业继续发展, 那么各种 GIS 软件包的知识将不再够用。

本书的目的是仅提供一些基本的需要, 它不仅有利于使用 GIS 技术解决日常的地理问题, 而且也鼓励在广阔的范围内展开空间想像。GIS 的一个基本的前提是, 它的用户以及它的设计者和开发者必须能够识别和解析他们知识领域的空间结构。在考虑空间模型之前不急于完成它, 必须知道地理空间是建立模型的根本基础。这一点在理论上看起来被普遍地接受了, 但在实际上并不总是很好地被认识。例如, 商业主常常认识不到, 居住在商业区附近的消费者的潜力大于居住在远离商业区消费者的潜力。这是一个涉及经济布局理论的基本概念——GIS 常用的一种模型。即使对那些认识到他们的学科领域中有内在的重要空间结构的人来说, 他们的教育常常滞后于外部存在的空间构成, 直到以后大学的理论课程教学。这样就限制了他们在空间数据的数量、类型和空间概念方面的知识。

幸好这种状况正在改变。随着新领域的发展, 人们在自己的研究领域中不仅承认而且注重了地理空间的重要性。例如, 景观生态学和生物保护新学科中包含有明确的空间成分; 卫生保健专业人员正在调查疾病带菌者的传播、保健设施的布局 and 空间感染对所有病人健康影响的重要性。在“精细农业”的标题下, 农业正在试图把地表面的数据与遥感数据相结合用于调查提高使用肥料、水和杀虫剂效率的可能性。美国司法部新成立的犯罪图形研究中心就是接受这种事实的直接结果, 公认在降低犯罪和了解犯罪者方面的统计分析中需要绘图数据。在这种背景下, 一个称为地理外形的新的研究领域得到了发展, 它分析犯罪者的空间行为, 允许刑侦学家预测将来犯罪事件的发生地点等。新闻调查者作为回答问题的手段开始使用 GIS, 从不同的方面回答诸如暴雨灾害、地形和天气对军事行动的影响等问题。野生动植物科学领域中的 GIS 文献是开发者在又一学科领域中使用和开发 GIS 的实例。

尽管还有许多关于空间想像是如何直接导致GIS在各个领域中使用的其他例子,然而更多潜在的应用领域需要受过地理信息系统和地理信息科学训练的人们去发掘。对那些主要目标是要成为GIS技术人员的人来说,重要的是要懂得GIS如何用于建模,因此数据库允许用户完成许多必要的任务。应用专家既需要了解经常遇到且又限制结构的数据的空间特性,又要了解GIS允许使用的数据模型。最后,GIS设计者和开发者需要懂得,空间分析所必需的并不是正在遇到的,要知道已有运算法则的局限和数据模型,以及用户如何能够很好地与软件进行交互。他们还必须精通软件开发技术和计算机科学。

对于阅读本书的人或首次接触地理信息系统课程的人来说,出现了各种不同的受众。在包括上述所有读者都感兴趣的基本材料的基础上,作者试图集中讨论GIS的主要任务——分析和决策。必须完成分析功能的技术员、需要执行分析操作的软件专家以及需要实现这些功能的开发者之间的链接本身就是分析。本书是学科在基础水平上的概观,而不是已有知识的百科全书,或对新理论的检验。作者的目的是提供一套基本的概念,在此基础上,通过其他课程的进一步学习和实践锻炼,学生们能够开发新的应用领域、新的理论和新的软件。

在本书中,作者增加了许多前一版的读者和书评者的建议,以提高可读性和基本概念的含量。在没有完全改变基本结构的前提下作者对本书的安排进行了调整,很多要求修改内容的是书中所包含的许多图形,增加了近40幅新图形试图把概念与可视化学习连接起来。作者也改进或取代了某些用处不大的图形,所有这些或大或小的变化都是老师和学生需要的反映。

无论是作为正式GIS课程的一部分还是作为独立的内容,当你读这本书的时候,当把它用于自己事业目标中去的时候,设法去验证每一个概念。寻找空间组分,了解它们是怎样被表示和被模拟的。把自己的兴趣与背景相结合进行超出本书范围的思考,扩展基本思想以适合自己的需要,这就是创造性。当然,今天在这里学到的许多内容可能在将来不一定正确。你以及像你一样的其他人将要改变方式,科学、技术和应用将在下一个十年出现。

最后,诚邀各位成为地理学者,或者成为职业地理学者而不是业余地理学者。GIS是关于地理学、地理学思考的学科。在GIS的基本构成之外,地理学也开辟了检验和分析周围世界的新途径。十分重要的是它向我们提供了一种日常生活和生存环境的全新的评价。

感 谢

深深感谢对本书提出修改建议的许多学生、老师和书评者。遗憾的是这些人太多而不能一一提到。请相信我把他们所有的建议都铭刻在心,非常感谢他们的帮助使得本书比前一版更好。感谢许多人为本书的出版做了实际的努力:首先是 KeRh Rice 博士(威斯康星州大学)提供了许多精辟的教学方法见解。感谢 Lin Liu 博士(辛辛那提大学)、Donna Peuquet 博士(宾夕法尼亚州立大学)以及 Elizabeth Wentz 博士(以及她在亚利桑那州立大学的学生)。David Cowen 博士(南卡罗来纳大学)不是惟一的但却是呼声最高的一位,他建议将更多的图形包括在本书中。作者在墨西哥州立大学期间 Howard Holt 博士和 Damian Kessler 先生指出了所发现的本书前一版中存在的若干不足,并提出了建议修改的内容。对我的同事们,Wiley 公司的编辑、工作人员表示真诚的谢意。

此外,对那些提出修改建议者,对给予本书前一版支持的那些个人和组织提出特别的感谢,正是这种支持使得本书更符合实际。在这一点上还要感谢 Duane Marble 博士(俄亥俄州立大学)、William Dando 博士(印地安那州立大学)、Michael Phoenix 博士(ESRI 公司)以及 Bob Puterski 博士(内华达大学拉斯维加斯分校),他们给予了作者支持和鼓励。最后,特别感谢 Jack 和 Laura Dangermond,他们在地图学理论、空间分析、GIS 教育和应用方面等方面都是最出色的。作者非常荣幸地与他们接触。

目 录

第 1 章	自动地理学介绍	1
	学习目标	1
1.1	为什么需要地理信息系统	2
1.2	什么是地理信息系统	3
1.3	从哪里开始学起	8
	术语	9
	复习题	9
	参考文献	10
第 2 章	空间分析法：现代地理学的基础	11
	学习目标	12
2.1	开发空间思维	12
2.2	空间元素	13
2.3	空间测量标准	16
2.4	空间位置与参照系	18
2.5	空间模型	20
2.6	地理数据的采集	22
2.7	总体与取样方案	26
2.8	根据样本进行推理	28
	术语	29
	复习题	30
	参考文献	31
第 3 章	地理数据模型——地图：空间思维的语言	32
	学习目标	32
3.1	地图模型：现实世界的抽象	33
3.2	制图范例转换	33
3.3	地图比例尺	35
3.4	更多的地图特征	36
3.5	地图投影	36
3.6	制图格网系统	39
3.7	制图过程	44
3.8	地图符号体系	45
3.9	地图抽象和制图数据库	48
3.10	关于专题地图的几个问题	49

3.10.1	土壤地图	49
3.10.2	动物地图	50
3.10.3	数字遥感影像	50
3.10.4	植被地图	52
3.10.5	历史地图	53
	术语	53
	复习题	54
	参考文献	55
第 4 章	地理制图和 GIS 数据结构	57
	学习目标	57
4.1	地图回顾——空间的抽象体	58
4.2	基本的计算机文件结构	59
4.2.1	简单列表式文件	59
4.2.2	顺序文件	60
4.2.3	索引文件	61
4.3	计算机数据库结构	62
4.3.1	层次型数据结构	62
4.3.2	网络系统	63
4.3.3	关系型数据库管理系统	64
4.4	实体和属性的图形表达	66
4.5	多层 GIS 数据模型	69
4.5.1	栅格模型	69
4.5.2	栅格数据的压缩存储	72
4.5.3	矢量数据模型	74
4.5.4	压缩矢量数据模型	78
4.5.5	表示表面的矢量数据模型	79
4.5.6	混合系统和综合系统	80
	术语	82
	复习题	83
	参考文献	83
第 5 章	GIS 数据输入	85
	学习目标	85
5.1	输入子系统	86
5.1.1	输入设备	86
5.1.2	栅格、矢量及栅格矢量混合数据	90
5.1.3	参照系与变换	90
5.1.4	地图准备及其数字化	92
5.2	输入数据的选择	94
5.3	输入数据的数量	95

5.4	矢量输入方法	96
5.5	栅格输入方法	97
5.6	遥感数据输入	99
5.7	外部数据库	102
	术语	103
	复习题	104
	参考文献	105
第 6 章	数据存储和编辑	106
	学习目标	107
6.1	GIS 数据库的存储	107
6.2	编辑 GIS 数据库的重要性	108
6.3	检测和编辑不同类型的错误	110
6.3.1	实体错误: 矢量	110
6.3.2	属性错误: 栅格和矢量	116
6.4	处理投影变化	118
6.5	连接邻近图层: 边缘匹配	119
6.6	合并和伸缩校正	120
6.7	模板	121
	术语	122
	复习题	122
	参考文献	122
第 7 章	基本的空间分析	124
	学习目标	125
7.1	GIS 空间分析简介	125
7.2	简单的分析框架	126
7.3	GIS 数据的查询	127
7.3.1	导航 GIS	127
7.3.2	定位和识别空间对象	129
7.4	定义空间特征	130
7.4.1	点的属性	130
7.4.2	线的属性	131
7.4.3	区域的属性	133
7.5	研究高级对象	135
7.5.1	高级点对象	135
7.5.2	高级线性对象	138
7.5.3	高级区域对象	139
	术语	141
	复习题	141
	参考文献	141

第8章 测量	143
学习目标	143
8.1 测量线性对象的长度	144
8.2 测量多边形	146
8.2.1 计算多边形长度	146
8.2.2 计算周长	147
8.2.3 计算多边形要素的面积	147
8.3 测量形状	149
8.3.1 测量弯曲度	149
8.3.2 测量多边形的形状	150
8.4 测量距离	153
8.4.1 简单距离	153
8.4.2 函数距离	154
复习题	160
术语	160
参考文献	161
第9章 分类	162
学习目标	163
9.1 分类原则	163
9.2 重新分类的原理	164
9.3 邻域功能	166
9.4 漫游窗口: 滤波器	166
9.5 多边形邻域	169
9.5.1 直接邻域	169
9.5.2 扩展邻域	171
9.6 缓冲区	172
术语	175
复习题	176
参考文献	176
第10章 统计表面	178
学习目标	179
10.1 什么是表面	179
10.1.1 表面制图	180
10.2 统计表面采样	181
10.3 DEM	182
10.4 栅格表面	183
10.5 插值	184
10.5.1 线性插值	185
10.5.2 非线性内插方法	185
10.6 使用插值	190

10.7	插值中的问题	190
10.8	地形重新分类	193
10.8.1	斜坡的坡度	194
10.8.2	坡向或倾向(方位)	195
10.8.3	形态或形式	196
10.8.4	可见度和相互可见度	197
10.9	统计表面的切面	199
10.10	剪切和充填	200
10.11	其他的表面分析方法	201
10.12	不连续表面	202
10.12.1	散点图	202
10.12.2	等值线图	203
10.12.3	密度测量制图	204
	术语	204
	复习题	205
	参考文献	206
第 11 章	空间排布	208
	学习目标	209
11.1	点、线、区域的空间排布	209
11.2	点模式	210
11.2.1	样方分析	211
11.2.2	最近邻分析	212
11.3	泰森多边形	213
11.4	区域模式	215
11.4.1	扩展邻接法: 连接边数统计	215
11.4.2	其他多边形排布的量度	217
11.5	线性模式	217
11.5.1	线密度	217
11.5.2	最近邻与线截取	218
11.6	线状对象和面状对象的定向	219
11.7	线状对象的连通度	222
11.8	引力模型	224
11.9	路径选择和任务分配	225
11.10	丢失的变量: 利用其他图层	226
	术语	227
	复习题	227
	参考文献	228
第 12 章	图层中的变量比较	230
	学习目标	230
12.1	图形叠加	230

12.2	点在多边形内和线在多边形内的操作	232
12.3	区域叠加	234
12.4	自动叠加处理	237
12.4.1	栅格中点与多边形和线与多边形的自动化叠加过程	237
12.4.2	栅格中的自动多边形叠加	238
12.4.3	自动栅格叠加	240
12.5	叠加类型	241
12.5.1	CAD 类型叠加	241
12.5.2	拓扑矢量叠加	242
12.5.3	叠加中错误的注释	245
12.6	密度测量制图	247
12.7	叠加中的最终注意事项	248
	术语	249
	复习题	249
	参考文献	249
第 13 章	制图建模	251
	学习目标	252
13.1	模型成分	252
13.2	制图模型	253
13.3	地理模型	254
13.4	地理模型的类型	256
13.5	归纳性和演绎性建模	257
13.6	因子选择	257
13.7	模型流程图	258
13.7.1	通过模型进行工作	260
13.7.2	解决冲突	265
13.7.3	制图模型实例	265
13.8	模型实现	268
13.9	模型验证	269
	术语	272
	复习题	272
	参考文献	273
第 14 章	分析结果的输出	275
	学习目标	275
14.1	输出: 分析结果的展示	276
14.2	图形输出	276
14.2.1	设计过程	278
14.2.2	符号在设计中的作用	279
14.2.3	图形设计的原则	280

14.3	地图设计的控制	284
14.4	非传统的绘图输出	286
14.5	非图形输出	289
14.5.1	交互式输出	289
14.5.2	数据表和图表	290
14.6	技术和 GIS 输出	293
	术语	295
	复习题	296
	参考文献	297
第 15 章	GIS 设计与实施	298
	学习目标	299
15.1	什么是 GIS 设计	299
15.2	GIS 设计的需要	300
15.3	内部 GIS 和外部 GIS 的设计问题	301
15.4	软件工程途径	302
15.4.1	系统设计原理	302
15.4.2	系统开发的瀑布模型	303
15.4.3	虚拟人 - 月	304
15.4.4	系统的一般特点	305
15.5	GIS 运作的制度框架	305
15.5.1	系统和外部世界之间的关系	305
15.6	结构化设计模型	307
15.6.1	技术设计	307
15.6.2	概念设计的原因	307
15.6.3	概念设计的缺陷	308
15.6.4	GIS 的人为问题	308
15.6.5	成本与收益问题	309
15.6.6	数据和应用需求模型	309
15.7	正规的 GIS 设计方法	310
15.7.1	螺旋模型: 快速原型	310
15.7.2	初级 GIS 设计模型概况 (1 级)	310
15.8	GIS 信息产品	313
15.8.1	信息产品是如何推动 GIS 的	313
15.8.2	组织本地视图	314
15.8.3	避免设计漂移	314
15.9	视图整合	315
15.10	数据库设计: 一般考虑	316
15.10.1	研究区域	316
15.10.2	比例尺、分辨率和详细程度	316
15.10.3	分类	317

15.10.4 坐标系统和投影	317
15.10.5 选择系统	317
15.11 验证和生效	317
复习题	318
术语	318
参考文献	319
词汇表	321

第1章 自动地理学介绍

这是一本关于地理学的书，特别是关于**地理信息系统 (GIS)**——根植于2500多年来探险和地理研究 (Dobson, 1995) 的自动化思想和概念的原理，它设计用来提供基于制图数据问题的答案。作为一个实用地理学家，我长期以来赞同地理学家就是探险家的观点。Alexander von Humboldt 或一些 Indiana Jones 的景象如同图案一样，他开创的通过热带植被寻找某些古代遗迹的方法，使我对我们生活的这个世界充满了神奇。我常激动地将自己描绘成职业挑战者，如同 Arthur Conan Doyle (1889) 《失落的家园》一书中的角色，寻找活恐龙存在的证据。早期探险家们当他们寻找新的土地、新的人群、新的资源时享受着这种惊奇。随着越来越多的土地被发现，地理学家开始使用新的工具来调查人口、植被、动物和自然资源的空间分布。他们使用新的方法进行制图，用更有效的方式检查别人制作的地图。地理探险不仅是到新的地方并描述探险者们看到的事物，取而代之的是，其方式变成试图决定为什么存在探险者看到的样式，这些样式会对人们的身体和健康以及他们居住的脆弱的环境造成多大的冲击。

今天，绝大部分研究已进行过传统意义上的探索，砍刀和木质头盔已被卫星和计算机代替，穿越沙漠和热带雨林漫长和危险的旅行已经求助于计算机中的地图和统计数据来定量测量未勘探的地形。就像显微镜和望远镜为生物学家和天文学家提供新眼界一样，它们提供了进入新世界的窗口。我们现在比以前看得更深更远，能够绘制地形上存在的更多的东西，提出以前想像不到的问题。地球上的东西存在于什么地方已经被为什么它们会在那里存在的问题和如何运用这些知识预测未来的分布和模式所取代。这些预测允许我们计划未来，设计自然和人类世界两者相互受益。我们仍是探险者，但我们的使命比我们的前辈更有意义。你要学习的观念和工具就是你在穿越不详之地旅行时必需的装备。

在我们介绍新一代勘探家的工具之前，有必要提示告知，地理数据中探险就像在地球上未知地区探险一样激动人心，也充满了潜在的危險、流沙滚石、危险的悬崖和峡谷。最大的危险源于缺乏对这些灾难可能是什么以及如何克服它们的知识。第一步，好的计划对任何旅行成功都很关键，拥有正确的工具十分必要。如同过去的探险者，能够获取工具是不够的，知道如何使用这些工具也不够。你还需要知道为什么以及什么时候使用工具才能产生最大效果，这就是本书的关键所在。它是有关概念、有关意识的。它意味着准备让你毕生去勘探，当工具改变时，你将能应用它们，因为你处在熟悉的领地。

现在我邀请你准备行程进入地理探索的现代世界。不论你从事自然科学和社会科学的哪一领域，你将学习的观念都会加强自身，并提高自己对所选定领域的理解。你将学会空间和定量两种思维。我希望每一个人在不断增长的技术世界中感到更有信心，这种信心使你成功，使你欣赏到你对社会和自然界所做的贡献。

学习目标

完成本章的学习后，应当达到如下目标：

- 定义什么是地理信息系统 (GIS)。
- 解释它发展的最初动力, 描述早期开发中遇到的困难。
- 描述 GIS、计算机辅助制图 (CAC) 和计算机辅助设计 (CAD) 之间的关系。
- 描述传统模拟地图与在四个子系统定义基础上的 GIS 之间的关系。
- 描述现代 GIS 的基本分析能力。
- 为可能的 GIS 用户提出建议, GIS 能给他们带来什么样的好处。

1.1 为什么需要地理信息系统

设想在 20 世纪 60 年代初期, 你作为队伍中的一员, 在一个大国的自然资源和开发的国家部门工作。在你管理众多资源的范围内, 职责之一便是清查编目所有可利用的森林和矿产资源、野生动物栖息地需求、水体可利用程度及其数量。当然, 不仅仅是简单的清查编目, 你的任务还有怎样评价这些正在开发的资源, 哪些资源是短缺的, 哪些资源对于开发则是充足的。而且你还要能预测这些资源在未来 10 年、20 年乃至 100 年, 其可利用性及其数量将如何改变。

所有这些任务必须实施, 以便你或你的上司能够制定一个管理这些资源库的计划, 从而使可再生资源 and 不可再生资源对子孙后代都能保持足够供给, 而又不会对环境造成严重危害。当然, 必须记住, 资源的开发与开发区内乃至周边地区人们的生活质量常常冲突, 因为噪声、粉尘和景色失衡就此产生, 影响当地居民的身心健康或因在附近产生刺眼的东西而使他们的地产贬值。当然, 你必须遵守当地、区域和国家的法律, 确保依照可利用性规则在使用这些资源库。

勾绘这个使命是一件让人沮丧的事, 需要对大量的数据进行采集、编译、评价、分析和建立模型。这是自然资源管理者常常面对的非常任务。一旦成功, 资源地图很显然会使其趋势、数量以及现在的利用率一目了然。手工制作这种覆盖全国的、十分有用的地图将需要数百名制图人员, 花费相当的时间和金钱。许多人痛苦地意识到自己国家和地区的地形图、植被图、土壤图的专题图的限制和数据质量。早在这项工作完成之前, 资源已经消失, 留下被掠夺后的环境和当地居民的武装斗争, 这种情况完全可能, 主要取决于地区范围的大小。

为了避免这种消极后果, 就要求助于使用计算机技术来解决问题。显然你需要一种既快又经济的制作大区域地图的方法。十分神奇的是计算机被用来输入并存储如此大量数据, 产生你感兴趣地区或你工作领域的资源地图。请记住, 在 20 世纪 60 年代初, 计算机尚处于幼儿期, 当时最大的计算机需要占用数间房子的空间, 而且它们的费用常常使它们和资金雄厚的大机构, 如军方相联系。即使你能获取使用这种机器的时间, 问题仍然不能解决。计算机在代数和三角运算之外并不特别内行。事实上, 它们的内存、数据存储、分析能力还不如现今使用的廉价袖珍手持计算器。图形产品对计算机最初是不可想像的任务。传统的字符行式打印机输出不能生成细致的图像, 通常的输出是偶尔伴有卡通字符的日历。即使它能生成符合质量要求的图形, 也会遇到另一个问题: 在那个年代, 还没有办法将图形数据送入计算机。事实上, 输出设备 (包括视频和硬拷贝设备) 还没有普遍采用。更没有任何方法将图形数据 (以后称为**实体**) 与地面上它所代表的含义 (以后称为**属性**) 相联系。到目前为止, 你还不能涉及如何用计算机分析图形数据的问题, 即使能将这些图形数据输入并存储。此外, 主要的计算机语言是麻烦且难理解的第一代编程语言, 主要是为商业应用而并非为图形而设计的, 在这一领域的通用性研究相对缺乏, 因而迫使你开发自己的计算方法去解决大量的疑难问题。为了完成分配的任务, 必须着手开发一个管理和分析地理信息的计算系统——地理信息系统 (GIS)。