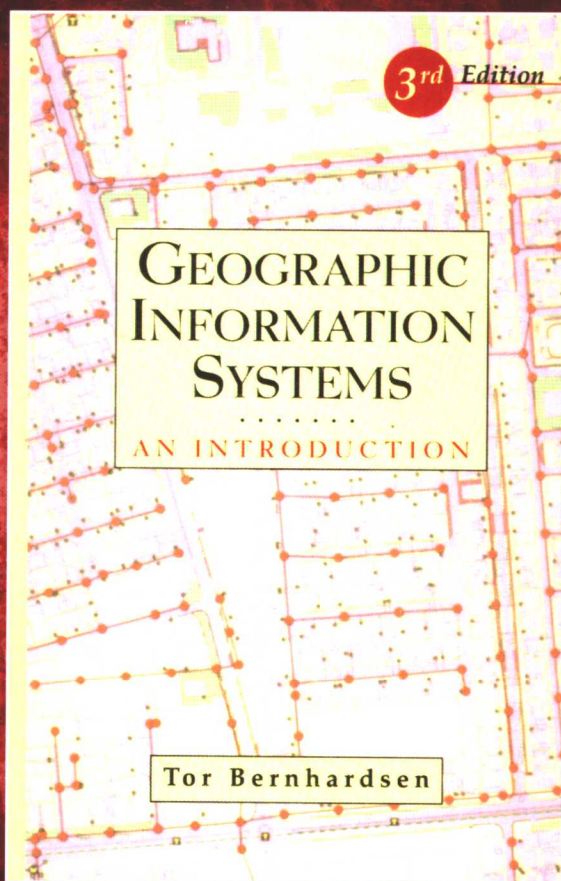


地理信息系统导论

(挪威) Tor Bernhardsen 著 王 许 李浩川 译



Geographic Information Systems, An Introduction
Third Edition



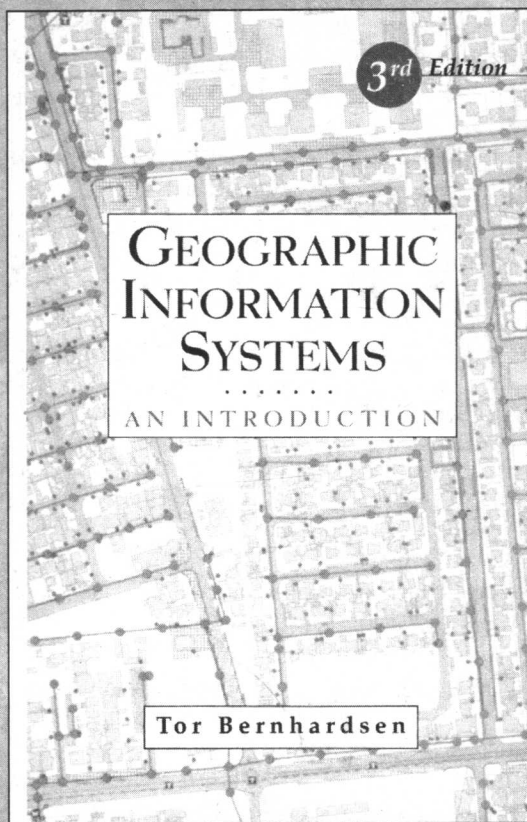
机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学 丛 书

原书第3版

地理信息系统导论

(挪威) Tor Bernhardsen 著 王 许 李浩川 译



Geographic Information Systems, An Introduction
Third Edition



机械工业出版社
China Machine Press

本书以简练的文字、精到的讲解系统地介绍了地理信息系统（GIS）技术的本质，从理论以及应用两方面阐述了GIS技术，内容涵盖GIS的理论基础，技术基础，如数据模型、参照系统等，GIS硬件与软件、数据采集、应用技术以及高级应用等等。

本书组织架构合理，插图丰富精当，在前一版的基础上增加了最新的标准化工作方面的资料、最新的关于流行硬件、软件、数据库设计和分析技术方面的技术内容、全面的成本/收益政策内容，帮助用户对GIS进行选择 and 评估，包括组织和技术环节方面的成本回收等。

本书对于GIS、规划、土地利用、自然资源、社会和环境工程、房地产和野生动植物生物学等相关专业学生和相关研究人员来说，是一本极佳的教材和参考资料。

Tor Bernhardsen: Geographic Information Systems, An Introduction (3rd Edition)
(ISBN: 0-471-41968-0).

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

Copyright © 2002 by John Wiley & Sons, Inc.

All rights reserved.

本书中文简体字版由约翰·威利父子公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2005-0680

图书在版编目（CIP）数据

地理信息系统导论（原书第3版）/（挪威）博哈森（Bernhardsen T.）著；王浒，李浩川译．—北京：机械工业出版社，2006.3

（计算机科学丛书）

书名原文：Geographic Information Systems, An Introduction

ISBN 7-111-18013-5

I. 地… II. ①博… ②王… ③李… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆CIP数据核字（2005）第145349号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：范运年 贾柳静

北京牛山世兴印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2006年3月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·19.75印张

定价：45.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

本社购书热线：（010）68326294

译者序

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是能够用于采集、管理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机信息系统, 它广泛应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、科研、教育和国防等领域, 为城市、区域乃至全球的不同粒度、不同规模的复杂问题提供了综合分析和决策支持平台。

随着信息技术的迅猛发展, 以GIS为代表的空间信息技术不断提高, 应用领域也不断扩大。地理信息产品和地理信息服务的普及与推广, 进一步促进了GIS产业化、市场化的进程。GIS逐渐渗透到国民经济建设和社会生活的方方面面, 并发挥着越来越重要的作用。

目前, 我国许多大学、科研机构和应用部门, 正在从事GIS方面的教学、研究和应用开发工作, 为了使广大学习GIS、应用GIS的朋友能全面而又深刻地掌握GIS, 我们需要一本既能提纲挈领, 帮助我们理顺思绪, 给我们指引方向, 同时又能照顾小节, 阐述细微, 使我们更快地理解GIS的教材。这本书就是如此。

Tor Bernhardsen博士是挪威工程咨询公司Asplan Viak Sør的高级顾问, 是GIS领域内的资深专家。在本书里, 他以直观流畅的叙述方式, 清晰准确地对所涉及的概念术语以及基本技术范畴进行定义, 并以此为基础, 详细阐述了GIS所涉及的理论、技术、应用、组织以及标准等方方面面, 尽可能地为读者勾勒出GIS的完整画面, 使读者能够全面地理解GIS的深厚内涵而不至于偏离到某一项特定的软件或学科中去。本书在阐述理论和技术概念以及GIS的应用方面做到了非常好的融合, 这些都源于作者在长期的GIS理论教学和实践应用方面所积累的丰富的经验。无怪乎美国ESRI总裁Jack Dangermond先生这样评价道: 如果读者可以掌握这本书中的知识, 那么他们在这个领域内将会有有一个很好的起点。

本书的组织架构合理, 插图清晰。同本书的前两个版本相比, 第3版中增加了最新的关于标准化工作方面的资料, 增加了最新的关于流行硬件、软件、数据库设计和分析技术方面的内容、全面的成本和收益政策等方面的内容, 以帮助用户对GIS进行选择 and 评估。

在机械工业出版社的推荐和支持下, 我们完成了本书的翻译和审校工作。由于译者水平有限, 书中难免有疏漏和错误之处, 敬请读者指正。

译者

2005年11月

序

在处理全球问题时，用于研究地球以及组成全球环境的人口、自然和文化资源的科学技术在最近50多年来的主要发展使世界上的人们受益匪浅。尤其是在以下方面获得了快速发展：用于地球环境勘测的遥感技术，计算机科学技术，全球电子通信，对地球空间信息的获取以及用于存储这些信息的电子仓库，总之，随着我们步入21世纪，我们将能够同时具备技术和实践的手段，将全世界的人们联合起来去解决世界性的问题，我们必须抓住这个机会。

在这些新近发展的技术当中，处理全球性问题方面最重要的一个组成力量就是地理信息系统（Geographic Information Systems, GIS）技术。虽然只发展了大约30多年，但是GIS技术已经在全世界范围内形成了数额达十亿美元的工业产值，并且正在以每年25%的比例逐步增长，每天为超过100个国家大约一百万人提供服务。

GIS已经在不同规模的问题上得到了广泛的应用，其应用领域从几公顷或一个单一的城市街区发展到全球数据库存储的地理区域，这些区域数据的应用正在变得越来越广泛。GIS已经应用到许多学科领域，去解决相对较大范围的问题。政府、非政府组织、商业和教育机构，目前都在使用GIS技术。而且在未来几年内，一般公共组织的成员将陆续发展成为GIS的用户。事实上，GIS技术已经通过以下几方面证明了它的价值：GIS在应用上的快速发展，GIS技术方面的支出快速增长，以及全世界范围内大量的资源用于生产可以在GIS中使用的、各种不同类型的数字化数据。

另一个方面也表明了GIS技术的价值：与技术的使用相比，GIS教学软件在数量上的增长要更加迅速。为了能使这项重要的教育产业获得成功，针对GIS技术和科学的内容翔实可靠的教科书就显得尤为必要。这本书就是这样一本教材。几年以前，面向GIS技术的基础性教材还很少。那时，学习GIS技术主要或只能通过实践经验。幸运的是，这种情况目前已经改变。我认为这本书编排精细，设计合理，内容翔实；那些在进行空间领域开发和探索过程中将它作为学习和参考资料的人们将会受益匪浅。

在过去的大约30年里，我自己在GIS领域内的工作使我确信为用户提供GIS技术所具有的重要意义。许多人，尤其是那些刚刚接触这个领域的人们可能会感到自己被淹没在GIS的海量信息之中。学生和其他一些刚接触GIS领域的人们需要得到教科书作者们的指导，他们具有这个领域内广博的经验、洞察力和清晰的判断力——他们能够抓住本质、去伪存真，并且提出切实可行的建议。这种宝贵的经验就反映在本书中。

我们也很有必要知道GIS绝不仅仅只是一项技术，与计算机硬件和软件相比，GIS所处理的绝大多数问题都与人们以及他们所使用的程序紧密相连，包括：系统设计，应用程序，GIS在解决实际问题中的高效应用，拓展新的系统，GIS规划和实施等。现实情况是：尽管目前我们可以购买到可靠的GIS硬件/软件系统，并且可以通过购买或交换的方式获取大量的GIS数据，但是我们在创建组织结构、培养经验丰富的职员来支持高效的GIS应用方面却找不到相应的可靠方法。

许多年以前，在思考如何才能使GIS在全世界范围内得到最好的应用的时候，我列出了一

份人员素质清单，其内容是我认为一名GIS技术顾问应该具备的能力，使他们可以成功地将GIS应用到这个世界中的新的学科、新的组织和新的领域。清单中所罗列的智力和个人方面的素质要求是非常严格的，主要是因为我相信GIS技术可以在许多不同类型的问题和情况下都得到应用。这个清单反过来也促使我思考：如何才能发现和雇用这种类型的人才并且培训和教育他们。我们如何才能够饱含无限的热情和耐心去培养他们，使他们具备足够的技术、科学、管理和实践能力；他们应该不只是技术专家，还应该是人道主义者——对人类的疾病富于同情心，并且不会害怕介入其中，而是试图在他们以前经常失败的领域内做出改进和提高。

最后，我认为：这样的人才将必然吸引到GIS技术中来，而且GIS也会提供许多他们已经从其他方面获得的技能。当他们切实认识到GIS技术在解决许多不同种类的问题时所具备的能力时，他们将会为它而着迷。类似于这本书的教材将会推动这个过程，并为提高我们所处的生活环境而做出贡献。

我希望本书的读者们会受益良多。如果我们的目的是去解决我们所面对的城市、荒野以及大气和海洋中的大量问题——地球中的问题可以作为一个整体来对待，那么我们将需要熟练的GIS用户的帮助。如果读者可以掌握这本书中的知识，那么他们在这个领域内将会有有一个很好的起点。

Jack Dangermond

(美国ESRI总裁、享誉世界的ArcGIS的创始人)

前言

从本书的前一版到现在只有不到3年的时间，然而，GIS领域却经历了技术上的飞速发展，而且，总是还有继续提高的空间。在这个版本里，我尽量维持原有的风格，使本书处于介绍性的层次，但同时能够涵盖所有与GIS相关的方面。在章节结构或题材的选择方面没有太大的变化。对技术参考方面的内容做了更新并稍微做了一些扩展。我已经试图去精简某些比较晦涩难懂的内容，同时在某些方面进行了更加深入的探讨，比如参照系统和针对地理数据的几何运算。由国际标准化组织（International Standardization Organization, ISO）、开放式地理信息系统协会（Open GIS Consortium, OGC）、联邦地理数据委员会（Federal Geographic Data Committee, FGDC）和其他组织所实施的标准化工作，在近期成为GIS世界中的一个中心议题，我试图将这部分材料有机地融合到本书中。而且，就像早先的版本一样，我尽量使用简单而又具有指导性的插图来对文字内容进行补充。

要完成这样一本书是离不开其他人的热心帮助的。在这里，我要特别感谢来自挪威国家制图局的工作者：Bjoern Geirr Harsson在第6章“地理参照系统”方面提供的帮助；Morten Borrebæk在第3章“从真实世界到GIS”和第19章“标准和地理空间基础设施”方面提供的帮助；还有Hans Roenning在第9章“遥感”方面提供的帮助。

我还要感谢Mahala Mathiassen，感谢她在这个版本中将所有新加入的内容非常准确地翻译为英文。还要感谢我的出版商John Wiley & Sons的James Harper，感谢他令人愉快而又职业的合作态度。最后，我还要感谢我的妻子和家人，感谢他们在我花费大量时间去完成这本书时给予我的支持和巨大的耐心。

Tor Bernhardsen
挪威Arendal公司

目 录

译者序

序

前言

第1章 地理信息系统和地理信息.....1

1.1 基本概念1

1.2 社会经济学的挑战9

1.3 计算机处理信息的好处16

1.4 GIS用户19

第2章 历史发展：地理数据与GIS20

2.1 发展早期20

2.2 地理信息的首次自动处理22

2.3 微处理器（单片机）23

2.4 近期发展25

第3章 从真实世界到GIS26

3.1 真实世界26

3.2 真实世界模型27

3.3 数据模型28

3.3.1 对象类型（特征类型）29

3.3.2 对象属性29

3.3.3 对象的几何表达30

3.3.4 对象关系31

3.3.5 对象质量32

3.4 测量水平33

3.5 从数据库到GIS到地图33

3.6 传统GIS数据模型的扩展34

3.6.1 多边形重叠34

3.6.2 连续的现象——领域35

3.6.3 不确定性36

3.7 概念归纳36

3.8 地图在数据建模中的作用37

3.9 实体概念的扩展37

第4章 基础数据模型39

4.1 简介39

4.2 矢量数据模型40

4.2.1 生成地图的数据编码41

4.2.2 Spaghetti模型46

4.2.3 拓扑模型47

4.2.4 数据压缩50

4.2.5 矢量数据的存储51

4.2.6 对Spaghetti模型和拓扑模型的评论52

4.3 栅格数据模型53

4.3.1 栅格模型的实现54

4.3.2 栅格数据的编码55

4.3.3 栅格数据的存储56

4.3.4 栅格数据的压缩57

4.3.5 四叉树模型59

4.4 矢量模型与栅格模型之间的自动转换61

4.5 矢量模型与栅格模型比较62

4.6 属性数据与计算机记录63

4.6.1 属性数据的编码和输入64

4.6.2 存储属性数据65

4.7 数字化地图与属性数据的联系65

4.7.1 通过标识符进行关联65

4.7.2 通过几何形状进行关联65

第5章 高级数据模型68

5.1 地形表面的表达68

5.1.1 综述68

5.1.2 网格模型68

5.1.3 不规则三角网（TIN）模型70

5.1.4 其他模型72

5.1.5 输入73

5.1.6 准确性73

5.1.7 实际观测73

5.2 三维对象74

5.3 时间的表达75

5.4 可移动对象模型78

5.4.1 网络模型78

5.4.2 表面移动模型	79	8.8 用户要求	119
5.5 模型的结合	80	8.9 工作环境	119
第6章 地理参照系统	81	第9章 数据采集I	121
6.1 基准面	82	9.1 简介	121
6.2 坐标系统	83	9.2 数字化地图	122
6.3 地图投影	84	9.3 扫描	125
6.4 UTM	85	9.4 手工数字化或扫描	131
6.5 坐标转换	86	9.5 航空摄影与影像解译	132
6.6 高程参照	88	9.6 遥感	134
6.7 相对地理参照	89	9.6.1 校正	137
6.8 离散地理参照系统	90	9.6.2 分析方法	139
第7章 GIS应用中的硬件与通信技术	93	9.6.3 在GIS中集成卫星数据	141
7.1 计算机	93	第10章 数据采集II	142
7.2 网络	95	10.1 测量	142
7.3 显示器	98	10.2 卫星定位系统	143
7.4 数字转换器	98	10.3 摄影测量制图	147
7.4.1 数字化仪	99	10.4 属性数据采集	149
7.4.2 扫描仪	100	10.5 文本数据	152
7.4.3 屏幕数字化	101	第11章 数据质量	154
7.4.4 视频	101	11.1 选择准则	154
7.5 绘图机与其他输出设备	101	11.2 测量准确度和精度	156
7.5.1 喷墨打印机	101	11.3 分辨率和采样率	158
7.5.2 电子绘图仪	102	11.4 数据存储精度	159
7.5.3 热绘图仪	102	11.5 位置准确度	159
7.5.4 影片拷贝机	103	11.6 属性数据准确度	160
7.5.5 评论	103	11.7 时间准确度	161
第8章 GIS的基础软件与数据库	104	11.8 逻辑一致性	162
8.1 GIS软件基础	104	11.9 完整性	163
8.2 操作系统	105	11.10 数据质量综述元素	164
8.3 用户与计算机之间的通信	105	11.11 可访问性	164
8.4 数据库管理系统	107	11.12 可能的误差源	165
8.4.1 文件	108	11.13 质量控制	166
8.4.2 数据库和数据库管理系统	109	第12章 数据库建库和空间索引	167
8.4.3 数据库结构	110	12.1 数据库	167
8.4.4 基于记录的结构	111	12.2 分布式数据库	169
8.4.5 面向对象的数据系统	114	12.3 地图数据库及其索引	170
8.5 计算机辅助设计	116	12.4 分区与索引	171
8.6 多媒体	116	12.5 数据库设计	172
8.7 万维网	117	12.5.1 数据库概念设计	173

12.5.2 数据库逻辑设计	176	第15章 高级分析	201
12.5.3 数据库物理设计	176	15.1 网格和栅格的连通性操作	201
第13章 内部事务处理工具	178	15.1.1 网络操作	201
13.1 简介	178	15.1.2 针对栅格数据的连通性操作	203
13.2 数据输入功能	179	15.2 空间插值和近似运算	204
13.3 导入已有数字数据	180	15.3 模糊分析	206
13.4 数据存储组织	180	15.4 GIS分析模型	207
13.5 几何数据的修改功能	181	15.4.1 地图代数	207
13.5.1 通用功能	181	15.4.2 专家系统	208
13.5.2 错误与遗漏数据的编辑和校正	182	15.4.3 线性组合	209
13.5.3 建立拓扑	183	15.5 GIS分析功能的实际应用	209
13.5.4 参考基准面、地图投影和坐标 系统转换	184	15.5.1 对问题的阐述	209
13.5.5 地图边缘和相邻区域的调整	184	15.5.2 程序	209
13.5.6 坐标稀疏化和线的平滑化	185	15.6 数字地面模型	211
13.6 属性数据的编辑和校正	186	15.7 水文建模	216
第14章 基本空间分析	187	15.8 GIS在工程学的作用	217
14.1 空间信息分析	187	第16章 可视化	218
14.2 逻辑运算	188	16.1 理论基础	218
14.3 通用算术运算	188	16.1.1 从数据到显示	219
14.4 通用统计操作	188	16.1.2 地图工具	219
14.5 几何运算	189	16.2 制图综合	224
14.5.1 质点和交点的计算	189	16.3 选择地图符号	225
14.5.2 距离计算	190	16.4 GIS在地图传输上的局限性和潜力	226
14.5.3 面积计算	191	16.5 总结	228
14.5.4 体积计算	191	第17章 GIS的抉择——组织篇	229
14.6 属性数据的检索和报表生成	192	17.1 技术与组织	229
14.7 几何数据的检索和提取	192	17.1.1 历史背景	229
14.8 属性数据的复杂操作	192	17.1.2 跨越门槛	230
14.9 分类和重新分类	194	17.1.3 GIS的冲击	231
14.10 几何数据和属性数据的综合处理	194	17.2 组织事务中的阶段	231
14.11 叠加	195	17.3 发展经营理念、确定目标	232
14.11.1 多边形叠加	195	17.4 对当前的任务、用户、数据和数据流 进行评估	232
14.11.2 点与多边形的叠加	197	17.5 总结其他人的GIS经验	233
14.11.3 线与多边形的叠加	197	17.6 确定用户需求	234
14.12 缓冲区	197	17.7 财务评估——成本—收益分析	235
14.13 栅格数据叠加	198	17.7.1 理论基础	235
14.14 综合数据分析的过程	199	17.7.2 负面效应: 成本	236

17.7.3 正面效应: 收益	237	18.3 合同	258
17.7.4 量化和分析	237	18.4 数据库设计技术	259
17.7.5 获得收益的前提条件	239	18.5 创建数据库	260
17.7.6 敏感性分析	239	18.6 系统操作和维护	260
17.7.7 对成本-收益关系的分析	239	18.7 安全防卫措施	261
17.7.8 对不可量化效应的评估	240	18.8 新应用的评估	261
17.8 制定战略规划	240	第19章 标准和地理空间基础设施	263
17.8.1 引进的方法	241	19.1 标准简介	263
17.8.2 哪些将变成自动的	242	19.2 标准化元素	264
17.8.3 起始日期	242	19.3 标准转换格式	266
17.8.4 投资水平	243	19.4 特殊标准化元素	270
17.8.5 地理和主题的范围	243	19.5 应用层次上的标准化	271
17.8.6 未来的数据流	244	19.6 元数据	273
17.8.7 组织方面的事务	244	19.7 地理参照数据基础设施	276
17.8.8 人员和培训	246	19.7.1 原则	276
17.8.9 预算和财政	247	19.7.2 组织框架	278
17.9 建立逻辑数据模型	248	19.8 数据访问和数字图书馆	279
17.10 建立国家地理数据库, 开发新的 经营模式	248	第20章 建设GIS中的困难	280
第18章 GIS的抉择——技术篇	251	20.1 所有权和版权	280
18.1 示范项目	251	20.2 成本回收与定价	281
18.2 GIS的软硬件选择	252	20.3 公共或者私有组织的地理数据	282
18.2.1 采购准则	252	20.4 一个有关国家地图服务策略的实例	282
18.2.2 选择及实施阶段的组织	253	20.5 数据安全	283
18.2.3 设计需求及系统规格指标	253	第21章 对未来的展望	284
18.2.4 征求提案	255	参考文献	287
18.2.5 系统评估	255	索引	292

第1章 地理信息系统和地理信息

1.1 基本概念

当今社会非常依赖计算机以及经过计算机处理过的信息，我们几乎是在不知不觉中使用它们。在过去的几十年中，我们已经开发了非常复杂的系统来加工和处理以计算机可接受的形式进行表达的数据：0和1组成的字符串，或比特（二进制数字）。如今已经证实，用这种简单而又通用的形式不仅可以表达数字和字母，而且可以描述声音、图像，甚至是地图的内容。事实上，比特流无论是通过电话线高速传输，还是详细地存储在CD-ROM（压缩磁盘一只读存储器）中，都很难区分它们是在描述莫扎特的协奏曲还是最新的股价。不同于以前的大多数技术，计算机技术在信息处理方面获得成功，部分原因是由于它具备以一种普及的方式去存储、转换和处理极为广泛的信息类型的能力。

计算机的使用为我们交流信息、分析周围的环境、做出决策等方面开辟了崭新而广阔的前景。对真实世界进行表达的数据能够被计算机存储和处理，因此可以被进一步简化以适应特定的需要。我们大多数的决策依赖于我们当时环境的细节，并且需要关于地球表面特定位置的信息。这样的信息称为地理信息，因为它能够帮助我们区分不同的地区，并且可以针对适合那个地区的相应位置来制定决策。地理信息使我们可以依据每一个位置的特定情况来运用普遍的原理，追踪在任何地方发生的事情，并且可以帮助我们了解不同地区的差别（见图1-1）。因此，地理信息对现代社会中的有效规划和决策制定是必不可少的。

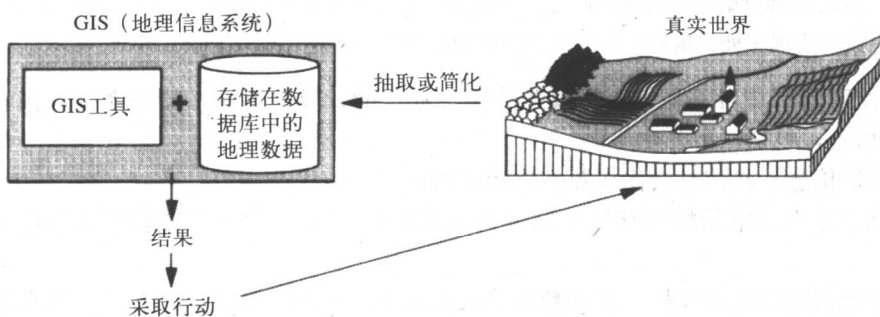


图1-1 GIS试图成为一种改善日常生活的手段。因此，它的重要性在于：从数据处理结果得到的信息将用于指导真实世界

我们过去习惯地认为地理信息是以地图、航空照片以及卫星影像的形式存在。因此，要想从一开始就理解地理信息也可以用0和1这样的数字化形式进行表达，可能会比较困难。解决这个问题是本书的重要目标之一。事实上，许多问题的存在都是促成这本书形成的原因。如果我们能够用数字化的形式来表达一幅地图或者影像的内容，计算机的威力就会为通信、分析、建模以及准确决策开创巨大的潜力空间（见图1-2）。同时，我们必须时常清醒地认识

到：地理现象的数字化表达不等于地理现象本身——任何数字化的表达方式都只能达到某种程度上的相似。

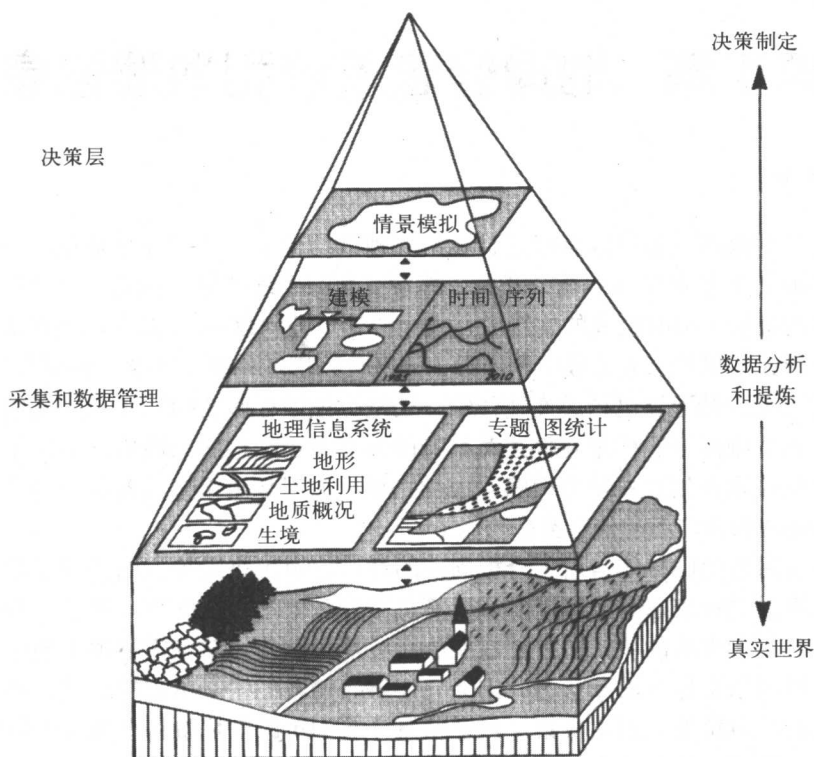


图1-2 通过使用地理信息系统，一个简化了的世界可以用计算机来进行表达。许多技术可以用来对数据进行分析 and 简化，并成为决策支持金字塔的基础。今天，地理信息系统的发展正处在填充金字塔上半部分的过程中（图免费来源于Grossman, 1983）

从20世纪70年代中叶开始，就开发出许多专业化的计算机系统，这些系统采用各种手段来处理地理信息，包括以下几个方面：

- 输入地理信息，将信息转化成数字化形式的技术。
- 将这类信息以压缩的格式存储在磁盘、压缩磁盘（CD）以及其他数字化存储介质上的技术。
- 对地理数据进行自动分析、完成数据样式的搜寻、不同种类数据的合并、数据测量、最佳地点或路径的获取以及其他许多相关任务的方法。
- 对各种不同情况下的结果进行预测的方法，例如气候变化对植被的影响。
- 以地图、影像和其他格式的形式来表达数据的技术。
- 以数字和表格的形式输出结果的能力。

这类系统共同的名称是地理信息系统（geographical information system, GIS）。首字母的缩写词GIS所表示的已经不仅仅是一个用于处理、存储和分析地理数据的软件系统。GIS已经成为数字化技术的“热门”应用领域，它的软件产业在多年来一直以每年20%以上的速度增长。最新统计数据表明GIS软件的年销售额超过8亿美元。术语GIS已经逐渐与任何包含数字

化地理数据的活动相关。我们现在经常谈论GIS数据、GIS决策，甚至GIS系统。

尽管很容易就能购买到GIS的有机组成部分（计算机硬件和基础软件），但是，系统只有在以下几种条件都具备的情况下才会发挥作用：具备可利用的、必不可少的专业技术，经过编辑处理的数据，经过组织的必备程序，为适应需求经过重新修改的程序等。尽管计算机系统能够以近乎闪电的速度运行，然而完成GIS项目需要长达数月甚至数年的时间。综合的GIS在各个方面都是相互联系的（见图1-3）。通常，获取计算机的硬件和软件是至关重要的，却也很简单。然而，最令人头疼的问题是对所需具备的专业技术估计不足，对数据的编辑昂贵而又费时，以及组织问题。综合的GIS的这些方面会在后面进行详细讨论。

3



图1-3 GIS系统不能从物品架上购买到。系统必须在一个组织内部进行搭建。在计划引进GIS的同时，需要对GIS链中的四个环节都给予同等的重视

依据惯例，地理数据通过使用符号、线条和颜色在地图上表示。大部分地图有图例，在图例中这些元素被列出并加以解释，例如，用一条粗的黑线表示主干路，一条细的黑线表示其他道路等。不同类型的数据能够添加到一个共同的坐标系统中。这样的话，一幅地图不仅仅是一个进行外在展示的有效手段，而且也是一个存储地理数据的仓库。但是这样就产生了一种局限性：一般情况下，被存储的信息是用一种特殊的方法，为了某种特定的目的而进行处理和展示。改变其表现形式是很不容易的。一幅地图提供了一个地理现象的静态表达画面，它几乎是一种面向多种用户需求的一种折衷方式。然而，地图是一种重要的公共财产。在挪威进行的调查表明：通过使用地图而获得的利益是生产地图全部成本的三倍。

与地图相比，GIS具备与生俱来的优点，即，将数据存储与数据表示进行分离。所以，数据可以以不同的方式进行表示和观察。一旦它们被存储在计算机中，我们就能够放大或者缩小一幅地图，显示所选择的区域，计算不同地点之间的距离，提供图表以反映地图上出现的地理特征细节，在地图上添加其他的信息，甚至为零售店寻找最好的地点。实际上，我们能够基于某种单一的数据源生产出许多有用的产品（见图1-4）。

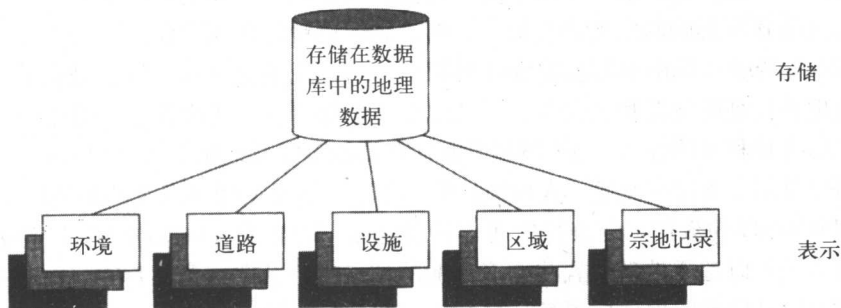


图1-4 一幅地图既是一个展示的媒介也是一个存储的媒介，具有局限性。在GIS中，存储和表示是分离的，因此基于相同的基础数据就能够生产出各种各样的产品

GIS的定义

当前, 术语地理信息系统 (GIS) 用来表示基于计算机处理地理数据的能力。GIS不仅包括硬件和软件, 也包括用来输入地图和生产地图产品的特殊设备, 以及用来连接各种不同元素的通信系统。GIS的硬件和软件的功能如下:

- 采集和验证
- 编辑
- 存储
- 更新和改变
- 管理和交换
- 处理
- 检索和表示
- 分析和合并

这些功能和操作被GIS应用到组成其数据库的地理数据上。

GIS中的所有数据都具有地理参照, 也就是说, 数据通过某个坐标系统与地球表面中的一个特定位置发生联系。最通用的坐标系统之一是经度和纬度坐标系统。在这个系统中, 地理位置与赤道和经过英国格林威治的零经度线相关。另外还有许多其他的坐标系统, 并且任何GIS都应该具备将其地理参照系统从一个系统转换到另一个系统的能力。

地理信息包含许多与地理位置相关的性质和特征 (见图1-5)。这些性质可以是物理参数, 如地面海拔、土壤湿度、大气温度, 也可以是根据植被、土地所有者、地域等进行的分类。像突发事件、洪水或塌方这类事件也属于这个范围。我们经常使用术语属性 (attribute) 来表达与位置相关的性质和特征, 并将位置和属性作为地理信息的两个基本要素。

在某些情况下, 性质通过点来表达, 但在表达地球表面更为复杂的地物特征时, 需通过线和面。这样, GIS需要存储地物特征的完整的地图形状, 而不是一个简单的坐标位置。经常用地图形状进行描绘的地物特征包括湖、城市、国家、河流和街道, 每一个地物特征都具有它们自己可用的属性集合。当一个地物特征用来作为一个统计分析的区域时, GIS中的大量信息都可以用作这个区域的属性。例如, 在做市场调研时, 经常用邮政编码作为人口统计、购买习惯以及住房市场报告的基础。

地理特征之间的关系常常能够提供关键的信息。例如, 供水系统管网的连接对于消防队员来说是至关重要的, 他们需要了解在灭火时需要关闭哪一个阀门来增加水压。如果需要对所有受到高速公路建筑影响的宗地进行记录, 那么靠近道路的宗地的详细资料是必不可少的。如果要利用GIS去帮助司机在不熟悉的城市里驾车, 那么街道之间的关联就是很重要的。GIS除了可以存储地物特征的位置和属性外, 还能够存储地物特征之间的关系, 而这一方面最能体现出这项技术的优势和灵活性。一些GIS甚至能够存储流量以及地物特征之间的关系的其他量度值, 这些数据可以用来支持在交通、人口统计学、通信、水文地理学以及其他领域中的应用。

在GIS中存储的数据可以进行处理, 并以地图、图表或者特殊的格式进行表示。GIS的一个主要能力是可以基于地理位置将众多零散的信息进行关联 (见图1-6)。由于在GIS的数据库中, 每一项信息记录的地理位置都是可知的, 因此, 通过应用GIS技术, 可以将一个地方地下水的质量数据与当地居民的健康数据发生关联, 以此来预测一个区域的植被如何随着气候变暖而发生变化, 或者可以将发展提案与土地利用的限制条件进行对比。这种相互叠加数据的

能力赋予GIS独特的优势，它可以帮助我们基于地理位置来制定决策，并预测那些决策可能产生的结果。要实现这个目的，惟一的必要条件是：每一种来源的地理信息都是在统一的地理参照系统内进行表达的。

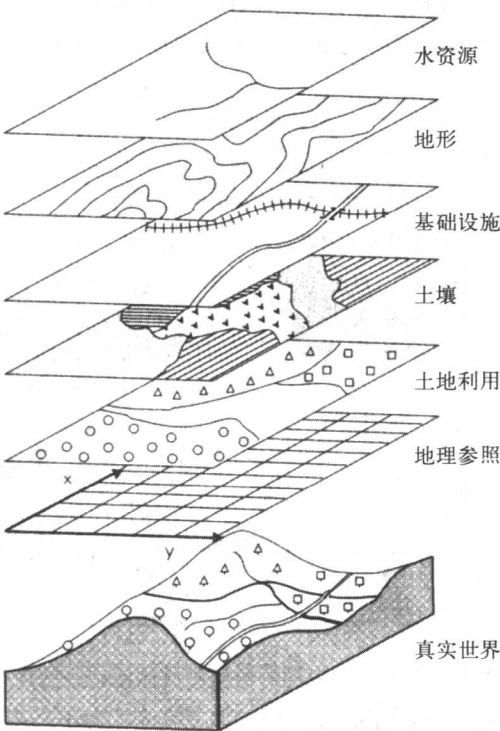


图1-5 在计算机中，可以按照专题层来存储和表达地理数据，其中每一个专题层都与一个共同的地理参照系统相关

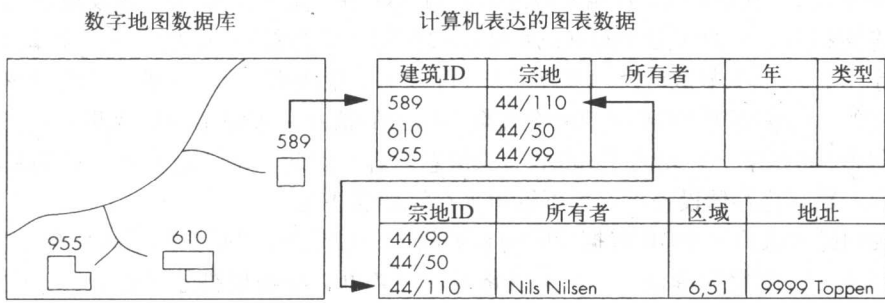


图1-6 在数字地图数据库与计算机表达的图表数据相互作用的基础上，GIS如何发挥作用

GIS能够处理具有地理参照的数据，并能提供相关问题的答案，比方说：一个给定位置的详细情况，所选择现象的分布状况，由早先的分析所引起的变化，一个指定事件的影响，或者一个地区的关联关系和系统模型。它能够对具有地理参照的数据进行分析以决定两点间的最短路径；可以通过衡量特殊用途土地的适用性来帮助解决规划中的冲突问题。

许多新近的GIS能够处理来源广泛的数据，包括：从地图上获取的数据，从空间卫星上获取的地球影像，从低空飞行器上拍摄的电视片，来源于已公布的表格中的统计数据，照片，来源于计算机辅助系统（computer-assisted design, CAD）的数据，以及通过因特网和其他网络进行电子传输的档案数据。数据集成是GIS最有价值的功能之一，被集成的数据很可能来源于多种不同的媒介——在GIS的研究和发展中，多媒体是一个活跃的领域（见图1-7）。

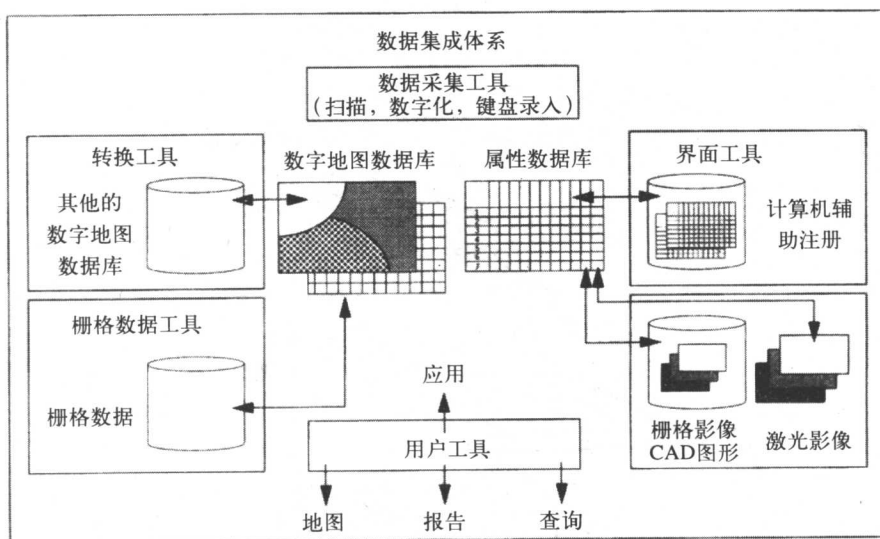


图1-7 GIS正在逐渐成为一个具有代表性的数据集成体系，一些现代化的系统能够获取、处理和转换各种不同来源的数据（图形免费来源于ESRI）

在技术上，GIS组织和开发数据库中的数字化地理数据。正如原先所提到的，这些数据包括位置、属性以及地物特征之间关系的信息。因为数据库的存储能力与真实世界的复杂性相比是极其微小的，所以数据库只能近似地表达真实世界，而且数据库的建设成本与真实世界的复杂性直接相关。一本10万字的书以数字形式存储，大约需要1百万字节（计算机存储的通用单位是字节，一个字节是8位，1兆字节比1百万字节稍微多一点）。在一幅地形图上的信息是相当密集的，通常需要100兆字节来存储数字形式的信息。来源于地球观测卫星上的一幅单景图可能包含300兆字节，相当于300本书的信息内容。因此，即便对真实世界的复杂性进行粗略的近似，数字化存储设备也远远不够用来存储地理信息。

尽管我们经常认为一个GIS数据库的内容等同于一幅地图，但是它们之间具有重要的差别。在一幅地图上，一个地理特征，如一条道路或者一条电力线是用符号来表示的，使用绘图元素是为了让地图的读者更容易理解（见图1-8）。在地理数据库中，一条道路或者一条电力线是由通过直线相互连接的、有序的点的集合来表达的，在显示的时候其符号需要重新添加到它上面。一个风车表示成一个单一的点，“风车”这个属性，当显示的时候由一个符号替代。这种方式比较节省存储空间，因为风车符号的几何形式只需要存储一次，而不用在每一个风车的位置上重复存储，这也使得分析更加有效。

数据库在所有的地理信息系统中都是至关重要的，因为它允许我们以结构化的方式存储地理数据，从而为更广泛的用途服务。通过使用数据库管理系统（database management