

实用地理信息系统

——成功地理信息系统的建设与管理

陈俊 宫鹏 著



科学出版社

实用地理信息系统

——成功地理信息系统的建设与管理

陈俊 宫鹏 著

科学出版社

内 容 简 介

本书是作者根据多年从事地理信息系统(GIS)项目开发与管理的实际经验,从实用的角度探讨、研究地理信息系统理论与技术的专著。书中首先阐明了GIS的基本内容和应用范围,地理空间数据的特点与类型;再详细叙述了GIS数据库设计与开发的过程和步骤,GIS项目管理的内容、方法与过程;最后概要介绍了与GIS有关的标准化组织及其标准,预测了GIS未来5~10年的发展方向。

本书内容新颖、实用,叙述深入浅出,可供各个领域的GIS开发者、管理者、使用者和大专院校有关专业的师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用地理信息系统/陈俊,宫鹏著. —北京:科学出版社,1998.6
ISBN 7-03-006719-3

I. 实… II. ①陈…②宫… III. 地理信息系统 IV. P91

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第11262号

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998年6月第一版 开本:787×1092 1/16
1998年6月第一次印刷 印张:12¼
印数:1~2000 字数:280 000

定价:24.00元

序

陈俊女士与官鹏博士是一对活跃在地理信息系统 (GIS) 领域的青年学者, 改革开放后, 他们从中国去北美留学, 由于勤奋和聪明, 很快就成为遥感和 GIS 界才华出众的精英。陈俊女士称得上是一位推广和应用 GIS 的实业家, 而官鹏博士就任于美国加州大学伯克利分校, 成了终身教授。他们人在美洲, 心想祖国, 看到国内的 GIS 建设轰轰烈烈, 愿将多年从事 GIS 教学科研, 尤其是 GIS 开发的经验和国际发展动向介绍给国内同行, 以避免在我国 GIS 开发的起步过程中走不必要的弯路, 从而使我国的 GIS 事业能够持续和健康地发展, 为国家富强、人民幸福和社会可持续发展做出实实在在的贡献。

地理信息系统是采集、储存、管理、分析、描述、显示和应用与空间和地理分布有关数据的空间信息系统, 是由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成的问答系统 (智能化的 GIS 还包括知识)。需要强调的是, 用户是信息系统服务的对象, 也是操作和管理信息系统的主人。

GIS 以技术为导向, 以应用为目的, 所以一个十分重要的任务是把信息技术告诉用户, 让他们用信息高科技来回答和解决所面临的问题。本书作者抓住了这个结合点, 从实用的角度来探讨、来研究、来应用地理信息系统的理论和技术, 这正是我国广大 GIS 用户十分渴求的。

本书共分七章。在第一章中, 作者从 GIS 的定义、内容与应用出发, 归结到为什么提出实用地理信息系统 (Practical GIS), 点出主题。接着在第二章到第四章中讲述实用地理信息系统的数据、数据库设计和项目管理, 侧重讲“做什么”和“如何做”, 紧扣实用化。第五章介绍最近兴起的因特网技术及其在 GIS 中的应用。第六章介绍 GIS 系统的标准。最后一章则展望实用 GIS 的发展趋势。

全书内容新颖、实用, 叙述深入浅出, 既反映了作者在 GIS 理论上的独特见解, 又集中了作者多年从事 GIS 项目的丰富实验经验。我相信广大读者一定会从本书中学到实实在在的知识、技术和实用方法, 从中获得启迪和帮助。愿本书能成为我国 GIS 产业界的良师益友, 愿我国在海外从事 GIS 工作的青年一代能不断地为祖国的现代化建设做出贡献!

李德仁

于武汉珞珈山下

1998年3月24日

地理信息系统工作者的佳音（代序）

本书的书名告示了其编辑出版的目的。作为以“实际应用”为宗旨的地理信息系统技术的专门读物，源于作者良好的理论功力和多年上下求索的结晶。

地理信息系统是计算机技术的一种新的应用，因计算机技术的出现应运而生，伴随着计算机技术的推进而不断发展；由初始状态逐级向上升爬，由高楼深院逐步走向广阔天地，纵观其 30 余年的风风雨雨，是一部合乎逻辑的历史。在地理信息系统技术刚刚跨进应用领域的门槛时，犹如一位游泳初学者，呛了几口水，但勇敢的探索者并没有因此而退却，奋起攀登，并在城市的各个领域取得重要的突破。进入 90 年代，地理信息系统技术已不再是“阳春白雪”，而已大踏步进入“寻常百姓”家中。《实用地理信息系统》一书是成功的启示。恒古以来，新事物总是从挫折走向成功的。

地理信息系统是一门多学科综合应用技术：从计算机技术一侧来看，其主体是空间数据库技术；从数据收集一侧来看，其主要是 3S (GIS/GPS/RS) 技术的有机结合；从应用一侧来看，其主体是数据互访和空间分析决策的专门技术；从实际应用领域一侧来看，其主体是城市；从信息共享一侧来看，其主体是计算机网络专门化技术，技术难度不同平常。鉴于此，作者采用了通俗读物常用的笔触，把理论和经验融会贯通，由浅入深，由表及里，由此及彼，阐明了地理信息系统技术的原理、本质以及应用技巧。

80 年代初期，地理信息系统技术逐步走向市场；90 年代以来，“项目开发”市场化趋势日益增强，地理信息系统技术整体开发走向成熟。因此从发挥社会的整体效应出发，用户单位由自主开发走向采取“项目”委托开发的方式，这是市场经济法则驱动的必由之路。本书特辟地理信息系统项目管理章节，为地理信息系统用户提供走入市场的抉择依据。

本书是一本优秀的科技读物，是理论和实践相结合的产物，以成功实例为背景，用比较研究的方法，为本书的主线拓展空间，使读者阅后凭添一份“踏实”的感觉。

本人从事地理信息系统开发工作已有十余年历史，本就盼望一本适用于地理信息系统技术人员的，以“实用”为主的地理信息系统技术专门读物，本书不失为一成功典范。

衷心感谢陈俊女士和官鹏先生给广大地理信息系统工作者带来的佳音。

简逢敏

于 1998 年春节

• iii •

前 言

利用计算机处理和传输地理空间数据,用于政府和企业决策,这在世界范围内已受到广泛重视。使地理空间数据的储存、管理、处理、分析及传播成为可能的一个关键技术是地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术。在美国, GIS 技术及其应用几近家喻户晓。在我国, GIS 及其相关技术也被列入国家十五项重中之重的高科技发展项目之中。为了加强国内外在 GIS 技术方面的交流,使我国在这一高技术领域尽快赶上世界先进水平,近年来国内科研机构不断与国外的科技机构和学者合作举办讲座或培训班。在原国家科学技术委员会、国家自然科学基金委员会、中国科学院等部门领导以及中国海外地理信息系统协会的支持下,我们自 1995 年以来也对此进行了尝试,曾先后在北京大学、北京师范大学、南京大学、武汉测绘科技大学、华东师范大学、中国科学院遥感应用研究所、上海市城市规划管理局、四川省寄生虫病研究所等单位举办讲座或高级研讨班,交流在 GIS 与遥感技术方面的研究心得。然而,在与国内非学术单位同行们的交流过程中,我们深深地感到,要在实际生产中充分发挥 GIS 的作用,仅仅在学术层面交流研究成果是不够的,国内迫切需要面向生产单位需求的实用 GIS 开发经验。由于介绍这方面开发经验的书籍很少,所以我们决定撰写本书。

本书第一章叙述 GIS 的基本内容及应用范围。第二章介绍 GIS 的操作对象——地理空间数据及其特点和主要类型,它是全书、尤其是下一章的基础。第二章除了介绍地理坐标体系、地图投影、航空摄影测量、遥感与地图制图等地理数据的基础概念以外,还介绍了全球定位系统、地理数据误差的模拟与估算方法以及美国广为应用的 TIGER 数据文件。第三章详细叙述 GIS 数据库设计与开发的全过程及步骤。第四章详细介绍 GIS 项目管理的内容、方法与过程。第三、四章是作者多年来从事 GIS 项目开发与管理的工作经验总结。第五章简单介绍支持 GIS 数据共享的因特网技术及两个 GIS 应用实例。第六章概要介绍与 GIS 有关的不同层次的标准化组织及其标准。第三章和第五章适用于从事 GIS 开发的工程技术人员,而第四章和第六章更适于 GIS 项目管理人员。第七章展望 GIS 未来 5~10 年的发展方向。

本书得以按时完成,仰赖国内外许多老师和同行们的关怀和支持。美国 HJW 公司 Chris Nicolas 为我们提供了不少参考材料。武汉测绘科技大学李德仁校长和上海市城市规划管理局简逢敏局长在百忙中抽时间为本书作序。南京大学陈丙咸教授、韩同春教授,武汉测绘科技大学龚建雅教授、杜道生教授,香

港的周启鸣教授，以及在国外工作的庄昕博士、夏福祥博士、朱阿兴教授、柳林教授、李斌教授、裴威工程师、曾小明博士和毛婉红工程师审阅了本书有关章节，提出了许多宝贵意见。宫鲲先生、赵俊女士打印了部分书稿。在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平和时间所限，书中错误难免，敬请读者不吝指正。

目 录

序

地理信息系统工作者的佳音(代序)

前 言

第一章 地理信息系统概论	(1)
§ 1.1 定 义	(1)
§ 1.2 基本内容	(2)
§ 1.3 应 用	(3)
§ 1.4 实用地理信息系统	(4)
第二章 实用地理信息系统的数据	(6)
§ 2.1 空间数据的基本特征	(6)
§ 2.2 数据的测量尺度	(8)
§ 2.3 数据来源	(9)
§ 2.4 地图投影.....	(10)
§ 2.5 全球定位系统.....	(13)
§ 2.6 航空象片.....	(15)
§ 2.7 遥感数据.....	(23)
§ 2.8 地 图.....	(29)
§ 2.9 数据质量.....	(38)
§ 2.10 TIGER 文件	(49)
第三章 地理信息系统数据库设计	(55)
§ 3.1 地理信息系统数据库及其设计.....	(55)
§ 3.2 用户需求分析.....	(57)
§ 3.3 概念化设计.....	(63)
§ 3.4 详细设计.....	(73)
§ 3.5 实施规划.....	(82)
§ 3.6 试点项目.....	(87)
§ 3.7 数据库实施.....	(89)
第四章 地理信息系统项目管理	(90)
§ 4.1 项目管理范畴.....	(90)
§ 4.2 项目规划.....	(95)
§ 4.3 项目进度安排	(101)
§ 4.4 项目财政预算计划	(106)
§ 4.5 人事管理	(111)

§ 4.6	质量与合同责任的管理	(117)
§ 4.7	项目财务管理	(119)
§ 4.8	项目执行的监督与管理	(120)
§ 4.9	项目收尾工作及其管理	(125)
第五章	计算机网络技术在地理信息系统中的应用	(128)
§ 5.1	网络与因特网技术的基本概念	(128)
§ 5.2	因特网的主要应用	(140)
§ 5.3	因特网技术在地理信息系统中的应用	(142)
§ 5.4	典型地理信息系统万维网网址介绍	(149)
§ 5.5	因特网地理信息系统实用项目举例	(151)
§ 5.6	因特网地理信息系统	(155)
第六章	地理信息系统标准化介绍	(157)
§ 6.1	地理信息系统标准的主要内容	(157)
§ 6.2	主要标准化组织及其活动介绍	(157)
§ 6.3	标准的制定过程	(165)
§ 6.4	主要地理信息系统标准介绍	(167)
第七章	实用地理信息系统发展趋势与展望	(177)
	主要参考文献	(182)

第一章 地理信息系统概论

信息及其通讯已成为现代社会发展的重要部分。信息来自于用符号表达的数据的解译，是数据的内涵，而数据是信息的载体。信息的价值取决于它的现势性、实用性及搜集和处理它的代价。

信息系统可分为业务处理系统和决策支持系统两类。业务处理系统侧重于往来业务的记录与操作，如银行帐户管理和航运订票系统的管理，其步骤一般可以进行明确定义。决策支持系统侧重于处理、模拟和分析，它为政府官员、公司经理等管理者进行决策服务，其典型应用包括指挥战争、应急处理（如救灾、救护）、市场分析等。它们要求有灵活的信息提取和策略选择功能。各种信息系统具有以下共同特点：所存信息须经过有效的组织以便于提取，信息的使用权有严格的管理规定，系统内的信息和技术必须随时间不断地进行维护和更新，系统管理者及用户应不断地得到培训等。

地理信息系统是一种决策支持系统，拥有信息系统的各种特点。它与其他信息系统的主要区别在于其存储的信息是经过地理编码的。地理位置及与该位置有关的地物特征属性信息成为信息检索的重要部分。在地理信息系统中，现实世界被表达成一系列的地理特征，这些地理特征至少有空间位置参考和非位置信息两个组成部分。地理信息系统有时被称作空间信息系统；其实“空间”比“地理”有更广泛的含义，它包括从原子及分子结构、生物体的部位到星体格局等各种尺度的空间位置，而“地理”主要指与人类活动最密切的地表空间。

§ 1.1 定 义

从功能上，地理信息系统（GIS）一般被定义成一个获取、存取、编辑、处理、分析和显示地理数据的系统。地图也可称作为一个地理信息系统。但是地图一旦被制作完成，用户便在很大程度上受制于地图制作者对数据进行的编辑处理及地图比例尺所决定的数据详细程度，对信息的提取取决于用户对地图的理解程度，而且一般难以定量分析。而 GIS 一般是指具有上述功能的计算机系统。

从内容上，GIS 被定义为一个包含了计算机软、硬件，地理数据和专业人员的系统。在 GIS 开发利用过程中，尤其重要的是人员要随着计算机技术的迅速发展而不断跟踪新的技术进步或不断受到培训，数据要随时间不断得到更新。

从产生和发展过程看，GIS 是应社会对信息管理的需要而产生的。如被认为世界上最早的 GIS——加拿大 GIS，便是在 60 年代初应加拿大环境部对加拿大土地资源调查和资源信息更新的需要而产生的。GIS 技术的发展吸取了地理学、测量学、制图学、电子工程和计算机科学营养，特别是计算机制图（Computer Cartography）、数据库管理（Database Management）、计算机辅助设计（Computer-Aided Design, CAD）、遥感和计量地理学，这些学科的发展为 GIS 技术的发展创造了条件。有人甚至认为 GIS 是前四个学科的交叉领域或者是

它们的总合 (Maguire, 1991)。计算机制图着重于数据分类和自动符号表达; 计算机辅助设计偏重于设计并对所设计的物体用图形符号进行表达; 数据库管理系统主要实现对非图形数据的优化存储和提取; 遥感是关于从一定距离使用各种传感器获取特定目标的各种图象, 并对这类图象进行处理和分析以提取信息的技术。GIS 与这些学科的主要区别在于它的空间分析功能, 如以地理位置或空间范围作为信息提取的索引和对多层数据进行叠加 (叠合) 处理等。

从学术上, 人们对 GIS 有以下三种观点: 地图观、数据库观和空间分析观。持地图观的人主要来自景观学派和制图学派, 他们认为 GIS 是一个地图处理和显示系统, 在该系统中每个数据集被看成一幅地图、或是一个图层 (Layer)、或专题 (Theme)、或覆盖 (Coverage); 这些地图常常以格网的方式储存, 可以通过各种逻辑运算以达到整合信息和搜寻空间模式的目的, 从而可以产生新的地图 (Berry, 1987)。持数据库观的人主要来自计算机学派, 他们强调优化设计对建立数据库和有效存取数据的重要性 (Frank, 1988)。持空间分析观的人主要来自地理学派, 他们强调空间分析与模拟的重要性, 并提出地理信息科学的概念 (Goodchild, 1992; 1995)。

§ 1.2 基本内容

GIS 的基本内容可以从表 1-1 和表 1-2 所列教程得以了解 (Unwin, 1991)。

表 1-1 美国地理信息与分析中心 GIS 教学大纲

一、GIS 概论	引言, 硬/软件, 栅格 GIS, 数据获取, 空间数据的性质, 空间现象及关系, GIS 的功能, 栅格/矢量数据模型对比及相关问题
二、GIS 技术问题	坐标系统及地理编码, 矢量数据结构及算法, 栅格数据存储, 关于地表的数据结构和算法, 客体与时间, 数据库, 误差模拟与数据不确定性, 可视化
三、GIS 的应用	GIS 应用领域, 决策支持, 系统规划, 系统实现, GIS 新方向

表 1-2 Unwin GIS 教学大纲

第一部分	GIS 概论 GIS 的定义及历史, 做为商品的数据和信息, GIS 的应用潜力实例
第二部分	GIS 的制图与空间分析概念 空间数据类型, 地理参考, 地图投影, 坐标变换, 空间的基本概念, 对点、线、面和表面的基本操作
第三部分	计算机环境下的实现 不同层次信息的数字表达, 数据模型 (栅格、矢量、面向对象), 误差, 矢量/栅格辩论, 计算机技术的进展
第四部分	GIS 操作 硬件, 数据存储媒介, 处理器及处理环境, 显示, 生产系统举例
第五部分	GIS 应用 应用领域, 全球尺度上的应用, 用 GIS 制定决策, 项目管理, 价格-效益分析
第六部分	机构问题 数据使用权, 质量保证与标准, 法律意义, GIS 管理, 教育和培训

从上述两表可以看出, GIS 的内容主要包括: ①有关的计算机软/硬件; ②空间数据的获取及计算机输入; ③空间数据模型及数字表达; ④数据的数据库存储及处理; ⑤数据的共享、分析与应用; ⑥数据的显示与视觉化; ⑦GIS 的项目管理、开发、质量保证与标准化; ⑧GIS 机构设置与人员培训等。现有的中文 GIS 书籍主要介绍前六个方面的内容(黄杏元和汤勤, 1989; 李德仁等, 1993; 宋小冬和叶嘉安, 1996)。由于计算机技术在近三年来向网络化方向迅速发展, GIS 也相应地趋向于网络化, 同时 GIS 技术在实用程度上不断提高, 使得各类 GIS 系统开发、数据开发越来越成熟, 因此本书将从实用的角度来介绍 GIS 技术及管理。

§ 1.3 应用

尽管 GIS 有着广泛的应用潜力, 但是它的应用仅仅在少数领域比较成熟, 例如地图制图与数据发行、自然资源管理评价、城市与区域规划以及在美国、加等国的人口普查。GIS 在许多其他领域的应用才刚刚起步, 包括商务应用、市政基础设施管理、公共卫生及安全、油-气及其他矿产资源的勘测、交通管理、房地产开发与销售等。多数应用是在各级政府部门实现的。据美国联邦数字制图多部门协调委员会的一份调查 (PlanGraphics, 1997), 早在 1990 年美国联邦政府已有 62 个机构使用 GIS, 其中 18 个已用于常规作业。联邦各部门的主要应用包括:

(1) 地形制图: 高程模型, 坡度、坡向制图, 通视图制图等。这类应用主要在美国地质调查局 (USGS) 和国防制图局 (DMA) 进行。

(2) 导航系统: 空中管制、机上导航数据生产、海图制作等。美国国家海洋事务局正在建立用于实时导航的电子海图。美国邮政局则用人口普查数据配以自己开发的计算机软件对邮件的收发路径进行模拟。美国联邦高速公路管理局正在建立能够帮助减缓交通阻塞的电子导航系统。

(3) 铁路网络模拟模型: 国家铁路网络模型、国家铁路防御基础网络等。

(4) 矿产资源评价: 地质制图、矿产资源评价、工程地质、地质灾害等。美国矿物局使用 GIS 在美国西部 11 个州开展矿物潜力评价, 并将这些评价与各级政府制定的土地法规结合起来以确定开采方案。

(5) 环境评价与监测: 环境影响评价、灌溉适宜性评价、污染评价、土壤保护、洪水制图等。例如, USGS 与 EPA 合作将 60 多种科学和自然资源数据整合到一起, 被 15 个联邦机构用于清理受到严重污染的伊丽莎白河流域。

(6) 专题地图制图: 人口、社会经济、各种州县数据制图、选区、都市区制图等。美国联邦人口普查局 1990 年人口普查制成的 TIGER 文件在全美得到广泛使用。

(7) 土地和水资源清查、规划和管理: 选址与设计、道路设计、土地管理、文物保护、湿地制图、栖息地评价、水质评价等。美国从事这方面 GIS 应用的机构有: 内政部土地管理局 (BLM)、渔业及野生动物局 (FWS)、国家公园局 (NPS)、印第安人事务局 (BIA)、地质调查局 (USGS)、环境保护署 (EPA)、农业部林物局 (USFS)、土壤保护局 (SCS)、商务部大气海洋管理局 (NOAA) 及能源部、国防部、国际发展署等。例如, BLM 的俄勒冈办公室将 GIS 做为制定资源管理规划的主要工具, 该办公室负责的 5 个区域每十年进行

一次规划；现在的数据库包含了 20 种自然资源数据类型和全新的大比例尺基础底图。FWS 正在广泛使用 GIS 进行渔业及野生动物种类分析与模拟、栖息地适宜性的制造、国家湿地清查制图、濒危植物制图与规划。为此，FWS 将许多专题数据整合到一起，以审查土地利用冲突，监测湿地变化，准备影响报告。

(8) 教练与模拟：雷达教练、飞行模拟器。美国工程兵地形实验室花费了很大力量，以建立基于 GIS 和三维地形模拟，并用于外国领土的导弹制导体系。

美国至少有 45 个州正在使用各类 GIS 以支持有关土地、水、自然资源、渔业、野生动物及规划管理等方面的政策制定和环境评价与监测，至少有 38 个州具有使用 GIS 进行自然资源和土地利用与管理的能力。GIS 被广泛地用于确定和开发矿产、煤、油、气、木材资源，制定土地利用规划，支持环境立法，管理历史文化资源，选择危害及废物最佳堆放场所，管理野生动物，评价土地开发对野生动物栖息地的影响等方面。据统计，至少有 29 个州的交通部门使用 GIS 进行道路设计、高速公路制图、路面维护与管理、资金规划、交通流量控制、事故数据分析、车辆派遣等。纽约、北卡罗来纳、堪萨斯、弗吉尼亚等州斥巨资帮助地方政府使用 GIS 改善地籍管理及税务评价。德克萨斯州建立了应急救护的州级 GIS 系统，这类系统可以自动收集、传输、分析上百种参数，以回应紧急医护请求。

GIS 为市、县级地方政府提供了极为有力的管理、规划和决策工具。它可用于税收、地籍管理与维护、应急车辆派遣、宏观规划与控详规划 (Zoning)、开发许可管理、交通工程、公共设施使用、道路维护、校车派遣、市区设计、公共卫生管理、经济发展、赈灾服务、社区制图等。其实，地方政府的各种活动都能受益于 GIS 的多种功能。

由于 GIS 强有力的数据管理、显示和制图功能，测绘制图及生产各类其他地图的部门首先采用 GIS 技术，实现地图的计算机设计、数据存储、编辑加工及自动化生产。许多制图部门因采用 GIS 技术而大大提高了生产效率。加利福尼亚州长滩市 (Long Beach) 由于采用了 GIS 自动制图系统，绘制地图的速度提高到手工编绘的两倍，而地图更新的速度是传统方法的四倍。丹佛市水管局工程规划部由于采用 GIS 使原来需要两个月的制图工作缩短到两天。

GIS 在市政应用方面能够起到不可替代的作用。制图和设施清查是 GIS 在市政建设中最明显的应用方面。城市的电、气、水、废水、电话设施的管理与维护均可使用 GIS 技术来得到改善。

§ 1.4 实用地理信息系统

实用地理信息系统，顾名思义，是从实用的角度来探讨地理信息系统的理论和技术。“实用”，英文为 Practice，《韦伯大字典》中解释 Practice 的意思为：To perform and work repeatedly so as to become proficient，译成中文的意思是“不断地实践来达到娴熟和精湛”。实用的目的是使实践过程优化，使这个实践过程在不断提高中得到完善。因此，可以推断定义，实用地理信息系统应该是在使用地理信息的过程中，不断地提高和完善，使得地理信息系统的应用趋向成熟。与研究性和试验性的地理信息系统不同，实用地理信息系统必须能够长期、稳定、有效地运行下去，建立这类地理信息系统必须注重效益。

以前，并没有实用地理信息系统 (Practical GIS) 这种提法，但地理信息系统的产生和

发展确是在不断实践中进行的。它不像数学靠着逻辑推理和定理证明就可以不断地发展，不像物理和化学靠着不断地实验就可以产生令人惊叹的结果，也不像绘画与作诗可以充分发挥人们天才的想象作用，它是一种综合产物，这种综合的结果反映在很多方面：

(1) 自然和人文的综合：一个地理信息系统既可以描述自然现象，如山川，又可以表达人文状况，如人口的变迁。在一个地理信息系统的数据库中，自然和人文现象常常是并存的，因为解释人文现象常常需要先对自然因素进行分析。

(2) 科学与技术的综合：地理信息系统界曾经争论它到底是一种科学还是一种技术。如果是一门科学，那么它的理论基础是什么？如果是一门技术，它又由何种理论支持？结论是什么？

(3) 物质与人的综合：任何一个被开发的地理信息系统均必须有物质的成分，即软件和硬件，但又必须包括使用这些软件和硬件的人，而且双方是相辅相成的。没有人来管理的软硬件只不过是一堆废物；没有软硬件，也就不称其为地理信息系统了。

(4) 学科的综合：在地理信息系统定义部分，我们已介绍了组成它的各个学科，如计算机制图、数据库管理、计算机辅助设计和遥感等。

地理信息系统最早应人们对大量数据进行管理的需求而产生，并在人们不断创造、实践、使用、再创造、再实验和再使用的过程中发展。在这个过程中人们不断地积累经验，这种无价的经验在地理信息系统的应用中经过反复实践而趋于完善，然后人们将这些趋于完善的经验变成标准，变成指南。

第二章 实用地理信息系统的数据库

实用地理信息系统的一个重要部分就是数据。陈述彭先生曾经把地理信息系统中的数据比作水利设施中的水,没有了水,水利设施便无法发挥作用。GIS 中没有了数据,便成了无米之炊。但是, GIS 中的数据必须适合建立实用系统的目的。在建立和维护一个实用 GIS 过程中,对数据的投入占总投入的 50%~70% (史文中, 1996), 有时甚至更多。如果 GIS 开发者对各类数据的特点及适用范围没有充分的了解, 就难以设计和开发出完全适用的 GIS。

在开发一个特定的 GIS 时, 要根据应用需求确定对各类数据的要求。这包括确定数据的内容、格式和精度。有了特定的要求, 再确定数据来源, 对现有数据进行审查, 看是否符合要求。如现有的数据源中没有所需的数据内容, 则需考虑是否可以根据现有的其他内容的数据来产生所需的数据内容。这需要综合利用现有数据源的数据来产生新的数据内容 (Gong, 1994)。如果无法利用现有数据生成所需要的数据, 则须对所需数据另行采集。现代的测量学 (包括全球定位系统, 即 GPS)、定点观测、航空和航天遥感、统计调查等均是数据采集的手段。如果现有的数据源中有所需的数据, 则需考察其精度是否满足要求。若现有数据精度不够, 则需考虑是否可以利用其他数据来改善所需数据的精度, 否则需要采集新数据。如果现有数据源中既有所需的数据, 又满足所需精度, 则只需确定该数据是否具有所需的数据格式。若不符合所需的数据格式, 则要进行格式转换。

上述对现有数据的审查过程归纳于图 2-1。由图中可见, 对各种数据来源有全面及时的了解, 对设计实用 GIS 来说很有必要。

随着 GIS 产业化的深入发展, 越来越多的数据资料被不同数据生产部门数字化。较之传统制图生产数据资料的来源 (黄杏元、汤勤, 1989), 用户有更多的选择。在国际上, 电子数据产品的生产正不断分散于专门从事数据生产的私有企业 (如美国的 ETAK 公司) 和民间组织 (如美国的 CIESIN)。为使数据“物尽其用”, 以提高数据获取和数据生产的效益, 人们不断地对现有数据进行多次开发, 以满足越来越多的各类数据用户的需求, 从而导致了数据的商品化和标准化。对现有数据进行再次开发常常涉及综合使用不同数据源的数据 (图 2-1)。因此, 如何有效地利用现有多源数据来产生新的数据产品? 这将随着越来越多的数字化产品的出现而显得更加重要。

本章将对国外空间数据的类型、来源、质量及其评价方法、典型共享数据作一介绍。

§ 2.1 空间数据的基本特征

空间数据描述的是现实世界各种现象的三大基本特征: 空间、时间和专题属性。对于 GIS 来说, 时间和专题特征常常被视为非空间属性。近年来对时间特征的研究越来越受到重视 (Langran, 1992)。特征值可通过观测或对观测值处理与运算来得到, 例如在某一选定点位可获得重力测量值这一专题特征, 而该点的重力异常值则是计算出来的专题特征。下面

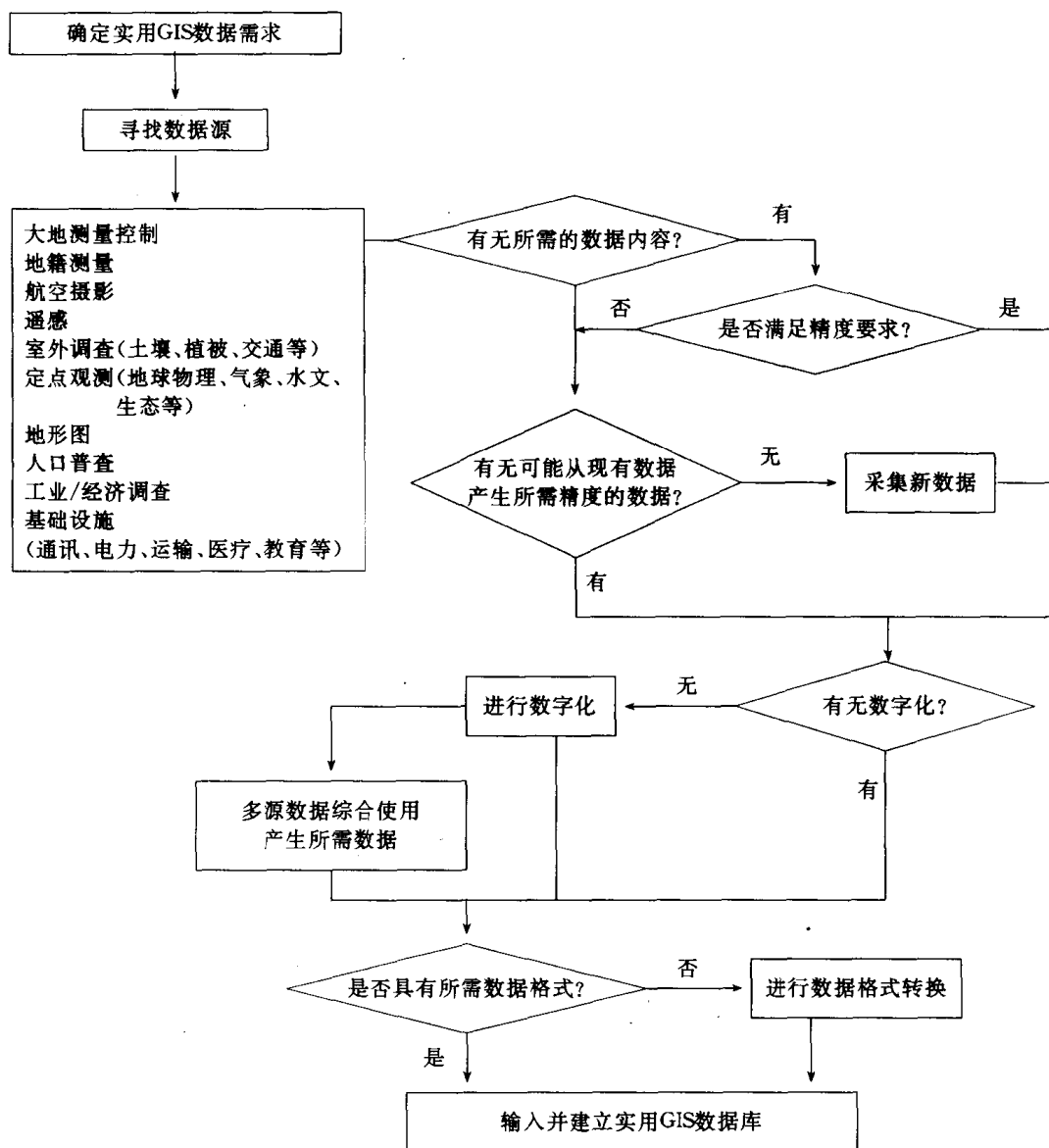


图2-1 实用GIS数据的审查过程

对这三种特征进行分述。

2.1.1 空间特征

空间特征指空间物体的位置、形状和大小等几何特征，以及与相邻物体的拓扑关系。位置和拓扑特征是地理或空间信息系统所独有的，空间位置可以由不同的坐标系统来描述，如经纬度坐标、一些标准的地图投影坐标或是任意的直角坐标等。GIS的作用之一就是进行各种不同坐标系统坐标间的相互转换。

人类对空间目标的定位一般不是通过记忆其空间坐标，而是确定某一目标与其他更熟悉的目标间的空间位置关系，而这种关系往往也是拓扑关系。如一个学校是在哪两条路之间，或是靠近哪个道路叉口，一块农田离哪户农家或哪条路较近等等。通过这类空间描述，可在很大程度上确定某一目标的位置，而一串纯粹的地理坐标对人的认识来说几乎没有意义。

义。有几个人记得自己家或办公室的确切坐标？又有几个人对着坐标去上班？而对以计算机处理为主的 GIS 来说，最直接、最简单的空间定位方法是使用坐标，而拓扑关系则需要空间坐标的基础上通过计算来建立。这类算法已很普遍，如在 Burrough (1986)、黄杏元和汤勤 (1989) 等的书中均有介绍。而对于如何从人类对空间、拓扑的文字描述中自动生成空间坐标这一过程则很少在 GIS 中实现，或许这将成为未来实用 GIS 的一个功能。

2.1.2 专题特征

专题特征指的是除了时间和空间特征以外的空间现象的其他特征，如地形的坡度、坡向、某地的年降雨量、土地酸碱度、土地覆盖类型、人口密度、交通流量、空气污染程度等。这类特征在其他类型的信息系统中均可存储和处理。对于这类特征的空间表示方法在传统的地图制图学中有详细的阐述 (Robinson, 1984; 李海晨, 1984)。目前 GIS 中对专题特征的输出方法大多沿用传统的专题制图方法，如分级 (层) 设色法和符号法等。

2.1.3 时间特征

严格来说，空间数据总是在某一特定时间或时间段内采集得到或计算产生的。由于有些空间数据随时间变化相对较慢，因而有时被忽略。在很多场合，时间可以被看成一个专题特征。这对于大多数地理信息软件来说是可以做到的。但如何有效地利用时间在 GIS 中进行索引和时空分析目前仍处于研究阶段。

§ 2.2 数据的测量尺度

对特定现象的测量就是根据一定的标准对其赋值或打分。例如，对长度我们使用尺子等测距仪器上的长度单位做参考，对方向用罗盘仪上的角度单位做参考。我们对任何事物都要鉴别、分类和命名。这些都是量测的组成部分。它们所使用的参考标准或尺度是不同的。量测的尺度大致可以分成四个层次，由粗略至详细依次为：命名或类型 (Nominal)、次序 (Ordinal)、间隔 (Interval) 以及比例 (Ratio)。

命名式的测量尺度也称作类型测量尺度，只对特定现象进行标识，赋予一定的数值或符号而不定量描述。例如，我们可以用不同数值表示不同的土地利用类型、植被类型或岩石类型，但是这些数值之间无数量关系，对命名数据的逻辑运算只有“等于”或“不等于”两种形式，而其近似均值只能使用众数。很多专题地图中的数据是命名数据或类型数据。

次序测量尺度是基于对现象进行排序来标识的。例如，我们把山峰按高度分级为极高山、高山、中山、低山和丘陵等，将坡度分为陡、中、缓等。不同次序之间的间隔大小可以不同。对次序数据的逻辑运算除了“等于”与“不等于”之外，还可以比较它们的大小，即“大于”或“小于”。近似均值可以使用中位数，但不能用算术平均。

比例测量尺度的测量值指那些有真零值而且测量单位的间隔是相等的的数据，如金属锌含量为“0”意味着无锌。比例测量尺度与使用的测量单位无关。间隔测量尺度与比测尺度相似，但是间隔尺度的测量值无真的零值。例如温度是间隔尺度的数据而不是比例数据，因为它的“0”测量值随着所使用的不同温度测量单位而不同。不能说 150F 的温度是 75F 的