



地理信息系统 导论

李德仁 龚健雅
边馥苓 编著

GIS

P208

测绘出版社

地理信息系统导论

李德仁 龚健雅 边馥苓 编著

测绘出版社

(京)新登字 065 号

内 容 简 介

地理信息系统 (GIS) 是集计算机科学、地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学、信息科学和管理科学为一体的新兴边缘学科, 属于信息科学和信息产业的一部分。本书深入浅出地介绍 GIS 基本概念, GIS 的硬、软件环境, 它的主要功能, 数据组织和处理方法, GIS 的应用和发展前景。书中既介绍了国内外当前 GIS 研究和应用的发展水平, 也包含有作者从事 GIS 研究和应用的若干成果。

本书是 GIS 的一本入门读物, 可供从事 GIS 研究、开发和应用的各级技术人员, 管理人员和广大用户阅读, 也可作为高校师生教学参考。

地理信息系统导论

李德仁 龚健雅 边馥苓 编著

*

测绘出版社出版·发行

北京大兴星海印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本 787×1092 1/32·印张 4.375·字数 92 千字

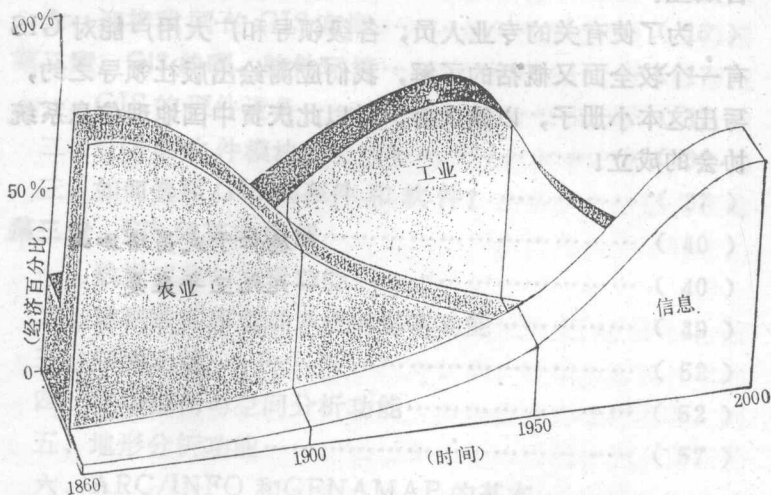
1993 年 9 月第一版·1993 年 9 月第一次印刷

印数 0 001—4 000 册·定价 5.00 元

ISBN 7-5030-0689-7/P·244

前言

信息作为一种新兴的产业越来越受到人们的重视，信息革命的浪潮正冲击着人类社会。根据美国的预测，到2000年，信息产业在国民经济中所占比例将远远超出工业和农业（见下图），依靠信息网络，人们早已越出了“秀才不出门，能知天下事”的阶段，可以在信息系统上指挥战争、运筹经济、治理国家、保护环境……

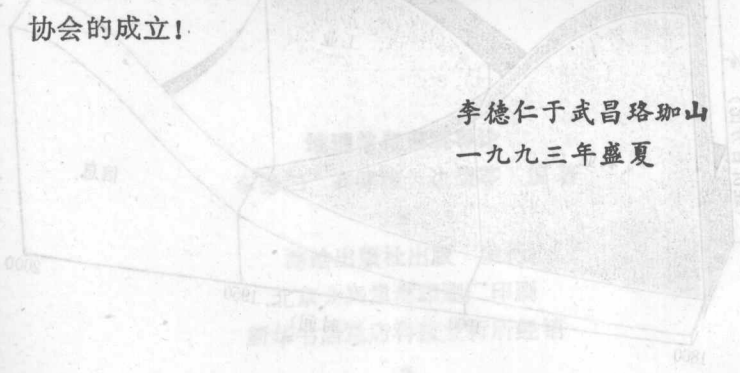


在这场信息革命中，地理信息系统（英文为Geographic Information System，简称GIS），作为集计算机科学、测绘遥感学、地理学、环境科学、空间科学、信息科学和管理

科学为一体的新兴边缘学科迅速地兴起和发展起来。

GIS 研究计算机技术与空间地理分布数据的结合，通过一系列空间操作和分析方法，为各行各业提供对规划、管理、决策和营运有用的信息，回答用户提出的有关问题。随着我国四化建设的深入和社会主义市场经济的发展，从中央到地方，各行各业对 GIS 的需求愈来愈迫切，各种形式和各种规模的 GIS，尤其是城市 GIS 和土地信息系统(LIS)正如雨后春笋。在 GPS (全球定位系统) 和 RS (遥感) 的支持和配合下，GIS (地理信息系统) 正在我国火热起来，形势一片大好！中国 GIS 协会也正在这种形势下，即将宣告成立！

为了使有关的专业人员，各级领导和广大用户能对 GIS 有一个较全面又概括的了解，我们应测绘出版社领导之约，写出这本小册子，以飨读者，并以此庆贺中国地理信息系统协会的成立！



李德仁于武昌珞珈山
一九九三年盛夏

目 录

第一章 概述	(1)
一、什么是 GIS?	(1)
二、GIS 的发展过程.....	(4)
三、测绘和遥感对 GIS 的贡献.....	(9)
四、GIS 与其它相关系统的区别与联系.....	(11)
五、为什么 GIS 如此之热?	(13)
六、GIS 的市场价值.....	(14)
七、迎接我国的 GIS 高潮	(15)
第二章 GIS 的硬、软件环境	(17)
一、GIS 的硬件设备.....	(17)
二、GIS 的软件模块.....	(32)
三、如何选择 GIS 的硬件和软件?	(37)
第三章 GIS 的基本功能	(40)
一、数据采集与编辑功能.....	(40)
二、地理数据库管理系统的基本功能.....	(49)
三、制图功能.....	(52)
四、空间查询与空间分析功能.....	(52)
五、地形分析功能.....	(57)
六、ARC/INFO 和 GENAMAP 的基本 功能简介.....	(58)
第四章 GIS 的数据组织与处理方法	(62)
一、GIS 的数据结构.....	(62)
二、GIS 的数据模型.....	(73)

三、GIS 中的主要算法.....	(81)
第五章 GIS 的应用.....	(88)
一、GIS 工程建设的经验借鉴.....	(88)
二、GIS 应用实例.....	(97)
第六章 GIS 的前景.....	(106)
一、推动今后 GIS 飞速发展的主要因素.....	(106)
二、GIS 的发展趋势和亟待解决的问题.....	(113)
三、GIS 的发展对现有相关学科的挑战.....	(120)
结束语.....	(122)
附录一 主要 GIS 产品一览表.....	(124)
附录二 1992 年世界范围 GIS 市场测估.....	(126)
附录三 GIS 业盈利大公司的概况.....	(127)
附录四 各代 GIS 的主要特点.....	(128)
附录五 GIS 用户所使用的操作系统.....	(129)
附录六 GIS 中采用的数据库管理系统.....	(130)
参考文献.....	(131)
(01)	
(01)	
(01)	
(02)	
(03)	
(07)	
(08)	
(08)	
(08)	
(08)	

第一章 概述

一、什么是 GIS?

GIS 是英文 Geographic Information System 或 Geo-Information System 的缩写。一般通称地理信息系统或地学信息系统。为了说清楚什么是地理信息系统，先得从信息、地理信息和信息系统等说起。

(一) 信息和地理信息

信息 (Information) 是用数字、文字、符号、语言等介质来表示事件、事物、现象等的内容、数量或特征，信息向人们 (或系统) 提供关于现实世界新的事实的知识，作为生产、管理、经营、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。

信息来自数据 (Data)，数据是未加工的原始资料。数字、文字、符号、图形和影像都是数据。数据是客观对象的表示，信息则是数据内涵的意义，是数据的内容和解释。例如从测量数据中可以抽取出目标和物体的形状、大小和位置等信息，从遥感卫星图像数据中可以抽取出各种图形和专题信息，从实地调查数据中则可抽取出各专题的属性信息。

地理信息是指与所研究对象的空间地理分布有关的信息，它表示地表物体及环境固有的数量、质量、分布特征、联系和规律。从地理实体到地理数据，再到地理信息的发

展，反映了人类认识的巨大飞跃。地理信息属于空间信息，其位置的识别是与数据联系在一起的，它具有区域性。地理信息又具有多维结构的特征，即在同一XY位置上具有多个专题和属性的信息结构。例如在一个地面点位上，可取得高度、地耐力、噪声、污染、交通等多种信息。而且，地理信息有明显的时序特征，即动态变化的特征。这就要求及时采集和更新它们，并根据多时相的数据和信息来寻找随时间的分布规律，进而对未来作出预测或预报。

(二) 信息系统和地理信息系统

能对数据和信息进行采集、存贮、加工和再现，并能回答用户一系列问题的系统称为信息系统(图1-1)。信息系统的四大功能为数据的采集、管理、分析和表达。更简单地说，信息系统是基于数据库的问答系统(图1-2)。

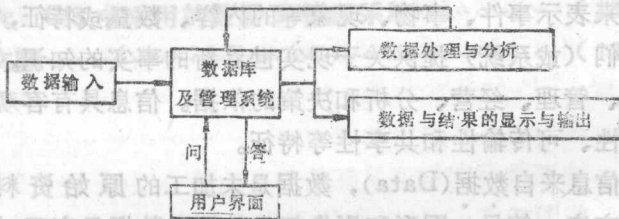


图 1-1 信息系统



图 1-2 作为问答系统的信息系统 (引自Fritsch, 1991)

从计算机科学角度看，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，智能化的系统还包括知识(图 1-3)。硬件包括各类计算机处理机及其终端设备；软件是支持数据与信息的采集、存贮、加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统；数据则包括定量和定性数据；用户是信息系统所服务的对象，是信息系统的主人。有一般用户和从事系统建立、

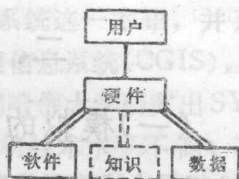


图 1-3 计算机科学意义
上的信息系统

维护、管理和更新的高级用户。由于计算机技术的飞速发展，硬件寿命一般较短，只有 5—7 年，软件寿命约为 7—15 年，而数据的有效寿命，短的只有 1—2 年，长的则可达到 25—70 年或更长。因此，信息系统的更新包括硬件、软件和数据更新。

信息系统通常包括经营信息系统、企业管理信息系统、金融信息系统、交通运输信息系统、空间信息系统和其它信息系统等。其中的空间信息系统 (SIS) 是一种十分特别而重要的信息系统，它要采集、管理、处理和更新空间信息。

地理信息系统 (GIS) 是一种特定而又十分重要的空间信息系统，它是以采集、贮存、管理、分析和描述整个或部分地球表面 (包括大气层在内) 与空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。由于地球是人们赖以生存的基础，所以 GIS 是与人类的生存、发展和进步密切关联的一门信息科学与技术，受到人们愈来愈大的重视。

地理信息系统按其范围大小可以分为全球的、区域的和局部的三种。通常 GIS 主要研究地球表层的若干个要素的空间分布，属于 2—2.5 维 GIS，布满整个三维空间建立的 GIS，

才是真三维GIS。一般也常常将数字位置模型（2维）和数字高程模型（1维）的结合称为2+1维或3维，加上时间坐标的GIS称为四维GIS或动态GIS。

二、GIS的发展过程

（一）模拟的“地理信息系统”

根据上述地理信息系统的定义，可以把自19世纪以来就得到普遍应用的地图（包括地形图和专题图）——图形数据库和描述地理信息的文献著作——属性数据库的结合，看作是一种模拟的地理信息系统。

但是，这种模拟式的、基于地图的空间信息系统用起来是很不方便的，而且是很复杂的。首先，要经过专门的学习和培训，才能看懂和用好地图，地图阅读和使用主要依赖于用户的水平。其次，模拟形式的、表示在图面上的空间数据不便于作多层叠置分析、不便于作精确和快速的量算，而且也不便于经常和及时地更新。此外，图形数据和属性数据不便于相互作用和共同分析。因此，末级用户，包括非地理和测绘专业的各级领导和管理人员，以及广大老百姓是不可能充分利用这种模拟式空间信息系统的作用。

（二）地理信息系统的提出

50年代，由于电子计算机科学的兴起和它在航空摄影测量与地图制图学中的应用，使人们开始有可能用电子计算机来收集、存贮和处理各种与空间和地理分布有关的图形和属性数据，并希望通过计算机对数据的分析来直接为管理和决策服务，这样就导致了地理信息系统的问世。

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，随后各国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·F·Tomlinson 首先提出了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 SY-MAP 系统软件。但是，由于当时计算机技术水平不高、存贮量小、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，并发展了基于栅格的操作方法。

早期 GIS 发展的另一显著特点是许多与 GIS 有关的组织和机构纷纷建立。例如，1966 年美国成立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），国际地理联合会（IGU）于 1968 年设立了地理数据收集和处理委员会（CGDSP）。这些组织和机构的建立，对于传播地理信息系统的知识和发展 GIS 技术，起到了重要的指导作用。

（三）地理信息系统迅速发展和推广应用阶段

进入 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、存贮、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 朝实用方向迅速发展。一些发达国家先后建立了许多专业性的土地信息系统和地理信息系统。例如，从

1970至1976年，美国地质调查局就建成50多个信息系统，作为地理、地质和水资源等领域空间信息的工具。其它如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国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70年代大约有300多个系统投入使用。1980年美国地质调查局出版了《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软件设计及应用的研究。例如，美国纽约州立大学布法罗校区创建了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)。因此，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。

80年代是GIS普及和推广应用的阶段。由于计算机的发展，推出了图形工作站和微型PC机等性能价格比大为提高的新一代计算机，计算机和空间信息系统在许多部门广泛应用。计算机网络的建立，使地理信息的传输时效得到极大的提高。GIS系统软件和应用软件的发展，使得它的应用从解决基础设施的规划（如道路、输电线）转向更复杂的区域开发，例如土地的农业利用，城市化的发展，人口规划与布置等。地理因素成为投资决策中不可缺少的依据。许多工业国家，GIS作为有关部门的必备工具，投入日常运转。与卫星遥感技术相结合，GIS开始用于全球性问题，例如全球沙漠化、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，以及全球变化与全球监测。80年代中，GIS软件的研制和开发也取得了很大成绩，仅1989年市场上有报价的软件达70多个，并且涌现出一些有代表性的GIS软

件，如ARC/INFO, IGDS/MRS, TIGRIS, Microstation, SICAD, GENAMAP, SYSTEM9等。它们可在工作站或微机上运行。

GIS发展的另一个特点是先从应用开始，在应用中不断地开展理论研究，以完善GIS。Marble等在1984年拟定了处理空间数据的计算机软件说明的标准格式，提出地理信息系统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。

国际著名的GIS专家，即前面提到的Tomlinson认为：“如果70年代是GIS发展的巩固时期，那么80年代则是国际上GIS发展具有突破性的年代。”

进入90年代，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各家各户，成为人们生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具和助手，并以此迎接信息时代的到来。

(四)我国GIS的发展概况

我国地理信息系统的起步稍晚，但发展势头相当迅猛，大体上可分为三个阶段。

第一是起步阶段。70年代初期，我国开始推广电子计算机在测量、制图和遥感领域中的应用。随着全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，开展了遥感图像处理和解译工作。1976年召开了第一次遥感技术规划会议，形成了遥感技术试验和应用的蓬勃发展新局面，先后开展了京津唐地区红外遥感试验，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清查等工作。长期以来，国家测绘局系统开展了

一系列航空摄影测量和地形测图，为建立地理信息系统的数据库打下了坚实的基础。解析和数字测图、机助制图、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。

第二是试验阶段。进入80年代之后，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。在典型试验中主要研究数据规范和标准、空间数据库建设、数据处理和分析算法及应用软件的开发等。以农业为对象，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试验研究。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，建成了1:100万国土基础信息系统和全国土地信息系统，1:400万全国资源和环境信息系统，及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试验。用于辅助城市规划的各种小型信息系统在城市建设和规划部门获得了认可。

在学术交流和人才培养方面也得到了大的发展。在国内召开了多次关于GIS的国际学术讨论会。1985年，中科院建立了“资源与环境信息系统”国家级重点开放实验室，1988年和1990年武汉测绘科技大学先后建立了“信息工程”专业和“测绘遥感信息工程”国家级重点开放实验室。我国许多大学中开设了GIS方面的课程和不同层次的讲习班，已培养出了一批从事GIS研究与应用的博士和硕士。

第三是 GIS 全面发展阶段。80 年代末到 90 年代以来，中国的 GIS 随着社会主义市场经济的发展走上了全面发展阶段。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，急需 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 将在“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。上海、北京、天津、深圳、海口、三亚、常州、沙市和洛阳等市都正在紧张地建设 GIS 系统。

1992 年 8 月在美国纽约州巴法罗市召开了首届 GIS 中国学者大会，海内外 120 多名学者，其中包括大批的年青学者，共同研讨 GIS 的现状和未来发展，显示了中国学者对国际 GIS 研究和应用作出的贡献。1993 年底，中国 GIS 协会将正式成立，以指导和推动全国 GIS 的发展。

三、测绘和遥感对 GIS 的贡献

在回顾 GIS 发展的历史过程中，应当提及测绘与遥感对 GIS 的贡献。

自从 50—60 年代，解析测图仪、机助测图系统、全站式测量仪器将测量结果以数字形式送入电子计算机以来，就为 GIS/LIS 的问世，即为 GIS 的空间数据采集和更新，创造了必要的条件。上面提到的第一个 GIS 就是由加拿大政府

测量机构完成的, Tomlinson 本人是美国摄影测量学会会员。第一个奥地利的 LIS 乃是数字地籍测量的产品。

在 1974 年的第 14 届国际测量师联合会 (FIG) 代表大会上, 就为 LIS 下了明确的定义。1978 年 FIG 规定, 第三委员会的主要任务是研究地理信息系统。国际摄影测量学会 (ISP) 在 1970—1980 年期间对地理信息系统中的数字地面模型 (DTM), 从理论到实用整整研究了十年。1980 年在汉堡大会上, 国际摄影测量与遥感学会 (ISPRS) 在其章程上明确地将第 IV 委员会定名为摄影测量与遥感的制图和数据库应用, 并将 GIS 列为其工作任务。1984—1988 年, ISPRS 建立了专门工作组从事数字测图和 GIS 工作。到了 1988—1992 年期间, ISPRS 第 III 委员会成立了“地理信息理论”、“由影像分析重建目标”和“从数字影像中提取专题信息”三个与 GIS 密切关联的工作组。而第 IV 和第 VII 委员会差不多所有的工作组都包含 GIS 应用, 尤其是遥感与 GIS 结合的命题。国际制图学会 (ICA) 在 80 年代初期提出了电子地图集的概念, 不到十年时间, 美国、加拿大、瑞典、西班牙、荷兰等国已制出了国家地图集的 PC 电子地图集及各种区域与专题的电子地图集。我国测绘出版社于 1991 年也出版了《京津唐区域开发环境电子地图集》。不论是机助制图或电子地图都是为 GIS 采集、贮存、管理和使用空间数据提供了有力的工具和手段。

航空和航天遥感作为一种高效能的语义和非语义信息采集手段, 其应用价值不仅仅在于一次性的资源调查和环境监测, 而更重要的在于多时相、多信息的综合开发和应用, 将它形成从数据获取, 数据处理, 直到规划, 预报和决策的综合信息流程。要做到这一点, 必须实现遥感与 GIS 的整体