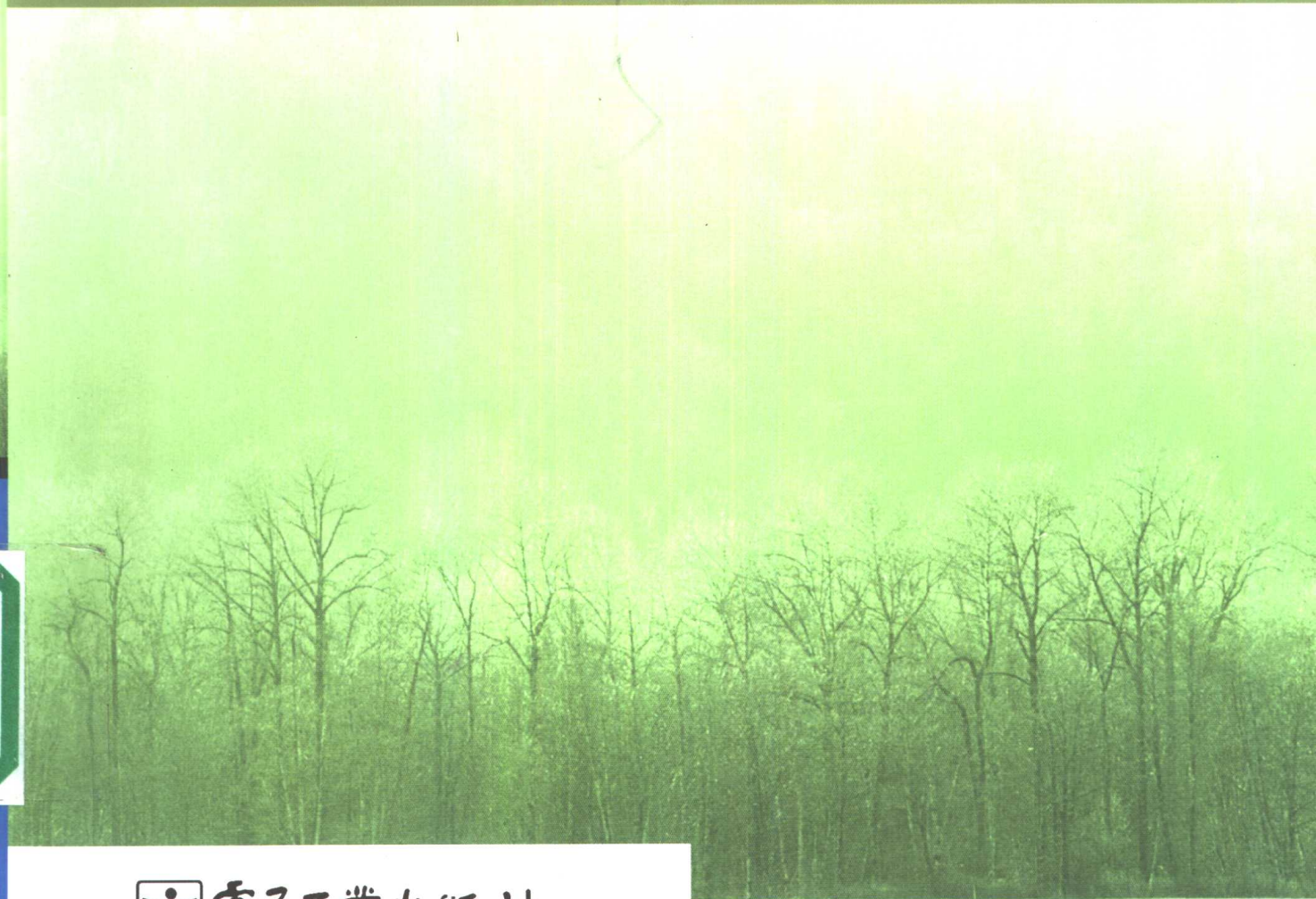


地理信息系统 原理与方法

吴信才 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

地理信息系统原理与方法

吴信才 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书全面分析了地理信息系统的特点、发展现状和发展趋势,并充分考虑了我国当前信息化建设的实际需要,力求将地理信息系统基础理论、技术方法和实际应用三者融为一体,系统论述了地理信息系统的基本原理、应用方法、关键技术、最新理论以及多个领域的应用实例。

全书共分14章,包括绪论、空间数据结构、地理信息系统的地理数学基础、数据输入、数据处理、空间数据管理、数学空间的几何对象、地理信息系统的数学模型、空间分析、数字高程模型、地理信息系统与遥感技术、地理信息系统的输出与数字制图、地理信息系统工程、地理信息系统的发展趋势。

本书内容全面、针对性强,可作为地理信息系统、软件工程等专业本科生和研究生的教材,也可供城市规划、土地管理、环境科学以及相关专业的研究和开发人员阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理与方法/吴信才等编著. —北京:电子工业出版社,2002.3

ISBN 7-5053-7482-6

I. 地… II. 吴… III. 地理信息系统 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 007333 号

责任编辑:王 颖 特约编辑:卫 政

印 刷:北京兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://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:16 字数:409.6千字

版 次:2002年3月第1版 2002年3月第1次印刷

印 数:7000册 定价:25.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

20 世纪下半叶，信息社会的到来使得人们对信息的要求，在广泛性、精确性、快速性以及综合性上都越来越高，计算机科学的发展对满足这种要求提供了可能性。而地理信息系统（GIS）正是在这种背景下产生和发展起来的。

GIS 的主要特点表现在它能存储和处理所研究对象的空间位置信息及其属性信息。这就决定了 GIS 与传统的信息系统相比，有它的特殊性、复杂性和应用上的更广泛性。实际上，GIS 是一门集计算机科学、信息科学、现代地理学、测绘遥感学、地图学、环境科学、城市科学、空间科学和管理科学等为一体的新兴学科。从 20 世纪 60 年代世界上第一个地理信息系统建立以来，GIS 在各方面都有了飞速的发展。世界各国都竞相开展 GIS 技术的研究和应用开发，美国、英国、加拿大、德国、荷兰等国家投入使用的 GIS 系统，每 2 到 3 年就翻一番。我国对 GIS 的研究起步较晚，但发展势头迅猛，先后建立了两个 GIS 国家重点实验室，并在“六五”、“七五”期间开展了 GIS 的全面试验。国家科技部还设立了“九五”重中之重科技攻关项目“国产地理信息系统基础软件开发及其商品化”，从 1996 年起，连续 5 年对较优秀的国产 GIS 软件进行测评，极大地促进了 GIS 技术的研究和应用领域的拓展。

中国地质大学（武汉）信息工程学院，从 20 世纪 80 年代开始涉足 GIS 的研究，先后承担了原地矿部“八五”科技攻关项目，国家“九五”重中之重科技攻关项目，经过十多年的不懈努力，积累了丰富的科研实践经验，培养了一支强大的科研技术队伍，建立了一个具有一定规模的教学科研基地（教育部 GIS 工程中心），研制出具有自主知识产权的地理信息系统基础软件 MAPGIS。该软件荣获地矿部科技成果一等奖，国家科技进步二等奖，在国家科技部组织的国产地理信息系统软件测评中连续多年名列第一，成为国家科技部向全国推荐的首选地理信息系统软件平台。

但是，GIS 在理论和技术上仍然有着许多新的课题需要研究和探讨，如三维 GIS，时态 GIS，网络 GIS 和互操作 GIS 技术等；GIS 还必须和其他应用技术，比如遥感（RS）、全球定位系统（GPS）、人工智能（AI）以及多媒体技术等相结合才有可能得到更大的发展，才能更好地满足社会对信息的需要。怎样将这些技术结合在一起，正成为人们研究的方向。此外，在应用上，由于 GIS 涉及领域广，加之其系统结构和数据结构十分复杂，这就要求应用开发人员和使用者均要具有一定的相关知识和技术水平，即是说在各个应用领域上都需要大量的 GIS 人才。

随着 GIS 技术研究和应用的深入发展，我国一批高等院校已设立了“地理信息系统”专业，很多其他的相关专业也开设了地理信息系统的课程，以适应社会发展的需要。本书正是为满足教学工作的需求而编著的。它系统地介绍了 GIS 的原理、理论基础、组成结构、各部分的功能及其技术方法，并探讨了地理信息系统的发展现状和趋势。

参加本书编著的人员有吴信才、郭际元、郑贵洲、王琪和刘修国。这些同志长期从事地理信息系统软件的研究和应用开发，具有丰富的实践经验，教材中融入了科研集体在近年取得的科研成果。

本书是在 1998 年编著的内部教材《地理信息系统原理、方法及应用》的基础上，经过两年的教学实践，在广泛征求意见的前提下进行修编的。由于我们水平有限，再加上很多内容正处在研究探索中，书中错误在所难免，欢迎同行专家和读者批评指正。

编著者
2002 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 地理信息系统的基本概念	(1)
1.1.1 信息与数据	(1)
1.1.2 空间数据与地图	(2)
1.1.3 地理信息与地学信息	(2)
1.1.4 信息系统和地理信息系统	(3)
1.2 地理信息系统的发展过程	(4)
1.2.1 地理信息系统的发展阶段	(4)
1.2.2 地理信息系统在我国的发展	(5)
1.3 地理信息系统与其他相关学科系统间的关系	(6)
1.3.1 GIS 与地图学	(6)
1.3.2 GIS 与一般事务数据库	(6)
1.3.3 GIS 与计算机地图制图	(7)
1.3.4 GIS 与计算机辅助设计 (CAD)	(7)
1.4 地理信息系统的组成	(7)
1.4.1 计算机硬件系统	(8)
1.4.2 计算机软件系统	(9)
1.4.3 地理空间数据	(11)
1.4.4 系统开发、管理和使用人员	(11)
1.5 地理信息系统的功能和应用	(11)
1.5.1 地理信息系统的功能	(11)
1.5.2 地理信息系统的应用	(13)
1.6 地理信息系统与数字地球	(15)
1.6.1 数字地球的概念和提出的背景	(15)
1.6.2 数字地球的特点	(16)
1.6.3 数字地球需要的支撑技术与数字地球框架	(16)
1.6.4 数字地球的应用和意义	(19)
习题	(19)
第 2 章 空间数据结构	(20)
2.1 栅格数据结构	(20)
2.1.1 栅格数据的基本概念	(20)
2.1.2 栅格数据层的概念	(21)
2.1.3 栅格数据结构的表示	(21)
2.1.4 栅格数据的组织方法	(23)

2.1.5	栅格数据的取值方法	(24)
2.1.6	栅格数据存储的压缩编码	(24)
2.2	矢量数据结构	(28)
2.2.1	矢量数据结构编码的基本内容	(28)
2.2.2	矢量编码方法	(30)
2.3	地理数据的显式和隐式表示	(39)
2.4	矢量数据结构与栅格数据结构	(40)
2.4.1	矢量数据结构与栅格数据结构的比较	(40)
2.4.2	矢量数据结构与栅格数据结构的选 择	(41)
	习题	(41)
第3章	地理信息系统的地理数学基础	(43)
3.1	地图投影概述	(43)
3.1.1	地图投影的基本问题	(43)
3.1.2	地图投影的变形	(43)
3.1.3	地图投影的分类	(45)
3.2	地理信息系统中地图投影的配置与设计	(47)
3.2.1	地图投影与GIS的关系	(47)
3.2.2	GIS中地图投影的配置与设计	(48)
3.3	我国地理信息系统中地图投影的应用	(49)
3.3.1	高斯-克吕格投影	(49)
3.3.2	正轴等角圆锥投影	(52)
	习题	(54)
第4章	地理信息系统的数据库输入	(55)
4.1	GIS的数据来源	(55)
4.1.1	地图数据	(55)
4.1.2	遥感图像	(55)
4.1.3	数字资料	(56)
4.1.4	文字报告	(56)
4.2	数据的规范化和标准化	(56)
4.2.1	统一的地理基础	(56)
4.2.2	统一的分类编码原则	(57)
4.2.3	数据交换格式标准	(57)
4.2.4	标准的数据采集技术规程	(57)
4.2.5	数据标准化所面临的问题	(57)
4.3	数据库输入	(58)
4.3.1	空间数据的输入	(58)
4.3.2	非空间属性数据的输入	(63)
4.3.3	空间数据和非空间数据的连接	(63)

4.4	数据质量	(64)
4.4.1	数据质量问题	(64)
4.4.2	误差来源	(67)
	习题	(67)
第5章	地理信息系统的数据处理	(68)
5.1	数据编辑	(68)
5.1.1	窗口操作	(68)
5.1.2	图形数据编辑	(71)
5.1.3	属性数据编辑	(72)
5.2	空间数据的误差分析和校正	(72)
5.2.1	空间数据的误差分析	(72)
5.2.2	空间数据的误差校正	(75)
5.3	空间数据的压缩与光滑	(76)
5.3.1	数据压缩	(76)
5.3.2	曲线光滑(曲线拟合)	(77)
5.4	图形变换	(81)
5.4.1	几何变换	(81)
5.4.2	投影变换	(84)
5.5	栅格数据与矢量数据的互相转换	(87)
5.5.1	矢量数据转换成栅格数据	(87)
5.5.2	栅格数据转换成矢量数据	(89)
	习题	(90)
第6章	空间数据管理	(91)
6.1	数据库的概念	(91)
6.1.1	数据管理的文件方式	(91)
6.1.2	数据库系统管理数据的方式	(91)
6.1.3	数据库系统的构成	(92)
6.2	数据模型	(92)
6.2.1	层次模型	(92)
6.2.2	网络模型	(93)
6.2.3	关系模型	(93)
6.2.4	面向对象模型	(94)
6.3	地图数据模型总论	(98)
6.3.1	地图数据的基本组成	(98)
6.3.2	图形数据的构模	(99)
6.3.3	专题属性数据的构模	(100)
6.3.4	图形数据与专题属性数据的连接	(100)
6.4	矢量数据模型	(101)

6.4.1	地理实体向数据处理目标的转化	(101)
6.4.2	实体信息的数据化	(102)
6.4.3	实体间关系的逻辑实现	(102)
6.5	三维空间数据模型	(105)
6.5.1	矢量栅格集成的三维空间数据模型	(105)
6.5.2	八叉树数据结构	(106)
6.5.3	四面体格网	(107)
6.5.4	三维边界表示法	(108)
6.5.5	参数函数表示法	(108)
6.6	GIS 的地理分析模型	(109)
6.7	海量空间数据的组织与管理	(110)
6.7.1	数据库中图幅的组织方法	(110)
6.7.2	图幅间被分割目标的组织方法	(111)
6.7.3	地图数据库管理	(112)
	习题	(112)
第 7 章	数学空间的几何对象	(113)
7.1	距离空间 (度量空间)	(113)
7.2	欧氏空间	(114)
7.3	基于集合的几何空间	(117)
7.3.1	集合	(117)
7.3.2	关系	(119)
7.3.3	函数	(120)
7.3.4	凸集	(121)
7.4	拓扑空间	(122)
7.4.1	拓扑学的基本思想	(123)
7.4.2	点集拓扑	(124)
7.4.3	欧氏平面上的点集拓扑	(132)
7.4.4	欧氏平面的组合拓扑	(136)
7.4.5	网络空间	(140)
	习题	(144)
第 8 章	地理信息系统的数学模型	(145)
8.1	建立数学模型的一般过程	(145)
8.2	数理统计分析模型	(146)
8.2.1	主成分分析	(146)
8.2.2	层次分析	(147)
8.2.3	系统聚类分析	(147)
8.2.4	判别分析	(148)
8.3	回归分析模型	(149)

8.3.1	一元线性回归模型	(149)
8.3.2	多元线性回归模型	(150)
8.3.3	计算实例	(152)
8.4	线性规划模型	(152)
	习题	(155)
第 9 章	空间分析	(156)
9.1	空间分析的内容与步骤	(156)
9.1.1	空间分析的内容	(156)
9.1.2	空间分析的步骤	(156)
9.2	数据检索及表格分析	(158)
9.2.1	属性统计分析	(158)
9.2.2	布尔逻辑查询	(158)
9.2.3	空间数据库查询语言	(159)
9.2.4	重分类、边界消除与合并	(159)
9.3	叠置分析	(160)
9.3.1	栅格系统的叠加分析	(160)
9.3.2	矢量系统的叠加分析(拓扑叠加)	(160)
9.4	缓冲分析	(163)
9.5	网络分析	(164)
9.5.1	网络数据模型及其相关的概念	(164)
9.5.2	常规的网络分析功能	(165)
	习题	(167)
第 10 章	数字高程模型	(168)
10.1	概述	(168)
10.2	DEM 数据的分布特征	(168)
10.2.1	格网状数据	(168)
10.2.2	离散数据	(169)
10.3	DEM 数据的网格化	(169)
10.3.1	网格化插值计算	(169)
10.3.2	网格尺寸的确定	(170)
10.3.3	空间插值方法	(171)
10.3.4	几种典型数据网格化插值方法的选择	(176)
10.4	DEM 的表示方法	(176)
10.4.1	数学分块法	(176)
10.4.2	图像法	(176)
10.5	DEM 的数据源和采样方法	(180)
10.6	DEM 的应用	(181)
10.6.1	DEM 的主要用途	(181)

10.6.2	DEM 的应用	(182)
	习题	(187)
第 11 章	地理信息系统与遥感技术	(188)
11.1	遥感技术简介	(188)
11.2	数字图像处理系统	(189)
11.2.1	数字图像	(189)
11.2.2	数字图像处理	(189)
11.2.3	数字图像处理系统	(190)
11.3	遥感与地理信息系统的结合	(190)
11.3.1	遥感数据是地理信息系统的重要信息源	(190)
11.3.2	地理信息系统对遥感的作用	(191)
11.3.3	地理信息系统与遥感制图	(191)
11.3.4	地理信息系统与遥感图像处理系统的结合	(192)
11.4	遥感信息与多元空间信息的复合	(193)
	习题	(194)
第 12 章	地理信息系统的输出与数字制图	(195)
12.1	地理信息系统的输出方式	(195)
12.2	地理信息系统的图形输出设备	(195)
12.3	地图编制与制版一体化系统的结构	(196)
12.4	地图符号库、汉字库及颜色库	(197)
12.4.1	地图符号库	(197)
12.4.2	汉字库	(199)
12.4.3	颜色库	(200)
12.5	数字制图	(200)
	习题	(201)
第 13 章	地理信息系统工程	(202)
13.1	地理信息系统工程的概念	(202)
13.2	应用型地理信息系统的设计步骤和方法	(203)
13.3	需求分析	(203)
13.3.1	用户情况调查	(204)
13.3.2	明确系统的目标和任务	(205)
13.3.3	系统可行性研究	(205)
13.3.4	提交需求分析报告	(205)
13.4	系统的设计	(206)
13.4.1	GIS 的总体设计	(206)
13.4.2	数据库的概念设计	(206)
13.4.3	GIS 的详细设计	(206)

13.5	系统的开发与实施	(209)
13.5.1	应用系统的开发技术	(209)
13.5.2	GIS 开发与实施的内容及流程	(210)
13.6	系统的评价和维护	(211)
	习题	(212)
第 14 章	地理信息系统的发展趋势	(213)
14.1	GPS, RS 与 GIS 的集成	(213)
14.2	Web GIS	(214)
14.2.1	互联网的发展对 GIS 提出的要求	(215)
14.2.2	互联网 GIS 的架构	(215)
14.2.3	互联网 GIS 的实现方法	(216)
14.3	组件化地理信息系统	(218)
14.3.1	软件可复用技术	(219)
14.3.2	组件对象模型 (COM)	(220)
14.3.3	组件化 GIS (Com GIS)	(221)
14.3.4	Com GIS 的开发	(222)
14.3.5	Com GIS 和 Web GIS 的关系	(223)
14.4	3D&4D GIS	(223)
14.4.1	二维半的 GIS	(223)
14.4.2	三维 GIS 的技术难点与实现途径	(224)
14.4.3	四维 GIS 的研究	(226)
14.5	互操作地理信息系统	(229)
14.5.1	传统 GIS 在数据标准化上的缺陷和面临的新课题	(230)
14.5.2	GIS 互操作的概念	(231)
14.5.3	开放式地理信息系统 (OGIS) 及其特点	(232)
14.5.4	OGIS 的组成部分	(233)
14.5.5	OGIS 的实现技术	(235)
14.6	Cyber GIS	(235)
14.6.1	从软件智能体到高级生物 GeoAgent	(236)
14.6.2	基于 GeoAgent 的 Cyber GIS	(237)
14.7	GIS 的可视化	(238)
	习题	(239)
参考文献	(240)

第1章 绪 论

当今信息技术突飞猛进，信息产业获得空前发展，信息资源呈爆炸式扩张。多尺度、多类型、多时态的地理信息是人类研究和解决土地、环境、人口、灾害、规划、建设等重大问题时所必需的重要信息资源，是信息高速公路上的重要列车。信息时代对信息资源的采集、管理、分析提出了更高的要求。系统论、信息论、控制论的形成，计算机技术、通信技术、人造卫星遥感等空间技术、自动化技术的应用，为信息资源的科学管理展示出更加广阔的前景。地理信息系统是在上述学科不断发展的历史背景下产生的，它是一门集计算机科学、信息科学、现代地理学、测绘遥感学、环境科学、城市科学、空间科学和管理科学为一体的新兴边缘学科。地理信息系统的迅速发展不仅为地理信息现代化管理提供了契机，而且有利于其他高新技术产业的发展。

1.1 地理信息系统的基本概念

1.1.1 信息与数据

信息是现实世界在人们头脑中的反映。人们用数字、文字、符号、语言、图形、影像、声音等把它记录下来，进行交流、传递或处理。信息向人们提供关于现实世界各种事实的知识。例如，一个人的存在，可以用姓名、性别、年龄、籍贯、政治面貌、社会关系、职称、工资等方面的信息来描述，当一个人的情况发生变化时，如年龄变化、工资改变、政治进步等，均可反映他的信息。因此，也可以说信息是客观事物的存在及演变情况的反映。信息具有四方面特点：① 客观性。信息是客观存在的，任何信息都是与客观事物紧密联系的，但同一信息对不同的部门来说其重要性不同。② 适用性。信息对决策是十分重要的，它可作为生产、管理、经营、分析和决策的依据，因而它具有广泛适用性。③ 传输性。信息可以在信息发送者和接受者之间传输，既包括系统把有用信息送至终端设备（包括远程终端）和以一定形式提供给有关用户，也包括信息在系统内各子系统之间的传输和交换。信息在传输、使用、交换时其原始意义不改变。④ 共享性。现代信息社会中，信息共享是最基本的特点，共享使信息被多用户使用。随着科学的进步和社会的发展，信息已经与能源、材料一样重要。各个领域对于信息应用的要求越来越高，信息是成功和胜利的保证，信息就是金钱，谁掌握了信息的脉搏，谁就是未来竞争的胜利者。

由于需要对信息进行加工、处理、管理和使用，因此就要把信息记录下来，记录信息的手段有数字、文字、符号、声音和图像等。对于计算机而言，数据是指输入到计算机并能被计算机进行处理的一切现象（数字、文字、符号、声音、图像等），在计算机环境中数据是描述实体或对象的惟一工具。数据是用以载荷信息的物理符号，没有任何实际意义，只是一种数学符号的集合，只有在其上加上某种特定的含义，它才代表某一实体或现象，这时数据才变成信息。地理信息系统的建立，首先是收集数据，然后对数据进行处理。成功的地理信息系统（GIS, Geographic Information System）必须保证数据的正确表达及数据无误差传

播。在不同阶段，数据在 GIS 处理框架中的赋存形态是不同的，同一实体在不同的 GIS 数据结构中，其描述数据表现为不同形式，甚至其数据的量值也是不同的。同一数据不同的人解释，其结果也可能不同，但必须保障正确地表达数据的语义信息，并使其在应用中能被正确地理解，以保证用户间的数据流畅通。

信息与数据是不可分离的，有着十分密切的联系，即信息是数据的内涵，是数据的内容和解释，而数据是信息的表达，也就是说数据是信息的载体，只有理解了数据的含义，对数据作出正确的解释，才能得到数据中所包含的信息。地理信息系统的建立过程就是信息（或数据）按一定方式流动的过程。通常情况下，对信息和数据可不进行严格区分，在不引起误解的情况下可以通用，如“数据处理”与“信息处理”在一般情况下有相同的含义。

1.1.2 空间数据与地图

研究自然总是从搜集个别的自然现象和物体的空间特征开始的。空间特征又称空间信息。空间信息可以从三方面来描述：位置信息、非位置信息（属性信息）和时间信息。位置信息与非位置信息彼此独立地随时间发生变化。空间数据是以点、线、面等方式采用编码技术对空间物体进行特征描述及在物体间建立相互联系的数据集。位置信息用定位数据（亦称几何数据）来记录，它反映自然现象的地理分布，具有定位的性质；非位置信息用属性数据来记录，它描述自然现象、物体的质量和数量特征。例如，地面上的山峰，可以从其所在的经度和纬度几何数据得知具体的位置，而相应地理位置上的峰顶高程数据就是属性数据；一个井泉，可以从地形图上确定它的地理坐标（几何数据），而井泉的地面高度、性质、涌水量等参数则是该井泉的一系列属性信息；地质学家研究断裂构造，一方面要搜集断层通过的确切地点（几何数据），另一方面要记录该断层在不同地点的形状、性质和它的断距（属性数据）。时间是空间物体存在的形式之一，空间和时间相互联系而不能分割，时间信息反映空间物体的时序变化及发展过程与规律，无论是几何数据还是属性数据，都是在某一时刻采集的空间信息，时间信息也可隐含在属性数据中。

空间数据的表示方法很多，空间信息的载体可以用数字形式记录在磁盘上，也可以表示成记录在纸上的地图，最常用的也是人们最习惯的方法是以地图形式来表示空间数据。地图是表示客观事物的地理分布及其相互联系的空间模型，是反映地理实体的图形，是对地理实体的简化和再现。它不仅能反映客观事物的瞬时存在，而且能反映自然界的动态变化；不仅能反映某事物独立存在的属性，而且能反映诸事物的空间分布、组合和相互联系及其在时间上的变化。地图由点、线、面组成，它们被称为地图元素。例如，地图上的点可以是矿点、采样点、高程点、地物点和城镇等；线可以是地质界线、铁路、公路、河流等；面可以是土壤类型、水体、岩石类型等。地图元素由空间参考坐标系中的位置和非空间属性加以定义，地图通常是地理数据的二维表示，但也不排除多维表示，只是三维以上的表示难以在平面上描绘出来罢了。地图的图例起着说明作用，是空间实体与非空间属性联系的关键。非空间属性可以用颜色、符号、数字、文字表示，使其明显易读，并用图例对它们进行注释。

1.1.3 地理信息与地学信息

地理信息是表征地理系统诸要素的数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。从地理数据到地理信息的发展，是人类认识地理事物的一次飞跃。地球表面的岩石圈、水圈、大气圈和人类活动等是最大的地理信息源。地理科学的

一个重要任务就是迅速采集地理空间的几何信息、物理信息和人为信息，并实时地识别、转换、存储、传输、再生成、显示、控制和应用这些信息。

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，这是地理信息区别于其他类型信息的最显著的标志。地理信息的这种定位特征，是通过经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别的；地理信息还具有多维结构的特征，即在二维空间的基础上实现多专题的第三维结构，各个专题型、实体型之间的联系则通过属性码来进行，这就为地理系统各圈层之间的综合研究提供了可能，也为地理系统多层次的分析和信息的传输与筛选提供了方便。

地学信息所表示的信息范围更为广泛，它不仅来自地表，还包括地下、大气层，甚至宇宙空间。凡是与人类居住的地球有关的信息都是地学信息。地学信息具有无限性、多样性、灵活性、共享性等特点。同地球上的自然资源和能源本身不同，地学信息不但没有限度，而且会呈爆炸式地增长。地学信息是人们深入认识地球系统、适度开发资源、净化能源、保护环境的前提和保证。随着人类社会的发展，人类将从地学信息中获取更准确的预测、预报的数据，从而掌握调控人流、物质和能量的科学依据及有效途径。

1.1.4 信息系统和地理信息系统

能对数据和信息进行采集、存储、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。信息系统的四大功能为数据采集、管理、分析和表达。信息系统是基于数据库的问答系统。在辅助决策过程中，信息系统可提供有用的信息。从计算机科学角度看，信息系统是由硬件、软件、数据和用户四个主要部分组成的。在计算机时代，大部分重要的信息系统都是部分或全部由计算机系统支持的，如目前流行的图书情报信息系统、经营信息系统、企业管理信息系统、金融管理信息系统、人事档案信息系统、空间信息系统和其他一些信息系统等。其中，空间信息系统是一种十分重要而又与其他类型信息系统有显著区别的信息系统，因为它所要采集、管理、处理和更新的是空间信息。因此，这类信息系统在结构上也比其他一般信息系统复杂得多，功能上也较其他信息系统强得多。

地理信息系统简称 GIS。关于 GIS 国内外有许多定义，不同的应用领域，不同的专业，对它的理解是不一样的，目前还没有一个完全统一的被普遍接受的定义。有人认为 GIS 是管理和分析空间数据的计算机系统，在计算机软硬件支持下，对空间数据按地理坐标或空间位置进行各种处理，完成数据输入、存储、处理、管理、分析、输出等功能，对数据实行有效管理，研究各种空间实体及其相互关系，通过对多因素信息的综合分析，可以快速地获取满足应用需要的信息，并能以图形、数据、文字等形式表示处理结果。有人认为 GIS 是一种特定而又十分重要的空间信息系统，它以采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球（包括大气层在内）空间和地理分布有关的数据的空间信息系统。有人认为 GIS 就是数字制图技术和数据库技术的结合。有人则按研究专业领域不同给予不同的名称，如地籍信息系统、土地信息系统、环保信息系统、管网信息系统和资源信息系统等。1987 年英国教育部（DOE）下的定义是：“GIS 是一种获取、存储、检查、操作、分析和显示地球空间数据的计算机系统”。1988 年美国国家地理信息与分析中心（NCGIA）下的定义是：“为了获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统”。应该说，上述定义均比较科学地阐明了 GIS 的对象、功能和特点。总之，地理信息系统是在计算机软硬件支持下，以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属

性数据，并回答用户问题等为主要任务的计算机系统。

1.2 地理信息系统的发展过程

1.2.1 地理信息系统的发展阶段

地理信息系统的发展是与地理学、地图学、摄影测量学、遥感技术、数学和统计科学、计算机科学以及一切与处理和分析空间数据有关的学科发展分不开的。以时间发展为序列，可分为四个阶段，20世纪60年代是起始发展阶段，70年代是发展巩固阶段，80年代是推广应用阶段，90年代是蓬勃发展阶段。

世界上第一个地理信息系统是1963年由加拿大测量学家 R.F.Tomlinson 提出并建立的，称为加拿大地理信息系统（CGIS），主要用于自然资源的管理和规划。稍后美国哈佛大学研究生部主任 Howard T.Fisher 设计和建立了 SYMAP 系统软件，由于当时计算机技术水平的限制，使得 GIS 带有更多的机助制图色彩。这一阶段很多 GIS 研究组织和机构纷纷成立，如1966年美国成立了城市和区域信息系统协会（URISA），1968年国际地理联合会（IGU）设立了地理数据收集委员会（CGDSP）。这些组织和机构的建立对传播 GIS 知识和发展 GIS 技术起着重要的指导作用。

20世纪70年代，由于计算机硬件和软件技术的飞速发展，尤其是大容量存储设备的使用，促进了 GIS 朝实用的方向发展，不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统在世界各地纷纷付诸研制，美国、加拿大、英国、德国、瑞典和日本等国对 GIS 的研究均投入了大量人力、物力和财力。从1970年到1976年，美国地质调查局研发了50多个地理信息系统，用于获取和处理地质、地理、地形和水资源信息；1974年日本国土地理院开始建立数字国土信息系统，存储、处理和检索测量数据、航空像片信息、行政区划、土地利用、地形地质等信息；瑞典在中央、区域和城市三级建立了许多信息系统，如土地测量信息系统、斯德哥尔摩地理信息系统、城市规划信息系统等。这一阶段，GIS 受到政府、商业和学校的普遍重视，一些商业公司开始活跃起来，软件在市场上受到欢迎，据统计大约有300多个系统投入使用，许多大学和机构开始重视 GIS 的软件设计及应用研究，如美国纽约州立大学布法罗校区创建了 GIS 实验室，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）。

20世纪80年代，GIS 逐步走向成熟，并在全世界范围内全面推广，应用领域不断扩大，并与卫星遥感技术结合，开始应用于全球性的问题，如全球变化和全球沙漠化监测，全球可居住区评价，厄尔尼诺现象、酸雨、核扩散及核废料监测等。美国地质调查局应用地理信息系统对美国三里岛核泄漏事件在24小时内就作出了反应，并迅速地对核扩散进行了影响评价。20世纪80年代是 GIS 发展具有突破性的年代，仅1989年市场上有报价的软件就达70多个，并涌现出一批有代表性的 GIS 软件，如 ARC/INFO, GENAMAP, SPANS, MAPINFO, ERDAS, Microstation, SICAD, IGDS/MRS 等。其中 ARC/INFO 广泛地为世界各国地质调查部门所采用，并在区域地质调查、区域矿产资源与环境评价、矿产资源与矿权管理中发挥着越来越重要的作用。

20世纪90年代，随着地理信息产品的建立和数字化信息产品在全世界的普及，GIS 已成为确定性的产业，投入使用的 GIS 系统，每2到3年就翻一番，GIS 市场的年增长率达35%

以上,从事 GIS 的厂家已超过一千家。GIS 已渗透到各行各业,涉及千家万户,成为人们生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具和助手。

1.2.2 地理信息系统在我国的发展

1. 我国地理信息系统发展简史

地理信息系统的研制与应用在我国起步较晚,虽然历史较短,但发展势头迅猛。GIS 在中国的发展可分为三个阶段。第一阶段从 1970 年到 1980 年,为准备阶段,主要进行舆论准备,正式提出倡议,开始组建队伍,培训人才,组织个别实验研究。机助制图和遥感应用,为 GIS 的研制和应用做了技术上和理论上的准备。第二阶段从 1981 年到 1985 年,为起步阶段,完成了技术引进、数据规范和标准的研究、空间数据库的建立、数据处理和分析算法及应用软件的开发等,对 GIS 进行了理论探索和区域性的实验研究。在全国大地测量和数字地面模型建立的基础上,建成了 $1:100 \times 10^4$ 国土基础信息系统和全国土地信息系统, $1:400 \times 10^4$ 全国资源和环境信息系统, $1:250 \times 10^4$ 水土保持信息系统。第三个阶段从 1986 年到现在,为初步发展阶段,我国 GIS 的研究和应用进入有组织、有计划、有目标的阶段,逐步建立了不同层次、不同规模的组织机构、研究中心和实验室。中国科学院于 1985 年开始筹建国家资源与环境系统实验室,它是一个新型的开放性研究实验室。1994 年中国 GIS 协会在北京成立。GIS 研究逐步与国民经济建设和社会生活需求相结合,并取得了重要进展和实际应用效益。主要表现在四个方面:① 制定了国家地理信息系统规范,解决信息共享和系统兼容问题,为全国地理信息系统的建立做准备。② 应用型 GIS 发展迅速。③ 在引进的基础上扩充和研制了一批软件。④ 开始出版有关地理信息系统理论、技术和应用等方面的书籍,并积极开展国际合作,参与全球性地理信息系统的讨论和实验。1992 年 10 月联合国经济发展部(UNDES D)在北京召开了城市 GIS 学术讨论会,对指导、协调和推动我国 GIS 发展起了重要的作用。目前国内开发出的比较流行的 GIS 软件有:中国地质大学的 MAPGIS、北京大学的 Citystar、武汉大学的 Geostar、中国林业科学研究院的 VIEWGIS 等,这些国产 GIS 软件的出现打破了国外 GIS 软件对我国市场的垄断,开创了用计算机编制地学图件的新时代,它们必将对搞活我国的国民经济、提高我国综合国力起到积极的推动作用。

2. 国产 GIS 软件 MAPGIS 介绍

自 20 世纪 80 年代以来,在地矿部的大力支持下,中国地质大学(武汉)信息工程学院以吴信才教授为首的科研小组,在十几年数字制图软件开发的基础上,开展了 GIS 软件开发以及 GIS 应用系统的研究工作,并成立了武汉中地信息工程有限公司。

武汉中地信息工程有限公司是我国从事 GIS 研究与开发的高新技术企业,也是国内 GIS 行业的知名企业,现有一百多位高级人才。中地公司以中国地质大学为技术依托,以我国著名地理信息系统专家、长江学者奖励计划首批特聘教授吴信才为技术核心,先后承担了国土资源部“八五”科技攻关项目、国家“九五”重中之重科技攻关项目、科技部 2000 年国家火炬计划、国家中小企业创新基金项目等十多个国家级研究开发计划。率先研制成功中国第一套彩色地图编辑出版软件 MAPCAD,彻底改变了千百年来繁杂的手工制图状况,引起了我国传统地图出版行业的重大变革,并荣获国家科技进步二等奖。研制出的具有自主知识产权的 GIS 软件平台 MAPGIS,打破了长期以来国外 GIS 软件一统天下的局面,在国家科委主持的一年一度的全国 GIS 国产软件综合测评中,连续多年保持全国第一,成为国家科委向全国推荐的惟一国产 GIS 基础软件。