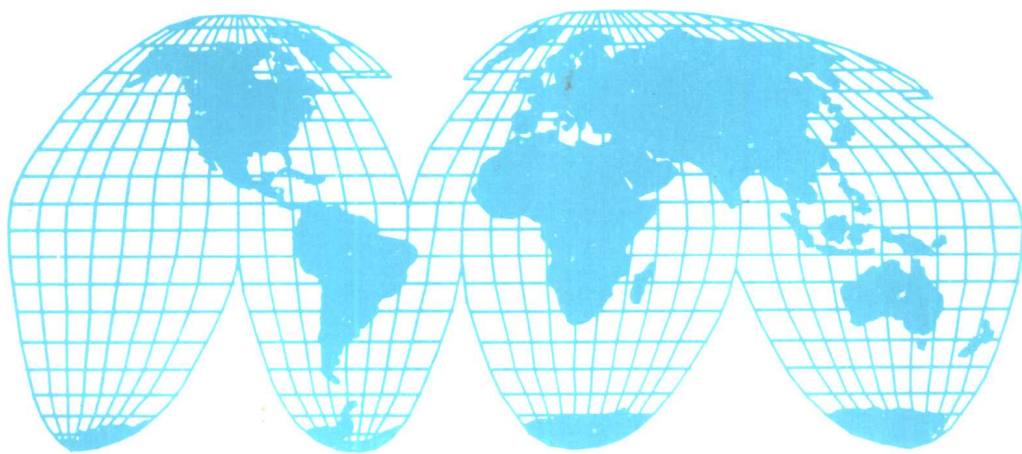


地理信息系统方法

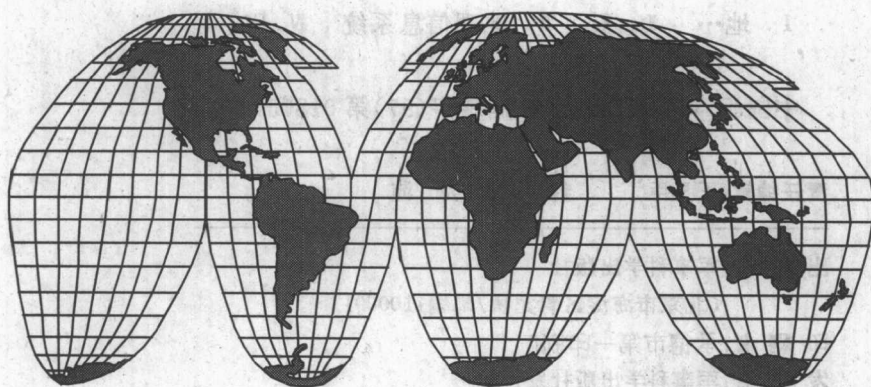
王永明 著



军事科学出版社

地理信息系统方法

王永明 著



军事科学出版社

FF16/3P 10

(京)新登字 122 号

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统方法/王永明著. —北京:军事科学出版社,1997.3

ISBN 7—80137—068—6

I. 地… II. 王 III. 地理信息系统 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 01805 号

责任编辑:王显臣 封面设计:姜 沛

出 版 者:军事科学出版社

[北京市海淀区青龙桥/邮编:100091]

印 刷 者:承德市第一印刷厂

发 行 者:军事科学出版社发行处

经 销 者:新华书店

开 本:787×1092 毫米 16 开

印 张:17.75

字 数:360 千字

版 次:1997 年 3 月第 1 版

印 次:1997 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1200 册

书 号:ISBN 7—80137—068—6/TP·001

定 价:29.50 元

(如有缺页、错页及倒装,请与本社发行处调换)

前 言

地理信息系统(Geographic Information Systems), 简称 GIS, 就是为了获取、存储、检索、分析和输出显示空间数据而建立的, 用计算机技术实现的信息管理系统。它是一门集地理学、图象处理、计算机图形学、数据库技术、计算机软件等多学科为一体的边缘科学。

世界上第一个地理信息系统诞生于加拿大。一九六〇年, 在加拿大航空测量公司工作的 Tomlinson 将该公司在加拿大和非洲测量森林得到的数据输入到计算机中, 并试图为土地使用和管理部门提供决策信息。当时, Tomlinson 的工作是在一台 IBM1401 计算机上进行的, 这种计算机只有 16K 内存, 每秒只能执行 1000 个指令数。虽然, Tomlinson 工作并没有得到足够的重视, 但在一九六二年, 他的想法终于得到了当时在加拿大土地管理局工作的官员 Lee Pratt 和 Al Davidson 的支持, 并将 Tomlinson 调到政府机构负责加拿大地理信息系统的开发。这样世界上第一个 GIS 就在加拿大诞生了。

在六十年代和七十年代, 由于计算机硬件设备相对落后, 制约了地理信息系统的发展, 地理信息系统的研究基本是处于实验室阶段。进入八十年代和九十年代, 随着计算机软硬件技术和输入输出设备、存储设备的发展, GIS 得到了飞速发展。今天 GIS 已被广泛用于市政管理、环境监测、资源利用、军事指挥等领域, 成为一门新兴的计算机软件产业。

在我国, GIS 的发展起步较晚, 具有独立版权的 GIS 也不是很多。有关 GIS 的专门书籍也主要集中在 GIS 基本原理的阐述。而针对某一具体应用对象, 并能为那些想自己开发专门的地理信息系统人们提供形式化帮助的书则较少。由于地理信息系统是一门综合性应用学科, 它的理论体系尚未形成, 我们至今仍未找到像集合论那样能作为数据库技术数学工具的学科来支持地理信息系统。这往往使得想写地理信息系统这方面书的人不得不面临两种选择: 要就是把地理信息系统的每个方面都涉及、都包含进去; 要就是针对某一具体应用对象或某一方面深入下去。而本书的作者试图在这两者之间找到一个平衡点: 尽可能地展现一个完整军事地理信息系统的架构; 同时对构成军事地理信息系统的每一部分提供更多的算法细节。

本书试图在军事地理信息系统这个整体框架下将各章串联起来。但各章既是相互联系的, 也是相互独立的, 读者可以根据自己的需要进行取舍。第一章介绍了地理信息系统的基本概念和地理信息系统的发展历史, 以及军事地理信息系统的特定内涵。这一章对想了解地理信息系统一些基本概念的人们会有所帮助。第二章着重讨论了地形图的各种输入方法。这一章对想从事地图输入软件开发的人们会提供帮助。第三章着重讨论了地理数据的预处理以及地理数据的存储和地理数据的管理等问题。第四章分别讨论了两种不同数字地形模型的生成方法。这一章对想利用数字

地形模型生成电子沙盘的人们提供了一些实用化算法。第五章分别给出了两种不同数字地形模型的通视分析方法。第六章着重讨论了利用数字地形模型进行地形分析的若干方法。第七章着重讨论了军队标号生成系统的各种算法以及军队标号与地理信息系统结合的方法。

由于所学专业的限制和知识面的局限，本书作者在讨论地理信息系统时更侧重从计算机的角度来观察地理信息系统，更侧重算法的计算机实现上。这也许与从地理学和地图学角度来讨论地理信息系统会有所不同。因此，书中的观点不免会有些失之偏颇。与此同时，由于时间相对仓促，能够收集到的资料有限，不免有些错误和不足，谨请专家与读者不吝指教。

另外，本书完全是一本技术方面的书籍，如果说本书中内容有涉及到军事策略方面的讨论，那也完全是个人的学术观点，并不代表任何部门和他人。

本书的部分工作是在清华大学电子工程系攻读博士学位期间完成的。在此期间得到了电子工程系众多老师的帮助，尤其是林行刚教授给予了多方面的指导和帮助，在此表示我的感谢。

在本书撰写过程中，我单位的各级领导给予了我多方面的关心和帮助，在此表示我的谢意。

我的妻子和女儿对我的帮助和支持更是直接的，她们在我遇到困难的时候总是给我精神上鼓励和安慰。

王永明

一九九六年七月于北京

目 录

第一章 地理信息系统概论	1
1.1 地理信息系统	1
1.1.1 地理信息系统的定义	1
1.1.2 空间数据	2
1.1.3 空间数据的特征	2
1.1.4 其它类型的数据	3
1.1.5 信息与数据	4
1.1.6 AM(Automated Mapper)自动地图制作系统	4
1.1.7 基于矢量与基于栅格的 GIS	4
1.2 地理系统的历史	5
1.2.1 地图的产生和发展	5
1.2.2 传统意义的地图面临的危机	7
1.2.3 现代 GIS 的产生与发展	9
1.3 地理信息系统在军事中的应用	11
1.3.1 军事与地理	11
1.3.2 军事地理学与军事地形学	13
1.3.3 军事地理信息系统与军事地理学、地形学之间的关系	13
1.3.4 军事地理信息的内容	14
1.3.5 军用电子地图系统	15
1.3.6 实用军事地理信息系统的构成	15
1.4 已有系统的回顾与本书内容	17
1.4.1 已有系统的回顾	17
1.4.2 本书内容提要	17
1.5 算法语言的约定	18
第二章 军事地形图的输入	22
2.1 地图的输入方法及比较	22
2.2 彩色地图的颜色分层	24
2.2.1 颜色的表示方法	24
2.2.2 ISODATA 集群算法	25
2.2.3 两步集群法	26
2.3 等高线高程值的自动标定	32

2.3.1 等高线的图论表示	32
2.3.2 等高线高程自动标定	34
2.3.3 大区域填充算法标定区域	35
2.3.4 建立等高线自由树与邻接矩阵	36
2.3.5 等高线的高程自动赋值	38
2.3.6 实验结果	40
2.4 彩色图像的二值化与预处理	41
2.4.1 二值化处理	41
2.4.2 二值图像的预处理	42
2.5 基于细化方法的线状要素的跟踪	45
2.5.1 二值图像的细化	46
2.5.2 断点的连接	50
2.5.3 线的跟踪	52
2.6 基于中心线的线状要素跟踪方法	55
2.6.1 基于灰度图像的线划跟踪	56
2.6.2 基于二值图像的线划跟踪	58
2.7 面状要素的提取	61
2.8 平面曲线的折线近似	63
2.8.1 Ramer 平面曲线折线近似方法	63
2.8.2 带域法曲线到平面折线的近似	65
第三章 地理数据的存储与管理	69
3.1 数据的预处理	69
3.1.1 点、节点、弧段、线、多边形的概念	69
3.1.2 数字化错误的校正	70
3.1.3 地图拼接	72
3.1.4 坐标转换	73
3.2 空间数据的拓扑关系及自动生成	78
3.2.1 地图的基本图形元素与拓扑关系	79
3.2.2 空间数据拓扑关系自动生成	80
3.3 数据结构	83
3.3.1 DIME 文件数据结构	83
3.3.2 弧段—节点数据结构	85
3.3.3 关系型数据结构	86
3.3.4 DLG 数据结构	87
3.3.5 TIGER 文件数据结构	88

3.3.6 几种文件格式的比较.....	89
3.3.7 军队标号与地理信息数据文件.....	89
第四章 数字地形模型的生成.....	95
4.1 数字地形模型的定义和种类.....	95
4.1.1 数字地形模型的定义.....	95
4.1.2 DTM 的分类.....	96
4.1.3 两种数字地形模型的比较.....	98
4.2 基于 RSGs 的 DTM 产生.....	98
4.2.1 插值算法.....	98
4.2.2 数据分块的格网化算法.....	99
4.3 在基于 RSGs 的 DTM 上叠加地物.....	105
4.3.1 直接在 DTM 上叠加地物.....	105
4.3.2 在 DTM 上间接叠加地物.....	106
4.4 基于 TINs 的 DTM 产生.....	106
4.4.1 Voronoi 图与 Delaunay 三角形.....	106
4.4.2 两种 Delaunay 三角形产生算法.....	107
4.4.3 基于 TINs 的 DTM 产生.....	117
4.5 在基于 TINs 的 DTM 上叠加地物.....	118
4.5.1 限定性 Delaunay 三角产生准则.....	118
4.5.2 在 TINs 的 DTM 上叠加线状要素.....	119
4.5.3 在 TINs 的 DTM 上叠加面状要素.....	120
4.6 两种不同数字地形模型的转换.....	122
4.6.1 TINs 到 RSGs 的转换.....	122
4.6.2 RSGs 到 TINs 的转换.....	124
第五章 通视分析.....	127
5.1 通视问题的分类.....	127
5.1.1 点的通视.....	129
5.1.2 线的通视.....	130
5.1.3 区域的通视.....	130
5.2 基于 RSGs 的 DTM 的通视.....	130
5.2.1 基于 RSGs 的 DTM 的点对点通视.....	131
5.2.2 点对线的通视.....	132
5.2.3 点对区域的通视.....	133
5.2.4 点对区域通视算法的改进.....	135
5.3 基于 TINs 的 DTM 的通视.....	135

5.3.1 点对区域的二值通视与最小通视高度.....	136
5.3.2 点对点的通视.....	139
5.3.3 点对线的通视.....	140
5.3.4 点对区域的通视.....	143
第六章 地形分析及其应用	149
6.1 地形表面的坡度坡向	149
6.1.1 DTM 中数据点的法线矢量.....	149
6.1.2 坡度的计算.....	150
6.1.3 坡向的计算.....	151
6.2 地形剖面相关性分析	152
6.2.1 地形剖面相关性定义.....	152
6.2.2 地形剖面相关性分析.....	153
6.3 地形的纹理分析	158
6.3.1 DTM 富里叶变换.....	158
6.3.2 纹理分析.....	158
6.4 地形的分形维分析	161
6.4.1 分形学与分形维.....	161
6.4.2 分形布朗函数.....	162
6.4.3 实验结果及比较.....	166
6.4.4 分形插值计算.....	168
6.5 地形的最大最小信息熵方向.....	171
6.5.1 地形的信息熵.....	171
6.5.2 地形的方向信息熵.....	171
6.5.3 最大信息熵方向的计算.....	172
6.6 地形分析在地形匹配导航中的应用	175
6.6.1 巡航飞行器的地形匹配原理.....	175
6.6.2 地形分析流程.....	177
6.6.3 巡航飞行器地形匹配时最佳路线选择.....	178
第七章 军队标号生成系统	180
7.1 军队标号的定义和分类	180
7.2 规则军标	181
7.3 非规则军标的生成	184
7.3.1 非规则军标的分类.....	184
7.3.2 曲线参数方程与 B 样条曲线.....	186
7.3.3 粗细箭头的生成.....	196

7.3.4 法线类非规则军标的生成.....	200
7.3.5 杂类非规则军标的生成.....	205
7.4 军标与地理信息系统的结合.....	206
7.4.1 军标与地理信息系统中点、弧、多边形的对应关系.....	206
7.4.2 军标文件结构.....	208
主要参考文献	209
索 引	215
附 录 A.....	221
附 录 B.....	244
附 录 C.....	256

第一章 地理信息系统概论

德国古典哲学家康德(Immanuel Kant 1724-1804)曾将人类的知识划分成三个不同的领域:

- (1) 研究特定对象、对象集和现象的科学, 如: 生物学、细菌学、森林学、几何学;
- (2) 研究按时间顺序而变化的事物的科学, 尤其是指历史学;
- (3) 研究在各自空间下特征的科学, 尤其是地理学。

1.1 地理信息系统

1.1.1 地理信息系统的定义

地理信息系统(Geographic Information Systems), 简称 GIS, 就是为了获取、存储、检索、分析和输出显示空间数据(Spatial Data)而建立的, 用计算机技术实现的信息管理系统。一般应有四大部分组成(Goodchild 1987, Dangermond 1983, Marble 1983): 空间数据的获取, 空间数据的存储与检索, 空间数据的分析与操作以及空间数据的显示输出。它是一般信息系统在用于地理信息领域中的一个实例。图 1.1 为一般信息管理系统的框图。图 1.2 是一个典型的地理信息系统的组成。

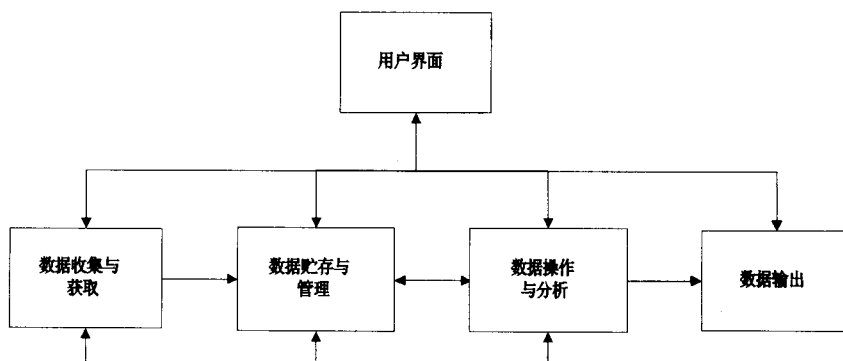


图 1.1 通用信息系统组成

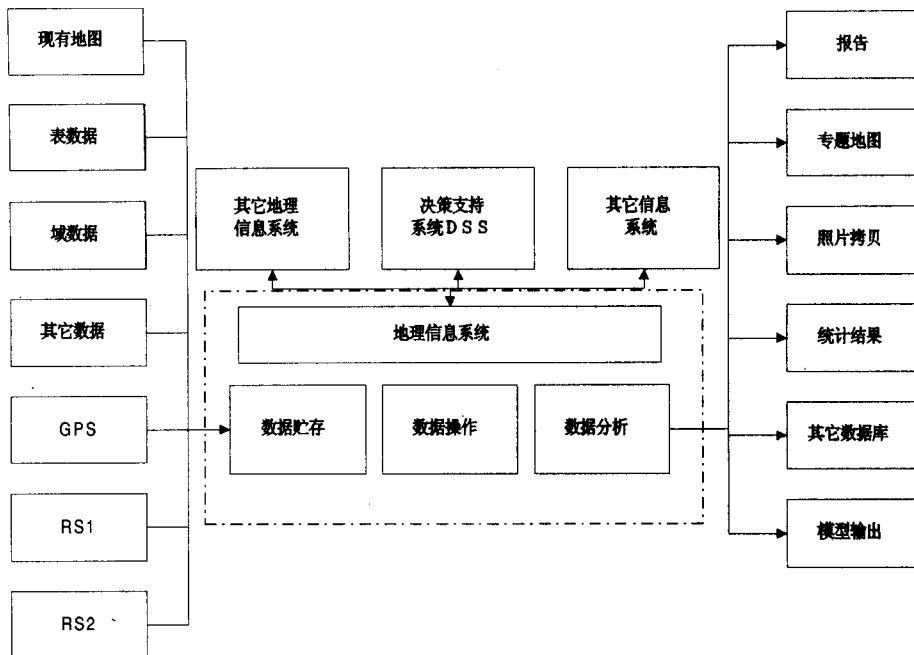


图 1.2 典型的地理信息系统组成

1.1.2 空间数据

空间数据为地理参考数据+属性数据。

地理参考数据(也称几何位置数据)。它是以定点、定线、定面方式与地球表面建立位置关系的数据。在地理信息系统中，地球表面的自然或人工地貌地物均通过地理参考数据输入计算机中。如地球表面上的一座塔的位置可用直角坐标 X、Y 表示，也可用经纬度表示。

属性数据。它是与地理参考数据相关联的，表示该地理参考数据特征、特性的数据。如某一点的地名数据，某一区域的人口密度、作物分布、地质、植被等数据，某一表示公路路况的数据等。

1.1.3 空间数据的特征

空间数据的主要特征是定位信息(地理参考信息)与属性信息彼此随着时间的变化而独立发生变化。因此，管理这些数据时一般要求定位数据与属性数据能分别独立地进行改变。也就是说，不应一种数据的变化而影响另一数据。

空间数据的另一个重要特征是空间的拓扑关系。即：表示空间几何位置的结点、

弧与多边形诸元素(或称点、线、面)的互相之间的邻接、关联与包含关系。

1.1.4 其它类型的数据

图形数据。图形数据主要是面向用户的数据,其目的是为了显示经过处理分析后的空间数据,或为了表示属性数据而设计的特殊图形或符号。图形数据与地理信息系统的输出直接相关。许多专题图(Thematic Map)都要借助于图形数据。在军事地理信息系统中,除了需要用于表示一般地理要素的图形数据、符号外,还要有用于表示部队、装备、武器、人员以及攻击、防御等多种军标专用图形符号。

时间数据。无论是自然地貌还是人工地物它们都随着时间的变化而变化。如国界、区界的更改,滩涂的伸延,道路的新建与改变等。地理信息系统应该有一时间的尺度去记录这种变化。

拓扑数据。拓扑数据是空间数据的扩展,是空间数据的副产品。因为拓扑数据可以由空间数据自动生成。拓扑数据在地理信息系统可以有显式存储或隐式存储两种方式。显式存储时,由人工或算法事先记录在数据库中;隐式存储时,根据空间数据分析操作之需要而临时生成。显式存储使数据库操作的速度提高,而使数据的冗余量增加。隐式存储使数据冗余量减小,而使检索速度降低。

图 1.3 表示了地理信息系统中各种数据及数据之间的关系。

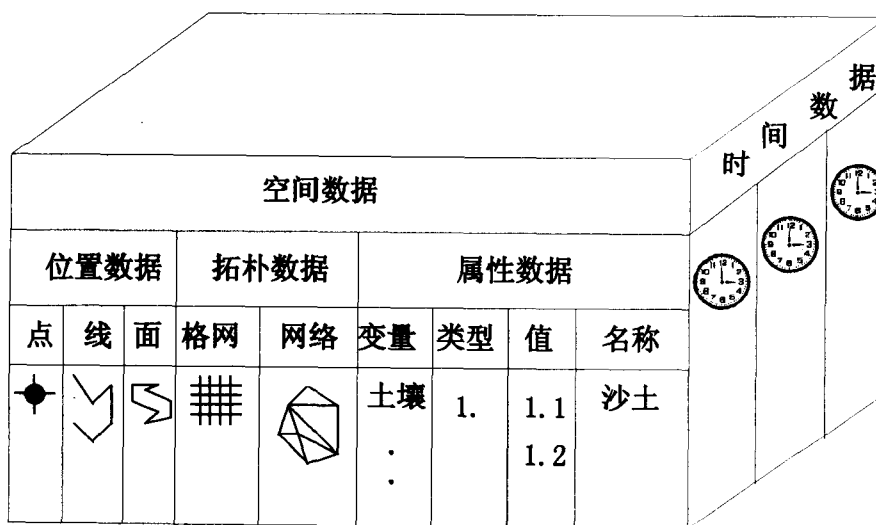


图 1.3 地理信息系统中各种数据及相互关系(Dangermond 1983)

1.1.5 信息与数据

数据与信息两词在许多领域中被当作同一词使用，其实它们之间是有严格区别的。数据是指那些独立或孤立的事实。而信息是被用来给人们提供知识与情报的数据记录组合。数据库系统是为以后的使用而存储和调用数据的系统，而信息系统是将数据将变成有意义的信息，为人们决策过程服务的系统。如：某一地区的等高线数据被存储在地理数据库中，若能通过对地形的功率谱分析和地形分数维分析，并利用分析的结果决定巡航导弹能否在该地域进行地形匹配，若能，那末最佳匹配的路径是什么。能进行以上分析的系统就是信息系统。

1.1.6 AM(Automated Mapper)自动地图制作系统

自动地图制作系统是利用计算机技术进行地图的自动绘制的系统。它由数据采集、数据存储与地图的输出三大部分组成。如上所述，AM 系统并不是一个信息系统，它是数据库系统的一个实例。而地理信息系统，不仅有数据采集、存储和输出，它还能对地理数据进行分析 and 集成。然而，象所有的信息系统一样，GIS 必须要依靠数据库管理系统(DBMS)的支持，必须利用 AM 已有的数据库系统。AM 系统往往需要巨大的人、财、物投入才能建立起来。如美国 DIME、TIGER 和 DLG 就是这样的。AM 系统，它为各种形式 GIS 提供支持。与 AM 相比，GIS 往往是不同的部门根据自己所需解决的问题而提出或设计的。因此，GIS 比 AM 更灵活，更具有多样性。

1.1.7 基于矢量与基于栅格的 GIS

在二维平面 R^2 上的一条直线，通常我们有两种表示方法。一是用直线的起点和终点表示，其直线的方向隐含在起点和终点的顺序中。如直线 $L: (x_0, y_0), (x_1, y_1)$ 。二是将直线上所有的点都记录下来，组成点集 $P=\{(x_0, y_0), \dots, (x_n, y_n)\}$ 。我们称直线上一个可分辨的点叫做像元(Cell)，像元与像元之间所代表的物理距离称为分辨率(Resolution)。直线的第一种表示方法称为直线的矢量表示法；第二种表示方法称为直线的栅格表示法。在 GIS 系统，我们将 GIS 的研究对象抽象成三类：点、线、面。与直线的表示方法相仿，GIS 中这三类对象的表示也分矢量与光栅两种表示方法。这种矢量与光栅的表示方法的不同决定了 GIS 系统分为基于矢量的 GIS 和基于光栅的 GIS 系统。

要回答基于矢量的 GIS 与基于栅格的 GIS 孰优孰劣，这是一个非常令人挠头的事。因为脱离了具体的应用对象和具体系统的结构来讨论这是个问题是没有意义的。但就一般而言，基于矢量的 GIS，在存储空间、数据检索、数据精度和输出、显示

方面占有一定的优势。这就是目前商用 GIS 中基于矢量占主导地位原因。而基于栅格的 GIS，在数据输入和数据分析占有一定的优势。数据的输入一直是建立 GIS 的瓶颈，而基于矢量的 GIS，要求将点、线、面对象变为矢量数据，正如在第二章中讨论的那样，这是一项非常艰巨的工作。由于卫星遥感技术的发展，而遥感数据本身就是栅格数据，这些数据经过适当的图像处理(如进行分类)和地理编码，就能作为基于栅格的 GIS 的数据源。在数据分析方面，如我们进行两个层的覆盖(Overlay)运算，在基于矢量的 GIS 中需要复杂的运算才能实现，而对于基于栅格的 GIS，只是对不同层中像元进行简单运算便可实现。这在诸如缓冲区分析(Buffer)时表现出同样的结果。

然而，纯粹的基于矢量或基于栅格的 GIS，都存在着它的长处，也有着它的短处。目前在商用 GIS 中，这两种系统的分界线越来越模糊了。基于矢量的 GIS 提供矢量数据转换为栅格数据的工具，基于栅格的 GIS 提供栅格到矢量的转换工具。但后者往往要比前者困难得多。

对于有些特殊的地理要素，如等高线，当直接用它进行地形分析时，往往有些困难。但将等高线转换成数字高程模型 DEM(Digital Elevation Model)时，对于进行诸如地形的通视分析、坡度/坡向、面积/体积等分析时，就变得十分方便了。

1.2 地理信息系统的历史

1.2.1 地图的产生和发展

在论述 GIS 历史与发展时，我们不能忘记地图作为 GIS 最早表现形式的作用。地图与文字几乎是同时出现在人类历史发展过程中，因为它们都是记录和传达信息的符号。在原始社会，由于生活的需要，诸如确定游牧路线、狩猎地点、部落疆界等，人类就在地上、岩石上、树上用简单的象形符号记录下各种不同的事物、事件。现在尚能看到的最古老的地图是收藏在大英博物馆中的那张居住在亚洲西部巴比伦人于 4500 年前绘制的地图。

中国作为四大文明古国之一，我们祖先同样在地图的发明、制作、使用方面有着辉煌的一页。张世涛(1993)在《地图 ABC》中作了详细介绍。1973 年冬至 1974 年春，我国考古工作者在湖南长沙东郊马王堆的第 3 号墓穴中出土了三幅彩色地图——马王堆帛地图。即在古帛上绘制着地形、驻军和城邑的地图。据与这些图一起出土的随葬木牍上记载，时间为“十二年二月乙巳朔戊辰”。据此推算，这些地图距今已有 2100 多年的历史，是汉文帝初十二年(公元前 168 年)所作。修复后的图幅长宽各 96cm，比例尺约十八万分之一。图上主要内容有山脉、河流、居民点、道路等要素。它基本包括了现代地图的基本要素。而且在图中使用了地图语言——地图符

号：居民地采用两种符号，县城用方框表示，乡用圆表示；水道上游用细线，下游用粗线表示；山脉的轮廓与走向用闭合曲线表示，并在闭合曲线内加上晕线，使山之形态非常醒目。

到了魏晋时代，我国古代的地图，不仅在绘制工艺上有了进步，而且在地图理论方面有了突破。这与西晋时期著名地图学家裴秀(公元 233-271 年)的贡献密不可分。他不仅研究了大量古代资料，对照当时实际情况，编制了内容详尽的《禹贡地域图》18 篇(相当于晋朝中国全国地图)，而且在地图学上提出了一些制作理论。其中在《禹贡地域图》序中，提出六条制图原则：“一曰分率，可以辨广轮之度也；二曰准望，可以正彼此之体也；三曰道里，所以定所由之数也；四曰高下，五曰方斜，六曰迂直，此三者各因地而制宜，可以校夷险之异地”。第一条说明地图必须体现比例尺；第二条是要明确方位关系；第三条是要反映各地之间的距离。后三条是说明各地之间由于地势高低变化和中间物的阻挡，道路有高下、方斜、迂直的不同，制图时应采取相应的原则；两地间所取的距离应是水平距离，这就是采取所谓的逢高取下，逢方取斜，逢迂取直的方法。裴秀的地图学理论一直影响两晋至清代一千多年间中国传统的地图制作理论和实践。

唐、宋、元、明时期，这是我国封建社会鼎盛时期，经济的繁荣，促进了文化和科技的发展。同样地图制作的理论和实践都取得了成果。盛唐时期地图制作更为发达，且规定各州郡每 3 年，改新一次送呈中央政府，然后由中央政府根据地方图编制成全国地图。可见那时，人们就认识到地理信息是变化着的动态信息，及时更新的必要性。在宋朝，完成了全国地图的绘制，用绢 100 匹制成，可见规模之大。在明代，由于海上航行的需要，海图的制作也得到了发展。《郑和航海图》不但范围大、地名多，而且相当详细地注出了航道和航向。

可以肯定地说，从公元 2 世纪到 16 世纪，我国地图史上群星灿烂、成就卓著，地图的制作居世界前列。

明代中期以后，西洋文化和科技不断渗入，中国古代地图制作理论和实践也不断地吸收其思想，形成了中西方法同时并存之态势。康熙时期(公元 1662-1732 年)，清政府组织中国科技人员与精通地图制作的西方传教士，在全国各地分组进行了多次大规模的经纬度测量和三角测量，测定经纬点 630 个。并将测量成果绘成地图出版。这就是《皇舆全图》。

在西方，古希腊天文学家、数学家、地理和地图学家托勒密(Claudius Ptolemaeus 公元 90-168 年)创立了他的地心说，并写下了《地理学(The Geographia)》。据称，这部书在 1704 年以前被再版 50 次。该书论述了地球的形状、大小，首次提出了经纬线的概念。在《地理学》中绘制的地图上，托勒密首创了定向的方法，以地图上方为北，右向为东。

经过中世纪宗教统治的沉闷后，在十六世纪的欧洲延生了另一位地图学家墨卡托(Gerhardus Mercator 公元 1512-1594 年)，他采用等角正圆柱投影(后称墨卡托投影)

编制了世界地图和欧洲地图 15 幅。

十八至十九世纪, 由于工业革命促进了众多科学技术的发展, 如摄影技术的发明, 以及将这一技术被用于空中摄影。在美国南北战争时期(1862 年 7 月), 利用空气球对敌方阵地进行摄影, 并将其绘成地图。统计学、天文学、测量学以及印刷技术的发展促使地图的制作向现代化迈进。

十八世纪至十九世纪, 世界范围战争不断, 这也促进了军事地图制作的发展。到十九世纪后半叶, 西方许多国家大都完成了其本土的大比例尺军用地形图的绘制。

到本世纪七十年代, 由于计算机技术被用于地图制作, 因而延生了自动地图制作(Auto Mapper OR Auto Cartography)。计算机帮助人们存储数据, 使数据可重复使用; 计算机使地图制作更快, 更精确。然而, 正是由计算机出现使传统意义地图制作不能满足人们的需要, 人们需要的不再是一张张纸图, 人们希望在计算机上能显示、操作、分析的地图, 希望根据自己的需要制作自己的专题图(Thematic maps)。现实与需求在碰撞着, 新的希望也正在“科学的危机”中蕴育着。

1.2.2 传统意义的地图面临的危机

• 地图制作与使用者的矛盾

地图制作者总是企图在纸图上更多反映真实世界, 这样势必在地图上不断提叠加各种信息、符号, 以便能够覆盖更多的用户需求。而使用地图者往往是针对某一领域或是面向具体对象的, 需要的往往是专题图。他们不关心那些对他们无关紧要的要素。他们面临的问题往往是他们需要的东西无法在地图上找到, 即使有也得从密密麻麻的标注、符号、图形中去分离出来。对用户需要的专题图, 如果交地图制作部门, 变成印刷好纸图, 少则数月, 多则以年计算。

• 地理信息的存储与可视化的矛盾

地图最基本的功能有两个(Chen 1995): 显示和保存地理信息, 为分析这些数据服务。为达到这两个目的, 传统的地图制作方法就是紧密围绕这两个方面展开研究的。在传统的纸图上, 可以绘图的空白处是有限的, 要想充分表示这些信息, 不得不将地图的比例尺放大, 于是, 为了满足各种用户的需要, 出现了多种比例尺的地图。就军用地图而言, 在现代战争条件, 战区覆盖敌我双方地域, 高层指挥员所需的地图之多不得不使用专用车辆运输。而这些地图又需要专人保存, 时间一长, 纸的变质, 纤维的伸缩等都影响地图的精度。而目前 1:100 万的世界地图, 只存在 4"×4"×1"的四张 CD-ROM 光盘上, 且只需几百美元(Chen 1995)。

• 大存储量与访问速度之间的矛盾

如果只将传统的纸图变成计算机能处理的数字化地图, 那么, 只能说计算机帮助地图制作者将纸图存储到计算机的存储介质中, 可以反复使用它而已。而从用户