



地理信息系统 原理及应用

Principles and Applications
of Geographic Information

钟志农 李军 景宁 陈浩 陈萃 伍江江 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

014000666

P208.2

19

地理信息系统原理与应用

Principles and Applications of Geographic Information System

钟志农 李军 景宁 陈浩 陈萃 伍江江 编著



国防工业出版社

·北京·



北航

C1687344

P208.2
19

内容简介

地理信息系统是当前信息技术领域一项关键的信息系统技术,被广泛应用于各个领域。随着信息技术以及地理信息系统应用需求的不断发展,地理信息系统技术在广度和深度上不断得到延伸。本书是作者在系统总结已有地理信息系统的基本理论、方法、成果,并结合作者近年来从事地理信息系统相关科研以及对地理信息系统技术发展趋势分析的基础上撰写完成的。

本书全面、系统地阐述了地理信息系统的理论、方法以及应用的发展,内容包括地理信息系统基本概念、空间数据模型和表示方法、空间数据采集与处理、空间数据管理、空间分析、空间数据表现与地图制图、Web GIS 技术、地理信息共享与互操作、地理信息系统应用等。本书可作为从事地理信息系统技术研究以及从事地理信息系统应用开发等工作的科研人员的参考书,也可作为地理信息系统技术教学的本科生或研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理与应用/钟志农等编著. —北京:国防工业出版社,2013.8

ISBN 978-7-118-09024-6

I. ①地... II. ①钟... III. ①地理信息系统—研究 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 184435 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 21 字数 399 千字

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 62.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是一门集计算机科学、信息科学、地理科学、测绘学、地图学于一体的新兴学科,也是当前信息技术领域一项关键的信息系统技术,并随着信息技术的发展以及应用需求的驱动而不断发展完善,当前已被广泛应用于各个领域,尤其在军队、国防或国民经济建设领域有着不可或缺的作用。

本书是作者在系统总结已有 GIS 的基本理论、方法、成果的基础上,结合作者近年来从事 GIS 教学和和相关科研工作的经验撰写完成的。全书以 GIS 的概念、功能以及应用为主线进行编排,共分 9 章。第 1 章系统阐述 GIS 的内涵、基本概念、功能与组成、发展历程和相关信息资源;第 2 章介绍坐标系统和地图投影、空间数据模型和空间数据结构;第 3 章介绍空间数据采集与处理的流程以及相应的方法;第 4 章从空间数据库的角度,介绍空间数据库技术、空间索引以及空间信息查询;第 5 章介绍矢量/栅格数据分析、网络分析以及三维地形分析等常用的 GIS 空间分析方法;第 6 章介绍空间数据表现与地图制图的相关方法;第 7 章介绍 Web GIS 技术的概念、技术基础以及实现方式;第 8 章介绍地理信息共享与互操作的基本概念以及实现方法;第 9 章介绍 GIS 的主要应用领域、3S 集成技术、三维 GIS 技术及其应用,并重点介绍 GIS 在军事中的应用。本书力求能系统性、科学性地阐述 GIS 在上述方面的技术和应用成果,可作为从事地理信息系统技术研究以及从事地理信息系统应用开发等工作的科研人员的参考书,也可作为地理信息系统技术教学的本科生或研究生教材。

本书由钟志农、李军、景宁、陈浩、陈萃和伍江江负责全书的内容设计和统稿,国防科学技术大学博士研究生陈慧中、刘义、李军、吴烨、杨剑、王跃华,硕士研究生余靖、谢国文、李龙梅、刘方弛、李杰等参与了本书编写的部分工作,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,书中不成熟、不完善之处,敬请读者批评指正。

编著者
2013 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是 GIS	1
1.2 GIS 功能与组成	3
1.2.1 GIS 的功能	3
1.2.2 GIS 的构成	5
1.3 GIS 的发展与应用	6
1.3.1 GIS 的发展历程	6
1.3.2 GIS 的应用	8
1.3.3 GIS 技术的发展	9
1.4 GIS 相关的信息资源	11
1.4.1 期刊和会议	11
1.4.2 公共教育资源	12
1.4.3 主要的 GIS 软件	13
思考题	15
第 2 章 空间数据模型和表示方法	16
2.1 坐标系统和地图投影	16
2.1.1 坐标系统	16
2.1.2 地图投影的基本问题	21
2.1.3 地图投影的选择	26
2.1.4 地图分幅与编号	29
2.2 空间数据模型	34
2.2.1 现实世界的抽象	34
2.2.2 地理空间数据的组成	36
2.2.3 场模型与对象模型	38
2.2.4 网络模型	44
2.3 空间数据结构	44
2.3.1 栅格数据结构	45
2.3.2 矢量数据结构	50
2.3.3 栅格与矢量数据结构的比较	53
思考题	55

第3章 空间数据采集与处理	56
3.1 地理空间数据采集方法	57
3.1.1 数据源的种类	57
3.1.2 数据采集方法	58
3.2 地图的数字化	63
3.2.1 电子地图与纸地图比较	63
3.2.2 地图数据类型	64
3.2.3 手扶跟踪数字化	65
3.2.4 扫描矢量化	65
3.3 地理空间数据的编辑	66
3.3.1 几何数据的编辑	66
3.3.2 属性数据的编辑	67
3.4 地理空间数据的处理	68
3.4.1 线性纠正方法	68
3.4.2 非线性纠正方法	69
3.5 拓扑关系的建立	70
3.5.1 图形修改	70
3.5.2 建立多边形拓扑关系	71
3.6 数据结构转换	74
3.6.1 矢量数据转换为栅格数据	74
3.6.2 栅格数据转换为矢量数据	78
3.7 数据格式转换	83
3.7.1 数据格式转换内容及要求	83
3.7.2 数据格式转换方法	84
3.8 GIS的数据质量	86
3.8.1 GIS数据质量的内涵	86
3.8.2 空间数据质量问题的来源	88
3.8.3 空间数据质量的检查	88
3.8.4 空间数据生产过程中的质量控制	89
思考题	90
第4章 空间数据管理	91
4.1 空间数据库	91
4.1.1 数据库技术	91
4.1.2 空间数据库技术	92
4.1.3 空间数据的存储与管理	95
4.1.4 当前主要的空间数据管理产品	101

4.2	空间索引	106
4.2.1	空间索引基本概念	106
4.2.2	空间索引方法	106
4.2.3	固定网格索引	108
4.2.4	基于KD树的空间索引	109
4.2.5	基于R树的空间索引	113
4.2.6	基于四叉树的空间索引	118
4.3	空间信息查询	121
4.3.1	空间查询过程	122
4.3.2	空间查询语言	123
4.3.3	Oracle Spatial 中的空间查询语言	125
	思考题	129
第5章	空间分析	130
5.1	GIS 基本空间分析方法	130
5.1.1	空间量算	130
5.1.2	缓冲区分析	135
5.1.3	叠加分析	138
5.1.4	再分类	141
5.2	栅格数据分析	142
5.2.1	基本概念	142
5.2.2	局部变换	143
5.2.3	邻域变换	144
5.2.4	区域变换	145
5.2.5	聚合分析	145
5.2.6	追踪分析	145
5.2.7	成本距离分析	146
5.3	网络分析	148
5.3.1	网络分析概念	148
5.3.2	网络数据模型	151
5.3.3	最短路径分析	152
5.3.4	连通分析	155
5.3.5	网络流分析	158
5.4	三维地形分析	162
5.4.1	DTM 与 DEM 概念	162
5.4.2	DEM 的主要表示模型	163
5.4.3	DEM 模型之间的相互转换	166

5.4.4	DEM 应用	174
	思考题	180
第 6 章	空间数据表现与地图制图	181
6.1	概述	181
6.1.1	地图符号对空间数据的描述	181
6.1.2	计算机制图与地理信息系统	182
6.1.3	地理信息可视化	182
6.2	地图符号	184
6.2.1	地图符号的分类与特点	184
6.2.2	地图符号的构成特点	186
6.2.3	地图注记	188
6.3	制图一般原则	189
6.3.1	符号运用	189
6.3.2	色彩运用	190
6.3.3	注记运用	192
6.3.4	图面配置	194
6.3.5	制图内容的一般安排	196
6.4	专题地图	198
6.4.1	专题地图概念	198
6.4.2	专题信息表现	199
6.4.3	专题信息表现方法	200
6.4.4	专题地图图型设计	204
	思考题	205
第 7 章	Web GIS	206
7.1	Web GIS 概述	206
7.1.1	Web GIS 基本概念及发展	206
7.1.2	Web GIS 的功能和特点	208
7.1.3	Web GIS 的体系结构	209
7.2	Web GIS 传输协议及规范	213
7.2.1	传输协议与规范	213
7.2.2	空间数据传输格式	216
7.3	Web GIS 的实现方式	222
7.3.1	服务器端方法	223
7.3.2	客户端方法	224
7.3.3	新的实现技术	226
7.3.4	典型的 Web GIS 软件	228

7.4	分布式 Web GIS 技术框架	230
7.4.1	基于 J2EE 的 Web GIS 结构	231
7.4.2	基于 DCOM/COM + 的 Web GIS 结构	236
7.4.3	基于 CORBA 的 Web GIS 结构	238
7.4.4	基于 .Net 的 Web GIS 结构	240
	思考题	243
第 8 章	地理信息共享与互操作	245
8.1	地理信息共享概述	245
8.1.1	地理信息与地理信息共享	245
8.1.2	地理信息共享发展现状	246
8.1.3	地理信息共享的困难	247
8.2	地理信息标准体系	250
8.2.1	ISO/TC 211 标准体系	250
8.2.2	OGC 标准体系	255
8.2.3	我国国家地理信息标准体系	260
8.3	空间互操作技术	262
8.3.1	空间互操作概念	262
8.3.2	空间互操作实现机制	264
8.4	基于空间信息 Web 服务的地理信息共享	269
8.4.1	空间信息 Web 服务	269
8.4.2	典型空间 Web 服务	273
8.5	地理空间元数据	287
8.5.1	地理空间元数据概述	287
8.5.2	空间元数据标准	287
8.5.3	地理空间元数据应用实例	289
	思考题	291
第 9 章	地理信息系统的应用	292
9.1	GIS 应用概述	292
9.2	3S 集成技术及应用	294
9.2.1	3S 集成概述	294
9.2.2	GIS 与 RS 集成	295
9.2.3	GIS 与 GPS 集成	299
9.3	三维 GIS 技术及应用	302
9.3.1	三维 GIS 概述	302
9.3.2	三维 GIS 的特点	303
9.3.3	三维 GIS 数据模型	304

9.3.4	三维 GIS 空间分析	305
9.3.5	三维 GIS 面临的挑战	306
9.4	军事地理信息应用技术	307
9.4.1	军事地理信息系统	307
9.4.2	军事地理信息技术	311
9.4.3	地理空间情报	316
9.4.4	典型军事地理信息应用系统	319
9.4.5	军事地理信息技术的发展趋势	322
	思考题	323
	参考文献	324

第 1 章 绪 论

地理信息系统(Geographic Information System, GIS) 是近年来迅速发展起来的一门介于地球科学与信息科学之间的交叉学科,是地理学、地图学、测绘学与计算机科学的结合,是管理和研究地理空间数据的技术系统。自 20 世纪 60 年代以来,随着计算机技术、信息技术、遥感技术等技术的飞速发展,地理信息系统作为一个新兴的交叉学科和技术,得到了快速发展和普遍应用。在计算机软硬件支持下,地理信息系统可以对海量地理空间数据进行快速处理和有效管理,便于人们研究各种地理空间实体及其相互关系,快速获取地理空间相关信息。本章主要介绍地理信息系统的内涵、基本概念、功能与组成、发展历程和相关信息资源等内容。

1.1 什么是 GIS

什么是 GIS? 为了回答这个问题,我们可以设想这样一些应用场景。

在日常生活中,如果我们需要开车从长沙去北京逛故宫,我们可以登录 Google Map 网站,展现在我们面前的是一幅全国地图。通过缩放等各种操作,能够查看全国各地的详细道路情况。然后,我们查找从长沙到北京的驾车路线,了解北京和沿线的地图,选择最快的驾车路线。同时,还可以查找故宫周围的宾馆的位置和电话,根据距离远近、交通状况、价格等因素选择住宿宾馆。另外,还可以查看故宫周围的餐馆、休闲场所等信息。这一切的准备工作都可以通过互联网上的 GIS 系统来完成。当我们驾车时,我们可以通过带 GPS 定位功能的手机或导航仪,设定目的地后,根据手机或导航仪上的移动 GIS 系统实现地图导航,不断提示我们行车路线,直到到达目的地。到达故宫后,需要制定观光线路。既想去口碑好的景点,又不想排长队,于是去咨询处询问。咨询处人员应用专用的 GIS 系统,综合景点分布、数日来客流情况以及旅客反馈进行分析,为其提供几条相对适宜的旅游线路。

在发生自然灾害时,救灾指挥人员可以通过网络获取灾区实时数据,以及灾区人口分布与地形地貌等信息,应用 GIS 辅助分析,给出应急方案,及时做出决策和部署。

这些例子形象地说明了 GIS 对我们日常生活的影响,以及在重大决策中发挥的作用。下面,我们一起来认识 GIS 的具体含义。

地理信息是一些与地球表面(包括与地表非常接近的区域、亚地表、海洋与大气圈)空间位置数据相关的信息,是表征地理环境固有要素或物质的数量、质量、分布特征、联系和规律的信息的总称。

地理信息的数据主要包括空间数据和属性数据,也可以包括与时间相关的其他数据。

空间数据描述地物所在位置,这种位置既可以根据大地参照系定义,如大地经纬度坐标,也可以定义为地物间的相对位置关系,如空间上的距离、邻接、重叠、包含等。

属性数据又称为非空间数据,是描述地物特征的定性或定量指标,即描述了地物信息的非空间组成部分,如地物的颜色、大小、名称等数据。

GIS 是一个基于计算机的管理地理空间信息的信息系统,主要功能为采集、模型化、处理、管理、检索、分析和展现地理空间相关数据。GIS 与其他信息系统的最大区别是 GIS 所存储和处理的数据是与地理空间相关的,其主要特点如下。

(1) 地理信息是多维的。至少需要两个坐标来定义其位置。

(2) 地理信息是海量的。需要专门的空间数据库进行管理。

(3) 地理信息可以具有不同的比例尺或空间分辨率。例如同一区域可以具有 1:100 万和 1:5000 等不同比例尺的矢量地图,或 10m、1m 等不同分辨率的遥感影像数据。

(4) 地理信息可以采用不同的方式建模和表达。不同的建模和表达方式会影响到地理信息的应用方式。

(5) 地理信息需要投影到平面。地理信息所描述的是位于地球表面的信息,因为地球是一个不规则的球体,为了能够将其表面的内容显示在平面的显示器上或进行分析,常常需要将地理信息投影到平面来进行处理。

(6) 地理信息需要许多特殊的分析方法。为此,GIS 中提供了许多专门的地理信息分析方法。

(7) 地理信息需要快速查询和获取。为此,需要建立空间索引等多种方法提高地理数据查询速度。

(8) 地理信息具有多源异构特性。由于空间数据的采集通常是由不同的部门完成的,用以管理这些数据的系统平台、软件可能完全不同,这就造成了地理信息的多源异构性。因此需要制定相应的标准和规范来实现空间数据的共享与互操作。

当前 GIS 存在多种不同的定义,至今没有形成一个统一的定义。这些定义由于偏重点的不同,具有较大的差别。通过对不同类型 GIS 定义的分析,可以得出 GIS 不同层次的基本内涵。

1. GIS 是一个工具集

GIS 被定义为“一种存储、检索、变换和显示空间数据的工具集”“获取、存

储、检索、分析和显示地理空间数据的自动化系统”。GIS 可以看成是一个分析地理空间数据的工具集,是一个包含各种处理地理空间数据的软件包。GIS 的处理过程包含从空间数据的获取、到空间数据的管理、再到空间数据的分析、解释和显示。

2. GIS 是一个信息系统

GIS 被定义为“用于采集、模拟、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机信息系统”“一种用于处理地理空间或地理坐标相关数据的信息系统,是一个管理地理空间数据的具有特定功能的数据库系统”“一种特殊的信息系统,数据库由空间分布的特征、活动或事件的观测数据组成,空间上表现为点、线、面,并为特定的查询和分析提供点、线、面数据的检索能力”“由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统,该系统设计支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示,以便解决复杂的规划和管理问题”。

地理信息系统是一种特殊的信息系统,继承了信息系统的基本特征。GIS 的数据库由一系列观测数据构成,这些观测数据发生在不同的时间,或者在同一时间发生在不同的地点。观测数据包括特征、活动和事件。特征一词来源于制图领域,表示一种地图上的条目。点特征只包含一个位置的数据,例如发射塔。线特征就像项链的珠子一样排成一列,包含了多个位置数据,例如道路或河流。面特征则包含一条或者更多的线,这些线形成环围成了一些面,例如水库或者湖泊。

3. GIS 是一门科学

GIS 被定义为“研究地理信息生成、处理、存储和应用过程中出现的基本问题的一门信息科学”。

地理信息系统引发了很多的技术变革,同时促进了测绘、遥感、航空拍摄、全球定位系统、移动计算与通信等技术的发展。如今,地理信息系统技术变得更加简单、分布更加广泛、使用成本更加低廉。同时,地理信息系统技术也突破了制约,深入到了诸如人类学、流行病学、设备管理学、林学、地理学以及商务等领域。其次,这种转变导致了组成地理学的知识自身的优胜劣汰。因此,许多学者把 GIS 称作“地理信息科学”(Geographic Information Science),是一个具有理论和技术的科学体系。

1.2 GIS 功能与组成

1.2.1 GIS 的功能

GIS 在现实生活中的应用非常广泛,其要解决的核心问题如下。

(1) 位置问题:即在某个特定的位置有什么。

例如,查询当前地块所有者、地址、土地利用情况、估价等。

(2) 条件问题:即什么地方有满足某些条件的物体。

例如,查询土地类型为居民区、有 4 个卧室而且是木制的房屋。

(3) 变化趋势问题:综合现有数据,以识别已经发生了或正在发生变化的地理现象。

例如,分析有多少柑橘地块转作它用? 现在作为何用?

(4) 模式问题:分析与已经发生或正在发生事件有关的因素。

例如,分析机动车辆事故发生在何处? 发生地点与时间有关吗?

(5) 模型:该类问题的解决需要建立新的数据模型以产生解决方案。

例如,要兴建一个儿童书店,则可以建立选址模型,用来选址的评价指标可能包括 10、15、20 分钟可到达的空间区域,附近居住的 10 岁或 10 岁以下的儿童的人数、附近家庭的收入情况、周围潜在竞争的情况等。

地理信息系统作为处理与地理空间信息相关的信息系统,它的主要功能如下(图 1-1)。

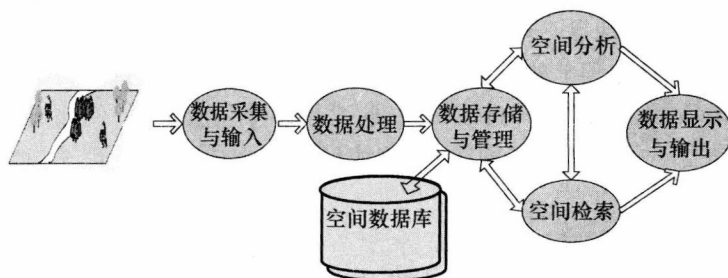


图 1-1 GIS 功能示意图

(1) 数据采集与输入:将系统外部的原始数据传输给系统内部,并将这些数据从外部格式转换为系统便于处理的内部格式的过程。对于多种形式、多种来源的信息,可实现多种方式的数据输入。主要有图形输入、栅格数据输入、测量数据输入和属性数据输入。为了实现数据的输入,GIS 需要支持数字化仪、扫描仪等的数据录入操作,支持栅格数据的自动、半自动和人工的矢量化操作。

(2) 数据处理:主要指数据的编辑和转换等,包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、图形变换、投影变换、误差校正等功能。

(3) 数据存储与管理:这是建立空间数据库的关键步骤,涉及空间数据和属性数据的组织。空间数据管理是 GIS 数据管理的核心。栅格模型、矢量模型或栅格/矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据和属性数据都以严密的逻辑结构存放在空间数据库中,空间数据结构的选择一定程度上决定了系统所能执行的数据分析功能。

(4) 空间检索:是 GIS 的核心功能之一。空间检索包括从空间位置检索空

间对象及其属性,以及从属性条件集检索相关的空间对象。

(5) 空间分析:是 GIS 的又一核心功能。空间分析可以提高系统评价、管理和决策的能力,主要包括信息量测、属性分析、统计分析、二维模型分析、三维模型分析及多要素综合分析等。GIS 支持基于栅格或矢量数据的空间分析,例如:叠加分析;缓冲区分析;网络分析(最佳路径、服务范围的确立等);二维模型分析(纵横剖面分析);三维模型分析(三维模拟显示、坡度和坡向计算、TIN 和 GRID 的建立、填充量计算等);影像分析(影像增强、特征提取、影像分类);追踪分析(动态监测);实时分析(飞行跟踪、车辆跟踪、野生动物跟踪)。

(6) 数据显示与输出:数据显示是中间处理过程和最终结果的屏幕显示,通常以人机交互方式来选择显示的对象与形式。对于图形数据根据要素的信息量和密集程度,可选择放大或缩小显示。GIS 不仅可以输出全要素地图,还可以根据用户需要,分层输出各种专题图、各类统计图、图表及数据等。GIS 支持在显示屏、绘图仪、打印机等仪器上以不同的布局成图输出。

1.2.2 GIS 的构成

完整的 GIS 主要由 5 个部分构成,即网络、硬件、软件、数据和人员(图 1-2)。其核心部分是硬件和软件,数据反映了 GIS 的地理内容,而人员则决定系统的工作方式和信息表示方式。

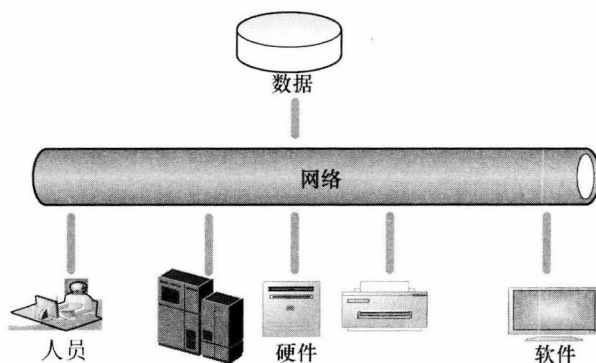


图 1-2 GIS 构成示意图

1. 网络

随着网络技术的发展,网络已经成为 GIS 的基本组成部分。当前的 GIS 已经很少是在单机上应用,通常需要在局域网或互联网上应用,网络成为 GIS 数据信息快速传输和共享的基础条件。

2. 硬件

GIS 所需的硬件包括输入设备、处理设备、存储设备和输出设备 4 部分。

输入设备用来输入地理数据,主要包括扫描仪、数字化仪和计算机输入设备

等常规设备,也包括摄影测量设备、全站仪、GPS 设备等专用设备。

处理设备和存储设备与一般的信息系统类似,主要是各种计算机和相关设备。GIS 软件可以在很多类型的硬件上运行,硬件可充分利用包括从主机服务器到桌面工作站乃至网络设备的一切计算资源。

输出设备包括计算机终端、打印机和绘图仪等设备。

3. 软件

软件是 GIS 系统的核心。GIS 软件包括一些通用的计算机软件和为 GIS 开发的专用软件。通用软件包括数据库软件、网络浏览器软件等。GIS 专用软件类型非常多,从功能上可以分为数据输入与处理软件、空间数据管理软件、空间查询与分析软件、数据传输与显示软件、制图与输出软件等;从应用环境上可以分为桌面型、网络型、组件型、手持型等。

4. 数据

地理空间数据是指以数字化形式表达的以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文景观数据,可以是图形、图像、文字、表格和数字等形式。地理空间数据通常存储在空间数据库中,常用的表示方法包括栅格和矢量数据等。

5. 人员

人员是 GIS 的重要构成因素。GIS 从其设计、建立、运行到维护的整个生命周期,处处都离不开人的作用。GIS 需要管理人员、专门的设计、规划和维护人员。这些人员需要具备与地理数据相关的基础知识,进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。

1.3 GIS 的发展与应用

1.3.1 GIS 的发展历程

1. GIS 的出现

随着计算机的出现,从 20 世纪 50 年代开始,测绘工作者和地理工作者逐渐开始利用计算机汇总各种来源的数据,借助计算机处理和分析这些数据,最后通过计算机输出一系列结果,作为决策过程的有用信息。最早人们采用 FORTRAN 等编程语言来编写地图绘制计算机软件,并使用打印机和绘图仪将地图绘制成产品。这些软件主要用于地图数据的分析、计算和等值图、等高图的制作,具有数据集叠加功能,减少了传统制图方法过程中的繁重工作量。

20 世纪 60 年代,出现了最早的地理信息系统——加拿大地理信息系统 (Canada Geographic Information System, CGIS)。CGIS 被设计开发为一种测量工具,用于加拿大全国土地普查中的面积的精确测量。在 20 世纪 60 年代末,美国

人口统计署设计了 DIME(双重独立地图编码)编码系统,成为了地理信息系统技术的一次突破。该系统创建了所有街道的记录,并支持人口普查记录的自动查询和整合。哈佛大学计算机图形与空间分析实验室开发了能够满足应用所需的通用 GIS,其中最具有影响的是 Odyssey GIS,提出了弧/节点或矢量数据集等数据结构。Odyssey 是一款影响力很大的地理信息系统,其后的许多软件都受到了它的影响。

与此同时,许多与 GIS 有关的组织和机构纷纷建立并开展工作,如美国城市和区域系统协会(URISA)在 1966 年成立,美国州信息系统全国协会(NASIS)在 1969 年成立,城市信息系统跨机构委员会(UAAC)在 1968 年成立,国际地理联合会(IGU)的地理数据遥感和处理小组委员会在 1968 年成立等,这些机构组织了一系列地理信息系统相关的国际研讨会议。

这一时期,GIS 软件的研制主要是针对具体的 GIS 应用进行,算法尚显粗糙,图形功能有限。

2. GIS 的发展与突破

到了 20 世纪 70 年代,伴随着大型计算机和 FORTRAN 语言的主导地位,以及数据库和人机图形交互技术的发展,出现了许多地理信息系统软件。地理信息系统的设计开始面向更广泛的应用,并开始将“地理信息系统”作为这个新的应用和研究领域的通用名称。1972 年出版了地理信息系统方面的第一本专著《地理数据处理》。国际上许多大学创建了地理信息系统实验室,开始培养 GIS 人才。

到了 20 世纪 80 年代,随着个人计算机开始出现并广泛应用,存储成本显著下降,计算机功能大大增强,一些大型地理信息系统软件包,如 Arc/Info 软件,开始了转向微机的过渡,许多利用新的硬件结构的地理信息系统软件出现,图形界面开始得到广泛应用。同时,图书、期刊、会议和有关地理信息系统的各种资源逐步增多,地理信息系统逐渐走向成熟,并在全世界范围内全面推广应用。

从 20 世纪 70 年代末开始,我国进入 GIS 的起步研究阶段,开始进行理论探索和区域性实验研究,并在此基础上开始制定国家地理信息系统规范。

3. GIS 的全面发展

在 20 世纪 90 年代,GIS 在全球得到显著发展。由于计算机的软硬件以及计算机网络的飞速发展,GIS 已成为许多机构必备的工作系统,尤其是政府决策部门受地理信息系统的影响,在一定程度上改变了其机构的运行、设置与工作方式。我国从 20 世纪 80 年代后期开始将 GIS 作为一个全国性的研究领域,逐步和国民经济建设相结合,取得了重要进展和实际应用效益。目前我国的 GIS 得到了全面发展,许多技术走向国际前列,在各行各业开始了广泛应用,形成了广阔的 GIS 市场。

GIS 的传播速度远远超出了它最初起源于测绘科学的情形,随着社会对地