

普通高等院校
地理科学专业系列教材



地理信息系统概论

李卫红 玉文龙 陈颖彪 李长辉
朱大名 杨艳琼 董 燕 编著



科学出版社

普通高等院校地理科学专业系列教材

地理信息系统概论

李卫红 玉文龙 陈颖彪 李长辉 编著
朱大名 杨艳琼 董 燕



科学出版社

北京

内 容 简 介

全书共 11 章, 主要介绍了地理信息系统 (GIS) 的基本概念、基础理论、技术体系及其应用方法。主要内容包括: 概论、地理数学基础、空间数据结构、空间数据获取与处理、空间查询、空间分析、网络分析、数字地面模型分析、空间统计分析、地理信息可视化与空间数据共享、GIS 设计与开发。在教材编写过程中, 注重学科的最新技术动态、学科发展及理论与实践的结合。

本书可作为地理信息、地理、测绘、遥感、海洋、地质、规划、经济等专业基础课配套教材, 也可作为地理信息科学相关专业科研或技术开发与应用人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统概论 / 李卫红等编著. —北京: 科学出版社, 2016. 9

普通高等院校地理科学专业系列教材

ISBN 978-7-03-050039-7

I. ①地… II. ①李… III. ①地理信息系统-概论-高等学校-教材
IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 231850 号

责任编辑: 杨 红 程雷星 / 责任校对: 彭珍珍

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

http://www.sciencep.com

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 10 月第一次印刷 印张: 14 3/4

字数: 356 000

定价: 39.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

编写本教材有两个原因：一是我院整体组织出版地理科学专业系列教材；二是本人长期担任地理信息系统（geographic information system, GIS）这门课程的主讲教师，但与该课程配套的教材大多是3~5年前出版的，其内容明显落后于学科发展的步伐。因此，急需根据该课程的教学要求及学科最新进展对相应教材进行重新设计，以满足读者需求。

本教材的编写力求“新”和“全”，在全面阐述理论方法基础上注重“实践”。在GIS空间分析、地理信息可视化与共享等章节穿插了大量应用实例，在GIS设计与开发章节加入了应用系统源代码示例，以便读者能通过实践全面、深入地理解和掌握GIS理论与方法。

本教材由华南师范大学李卫红负责内容体系的设计和统稿，以及部分章节编写。昆明理工大学玉文龙、朱大名、董燕，广州大学陈颖彪，华南农业大学杨艳琼，广州市城市规划勘测设计研究院李长辉参与了本教材部分章节的编写。华南师范大学研究生刘俊勇、初润润、陈业滨参与了本教材的部分资料收集、校对等工作。在此一并表示感谢！

由于时间关系与作者水平所限，书中难免存在不当之处，恳请读者给予批评指正。

编者

2016年9月于华南师范大学

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 GIS 的基本概念	1
1.2 GIS 的组成	3
1.3 GIS 的功能	6
1.4 GIS 的应用领域	10
1.5 GIS 的发展	10
习题	13
第 2 章 地理数学基础	14
2.1 地理信息系统的空间参考	14
2.2 地图投影	18
2.3 地图投影及坐标系统在地理信息系统中的应用	22
2.4 地图的基本知识	25
习题	30
第 3 章 空间数据结构	31
3.1 数据含义与数据类型	31
3.2 栅格数据结构及其编码	33
3.3 矢量数据结构及其编码	39
3.4 栅格与矢量数据结构的比较及转换算法	46
3.5 三维数据结构	50
习题	52
第 4 章 空间数据获取与处理	53
4.1 GIS 数据源	53
4.2 空间数据采集	55
4.3 空间数据处理	60
4.4 数据质量控制	67
4.5 空间数据标准	72
习题	77
第 5 章 空间查询	78
5.1 空间查询概念	78
5.2 空间查询方式	78
5.3 空间数据查询种类	79
5.4 查询结果显示方式	82
5.5 空间查询语言	84

习题	86
第 6 章 空间分析	87
6.1 空间叠加分析	87
6.2 区域缓冲分析	94
习题	95
第 7 章 网络分析	96
7.1 地理网络及道路网络概念	96
7.2 网络数据集的构建	97
7.3 网络数据的连通性	100
7.4 最佳路径分析	106
7.5 产生服务区及最近设施查找	117
7.6 栅格单元统计	119
习题	120
第 8 章 数字地面模型分析	121
8.1 TIN 及 DEM 生成	121
8.2 TIN 的显示及应用	124
8.3 坡度及坡向分析	128
8.4 提取等高线	129
8.5 计算地形表面阴影图栅格数据取值方法	130
8.6 可视性及地形剖面分析	131
习题	137
第 9 章 空间统计分析	138
9.1 表面预测主要过程	138
9.2 探索性空间数据分析	140
9.3 空间估值	144
9.4 采样数据空间内插	147
9.5 空间确定性插值	148
9.6 地统计插值	149
9.7 空间插值实例	149
9.8 栅格密度图的生成	153
9.9 栅格空间距离计算	154
9.10 分区统计栅格数据重分类	157
习题	159
第 10 章 地理信息可视化与空间数据共享	160
10.1 专题地图显示与制作	160
10.2 地图注记	165
10.3 地图布局与报表制作	171
10.4 地理信息云服务与智慧城市	175

10.5 基于位置服务	181
习题	183
第 11 章 GIS 设计与开发	184
11.1 GIS 设计概述	184
11.2 GIS 系统分析和需求设计	190
11.3 GIS 总体设计	192
11.4 GIS 详细设计	196
11.5 GIS 数据库设计	197
11.6 GIS 项目实施	198
11.7 GIS 测试与评价	201
11.8 GIS 运行与维护	202
11.9 GIS 开发模式与示例	203
习题	225
主要参考文献	226

第 1 章 概 论

1.1 GIS 的基本概念

1.1.1 信息与地理信息

1. 信息

信息 (information) 是对客观事物的反映, 从本质上看信息是对社会、自然界的事物特征、现象、本质及规律的描述, 以数字、文字、符号、图像等介质记录 (表示) 客观事物的内容、数量和特征。人通过获得、识别自然界和社会的不同信息来区别不同事物, 得以认识和改造世界。信息作为近代科学的一个专业术语, 已被广泛地应用于社会各个领域。

2. 地理信息

地理信息 (geographic information) 是专门用于抽象、记录、传输、识别地理要素, 模拟地理环境的信息, 是表征地理圈或地理环境固有要素或物质的数量、质量、分布特征、相互关系等的数字、文字、图像和图形等的总称。地理信息记录了地理要素的位置、形状、地理属性及各要素之间的相互关系。随着地理信息科学的飞速发展, 地理信息的概念也更加宽泛, 广义的地理信息泛指一切与位置、地理要素或地理环境有关的信息。

1) 地理信息的特征

地理信息是多维的时空信息, 具有多维度特征、空间特征、属性特征和时间特征。

(1) 多维度特征。在空间特定位置上, 共存着多维度地理信息, 如在空间特定的位置上, 有地质、土壤、植被、地貌、湿度、温度、气压、PM2.5 等多维度的地理信息与之相对应。

(2) 空间特征。包括三部分内容: 坐标即地理要素在地球上的位置; 图形或图像即地理要素被抽象后的几何形状和外观; 关系即地理要素之间的空间关系。

(3) 属性特征。指地理要素被信息化后的地理特性, 如名称、数量、质量、级别等。

(4) 时间特征。指地理要素 (地理环境) 的时间变化, 其变化周期可用时间来记录 (图 1.1)。

2) 地理信息的表达方式

按地理信息在计算机里的组织方式, 地理信息可以用几何图形+属性+拓扑关系的矢量地

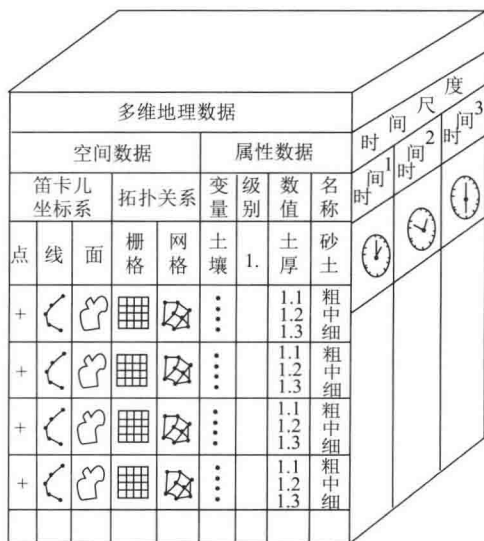


图 1.1 地理信息的特点

理信息表达，也可按规则地理格网+地理特性的栅格地理信息表达（图 1.2）。



图 1.2 地理信息

1.1.2 GIS

1. GIS 概念

GIS 经历了半个多世纪的发展，其概念及内涵也发生了巨大的变化。根据不同发展阶段总结出三个关于 GIS 的概念。

1) 地理信息系统概念

地理信息系统 (geographic information system, GIS) 是一个特殊的计算机信息系统，对于 GIS 的概念一直没有一个标准的定义。兼顾 GIS 的数据处理过程及系统应用可将 GIS 定义为采集、存储、显示、管理、输出、查询、分析、应用地理信息，为规划和决策提供辅助的计算机信息系统。它是一种特殊的空间信息系统，处理和管理的对象是多维的时空信息。

2) 地理信息科学概念

地理信息科学 (geographic information science) 最早由 Goodchild 于 1992 年提出，与地理信息系统相比，它更加侧重于将地理信息视为一门科学，而不仅是一个技术实现，主要研究在应用计算机技术对地理信息进行处理、存储、提取及管理和分析过程中提出的一系列基本问题，如分布式计算、地理信息的认知、地理信息的互操作、比例尺、空间信息基础设施的未来、地理数据的不确定性和基于 GIS 的分析、GIS 和社会、地理信息系统在环境中的空间分析、空间数据的获取和集成等。

3) 地理信息服务概念

地理信息服务 (geographic information service) 由 Oliver Gunther 和 Rudolf Muller 提出，1993 年美国研发了第一个 WebGIS 服务原型，基于互联网的 GIS 建立了一种面向服务的商业模式，用户可以通过互联网按需获得和使用地理数据及计算服务，如地图服务、空间数据格式转换等。本概念的提出标志着 GIS 正在从专业技术领域走向社会化地理信息服务领域。

2. GIS 的特征

与一般的计算机信息系统相比，由于 GIS 处理和管理的特殊的地理信息，因此它具有如下基本特征。

(1) 空间位置及图形 (图像) 处理特征：系统可采集、编辑、显示地理信息的空间位置、几何图形或地理图像，并能基于空间位置查询、分析、存储、管理地理信息。

(2) 空间关系处理特征：系统可处理几何图形之间的复杂关系 (也称为拓扑关系)，它以拓扑矢量数据结构方式有效地处理几何图形之间的相邻、相交、包含等关系。

(3)海量空间信息管理特征:地理信息是多维时空信息,除具备普通信息的时间和属性特征外,还具备空间位置、几何图形、拓扑关系及位置上的多维度海量信息,因此系统数据库需要在传统数据库基础上拓展空间数据库。

3. GIS 研究核心问题

GIS 研究核心问题:空间位置信息;空间位置上的信息;空间位置及位置上信息相互之间的关系。GIS 专注解决在哪里、是什么、相互之间有什么关系等问题。

4. GIS 概念拓展

GIS 是测绘、遥感、地理科学、计算机科学等多门学科交叉融合的产物。在地理信息系统发展的半个多世纪中, GIS 的概念也随着相关学科的发展、应用的拓展有了较大的变化。

1.2 GIS 的组成

GIS 首先是一个计算机信息系统,与信息系统类似其基本构成一般包括以下五个主要部分:硬件、软件、地理信息、人员和方法。它们之间的关系见图 1.3。



图 1.3 GIS 的组成

1.2.1 系统硬件

GIS 的硬件主要包括计算机、网络设备、采集设备、输出设备等。

1. 计算机

GIS 的计算机设备一般包括:服务器、PC 计算机、移动 PAD、智能手机等。

2. 网络设备

网络设备包括:中继器、网桥、路由器、网关,以及相关的硬件设备,如交换机等。

3. 采集设备

采集设备是指用于采集地理信息的专用设备,主要包括:测量仪器、图形扫描仪、图形数字化仪、数字摄影测量设备等。

4. 输出设备

输出设备是指输出 GIS 系统或成果的设备，主要包括：图形打印机、投影机、各种计算机终端设备等。

1.2.2 系统软件

GIS 软件按照功能可分为计算机系统软件、GIS 专业软件、数据库管理软件等。

1. 计算机系统软件

计算机系统软件是指由计算机厂家提供的、为用户使用计算机提供方便的程序系统，如操作系统、通用办公系统套件、通用程序及各种维护使用手册、程序说明等。

2. GIS 专业软件

GIS 专业软件一般指具有 GIS 功能的通用软件，它包含了处理地理信息的各种高级功能，可作为 GIS 应用系统建设的基础平台。一般包含的主要核心模块如下。

(1) 数据输入和编辑模块：支持多种方式的数据采集输入，可在平台内基于地图扫描及矢量化，支持对地理信息图形和属性数据的编辑。

(2) 空间数据管理模块：支持对大型、分布式、多用户数据库进行有效地存储、检索和管理。

(3) 数据处理和分析模块：支持各种标准的地理信息数据格式转换、地图投影转换、各类空间分析功能等。

(4) 数据输出模块：支持地图制作、报表生成、符号生成、文字生成和图像显示等。

(5) 用户界面模块：提供用户界面工具，支持用户制作友好和美观的图形用户界面。

(6) 二次开发与服务：提供 GIS 的各类接口、各种组件、发布多种服务，支持开发者利用通用的计算机程序语言快速编写各种复杂的 GIS 应用系统、发布复杂的 GIS 应用服务。

常见的 GIS 平台软件，通常分为两大类：一类是商业化的平台软件；一类是开源的平台软件。常见主流平台软件如表 1.1 所示。

表 1.1 常见主流 GIS 平台软件表

平台类型	平台名称	开发者（开发商）
开源平台	MapServer	美国明尼苏达大学
	GRASS GIS	OSGeo 开源空间信息基金会
	OpenMap	百度 LBS 开放平台
	GeoServer	OGC 开放地理空间信息联盟
	GeoTools	OGC 开放 JAVA 工具包
	OpenLayer	MetaCarta 公司（前端开源）

续表

平台类型	平台名称	开发者(开发商)
	MapGIS	中地数码集团
	SuperMap	北京超图软件股份有限公司
	吉奥之星(GeoStar)	武大吉奥信息技术有限公司
商业平台	ArcGIS	ESRI_Inc.
	MapInfo	MapInfo_Inc.
	GeoMedia MGE	Intergraph_Inc.
	AutoCAD-Map	Map_AutoDesk_Inc.

3. 数据库管理软件

GIS 数据库也称为空间数据库, 它有别于关系型数据库, 是专门用于存储空间数据的数据库。主要包括两大类: 一类是 GIS 平台软件自带的原生空间数据库, 如 ArcGIS 的 GeoDatabase; 一类是利用现有的大型关系型数据库, 如 Oracle、Sybase、Infomix、DB2、SQL、Ingress 等。由于 GIS 研究和存储的对象是地理信息, 要求数据库必须支持复杂空间数据的存储、访问、管理。因此对于第二类大型关系型数据库, GIS 平台软件一般会提供专门用于地理信息数据操作的数据库引擎, 如 SDE (spatial database engine), 以解决空间数据存入关系型数据库的问题。

1.2.3 地理信息

地理信息是 GIS 的基础和核心, 是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。在 GIS 中, 地理信息主要包括:

(1) 位置信息, 即几何坐标, 标识地理要素在地理环境中的空间位置, 如地理坐标、投影坐标、平面直角坐标、极坐标等。地理信息采集通常采用投影后的平面直角坐标。

(2) 实体间的空间关系信息主要有三种: 度量关系, 如两个地物之间的距离远近; 方位关系, 如两个地理要素之间的方位; 拓扑关系, 即地理要素之间连通、邻接、包含等空间几何关系。拓扑关系是 GIS 分析中最基本的关系, 包括了网络结点与网络线之间的连通关系[图 1.4 (a)], 弧段与面实体间的构成关系[图 1.4 (b)], 面实体与岛或内部点的包含关系[图 1.4 (c)]等。

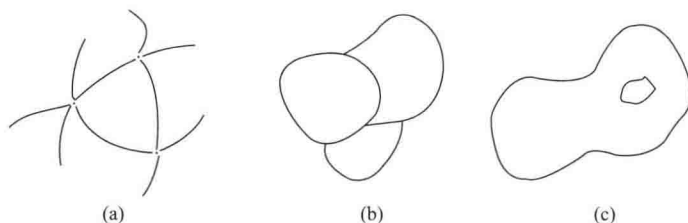


图 1.4 几种典型的拓扑关系

(3) 属性信息是指地理要素专属的地理特性，特指与地理要素相联系的地理变量或地理意义。属性有定性和定量两种，定性主要包括名称、类型、特性等，如岩石种类、行政区划名称等；定量主要包括数量和等级等，如面积、长度、土地等级、人口数量、人口密度等（图 1.5）。地理信息的属性一般是经过抽象的概念，通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体至少有一个属性，而地理信息的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的。因此，属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。

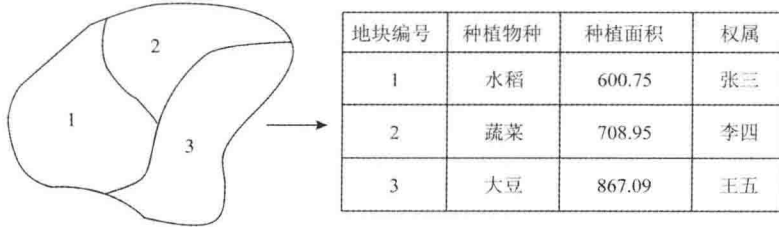


图 1.5 地块地理属性表示示例图

1.2.4 人员

人员指 GIS 从业人员和 GIS 使用人员（即用户）。GIS 从业人员是指从事地理信息科研教学、地理信息相关产业工作的人员，他们具备 GIS 专业知识、掌握 GIS 专业技术，能够应用 GIS 解决与位置、地理空间管理、规划决策等相关的复杂的专业问题。GIS 从业者主要包括从事地理信息的科研教育工作者、地理信息获取的测绘工作者、地理信息相关产业的从业者和管理者、从事地理信息应用开发的人员等。GIS 用户泛指所有 GIS 的使用者。

1.2.5 方法

GIS 是多学科交叉融合的一门科学。GIS 的方法学也涵盖了相关学科的理论与方法，这些理论与方法是 GIS 科学的理论支撑与学科应用的基础。GIS 的方法泛指应用地理信息科学分析、解决问题的一切理论与方法。本书第 5~9 章讲到了空间查询、空间分析的理论与方法，如空间查询与统计、叠加分析、缓冲分析、网络分析、数字地面模型分析、空间统计分析等。在实际应用中，通常针对应用问题和专业领域，基于 GIS 理论与方法构建 GIS 应用模型，如适宜性分析模型、选址模型、发展预测模型、时空扩散模型、交通规划模型、地学模拟模型、专家分析系统等。这些应用模型是 GIS 应用的基础和关键，也是 GIS 生命力的重要保证，因此在 GIS 中占有十分重要的地位，为 GIS 应用系统向专家系统的发展打下了良好基础。

1.3 GIS 的功能

GIS 功能按其应用方式分为基本功能和应用功能两大部分。基本功能是指 GIS 系统所包含的最基础的功能，应用功能是针对不同应用领域而设计研发的专用功能或应用系统（图 1.6）。

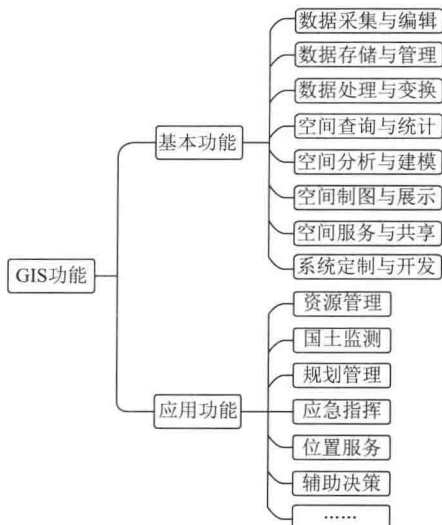


图 1.6 GIS 功能图

1.3.1 GIS 的基本功能

1. 数据采集与编辑

地理信息系统中的数据通常按照地理类别和几何图形，抽象为不同专题和图层的地理信息，再由这些地理信息图层在空间上叠加共同构成地理环境。GIS 的数据采集与编辑功能，是指在 GIS 系统中，提供将地理要素、地理对象抽象为各种地理信息的图层，同时提供对地理信息各图层的图形、属性、拓扑的增加、修改、删除等编辑的功能（图 1.7）。

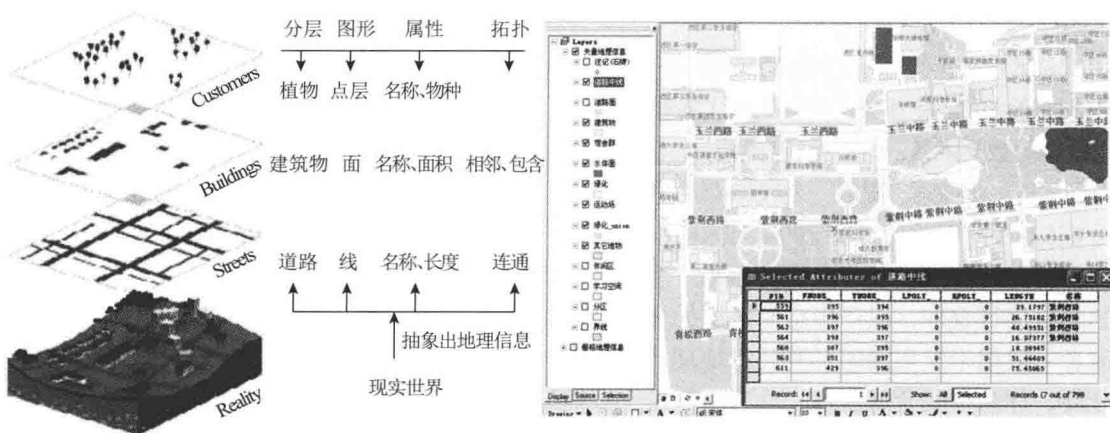


图 1.7 地理信息分层示意图

2. 数据存储与管理

GIS 数据存储与管理功能是指系统对已采集的地理信息（也称空间数据）具备的基本储存和管理功能，如对图层的定义、存储、列表、浏览、访问等功能；对地理信息的查询、检索等功能。地理信息的存储通常可以有文件和数据库两种方式：以文件形式的存储和管理主要依赖 GIS 系统提供的基本功能；对数据库的管理主要依赖空间数据库管理软件提供的功能。

空间数据库继承了关系型数据库的所有对属性数据的管理功能，还拓展了基于空间数据的位置、几何图形、拓扑关系的存储与管理功能。

3. 数据处理和变换

GIS 数据处理与变换是指对地理信息数据的标准化处理与转换。主要解决两方面的问题：一是地理信息空间参考体系的统一（即坐标系统的统一）；二是各种数据源之间的格式转换、数据抽取、数据重构等。主要由以下几部分功能组成。

(1) 坐标变换：指数据由一种空间参考向另一种空间参考的转换。通常分为投影变化和几何纠正两大类。

(2) 数据转换：指各种数据格式之间的转换和处理。

(3) 数据抽取：指从一种或多种地理信息图层中，按照一定的条件提取子图层的功能，如类型选择、窗口提取、布尔提取和空间内插等。

(4) 数据重构：指把数据从一种几何形态转换为另一种几何形态，包括数据拼接、数据截取、数据压缩结构转换等。

4. 空间查询与统计

GIS 空间查询是指在有序数据集合的基础上，从空间数据库中找出所有满足其属性和空间约束条件的地理对象，即按特定的目标，有针对性地查找特定的表达和描述特定地理要素的数据集合。查询的实质是查找满足查询条件的空间数据与属性数据集合。GIS 空间查询的方式主要有按图形信息查询、按属性特征条件查询和按空间关系查询三种。

GIS 空间统计是指对地理信息具有统计条件的属性项、几何图形进行统计查询，返回统计结果的功能。

5. 空间分析与建模

空间分析是对地理空间现象的定量研究。GIS 空间分析与建模是指分析和解释地理对象的位置和形态特征之间的相互关系及空间模式的理论和方法，对地理空间数据进行科学分析和深入挖掘。借助复杂的数学工具，如空间统计学、运筹学、拓扑学、计算几何、图论、系统论等，构建空间应用模型，进一步探索、提取、表现和传输空间信息。GIS 空间分析与建模功能是 GIS 特有的重要功能，是 GIS 区别于其他信息系统的重要标志，也是 GIS 独特的研究领域。主要包括以下五种分析方法。

(1) 空间叠加分析，是指在统一空间参照系统条件下，将同一地区两个或多个地理对象的图层进行叠加，以产生空间区域的多重属性特征，或建立地理对象之间的空间对应关系。前者一般用于检索同时具有几种地理属性的分布区域，或对叠加后产生的多重属性进行新的分类，称为空间合成叠加；后者一般用于提取某个区域范围内某些专题内容的数量特征，称为空间统计叠加。空间分析方法可基于矢量数据分析和栅格数据分析两种数据模式。

(2) 区域缓冲分析，指根据分析地理对象的几何形状（点、线、面实体），按照一定的影响条件（或模型）建立该地理对象对周边邻接地理对象的影响区域，用以识别这些地理对象（也称地理主体）对邻近其他地理对象的辐射范围和影响程度。区域缓冲分析方法可基于矢量数据分析和栅格数据分析两种数据模式。

(3) 空间网络分析，是对地理网络（如交通网络、城市基础设施网络等）进行地理分析和模型化的过程。通过研究网络的状态及模拟和分析资源在网络上的流动和分配情况，解决

对网络结构及其资源等的优化问题。

(4) 数字地面模型 (digital terrain model, DTM) 与地形分析。数字地面模型是地形表面形态等多种信息的一个数字表示, 是定义在某一区域 D 上的 m 维向量有限序列或向量的集合, 是用于模拟地理环境中连续分布各种地理对象或地理现象 (如地形起伏、温度、湿度、气压、PM2.5 等) 的模型。当只考虑 DTM 的地形分量, 即定义在平面区域 D 上的地形起伏 (高程) 时, 通常称其为数字高程模型 (digital elevation model, DEM)。基于数字高程模型的地学分析统称为地形分析。

(5) 空间统计分析, 是指基于空间数据的统计分析, 通过空间位置建立数据之间的统计关系。空间统计分析一般分为两种: 空间数据的统计分析和数据的空间统计分析。空间数据的统计分析: 关注空间物体和现象的非空间特性的统计分析, 研究如何以数学统计模型来描述和模拟空间现象和过程。数据的空间统计分析: 直接从空间物体的空间位置、联系等方面出发, 研究既具有随机性和结构性, 又具有空间相关性和依赖性的自然现象 (图 1.8)。

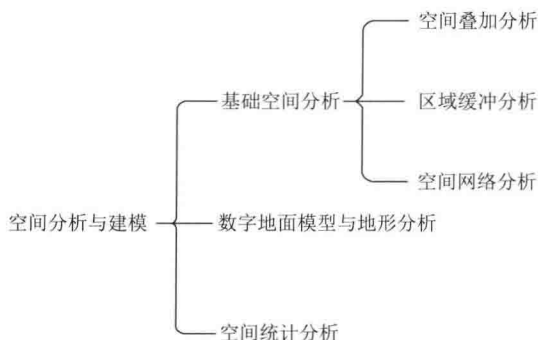


图 1.8 GIS 空间分析与建模主要方法

6. 空间制图与输出

GIS 空间制图与展示功能, 是 GIS 专门针对地理信息 (空间数据) 的位置、图形、属性而提供的制图与输出功能; 是基于地图学、地理信息科学、计算机科学、信息传输学等, 通过计算机技术、数字技术、多媒体技术, 动态、直观、形象地表现、解释、传输地理信息, 揭示其分布规律, 也是地理信息产品展示、专题地图制作、产品输出的重要功能。主要包括设置显示环境、定义制图环境、显示地图要素、定义字形符号、设置字符大小和颜色、标注 (label) 图名和图例、绘图文件编辑、产品输出等。

7. 空间服务与共享

GIS 空间服务与共享是指 GIS 提供的地理信息服务发布、服务共享的功能, 如空间数据服务、GIS 功能服务、空间数据共享等。空间服务与共享是 GIS 发展和应用的重要方向。

8. 系统定制与开发

系统定制与开发基于 GIS 平台软件 (如 ArcGIS、SuperMap 等), 利用平台软件已有功能或模块直接按需求定制自己的应用系统; GIS 的二次开发是指基于 GIS 平台软件提供的二次开发模块、组件、工具等, 利用计算机程序语言调用这些现成的模块、组件、工具, 结合需求开发应用系统。

1.3.2 GIS 的应用功能

GIS 应用功能泛指 GIS 在行业或某些领域上的应用，随着 GIS 及与之相关联的其他学科的发展，GIS 的应用功能越来越广，如资源管理、国土监测、规划管理、应急指挥、位置服务、辅助决策等。

1.4 GIS 的应用领域

GIS 是一门多学科交叉融合的学科，在经历了半个多世纪的发展后，其应用领域已经由原来的专业应用发展到了一切与位置有关的领域，最终将服务公众的日常生活。作为智慧城市的一个基础平台，GIS 服务于智慧城市中的各个领域、行业、用户。按应用行业划分，GIS 可应用于一切与位置有关的行业，包括国防、军事、国土、规划、环境、气象、地质、海洋、农业、工商、税务、旅游、交通、通信、医疗卫生、文化教育、公共安全、电子政务、城市管理、电子商务等。按服务对象分，GIS 可应用于一切有位置需求的单位，包括政府、事业单位、企业等。

1.5 GIS 的发展

GIS 最早起源于 20 世纪 60 年代的“要把地图变成数字形式的地图，便于计算机处理分析”的创意。1963 年，R.F.Tomlinson 首先提出了“地理信息系统”（GIS）这一术语，并建成世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统（Canada geographic information system, CGIS），随后 GIS 以燎原之势在全世界迅猛发展起来。纵观 GIS 半个多世纪的发展历程，GIS 经历了由一门专业技术——地理信息系统（geographic information system），逐步形成一门多学科交叉的学科——地理信息科学（geographic information science），至今发展为面向公众的服务——地理信息服务（geographic information service），即从技术（system）升级为科学（science）再发展为服务（service）的三个重要阶段（图 1.9）。

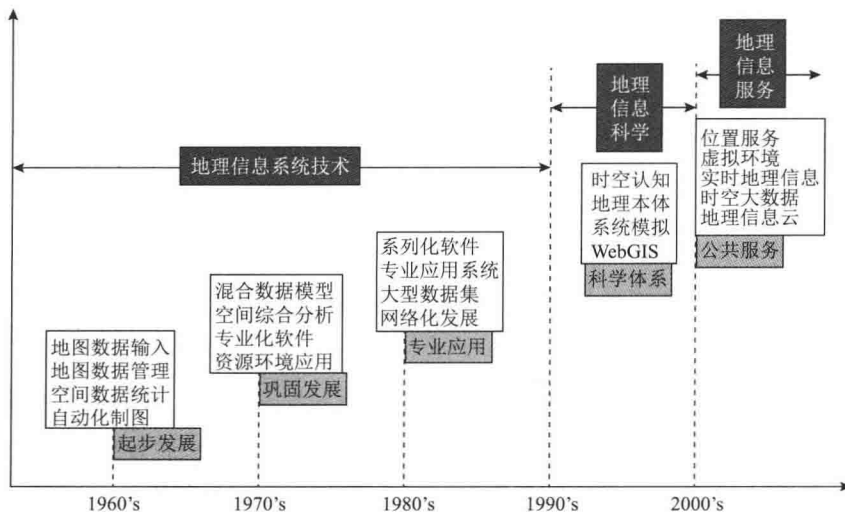


图 1.9 GIS 发展历程（参考周成虎等，2011）