



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



iCourse·教材

# 地理信息系统教程

(第二版)

汤国安 主编



高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



iCourse · 教材

# 地理信息系统教程

Dili Xinxi Xitong Jiaocheng

(第二版)

汤国安 主编

汤国安 刘学军 闫国年 盛业华 王 春 张海平 编著

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是在第一版基础上的修订版本,在基本理论、方法和技术上都有明显的更新和改进。

本书全面、系统地阐述了地理信息系统的基础理论与应用发展,内容包括地理信息系统基本概念、地理空间数学基础、空间数据模型、空间数据结构、空间数据组织与管理、空间数据采集与处理、空间数据查询与度量、GIS基本空间分析、数字地形分析、空间统计分析、地理信息可视化及地理信息传输与服务。书中配有专业术语和复习思考题。

为了方便读者使用和学习,本书还配有电子教案(PPT)、章节习题参考答案等内容。

本书可作为高等学校地理类、测绘、环境、规划、地质、海洋、气象等专业的本科生和研究生教材,也可供相关方面的科研工作者阅读参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统教程/汤国安主编.--2版.--北京:  
高等教育出版社,2019.9(2020.1重印)  
ISBN 978-7-04-052355-3

I. ①地… II. ①汤… III. ①地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①P208.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 168576 号

策划编辑 杨俊杰      责任编辑 杨俊杰      封面设计 张雨微      版式设计 张杰  
插图绘制 于博      责任校对 张薇      责任印制 耿轩

---

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
印 刷	北京市白帆印务有限公司		<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开 本	850mm×1168mm 1/16		<a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>
印 张	21	版 次	2007 年 4 月第 1 版
字 数	530 千字		2019 年 9 月第 2 版
购书热线	010-58581118	印 次	2020 年 1 月第 2 次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	45.00 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 52355-00

审图号: GS(2019)3478 号

# 地理信息 系统教程

(第二版)

汤国安

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1232775>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20 位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



① 重要通知



## 地理信息系统教程 (第二版)

地理信息系统教程数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程主要为电子教案和彩色图片教学资源。电子教案与各章节内容配套, 使用大量清晰美观的插图。彩色图片以形象直观的表达方式加强图片的表达效果。本数字课程充分运用图文资料, 丰富了教材内容, 使教材获得更大的知识容量, 便于教师教学和学生学习。

用户名:

密码:

验证码:

2692 忘记密码?

登录

注册

记住我(30天内免登录)

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 [abook@hep.com.cn](mailto:abook@hep.com.cn)。



扫描二维码  
下载 Abook 应用

<http://abook.hep.com.cn/1232775>

## 第二版前言

地理信息系统(GIS)既是跨越地球科学、空间科学和信息科学的一门应用基础学科,又是一项工程应用技术。它是以地理学、测绘学的基本理论与方法为基础,在计算机软硬件的支持下,研究空间数据的采集、处理、存储、管理、分析、建模和显示的相关理论、方法和应用技术,以解决复杂的规划、决策和管理等问题。GIS理论与技术自20世纪60年代发展至今,科学内涵逐步深化,技术水平日臻完善,解决实际问题的能力不断提升。时至今日,GIS在与其他学科的交融与自身的发展过程中,已经发生了日新月异的变化。在学界和业界的共同努力下,已经形成了良好的发展生态。自20世纪90年代中期以来,我国地理信息系统高等教育快速发展,对GIS专业教材的需求逐年增加。本书的第一版是作者在多年从事GIS相关科研与教学工作的基础上,特别是根据作者2004年完成“国家级精品课程地理信息系统”建设的经验完成编写的。全书力求有选择性地吸收地理信息科学与技术的最新成果,并使教材在科学性、系统性、实用性、简洁性与易读性方面有所突破。本书适合作为我国高等学校本科生、研究生的GIS专业基础理论教材。

本次教材的修订是在回顾过去十年GIS学科大发展过程中在本领域新理论、新方法和新技术等方面取得的新成果基础上完成的。修订过程中,在继承原版内容原真性的基础上,在结构体系和内容组织方面做了较大调整和进一步地完善。具体内容上,结合当前GIS发展现状与未来趋势,也做了一定的更新。

全书共分11章。第1章系统阐述了地理信息的基本概念、组成、功能、与其他学科的关系、应用范畴、学科发展历程及未来发展趋势;第2章简要介绍了地理空间的数学基础,主要包括地球参考系统、地图投影与坐标转换、空间尺度及地理格网;第3章从空间认知的角度讲述了空间数据模型,同时介绍了空间实体及空间关系等概念;第4章介绍了空间数据结构的概念及常用的数据结构;第5章介绍了空间数据库的设计、空间数据组织与管理、空间数据检索与查询等方面的技术;第6章介绍了空间数据与属性数据的采集、拓扑与编辑、数据变换与重构、拼接与压缩、数据质量相关理论,同时简述了数据入库的主要流程;第7章介绍了空间度量、叠置分析、缓冲区分析、窗口分析和网络分析等GIS基本空间分析方法;第8章介绍了数字高程模型的基本概念和建立步骤,随后从基本坡面因子、特征地形因子、水文因子和可视域等方面论述数字地形分析的主要内容和研究方法;第9章介绍了GIS空间统计分析的基本概念、基本统计量、探索性数据分析、空间数据常规统计与分析、空间插值、空间统计与空间关系建模等六个方面内容;第10章侧重介绍空间信息可视化的一般原则和主要表现形式;第11章简要介绍了地理信息传输的发展历程、服务方式、网络GIS及地理信息网络服务等内容。每章内容都有复习思考题供参考。

本书的出版,获得了“国家级精品资源共享课程”“江苏省高校品牌专业建设工程项目”和

“江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心建设项目”的经费资助,还得到了国内外诸多专家与同行的帮助和支持。本书由汤国安负责全书的内容体系设计和统稿。在编撰过程中,南京师范大学的杨昕、李发源、熊礼阳老师,以及博士生杨先武、那嘉明等同学参与了本书的校稿工作,在此一并表示衷心的感谢。

汤国安

2018年7月

# 第一版前言

地理信息系统(GIS)是在计算机软、硬件系统支持下,对整个或部分地球表层的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。GIS理论与技术自20世纪60年代发展至今,科学内涵逐步深化,技术水平日臻完善,解决实际应用问题的能力不断提高。自20世纪90年代中期以来,我国地理信息系统高等教育快速发展,对GIS专业教材的需求逐年增加。本书是作者在多年从事有关GIS科研与教学经验的基础上,特别是根据作者2004年完成“地理信息系统国家精品课程”建设的基础上完成编写的。全书力求有选择地吸收地理信息科学与技术的最新成果,并使教材在科学性、系统性、实用性、简洁与易读性等方面有所突破。适合作为我国高等院校本科生、研究生的GIS专业基础理论教材。

全书共分12章。第1章系统阐述了地理信息的基本概念、功能、组成、类型、应用范畴、发展历程;第2章简要介绍了地理空间的数学基础;第3章从空间认知的角度讲述了空间数据模型,同时介绍了空间实体及空间关系等概念;第4章介绍了空间数据结构的概念及常用的数据结构;第5章介绍空间数据库在数据管理组织方式、空间索引、空间查询语言等方面的技术和特点;第6章介绍了空间数据与属性数据的采集与处理,数据质量评价与控制相关理论,同时简述了数据入库的主要流程;第7章介绍了空间数据查询类型和方式以及空间度量的主要参数和基本原理;第8章介绍了叠置分析、缓冲区分析、窗口分析和网络分析等GIS基本空间分析方法;第9章详细介绍了数字高程模型的基本概念和建立步骤,随后从基本坡面因子、特征地形因子、水文因子和可视域等方面论述数字地形分析的主要内容和研究方法;第10章介绍了常用统计量、数据特征分析、分级统计分析、空间插值和空间回归分析5方面内容;第11章侧重介绍空间信息可视化的基本形式和技术;第12章简要介绍了地理信息传输的发展历程及服务模式。每一章都配有复习思考题供参考。

本书的出版,获得了“教育部国家精品课程建设项目”、“江苏省高等教育教学改革研究项目”和“南京师范大学本科生能力建设工程项目”的经费资助,还得到了国内外诸多专家与同行的帮助和支持。本书由汤国安和刘学军负责全书的内容体系设计和统稿,南京师范大学博士研究生李发源、杨昕、罗明良、董有福、赵卫东、葛珊珊,硕士研究生李俊、刘敏、叶蔚、肖晨超、贾旖旎、卞璐、任政、任志峰、周毅、詹蕾、陶旻、朱雪坚、张勇、贾敦新等均参与了本书编写的部分工作,在此一并表示衷心的感谢!

汤国安

2006年11月于南京师范大学仙林

# 目 录

第1章 概论	1	2.2.3 常用地图投影概述	35
1.1 GIS 基本概念	1	2.2.4 地图投影的选择	37
1.1.1 信息与地理信息	1	2.3 空间坐标转换	38
1.1.2 信息系统	3	2.3.1 空间坐标转换基本概念	38
1.1.3 地理信息系统	3	2.3.2 空间直角坐标的转换	38
1.1.4 地理信息系统外延	5	2.3.3 投影解析转换	39
1.2 GIS 的组成	6	2.3.4 数值拟合转换	40
1.2.1 硬件系统	6	2.4 空间尺度	40
1.2.2 软件系统	7	2.4.1 观测尺度	41
1.2.3 空间数据	8	2.4.2 比例尺	41
1.2.4 地学模型	10	2.4.3 分辨率	42
1.2.5 应用人员	10	2.4.4 操作尺度	43
1.3 GIS 功能	11	2.5 地理格网	43
1.3.1 基本功能需求	11	2.5.1 地理格网标准	44
1.3.2 GIS 的基本功能	12	2.5.2 区域划分标准	45
1.3.3 GIS 应用功能	14	2.5.3 国家基本比例尺地形图标准	47
1.4 GIS 与其他学科的关系	15	专业术语	49
1.4.1 与相关学科关系	15	复习思考题	49
1.4.2 与其他信息系统区别与联系	17	第3章 空间数据模型	50
1.5 GIS 应用范畴	18	3.1 地理空间与空间抽象	50
1.6 地理信息系统发展历程	20	3.1.1 地理空间与空间实体	50
专业术语	23	3.1.2 空间认知和抽象	51
复习思考题	23	3.2 空间数据的概念模型	52
第2章 地理空间数学基础	24	3.2.1 对象模型	53
2.1 地球空间概述	24	3.2.2 场模型	54
2.1.1 地球形状与地球椭球	24	3.2.3 网络模型	55
2.1.2 坐标系	26	3.2.4 时空模型	55
2.1.3 高程基准	29	3.2.5 多维模型	57
2.2 空间数据投影	31	3.2.6 概念模型的选择	58
2.2.1 地图投影的基本问题	31	3.3 空间数据的逻辑模型	59
2.2.2 地图投影的分类	33	3.3.1 逻辑模型的设计	59

3.3.2	逻辑模型的表示	61	5.3	空间数据特征与组织	104
3.3.3	物理模型	63	5.3.1	空间数据的基本特征	104
3.4	空间数据与空间关系	64	5.3.2	空间数据组织	106
3.4.1	空间数据类型及其表示	64	5.3.3	属性数据组织	109
3.4.2	空间关系	68	5.4	空间数据管理	111
专业术语		72	5.4.1	矢量数据的管理	111
复习思考题		72	5.4.2	栅格数据的管理	113
<b>第4章</b>	<b>空间数据结构</b>	<b>74</b>	5.4.3	时空大数据管理	115
4.1	矢量数据结构	74	5.4.4	空间数据库引擎	117
4.1.1	实体数据结构	74	5.5	空间数据检索	118
4.1.2	拓扑数据结构	75	5.5.1	空间数据索引概述	118
4.1.3	网络数据结构	79	5.5.2	空间数据索引算法	118
4.2	栅格数据结构	81	5.5.3	空间数据库查询语言	122
4.2.1	完全栅格数据结构	82	专业术语		124
4.2.2	压缩栅格数据结构	82	复习思考题		124
4.2.3	链码数据结构	86	<b>第6章</b>	<b>空间数据采集与处理</b>	<b>125</b>
4.2.4	影像与切片金字塔数据结构	87	6.1	概述	125
4.3	矢量数据与栅格数据的融合与转换	88	6.1.1	数据源分类	125
4.3.1	栅格数据与矢量数据结构的比较	88	6.1.2	数据源特征	126
4.3.2	矢栅一体化数据结构	89	6.1.3	空间数据采集与处理的基本流程	128
4.3.3	矢量数据与栅格数据结构的转换	90	6.2	数据采集	130
4.4	镶嵌数据结构	92	6.2.1	空间数据采集	130
4.4.1	Voronoi 数据结构	92	6.2.2	属性数据的采集	138
4.4.2	TIN 数据结构	94	6.3	数据编辑与拓扑关系	141
4.5	多维数据结构	95	6.3.1	数据编辑	141
4.5.1	多维数据的特征	95	6.3.2	拓扑关系	143
4.5.2	多维数据结构	96	6.4	数学基础变换	146
专业术语		99	6.4.1	几何纠正	146
复习思考题		99	6.4.2	坐标变换	148
<b>第5章</b>	<b>空间数据组织与管理</b>	<b>100</b>	6.4.3	栅格数据重采样	150
5.1	空间数据库概述	100	6.5	数据重构	151
5.1.1	数据库基础	100	6.5.1	数据结构转换	151
5.1.2	空间数据库	101	6.5.2	数据格式转换	152
5.2	空间数据库设计	102	6.6	图形拼接	155
5.2.1	空间数据库的设计内容	102	6.7	数据压缩	157
5.2.2	空间数据库的设计步骤	103	6.8	数据质量评价与控制	158
			6.8.1	空间数据质量的相关概念	158
			6.8.2	空间数据质量评价	160

6.8.3 空间数据的误差源及误差传播	161	8.2.4 等高线的建立	206
6.8.4 误差类型分析	162	8.2.5 DEM 内插方法	206
6.8.5 空间数据质量的控制	163	8.3 数字地形分析	208
6.9 数据入库	164	8.3.1 基本因子分析	208
6.9.1 数据入库流程	164	8.3.2 地形特征分析	215
6.9.2 元数据及其作用	166	8.3.3 流域分析	219
专业术语	167	8.3.4 可视性分析	220
复习思考题	167	8.3.5 黄土高原建模与分析	222
<b>第7章 GIS 基本空间分析</b>	169	专业术语	226
7.1 空间分析概述	169	复习思考题	226
7.1.1 空间分析的概念	169	<b>第9章 GIS 空间统计分析</b>	227
7.1.2 空间分析的类型	170	9.1 空间统计概述	227
7.2 空间对象的基本度量方法	171	9.1.1 基本概念	227
7.2.1 几何度量	172	9.1.2 主要分析内容	228
7.2.2 距离量算	175	9.2 基本统计量	228
7.2.3 方向量算	177	9.2.1 代表数据集中趋势的统计量	228
7.3 叠置分析	178	9.2.2 代表数据离散程度的统计量	230
7.3.1 矢量数据的叠置分析	178	9.2.3 代表数据形态的统计量	232
7.3.2 栅格数据的叠置分析	181	9.2.4 其他统计量	233
7.4 缓冲区分析	185	9.3 探索性空间数据分析	233
7.4.1 矢量缓冲区分析	185	9.3.1 基本分析工具	234
7.4.2 栅格缓冲区分析	187	9.3.2 检验数据的分布	238
7.5 窗口分析	190	9.3.3 寻找数据的离群值	238
7.5.1 窗口分析概述	190	9.3.4 全局趋势分析	239
7.5.2 分析窗口的类型	191	9.3.5 空间自相关与空间关系建模	240
7.5.3 窗口分析的类型	192	9.4 空间数据常规统计与分析	242
7.6 网络分析	193	9.4.1 空间数据分级统计分析	242
7.6.1 矢量网络分析	194	9.4.2 空间数据分区统计分析	247
7.6.2 栅格网络分析	199	9.4.3 样方统计与核密度估计	249
专业术语	200	9.5 空间数据插值	251
复习思考题	200	9.5.1 整体内插	252
<b>第8章 DEM 与数字地形分析</b>	201	9.5.2 局部分块内插	253
8.1 基本概念	201	9.5.3 逐点内插法	257
8.1.1 数字高程模型	201	9.6 空间统计分析与空间关系建模	259
8.1.2 数字地形分析	202	9.6.1 空间分布特征统计	259
8.2 DEM 建立	203	9.6.2 空间分布模式挖掘	261
8.2.1 DEM 建立的一般步骤	203	9.6.3 空间关系建模与探测	263
8.2.2 格网 DEM 的建立	203	专业术语	265
8.2.3 TIN 的建立	204	复习思考题	265

<b>第 10 章 地理信息可视化</b> .....	267	10.4.7 三维景观显示 .....	296
10.1 地理信息可视化概述 .....	267	10.4.8 时空数据显示 .....	299
10.1.1 可视化与信息可视化 .....	267	10.4.9 虚拟现实技术 .....	300
10.1.2 地理信息可视化 .....	267	10.4.10 三维动态漫游 .....	302
10.1.3 地理信息可视化的意义 .....	268	专业术语 .....	303
10.2 地理信息输出方式与类型 .....	269	复习思考题 .....	303
10.2.1 地理信息输出方式 .....	269	<b>第 11 章 网络 GIS 与地理信息</b>	
10.2.2 地理信息系统输出产品类型 .....	271	<b>服务</b> .....	304
10.3 可视化的一般原则 .....	274	11.1 GIS 的平台网络化与应用	
10.3.1 符号的运用 .....	274	<b>服务化</b> .....	304
10.3.2 注记运用 .....	279	11.2 网络地理信息系统 .....	305
10.3.3 图面配置 .....	281	11.2.1 广义网络地理信息系统 .....	305
10.3.4 制图内容的一般安排 .....	284	11.2.2 狭义网络地理信息系统 .....	308
10.4 可视化表现形式 .....	288	11.3 地理信息的网络服务 .....	311
10.4.1 专题地图显示 .....	288	11.3.1 地理信息的网络服务模式 .....	311
10.4.2 等值线显示 .....	290	11.3.2 地理信息的网络服务内容 .....	312
10.4.3 分层设色显示 .....	291	专业术语 .....	316
10.4.4 地形晕渲显示 .....	291	复习思考题 .....	316
10.4.5 剖面显示 .....	293	<b>参考文献</b> .....	318
10.4.6 立体透视显示 .....	293		

# 第1章 概 论

当今信息技术突飞猛进,信息产业空前发展,信息资源爆炸式扩张。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。系统论、信息论、控制论的形成,计算机技术、通信技术、遥感技术等空间技术、自动化技术的应用,为信息资源的科学管理展示了广阔的前景。地理信息系统顺时而生,它是集计算机科学、信息科学、地理学、测绘学、遥感、环境科学、城市科学、空间信息科学等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。本章系统阐述地理信息的基本概念、功能、组成、类型、应用范畴和发展历程。

## 1.1 GIS 基本概念



全书配套  
电子教案

### 1.1.1 信息与地理信息

#### 1. 数据和信息

数据(data)是人类在认识世界和改造世界过程中,定性或定量描述事物和环境的直接或间接原始记录,是一种未经加工的原始资料,是客观对象的表示。数据可以以多种方式和存储介质存在,前者如数字、文字、符号、图像等,后者如记录本、地图、胶片、磁盘等,不同数据存储介质和格式可相互转换。

信息(information)是用文字、数字、符号、语言、图像等介质来表示事件、事物、现象等的内容、数量或特征,从而向人们(或系统)提供关于现实世界新的事实和知识,作为生产、建设、经营、管理、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。

信息来源于数据,是数据内涵的意义和对数据内容的表达和解释。信息是一种客观存在,而数据是对客观对象的一种表示,其本身并不是信息。数据所蕴含的信息不会自动呈现,需要利用一种技术,如统计、解译、编码等进行解释,才会呈现出来。信息是数据的表达,数据是信息的载体。

#### 2. 地理数据和地理信息

地理信息(geographic information)是有关地理实体和地理现象的性质、特征和运动状态的表征和一切有用的知识,它是对表达地理特征和地理现象之间关系的地理数据的解释。而地理数

据是与地理环境要素有关的物质的数量、质量、分布特征、联系和规律等的数字、文字、图像和图形等的总称。

地理数据(geographic data)具有空间上的分布性、时间上的序列性、数量上的海量性、载体的多样性和位置与属性的对应性等特征。空间上的分布性是指地理信息具有空间定位的特点,先定位后定性,并在区域上表现出分布式特点,其属性表现为多层次,因此地理数据库的分布或更新也应是分布式。时间上的序列性指地理信息随着时间呈现变或不变的特性。数量上的海量性反映地理数据的巨大性,地理数据既有空间特征,又有属性特征。另外,地理数据还随时间的变化而变化,具有时间特征,因此数据量巨大。尤其是随着全球对地观测计划不断发展,人们每天都可以获得上万亿 Mb 的关于地球资源、环境特征、人类活动的的数据。这必然对数据处理和分析带来很大的压力。载体的多样性指地理信息的载体有地理实体和地理现象的文字、数字、地图和影像等符号信息载体,以及纸质、光盘、硬盘等物理介质载体。前者是主要载体。对于地图来说,它不仅是信息的载体,也是信息的传播媒介。地理实体和地理现象具有明确的位置特征和属性特征,两者之间是相互对应和关联的,也就是说二者相互依赖,缺一不可,有位置则有属性,反之亦然。

地理信息作为信息的一种,具备信息的基本特征,即信息的客观性、信息的适用性、信息的可传输性和信息的共享性,但就其本身而言,地理信息还具备一些独特的特性。地理对象或地理现象的数据描述包括空间位置、属性数据(简称属性)及时域数据三部分。

(1) 空间位置:空间位置数据描述地理对象所在位置,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,如空间上的相邻、包含等。

(2) 属性数据:属性数据有时又称非空间数据,通常在二维空间的定位基础上,按照专题来表达多维和多层次的属性信息。这为地理环境中的岩石圈、大气圈、水圈、生物圈及其内部的复杂交互作用进行综合的研究提供了可能性,为地理环境多层次属性数据的研究提供了方便。

(3) 时域数据:时域数据是指地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段。时域数据对环境模拟分析非常重要,正受到地理信息系统学界越来越多的重视。

### 3. 地理信息的特征

作为信息的一种,地理信息具备信息的基本特征,即信息的客观性、信息的适用性、信息的可传输性和信息的共享性;但从其本身而言,地理信息还具有一些独特的特性,它们包括:

(1) 空间相关性:任何地理事物都是相关的,并且在空间上相距越近则空间相关性越大,空间距离越远则空间相关性越小,同时地理信息的空间相关性具有区域性特点。

(2) 空间区域性:空间区域性是地理信息的天然特性,不仅体现在数据上的分区组织,而且在应用方面也是面向区域的,即一个部门或专题必然也是面向所管理或服务的区域的。

(3) 空间多样性:在不同地方或区域上,地理数据的变化趋势是不同的,地理信息的空间多样性意味着地理信息的分析结果需要依赖于其位置,才能得出合乎逻辑的解释。地理信息的空间多样性也体现在不同区域对地理信息的需求也不一样,特别是对于地理信息服务,信息的生产、信息的存储和信息的使用安排需要考虑不同地方对信息的需求不同。

(4) 空间层次性:地理信息的空间层次性首先体现在同一区域上的地理对象具有多重属性,例如,某地区的土壤侵蚀研究,相关因素包括该地区的降雨、植被覆盖、土壤类型等;其次是空间尺度上的层次性,不同空间尺度数据具有不同的空间信息特征。

## 1.1.2 信息系统

### 1. 信息系统

信息系统(information system)是具有采集、管理、分析和表达数据能力的系统。在计算机时代信息系统都部分地或全部地由计算机系统支持,并由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成。另外,智能化的信息系统还包括知识。

计算机硬件包括各类计算机处理及终端设备;软件是支持数据信息的采集、存储加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统;数据则是系统分析与处理的对象,构成系统的应用基础;用户是信息系统所服务的对象。

信息系统的基本特征是其对数据的加工和信息提取能力。一个信息系统的优劣应当根据它所提供的信息质量和容量来判断,而这又取决于信息系统中的数据分析功能和数据分析模型。智能化的信息系统是当今信息系统的发展趋势。

### 2. 信息系统的类型

信息系统根据数据处理对象的不同类型可分为空间信息系统和非空间信息系统,前者主要处理带有位置特征的数据(包括属性数据),而后者只有一般的事务性数据(不含空间特征);从应用层次上区分,信息系统有事务处理系统、管理信息系统、决策支持系统等系统。地理信息系统在处理对象上属空间信息系统,在应用层次上则属决策支持系统。

## 1.1.3 地理信息系统

### 1. 地理信息系统定义

地理信息系统(geographic information system, GIS)有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”。美国学者 Parker 认为,“地理信息系统是一种存储、分析和显示空间和非空间数据的信息技术”。Michael Goodchild 把地理信息系统定义为“采集、存储、管理、分析和显示有关地理现象信息的综合系统”。加拿大的 Roger Tomlinson 认为“地理信息系统是属于从现实世界中采集、存储、提取、转换和显示空间数据的一组有力的工具”。俄罗斯学者 Trofimov 把地理信息系统定义为“一种解决各种复杂的地理相关问题,以及具有内部联系的工具集合”。

GIS 是一种特定的十分重要的空间信息系统,是在计算机软、硬件系统支持下,对整个或部分地球表层(包括大气层)的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理实体和地理现象数据及其关系,包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等,用于分析和处理在一定地理区域内分布的地理实体、现象及过程,解决复杂的规划、决策和管理问题。不同的人、不同部门和不同应用目的,对其认识也不尽相同。地理信息系统具有学科和技术的双重性质。这里将其定义为:地理信息系统既是跨越地球科学、空间科学和信息科学的一门应用基础学科,又是一项工程应用技术,它是

模、显示和传播的相关理论方法和应用技术,以解决复杂的管理、规划和决策等问题。

## 2. 地理信息系统的内涵

通过上述地理信息系统的定义可得出 GIS 的基本内涵如下:

① GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统,它又由若干个相互关联的子系统构成,如数据采集子系统、数据管理子系统、数据分析和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等,这些子系统的结构及其优劣程度直接影响着 GIS 的硬件平台的功能和效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

② GIS 的操作对象是空间数据,即点、线、面、体这类有空间位置和空间形态特征并且能够很好地表达地理实体和地理现象的基本元素。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码,实现对其定位、定性和定量的描述,这是 GIS 区别于其他类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。

③ GIS 的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息,实现地理空间过程演化的模拟和预测。

④ GIS 与测绘学和地理学有着密切的关系。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数;电子测速仪、全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为 GIS 提供丰富和更为实时的信息源,并促使 GIS 向更高层次发展。地理学是 GIS 的理论依托。有的学者断言,“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地”。GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

## 3. 地理信息系统基本特征

与一般信息系统相比,地理信息系统具有如下的基本特征:

(1) 数据的空间定位特征:地理数据的三要素中,除属性和时域特征外,空间位置特征是地理数据有别于其他数据的本质特征。一般信息系统仅包括属性和时域特征,而只有空间位置特征是地理数据所特有的,没有位置的数据不能称为地理数据。地理信息系统要具有对空间数据管理、操纵和表示的能力。

(2) 空间关系处理的复杂性:地理信息的属性数据或属性信息,是除空间位置及关系外的所有的描述地理对象或人文属性的定性或定量的数据信息,这相当于一般信息系统所处理的数据和信息。或者说,GIS 中的属性信息处理就相当于一个普通的事务性信息处理系统。由此可以看出,地理信息系统除要完成一般信息系统的工作外,还要处理与之对应的空间位置和空间关系,以及与属性数据的一一对应处理。图形操作本身就是一个比较复杂的问题,何况在处理空间问题的同时还要处理属性数据。因此,GIS 中的空间数据处理的复杂性是一般信息系统中前所未有的技术难题。空间关系处理的复杂性的另一技术难点是数据的管理。一般事务性数据都是定长数据,而空间数据是不定长的,例如,一个多边形,少则三个顶点,多则成百上千个顶点。而且新的空间数据及其关系在空间分析过程中能不断地产生。存储和管理这些空间数据是设计 GIS 数据库必须面对的问题。

(3) 海量数据特征:地理信息系统海量数据特征来自两个方面,一是地理数据,地理数据是地理信息系统的管理对象,其本身就是海量数据;二是来自空间分析,GIS 在执行空间分析的过程中,不断地产生新的空间数据,这些数据也具备海量数据特征。地理信息系统的海量数据,带来的是系统运转、数据组织、网络传输等一系列的技术难题,这也是地理信息系统比其他信息系统复杂的又一个因素。

### 1.1.4 地理信息系统外延

GIS 是计算机、测绘、地理等学科的综合体,在短短几十年的发展过程中,GIS 在定义、术语和内涵等运用上,呈现出很大的弹性,具体体现在以下几个方面:

#### 1. 地理信息系统术语

地理信息系统简称 GIS,多数人认为是 geographic information system(地理信息系统),也有人认为是 geo-information system(地学信息系统)等(表 1.1)。澳大利亚称为 land information system,在我国通常称为 resource and environmental information system,另外还有从学科、技术、系统等角度给出 GIS 的全称。实际上,尽管 GIS 在全称上有所区别,但基本上都强调了:① GIS 处理的是空间数据和空间信息;② 处理过程是基于计算机的;③ 强调学科的综合和空间数据的继承处理。由此可看出,GIS 一词本身并不重要,重要的是对 GIS 内涵的理解。

表 1.1 GIS 的同义词

美国术语	地理信息系统(geographic information system)
欧洲术语	地理信息系统(geographic information system)
测绘专业(加拿大术语)	地球信息科学(geomatique)
基于技术的术语	地学相关的信息系统(georelational information system)
基于学科的术语	自然资源信息系统(natural resources information system) 地球科学或地质信息系统(geoscience or geological information system)
非地理学术语	空间信息系统(spatial information system)
基于系统的术语	空间数据分析系统(spatial data analysis system)

如上所述,由于学科背景、应用目的,以及应用部门的差异,GIS 在全称上不尽相同,这也导致对 GIS 所做出的定义也不同。当前对 GIS 的定义一般有四种观点:即面向数据处理过程的定义、面向专题应用的定义、面向工具箱的定义和面向数据库的定义。面向数据处理过程的定义是从 GIS 的数据流程角度来定义 GIS,即将 GIS 定义为对空间数据的采集、存储、管理和分析的技术系统;面向专题应用的定义是在面向过程定义的基础上,强调 GIS 所处理的数据类型,如土地利用 GIS、交通 GIS 等;面向工具箱的定义是基于软件系统的,认为 GIS 是处理复杂地理空间数据工具的集合;面向数据库的定义则是在面向工具箱的定义的基础上,更加强调分析工具和数据库间的连接,GIS 是空间分析方法和数据管理系统的结合。

## 2. GIS 中“S”含义的演变

在地理信息系统的简称“GIS”中,“S”的含义包含两层意思:一是系统(system),这是从技术层面的角度论述地理信息系统,即面向区域、资源、环境等规划、管理、分析和处理地理数据的计算机技术系统,但更强调的是其对地理数据的管理和分析能力;另一则是科学(science),表示的是广义上的地理信息系统,常称之为地理信息科学,是一个具有理论和技术的科学体系。例如,早期的《国际地理信息系统》杂志(*International Journal of Geographic Information System*)现已改名为《国际地理信息科学》杂志(*International Journal of Geographic Information Science*),美国测绘学会刊物《地图学与地理信息系统》(*Cartography and Geographic Information System*)也改名为《地图学与地理信息科学》(*Cartography and Geographic Information Science*)。

我国在高校 GIS 专业的设置方面,也经历了从地理信息系统到地理信息科学的演变。本科原名为“地理信息系统”的专业,于教育部下发的《普通高等学校本科专业目录(2012年)》文件中,正式被更名为“地理信息科学”,属于地理科学类下的二级学科。

遥感等信息技术、互联网技术、计算机技术等的应用和普及,“S”一词的含义也发生了变化,地理信息系统已经从单纯的技术型和研究型逐步向地理信息服务层面转移(图 1.1)。如导航需要催生了导航 GIS 的诞生,著名的搜索引擎 Google 也增加了 Google Earth 功能,GIS 成为人们日常生活中的一部分指日可待。在这一层面上,“S”一词代表着服务(service)。

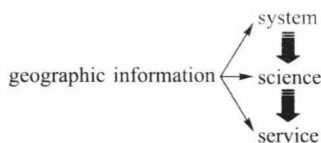


图 1.1 GIS 名词演绎

当同时论述 GIS 技术、GIS 科学和 GIS 服务时,为避免混淆,一般用 GIS 表示技术,GIScience 或 GISci 表示地理信息科学,GIService 或 GISer 表示地理信息服务。

作为地理信息系统概论型教材,本书从技术层面,即从系统的角度阐述 GIS 的基本理论和技术方法,对地理信息系统的定义也采用目前较为通用的面向数据处理过程的定义,其简称 GIS 即地理信息系统。

## 1.2 GIS 的组成

GIS 功能的实现需要一定的环境支持,GIS 运行环境包括计算机硬件系统、软件系统、空间数据、地学模型和应用人员五大部分(图 1.2)。其中,计算机硬件系统和软件系统为 GIS 建设提供了运行环境;空间数据反映了 GIS 的地理内容;地学模型为 GIS 应用提供解决方案;应用人员是系统建设中的关键和能动性因素,直接影响和协调其他几个组成部分。

### 1.2.1 硬件系统

计算机硬件是计算机系统中的实际物理装置的总



图 1.2 GIS 的组成