

GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE

● 高等学校测绘工程系列教材

(第二版)

地理信息系统原理

The Principle of Geographic Information System

李建松 唐雪华 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校测绘工程系列教材

地理信息系统原理

The Principle of Geographic Information System

(第二版)

李建松 唐雪华 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理/李建松,唐雪华编著. —2版. —武汉:武汉大学出版社,2015.1

高等学校测绘工程系列教材

ISBN 978-7-307-15111-6

I. 地… II. ①李… ②唐… III. 地理信息系统—高等学校—教材
IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021855 号

(第二版)

李 松 唐 雪 华 编 著

责任编辑:胡 艳

责任校对:汪欣怡

版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北省荆州市今印印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:29.5 字数:727千字

版次:2006年8月第1版 2015年1月第2版

2015年1月第2版第1次印刷

ISBN 978-7-307-15111-6

定价:49.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

第二版前言

自《地理信息系统原理》出版8年以来,地理信息系统的概念、理论、方法和技术取得了长足的发展。第二版在第一版的基础上,做了较大的结构调整和内容修订。具体情况是:

1. 将第一版的24章压缩为10章,结构也进行了较大调整。
2. 对GIS的一些重要概念进行了重新定义和梳理、补充。
3. 充实了网络GIS的内容,特别是云GIS的内容。
4. 对GIS的基础理论进行了补充。以GIS与地理信息科学的紧密关系为线索,叙述了地理信息科学的提出与发展、重要概念、基本框架、重要理论、时空观、表达观和方法论,强化了理论学习的重要性。
5. 对地理空间数据表达的内容和方法进行了重新整合和补充,特别是对矢量数据的表达方法、栅格数据的表达方法以及空间关系等进行了较多的补充。
6. 对地理空间数据的建模做了较大的修订,增加了时空数据建模的内容。
7. 对地理空间数据的内容进行了重大修订,增加了空间数据库的类型、空间数据访问方法、补充了空间索引方法、空间数据查询与定义、空间数据库设计等内容。
8. 对地理空间数据的获取与处理方面的内容进行了重新整合和补充。
9. 对地理空间分析的内容进行了重要补充。补充了栅格数据分析、矢量数据分析、地理统计分析、网络数据分析等内容,对查询分析的内容进行了整合。
10. 对地理空间数据制图和可视化方面的内容进行了修订。
11. 对GIS工程设计与开发的内容进行了补充和修订。
12. 对地理空间框架和地理信息公共服务平台等内容进行了补充和修订,使GIS技术更加贴近当前的技术应用,并增加了GIS的高级技术在各主要行业和领域的应用情况。

本书在修订过程中,参考了大量近几年国内外出版的重要图书、发表的研究成果和先进技术讲座的PPT内容,使其内容基本实现了与本学科发展同步的要求。一些文献是通过网络搜索获取的,一些引文是电子文档资料,因缺乏引用的详细信息,未能在参考文献中一一列举,在此对相关作者表示歉意和感谢。

本书的一些重要概念、理论、方法、技术和应用案例参照了ESRI公司的ArcGIS电子文档、专业技术资料和一系列重要的PPT资料,一些图表来自这些资料,在此特别感谢ESRI公司及其技术人员的大力支持。

在本书的编写过程中,得到了许多读者非常有益的建议和意见,得到了武汉大学遥感学院GIS教研室同行的一些非常好的建议和意见,得到了秦昆教授的指导,在此一并表示深深的谢意。

第二版中难免存在不足和不妥之处,恳请读者一如既往地给予批评指正。

作者

2015年1月

第一版前言

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)技术和应用的发展超乎人们的想象,其知识和技术方法的更新,每时、每刻、每秒都没有停止过。笔者近20年在这个领域的教学、科研和设计开发历程,见证了它发展最快的时期。我曾经对我的学生多次讲到,学习GIS是最苦的,因为你们一刻也不能停止学习,哪怕是一觉醒来,就可能是“仙间才一日,世上一百年”。GIS发展的动力是巨大的,各种先进信息技术的发展成为它前进的牵引力,应用领域的不断扩展和应用的不断深入成为它前进的推动力,这两种力量的合力,就像安置在列车前后的两部永不停止运行的动力机车,使它一刻也不可能停留下来。

GIS的许多技术和方法都是从实践应用中得以研究利用的,具有很强的实践性。旧的东西不断地被丢弃,新的东西则不断地被吸纳进来,本书的编写内容反映了这些变化的特点。本书中没有再讲授那些实践中已不常用,或应用实践中不十分成熟的内容;有些内容只是作为技术历史发展必不可少的链条才介绍的,它们已不是当前的实用技术,如三种传统的数据模型和一些数据结构;有些内容虽然还处在发展中,还处在概念阶段,并没有实用化,但它们或多或少代表了一种技术发展方向,如第七部分的GIS高级技术中介绍的多数技术和方法,显然它们不是当前的全部研究和应用内容,或许只是众多研究应用中的一个例子而已,介绍这部分内容,只是给学习者一些前瞻性知识,详细的内容将在后续的《地理信息系统高级教程》中介绍。

编写本书的基本出发点是为学习地理信息系统系列知识的学生提供基本的概念、基本的理论和基本的方法。本书的内容编排也让作者费尽思量。根据作者多年讲授这门课程的实践经验,曾尝试过多种编排顺序,但学生在知识理解上总有不尽如人意的地方。本书的内容编排,经过了4次以上的教学实验,其间也征求过不少学生的意见。从集中的意见和教学效果来看,胜过以往。本书在内容和结构上分为七个部分。第一部分主要介绍GIS的学科环境、理论环境和密切相关的技术基础,同时通过概论的方式,给GIS的总貌绘制了一幅素描图,为后续深入学习GIS的相关内容奠定基础 and 建立总体印象。这是因为GIS的相关理论、技术和方法,总体来讲,非常零碎和繁杂,通过这幅素描图,学生在学习时可以按图索骥。第二部分以介绍空间数据的组织与管理为主题内容,重点介绍了空间信息基础、空间数据模型、空间数据结构、空间数据库等内容,是本书的重点内容。通过该部分内容的学习,使学生了解地图投影、坐标转换、空间数据的定义、空间关系的定义、空间数据的结构以及空间数据管理等基本概念、理论和方法。第三部分主要介绍了空间数据的技术处理方法,包括数据的获取、图形和属性编辑、拓扑关系编辑、数据格式转换和数据质量的控制及评价等方法,它们都是完成GIS空间数据库建库必须掌握的基本技术和技能。第四部分主要介绍空间分析方面的基本功能和原理、方法。这部分内容是学习GIS简单分析应用的入门知识,同时也是为创建GIS复杂分析的基础。这部分内容与以往的教学内容相比,更新较多,一方面是因为当前商业化的GIS软件增强了这部分功能,另一方面

也是因为 GIS 应用开始由管理型向分析决策支持型转变的原因。第五部分介绍了 GIS 的输出和地学可视化的内容。GIS 应用分析的结果表达是重要的,这是因为合适的结果表达方式不仅丰富了 GIS 的数据表现能力,而且更重要的是可以加深人们对地理信息产品的正确、清楚的理解。第六部分简要地介绍了 GIS 应用工程的设计内容、要求和过程,以及 GIS 标准化的内容。它们可以不作为本课程讲授的重点内容,但作为对相关知识的理解,却是重要的。第七部分的内容是高级的、综合的 GIS 应用技术。它们或者仅是一些概念,或者仅是一些科技工作者的观点、研究个案,但它们都或多或少地代表了当今 GIS 应用发展的总的趋势。通过对这部分内容的学习了解,希望学生能树立面向未来的眼光和信心。

本书的编写广泛参阅了当今国内外同类优秀教科书的内容、领域学者的研究成果以及作者近 20 年来的教学科研实践经验。特别是龚建雅教授编写的《地理信息系统基础》,出版以来一直作为测绘类专业的优秀教科书;陈建飞教授等编译的、美国 Kang-tsung Chang 著述的《地理信息系统导论》,由唐中实教授等编译的、由世界四位 GIS 权威学者(Paul A. Longley、Michael F. Goodchild、David J. Maguire、David W. Rhind)编辑的《地理信息系统——原理与技术(上卷)》、《地理信息系统——管理和应用(下卷)》,以及由南京大学黄杏元教授等编著的《地理信息系统导论》,中国科学院陈述彭院士编著的《地理信息系统导论》,汤国安教授等编著的《地理信息系统》,邬伦教授等编著的《地理信息系统——原理、方法和应用》等,曾是我教学中爱不释手的参考书。这几年,GIS 的相关书籍的出版真是一波胜过一波,它们成了我最有价值的教学工具书收藏品;还有难以计数的科技文献和论文,每当阅读起来,总能让人眼前一亮。所有这一切,恕不能在这里一一道来。这些都是本书编写的知识海洋。在此一并感谢这些先贤们,你们的辛勤劳动成果,将惠及本书的每一个读者。

本书的编写过程历经两年多时间,虽几经修改,但错误和谬论仍在所难免,敬请读者批评指正。

李建松

2006 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 地理信息系统的概念	1
1.1.1 地理信息系统的定义	1
1.1.2 地理信息系统概念内涵的演进	3
1.1.3 为什么需要地理信息系统	5
1.1.4 地理信息系统的组成	6
1.1.5 地理信息系统的空间分析能力	20
1.1.6 地理信息系统与相关学科的关系	20
1.1.7 地理信息系统发展简史	21
1.2 地理信息系统的科学基础	23
1.2.1 地球系统科学	23
1.2.2 地球信息科学	24
1.2.3 地理信息科学	25
1.2.4 地球空间信息科学	26
1.3 地理信息系统的技术基础	27
1.3.1 地理空间数据采集技术	28
1.3.2 计算机网络工程技术	35
1.3.3 现代通信技术	38
1.3.4 软件工程技术	40
1.3.5 信息安全技术	44
1.3.6 网络空间信息传输技术	50
1.3.7 虚拟现实与仿真技术	53
练习与思考题	56
第 2 章 地理信息系统基础理论	57
2.1 地理信息科学的提出与发展	57
2.1.1 地理信息科学的提出	57
2.1.2 地理信息科学的发展	59
2.2 地理信息科学中的重要概念	62
2.2.1 信息和数据	62
2.2.2 地理信息和地理数据	62
2.2.3 物质信息	63
2.2.4 能量信息	64
2.2.5 信息流	64

2.2.6	地理系统	64
2.2.7	耦合	65
2.3	地理信息科学基本框架	66
2.3.1	地理信息科学的特征	66
2.3.2	地理信息科学基本框架	67
2.4	地理信息科学的重要理论	69
2.4.1	与地理系统有关的理论	69
2.4.2	地理信息理论	70
2.4.3	地理(地球)空间认知理论	72
2.5	地理信息系统的时空观	73
2.6	社会科学的空间表达观	74
2.7	地理信息科学方法概论	75
2.7.1	地理信息本体论	76
2.7.2	地理信息科学方法	76
2.7.3	地理信息技术方法	77
	练习与思考题	77
第3章	地理空间数据表达基础	79
3.1	地理空间数据的空间参考系统	79
3.1.1	地理坐标系统	79
3.1.2	地理坐标系的定义	82
3.1.3	GIS 中的空间参考系	86
3.2	地理空间数据的表达方法	89
3.2.1	地图表达地理实体要素的方法	89
3.2.2	GIS 表达地理实体要素的方法	91
3.3	空间数据的空间关系表达	102
3.3.1	矢量数据的空间关系	102
3.3.2	栅格数据的空间关系	106
	练习与思考题	108
第4章	地理空间数据模型建模	109
4.1	概述	109
4.1.1	从地理世界到数字世界	109
4.1.2	空间数据模型的类型	111
4.1.3	空间数据模型和数据结构	112
4.1.4	数据库模型和数据库结构	112
4.2	地理空间数据模型	113
4.2.1	空间特征和空间对象	113
4.2.2	地理空间对象的基本特征和描述内容	119
4.2.3	地理数据模型的进展	120
4.2.4	矢量数据模型	124

130	4.2.5	栅格数据模型	129
130	4.2.6	连续表面数据模型	133
130	4.2.7	网络数据模型	139
131	4.2.8	动态分段数据模型	143
131	4.3	地理时空数据模型	145
131	4.3.1	时空数据的概念	145
131	4.3.2	时空数据模型	147
131		练习与思考题	166
131			
	第5章	地理空间数据库	167
131	5.1	概述	167
131	5.1.1	建立空间数据库的重要性	167
131	5.1.2	GIS 与 SDBMS 的关系	168
131	5.1.3	数据库技术的演进	171
131	5.1.4	SDBMS 的特殊结构	171
131	5.2	空间数据库的概念	173
131	5.2.1	空间数据库的定义	173
131	5.2.2	空间数据库的适用人群	174
131	5.2.3	空间数据库的概念结构	174
131	5.2.4	空间数据库的基本组成	176
131	5.3	空间数据库类型	176
131	5.3.1	分布式数据库	176
131	5.3.2	基于 Web 的空间数据库系统	177
131	5.3.3	并行数据库系统	178
131	5.3.4	时空数据库系统	180
131	5.4	空间数据访问方法	181
131	5.4.1	空间数据的操作特点	182
131	5.4.2	空间数据访问的基本思想	183
131	5.4.3	空间数据访问的基本需求	184
131	5.4.4	空间数据访问方法的分类	185
131	5.4.5	多比例尺空间数据库访问	188
131	5.5	空间数据索引	188
131	5.5.1	空间数据存取	188
131	5.5.2	空间数据索引的概念	190
131	5.5.3	哈希索引方法	192
131	5.5.4	四叉树索引方法	196
131	5.5.5	空间对象的排序索引	199
131	5.5.6	基于二叉树的索引方法	208
131	5.5.7	基于 B 树的方法	213
131	5.5.8	索引方法的评价	218
131	5.5.9	时空数据索引	219

5.6	空间查询及定义	221
5.6.1	关于查询的一些定义	221
5.6.2	空间选择查询	221
5.6.3	空间连接	226
5.7	空间数据查询语言与处理	227
5.7.1	空间数据查询语言	227
5.7.2	查询处理	230
5.7.3	查询优化	233
5.7.4	时空查询功能和查询语言	233
5.8	空间数据库设计	234
5.8.1	空间数据库设计的步骤和内容	234
5.8.2	空间数据的分类与分层	236
5.8.3	空间数据存储方案	238
5.8.4	空间数据库的组织方案	248
5.8.5	空间数据库更新方案	251
5.8.6	空间数据库备份	254
5.8.7	空间数据的管理	255
	练习与思考题	258
第6章	地理空间数据获取与处理	259
6.1	地理空间数据源	259
6.1.1	地理空间数据源的类型	259
6.1.2	地理空间数据处理内容	260
6.2	空间数据的数字化	260
6.2.1	纸质地图的数字化	260
6.2.2	影像或图片数据的数字化	261
6.2.3	文本数据的数字化	262
6.3	空间数据坐标转换方法	262
6.3.1	空间坐标转换概念	262
6.3.2	常用的坐标转换方法	262
6.3.3	坐标转换方法的应用	264
6.4	空间数据编辑	265
6.4.1	数据表达错误的编辑	265
6.4.2	空间数据的拓扑编辑	266
6.4.3	空间数据的值域约束编辑	266
6.5	空间数据的互操作	267
6.5.1	数据格式转换的过程和内容	267
6.5.2	数据格式转换的方式	268
6.5.3	矢量数据和栅格数据的转换	269
6.6	空间数据的质量	269
6.6.1	GIS 数据质量的概念	270

6.6.2	GIS 数据质量的一般指标	271
6.6.3	空间数据的误差类型	271
6.6.4	GIS 数据质量问题的检查方法	272
6.6.5	GIS 数据质量研究的常用方法	272
6.6.6	空间数据的不确定性	273
	练习与思考题	275
第 7 章	地理空间分析	276
7.1	概述	276
7.1.1	空间分析的功能	276
7.1.2	空间分析建模	278
7.1.3	空间分析的过程	279
7.2	栅格数据分析	281
7.2.1	基于栅格单元的分析	281
7.2.2	密度分析	287
7.2.3	欧氏距离分析	288
7.2.4	成本距离分析	291
7.2.5	栅格数据的提取方法	293
7.2.6	栅格数据的概括分析	294
7.2.7	水文分析	294
7.2.8	地形表面分析	301
7.3	地理空间统计分析	306
7.3.1	地理空间统计分析原理	307
7.3.2	探索性空间统计分析方法	312
7.4	矢量数据分析	317
7.4.1	叠置分析	317
7.4.2	邻近分析	321
7.4.3	属性表分析	323
7.4.4	统计分析	324
7.5	网络分析	325
7.5.1	网络的类型	325
7.5.2	网络分析的类型	326
7.5.3	网络分析的方法	327
7.5.4	主要的网络分析应用	333
7.6	地理空间数据的查询分析	344
7.6.1	简单查询功能	344
7.6.2	属性查询分析	345
7.6.3	基于位置的查询	346
7.6.4	基于图形的查询	347
	练习与思考题	348

第 8 章 地理空间数据制图与可视化	349
8.1 概述	349
8.1.1 地图制图的概念	349
8.1.2 地理空间数据可视化的概念	350
8.2 地图制图基础	352
8.2.1 地图的组成要素	352
8.2.2 地图设计	353
8.2.3 地图设计的因素	354
8.3 从地理数据到制图数据	354
8.3.1 地理数据与制图数据的区别	354
8.3.2 表达冲突与编辑	355
8.3.3 地图的效果处理	357
练习与思考题.....	358
第 9 章 地理信息系统工程设计与开发	359
9.1 GIS 工程设计与评价模式	359
9.1.1 GIS 工程设计模式	359
9.1.2 GIS 工程的评价模式	359
9.2 GIS 工程设计过程和内容	361
9.2.1 GIS 工程设计过程	361
9.2.2 GIS 工程设计的内容	362
9.2.3 GIS 工程设计要点	364
9.3 GIS 工程设计的任务	367
9.3.1 GIS 工程设计的系统分析	367
9.3.2 GIS 系统设计	368
9.3.3 工程实施设计	369
9.3.4 运行维护设计	370
9.4 GIS 工程的开发方法	370
9.4.1 GIS 软件的开发方式	370
9.4.2 GIS 软件的开发方法	371
练习与思考题.....	374
第 10 章 地理信息系统高级应用	375
10.1 地理空间框架与地理信息公共平台	375
10.1.1 地理空间框架	375
10.1.2 地理信息公共平台	378
10.2 数字地球、数字城市与智慧城市	411
10.2.1 数字地球、数字城市与智慧城市的概念	412
10.2.2 数字城市与智慧城市的关系	413
10.2.3 数字城市和智慧城市的框架	413
10.3 GIS 与地理国情监测	418

10.3.1	地理国情监测的概念	418
10.3.2	GIS 与地理国情监测的关系	419
10.4	GIS 在行业和领域中的应用	420
10.4.1	GIS 在规划行业中的应用	420
10.4.2	GIS 在轨道交通中的应用	422
10.4.3	GIS 在国土行业中的应用	424
10.4.4	GIS 在交通行业中的应用	429
10.4.5	GIS 在林业中的应用	429
10.4.6	GIS 在民政方面的应用	430
10.4.7	GIS 在农业方面的应用	432
10.4.8	GIS 在气象领域的应用	433
10.4.9	GIS 在水利行业的应用	434
10.4.10	GIS 在公共卫生领域的应用	435
10.4.11	GIS 在电力方面的应用	440
10.4.12	GIS 在地下管线管理中的应用	441
	练习与思考题	444
	参考文献	446

第1章 绪 论

地理信息系统是信息化的核心技术。地理信息系统的概念和技术发展证明它是以需求为驱动,以技术为导引的。地理信息系统技术的应用也不是孤立的,需要与其他相关技术进行集成和协同运行。本章从地理信息系统的概念出发,介绍并讨论其内涵和技术演进历程,地理信息系统组成,建立地理信息系统的目的和作用,与相关学科的关系,地理信息系统产生和发展科学基础以及对这些学科发展的作用;简要介绍了与地理信息系统应用密切相关的一些技术,如数据采集技术、计算机网络工程技术、通信技术、软件工程技术、信息传输、信息安全技术、虚拟现实与仿真技术等。

1.1 地理信息系统的概念

地理信息系统的概念含义和组成内容不断发生变化,作为信息应用科学,证明了其需求和技术发展的密切关系。

1.1.1 地理信息系统的定义

地理信息系统(Geo-spatial Information System, GIS)是对地理空间实体和地理现象的特征要素进行获取、处理、表达、管理、分析、显示和应用的计算机空间或时空信息系统。

地理空间实体是指具有地理空间参考位置的地理实体特征要素,具有相对固定的空间位置和空间相关关系、相对不变的属性变化、离散属性取值或连续属性取值的特性。在一定时间内,在空间信息系统中仅将其视为静态空间对象进行处理表达,即进行空间建模表达。只有在考虑分析其随时间变化的特性时,即在时空信息系统中,才将其视为动态空间对象进行处理表达,即时空变化建模表达。就属性取值而言,地理实体特征要素可以分为离散特征要素和连续特征要素两类。离散特征要素如城市的各类井、电力和通信线的杆塔、山峰的最高点、道路、河流、边界、市政管线、建筑物、土地利用和地表覆盖类型等,连续特征要素如温度、湿度、地形高程变化、NDVI指数、污染浓度等。

地理现象是指发生在地理空间中的地理事件特征要素,具有空间位置、空间关系和属性随时间变化的特性。需要在时空信息系统中将其视为动态空间对象进行处理表达,即记录位置、空间关系、属性之间的变化信息,进行时空变化建模表达。这类特征要素如台风、洪水过程、天气过程、地震过程、空气污染等。

空间对象是地理空间实体和地理现象在空间或时空信息系统中的数字化表达形式。具有随着表达尺度而变化的特性。空间对象可以采用离散对象方式进行表达,每个对象对应于现实世界的一个实体对象元素,具有独立的实体意义,称为离散对象。空间对象也可以采用连续对象方式进行表达,每个对象对应于一定取值范围的值域,称为连续对象,或空

间场。

离散对象在空间或时空信息系统中一般采用点、线、面和体等几何要素表达。根据表达的尺度不同，离散对象对应的几何元素会发生变化，如一个城市，在大尺度上表现为面状要素，在小尺度上表现为点状要素；河流在大尺度上表现为面状要素，在小尺度上表现为线状要素等。这里尺度的概念是指制图学的比例尺，地理学的尺度概念与之相反。

连续对象在空间或时空信息系统中一般采用栅格要素进行表达。根据表达的尺度不同，表达的精度会随栅格要素的尺寸大小变化。这里，栅格要素也称为栅格单元，在图像学中称为像素或像元。数据文件中栅格单元对应于地理空间中的一个空间区域，形状一般采用矩形。矩形的一个边长的大小称为空间分辨率。分辨率越高，表示矩形的边长越短，代表的面积越小，表达精度越高；分辨率越低，表示矩形的边长越长，代表的面积越大，表达的精度越低。

地理空间实体和地理现象特征要素需要经过一定的技术手段，对其进行测量，以获取其位置、空间关系和属性信息，如采用野外数字测绘、摄影测量、遥感、GPS 以及其他测量或地理调查方法，经过必要的数据处理，形成地形图，专题地图、影像图等纸质图件或调查表格，或数字化的数据文件。这些图件、表格和数据文件需要经过数字化或数据格式转换，形成某个 GIS 软件所支持的数据文件格式。目前，测绘地理信息部门所提倡的内业一体化测绘模式，就是直接提供 GIS 软件所支持的数据文件格式的产品。

对于获取的数据文件产品，虽然在格式上支持 GIS 的要求，但它们仍然是地图数据，不是 GIS 地理数据。将地图数据转化为 GIS 地理数据，还需要利用 GIS 软件，对其进行处理和表达。不同的商业 GIS 软件，对地图数据转化为 GIS 地理数据的处理和表达方法存在差别。

GIS 地理数据是根据特定的空间数据模型或时空数据模型，即对地理空间对象进行概念定义、关系描述、规则描述或时态描述的数据逻辑模型，按照特定的数据组织结构，即数据结构，生成的地理空间数据文件。对于一个 GIS 应用来讲，会有一组数据文件，称为地理数据集。

一般来讲，地理数据集在 GIS 中多数都采用数据库系统进行管理，但少数也采用文件系统管理。这里，数据管理包含数据组织、存储、更新、查询、访问控制等含义。就数据组织而言，数据文件组织是其内容之一。地理数据集是地理信息在 GIS 中的数据表达形式。为了地理数据分析的需要，还需要构造一些描述数据文件之间关系的一些数据文件，如拓扑关系文件、索引文件等，这些文件之间也需要进行必要的概念、关系和规则定义，这形成了数据库模型，其物理结构称为数据库结构。数据模型和数据结构是文件级的，数据库模型和数据库结构是数据集水平的，理解上应加以区别。但在 GIS 中，由于它们之间存在密切关系，一些教科书往往会将其一起讨论，不做明显区分。针对一个特定的 GIS 应用，数据组织还应包含对单个数据库中的数据分层、分类、编码、分区组织以及多个数据库的组织内容。

空间分析是 GIS 的重要内容。地理空间信息是首先对地理空间数据进行必要的处理和计算，进而对其加以解释产生的一种知识产品。一些对地理空间数据处理的方法形成了 GIS 的空间分析功能。

显示是对地理空间数据的可视化处理。一些地理信息需要通过计算机可视化方式展现出来，以帮助人们更好地理解其含义。

应用指的是地理信息如何服务于人们的需要。只有将地理信息适当应用于人们的认识行为、决策行为和管理行为,才能满足人们对客观现实世界的认识、实践、再认识、再实践的循环过程,这正是人们建立 GIS 的根本目的所在。

从上述概念的解释我们可以看出,地理信息系统具有以下五个基本特点:

(1)地理信息系统是以计算机系统为支撑的。地理信息系统是建立在计算机系统架构之上的信息系统,是以信息应用为目的的。地理信息系统由若干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、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等。这些子系统功能的强弱,直接影响在实际应用中对地理信息系统软件和开发方法的选型。由于计算机网络技术的发展和信息共享的需求,地理信息系统发展为网络地理信息系统是必然的。

(2)地理信息系统操作的对象是地理空间数据。地理空间数据是地理信息系统的主要数据来源,具有空间分布特点。就地理信息系统的操作能力来讲,完全适用于操作具有空间位置,但不是地理空间数据的其他空间数据。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、定性和定量描述。只有在地理信息系统中,才能实现空间数据的空间位置、属性和时态三种基本特征的统一。

(3)地理信息系统具有对地理空间数据进行空间分析、评价、可视化和模拟的综合利用优势。由于地理信息系统采用的数据管理模式和方法具备对多源、多类型、多格式等空间数据进行整合、融合和标准化管理能力,为数据的综合分析利用提供了技术基础,可以通过综合数据分析,获得常规方法或普通信息系统难以得到的重要空间信息,实现对地理空间对象和过程的演化、预测、决策和管理能力。

(4)地理信息系统具有分布特性。地理信息系统的分布特性是由其计算机系统的分布性和地理信息自身的分布特性共同决定的。地理信息的分布特性决定了地理数据的获取、存储和管理、地理分析应用具有地域上的针对性,计算机系统的分布性决定了地理信息系统的框架是分布式的。

(5)地理信息系统的成功应用更强调组织体系和人的因素的作用,这是由地理信息系统的复杂性和多学科交叉性所要求的。地理信息系统工程是一项复杂的信息工程项目,兼有软件工程和数字工程两重性质。在工程项目的设计和开发时,需要考虑二者之间的联系。地理信息系统工程涉及多个学科的知识和技术交叉应用,需要配置具有相关知识和技术能力的人员队伍。因此,在建立实施该项工程的组织体系和人员知识结构方面,需要充分认识其工程活动的这些特殊性要求。

1.1.2 地理信息系统概念内涵的演进

地理信息系统最初的定义是基于地理学范畴的概念,沿用了地理学研究的空间范围,即地球表层空间范围, GIS 是 Geographic Information System 的简写。随着地理信息系统技术和应用的发展,地理信息系统的概念域远远超出了地理学最初定义的概念范畴。人们更习惯使用“地理空间的”(Geospatial)一词取代“地理的”(Geographical)这个概念。实际上是使用地理空间信息系统作为一切关于空间信息系统的代名词。有两种意义,第一种意义是地理信息系统研究的范围不再局限于传统地理学定义的空间范围,因此也有学者将“Geo”解释为“地球的”、“地学的”。第二种意义是泛指具有空间位置特性的所有空间对象,也可能是非地理空间对象,都是地理信息系统研究处理的对象。由此可知,将地理信

息系统理解为地理空间信息系统、地球空间信息系统、地学空间信息系统，都不是一种彻底的改变，将其称为空间信息系统则更具技术代表性。

关于 GIS 中“G”的含义变化，还来自于另外的一种力量。虽然 GIS 与地理学密切相关，但千百万使用 GIS 的人员中，仅有极少部分是出身于地理学的。规划人员、管理人员（森林、土地、设施）、自然科学家、社会科学家、市场咨询人员、运输人员等以及其他使用 GIS 的人员，都不会太多地思考 GIS 中的“G”表示什么意义，他们更多地将 GIS 理解为是一种空间信息系统。

由于 GIS 在理论和技术发展过程中，产生了巨大的技术成功和产业化发展趋势，人们对 GIS 的内涵产生了争议，出现了对 GIS 的不同理解。一种观点认为，GIS 就是一种计算机信息系统支持的空间分析软件工具，这主要是基于过去相当一段时期，GIS 主要是研究开发用于地理空间分析为目的的功能软件。但是随着 GIS 应用的社会化以及一些从事 GIS 软件开发的企业开始转向为 GIS 的应用研究、数据模型和数据结构研究、可视化技术研究，GIS 成为日常生活和工作，以及学术研究共同关注的带有普遍性的一个共同领域，认为 GIS 是一种社会实践的观点也不无道理。这种争论迫使人们重新思考对 GIS 的定位和内涵究竟是什么。其争论的焦点问题有两个，一是对 GIS 的进行重新的科学定位，它是一个具有特殊用途的软件，还是一门科学？二是学术术语问题，它究竟应该称为什么？但是随着遥感技术的应用发展以及计算机网络技术的发展，人们对 GIS 内涵的理解多少达成了一定的共识，倾向于 GIS 是一门学科的认识占据多数。在解释 GIS 的含义方面，有人认为：

$GIS = Geographic\ Information\ System + Remote\ Sensing = Geospatial-Informatics$

将 GIS 解释为地理空间信息科学。这是由于遥感极大地增强了 GIS 的作用，并且二者的结合应用越来越密切。也有人认为：

$GIS = Geographic\ Information\ Science$

是现代地理学由经典地理学到计量地理学，再到地理信息科学发展的结果，如图 1.1 所示。

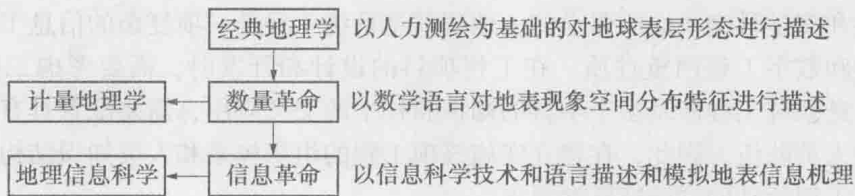


图 1.1 从经典地理学到地理信息科学

但也有人认为：

$GIS = Geographic\ Information\ Service + Internet = New\ Service(Web\ Service)$

这是基于 GIS 在因特网技术推动下产生的一种新型的地理信息服务模式。

其实，上述三个关于 GIS 的概念解释之间存在一定的关系，可以概括为地理信息系统(GISYSTEM)、地理信息科学(GISCIENCE)和地理信息服务(GISERVICE)之间的关系，如图 1.2 所示。

上述概念在不同的场合均有应用，这是个术语问题，但何时应该给 GIS 一个具有广泛共识的响亮名称，似乎意义并不重要也不那么迫切。