

地理信息系统教学丛书

教育部地理教学指导委员会地理信息系统教学指导组组编

# 城市地理信息系统

张新长 曾广鸿 张青年 编著

第五届全国高等学校优秀测绘教材奖二等奖

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书全面、系统地论述了城市地理信息系统的基本原理、应用方法、最新理论与发展趋势,以及在城市规划与管理方面的许多应用实例。书中所涉及各方面的主要内容及关键相关技术是目前城市地理信息系统研究与开发的最主要考虑的技术问题之一。全书共分八章,内容主要包括:城市地理信息概述;城市地理信息系统的基础理论;城市地理信息系统的技术与方法;城市地理信息系统的空间数学模型;城市地理信息系统软件工程;城市地理信息系统集成技术;城市地理信息系统应用实例和城市地理信息系统的发展前沿等。

本书可供城市规划和管理人员,城市地理信息系统研究和开发人员,以及大专院校有关专业的教师、研究生阅读参考,也可作为大专院校相关专业高年级本科生的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

城市地理信息系统/张新长,曾广鸿,张青年编著. —北京:科学出版社,2001  
(地理信息系统教学丛书)

ISBN 7-03-009629-0

I. 城… II. ①张…②曾…③张… III. 城市地理-信息系统 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 052510 号

---

责任编辑:彭 斌 秦国英/责任印制:张克忠

封面设计:卢秋红

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2001年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2006年5月第五次印刷 印张:22

印数:10 001—11 500 字数:494 000

定价:34.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

## 《地理信息系统教学丛书》编委会

- 主任：张 超 （华东师范大学）  
委员：李满春 （南京大学）  
      闫国年 （南京师范大学）  
      彭望禄 （北京师范大学）  
      刘 南 （浙江大学）  
      周占鳌 （东北师范大学）  
      张新长 （中山大学）  
      王远飞 （华东师范大学）

# 《地理信息系统教学丛书》序

21 世纪,世界将进入以科学技术不断创新为基础的知识经济时代,科学技术将成为经济发展的最重要的资源和首要的推动力。在世界各国间综合国力的竞争,实质上是科学技术的竞争,而一个国家科技实力的决定因素是它所拥有的科技人才的数量和质量。我国要想在 21 世纪实施“科教兴国”和“可持续发展”战略,把我国建设成一个中等发达国家,关键在于培养和造就一支数量宏大、素质优良、结构合理、有能力参与国际竞争与合作的科技队伍,这是摆在我国高等教育面前的一项艰巨而光荣的战略任务。国运兴衰,系于教育。教育部站在知识创新的高度、时代的高度、教育战略地位的高度,组织编写了《地理信息系统教学丛书》,期望为我国培养急需的地理信息系统人才做出贡献。

地理信息系统(GIS)是地理科学和信息科学相结合的产物。它将地学的空间数据与计算机技术相结合,形成关于空间数据管理、空间信息分析及传播的计算机软硬件系统。经过 30 多年的发展,地理信息系统已广泛应用于土地利用、资源管理、环境监测、交通运输、城市规划、灾害防治、经济建设以及政府各职能部门。GIS 也已开始大量应用于企业管理。由于遥感技术、全球定位系统、因特网和地理信息系统等信息技术的互相渗透,技术体系必须与完备的科学理论相结合。由于地理信息系统涉及到地学分析、遥感、测量、数学建模、系统工程、网络工程、人工智能等众多领域,为了教学和实践应用的需要,需对 GIS 的有关方面进行深入的研究、分析和介绍。从目前我国高校 GIS 本科专业的有关课程来看,一般有地理信息系统导论、计算机地图制图、地理信息系统数据库、软件工程与 GIS 设计、遥感信息与图像处理、面向对象技术、数据结构、城市地理信息系统、资源与环境信息系统、旅游地理信息系统、地理信息系统应用软件的研制、虚拟现实、WebGIS、人工智能地理信息系统等必修与选修课程。从现在的实际情况来看,还缺乏成熟教材,我们组织编写这套丛书,正是为满足当前教学改革的需要。

为保证这套丛书的高质量,我们组织了一批在教学第一线 and 科研前沿工作的教授、专家撰写,希望通过几年的努力,出版一套面向 21 世纪科教发展,体现中国特色的高水平的全国高校本科专业教学丛书。本丛书内容力求具有科学性、系统性、基础性与实践性,同时也兼顾前沿性,使读者不仅能获得地理信息系统比较系统的科学基础知识和实践技能,同时也能被引导进入当代地理信息系统研究的前沿。这套丛书可供在校的本科生使用,也可以作为高校教师、专业研究人员和实际工作者工作和学习的参考书。

计算机技术特别是软件和网络技术的最新发展,推动着当代 GIS 技术快速更新与发展,知识创新要求我们跟踪国内外最新发展动向,加强自身的理论和技术的创新研究,为发展我国的地理信息理论、技术、教育和产业做出成绩。

我们相信,通过编写者的辛勤耕耘,《地理信息系统教学丛书》必将成为我国地理教育园地的一丛鲜花,也会像润物春雨,滋润莘莘学子的心田,把他们引向科学的殿堂,为我国高等教育的发展做出重要的贡献。

教育部地理教学指导委员会地理信息系统教学指导组

1999 年 12 月

# 序

自1998年美国前副总统戈尔提出“数字地球”后,短短几年内就成了自“信息高速公路”之后全球信息化的又一个热点,包括我国在内的众多国家纷纷开始研究建立满足自身战略需要的“数字地球”体系。城市是人类文明的象征,是人类社会物质和精神财富生产、积聚和传播的中心,在整个社会中的重要地位和作用是不言而喻的。尤其是我国目前正在经历着一场深刻的城市化进程,城市建设和发展迅速,人民生活质量飞速提高。同时我们又面临着生态恶化、土地浪费、城市扩展对城市基础设施的压力不断增加、交通拥挤、运输效率低下等问题,如果不能妥善处理,将对我国社会、经济、生态可持续发展产生难以估量的恶果。信息化作为提高效率、节约资源和提高决策水平的工具,可以为城市规划、建设和管理做出非常巨大的贡献。“数字城市”(Digital City)或称“数码城市”(Cyber City)作为“数字地球”的重要组成部分,成为社会和政府的关注焦点,“数字北京”、“数码香港”、“数字广州”等“数字城市”发展计划如雨后春笋一般出现在祖国大地上。“数字城市”的重要基础之一就是城市地理信息系统。城市地理信息系统在城市空间基础设施管理、城市规划制订和实施、城市管理功能组织等方面发挥出重要作用,它是地理信息系统的重要应用领域。

《城市地理信息系统》这本书包括城市地理信息系统的基础理论、技术和方法、空间数据模型、软件工程、系统集成、发展前沿等内容,基本涵盖了城市地理信息系统的主要理论领域和技术方法。其结构严密,表达简洁易懂。本书对城市地理信息系统建设中应用频繁和基础性的技术方法和空间数学模型进行了总结,这是难得的学习和研究资料;同时从城市地理信息系统开发的实际需求出发,详尽地介绍了城市地理信息系统软件工程和系统集成,并相应地提供了大量的实例,其可操作性非常强。这些内容对于城市地理信息系统开发、管理、教学和科研人员而言是必不可少的知识,而且以前这是非常难以系统地获得的。

可以说有关城市地理信息系统的专著近几年有不少,但是像本书一样,能够从我国近十几年来的理论发展和实践经验出发,紧扣“城市”特色,把理论性和实用性紧密地统一起来的专著还是不多见。本书的出版对我国的城市地理信息的研究、开发和教学是一件很好的事情。本书作者既有长期从事高校地理信息系统教学和研究的专家,也有具有比较丰富实践经验的开发和管理人员,这使本书能够抓住城市地理信息系统的核心和难点,充分体现城市地理信息系统是一门应用性技术的特点,适合于城市地理信息系统科研、开发、高校教学及城市信息化管理等方面的读者使用,我向读者推荐此书!目前我国“数字城市”建设刚刚开始,相信此书一定会做出应有的贡献!

中国科学院院士  
中国工程院院士

二〇〇一年五月廿四日

# 前 言

城市是人类文明的象征,是人类社会物质和精神财富生产、积聚和传播的中心。城市化是人-地关系的焦点,是社会经济发展中地区性的内外循环相互作用流场中的涡漩。人类社会、经济和科学技术的进步,促进了工业化和城市化。高度城市化的结果,使城市中人流、物流、能流和信息流在内循环中高速运行和高度摩擦,正面表现为经济财富的迅速增值能力,高科技力量和人类智慧知识的高度集中,以及物质的高消费和生活的高水准等;而负面效应则是面临着城市的生态恶化、土地浪费、城市扩展对城市基础设施的压力不断增加、交通拥挤、运输效率低下等问题,从而又成为影响城市和区域可持续发展的制约因素。因此,每个城市必须认真地考虑它的可持续发展的前景,选择它的最佳方案的规模,优化它的功能区划,提高它的决策水平。信息化作为提高效率、节约资源和提高决策水平的工具,可以为城市规划、建设和管理做出非常巨大的贡献。“数字城市”(Digital City)或称“数码城市”(Cyber City)作为“数字地球”的重要组成部分,成为社会和政府的关注焦点。“数字城市”的重要基础之一就是城市地理信息系统(UGIS),而 UGIS 又是 GIS 的重要应用领域。

UGIS 是城市重要的基础设施和实现城市现代化管理的主要技术手段。随着城市化的蓬勃发展,UGIS 服务于城市规划、地籍管理、交通管理、基础设施建设与投资环境研究,社会与经济效益相当显著。城市现代化的需求正在快速推动 UGIS 的科学技术进步和产业化,而 UGIS 已成为城市社会经济活动的神经网络,成为现代城市发展中不可分割的组成部分。由于城市相关信息 80%以上具有明显的空间定位特征,UGIS 在一定程度上已经成为城市信息系统的代名词。在我国,城市规划和管理部门、环境部门、土地部门等,对 UGIS 的应用已形成热点,受到了人们的普遍关注。UGIS 业已成为这些相关学科发展的强有力的技术支持,但是目前我国从事 UGIS 应用研究的人才缺乏,从而制约了这项技术的应用和发展,迫切需要培养掌握 UGIS 的基本理论、技术方法和应用经验的人才。为此,根据教育部高校理科地理信息系统教学指导组审定的我国高校地理信息系统专业的培养规格和教学的基本要求,我们编写了《城市地理信息系统》这本书。本书紧扣“城市”特色,把理论性和实用性紧密地统一起来,抓住城市地理信息系统的核心和难点,充分体现城市地理信息系统是一门应用性技术的特点,适合于城市地理信息系统科研、开发、高校教学及其城市信息化管理等方面的读者使用,这对我国的城市地理信息的研究、开发和教学是一件很好的事情。目前我国“数字城市”建设刚刚开始,相信此书一定会起到重要的作用。

本书全面、系统地论述了城市地理信息系统的基本原理、应用方法、空间数学模型、最新理论与发展趋势,以及在城市规划与管理方面的许多应用实例,所涉及各方面的主要内容及关键相关技术是目前城市地理信息系统研究与开发的最主要考虑的技术问题之一。全书共分八章,内容包括:第一章,绪论。本章主要从城市地理信息入手,论述了城市地理信息的基本特征、对它的认知、城市地理信息地位、作用及研究意义,介绍了城市地理信息研究的历史、现状及进展和城市地理信息系统的形成与发展。第二章,城市地理信息系统

的基础理论。主要包括了计算机科学、地理信息系统和城市地理学等基础理论,介绍了城市地理信息系统空间定位、城市地理信息的分类与编码、城市地理信息系统数据组成、特点及其城市空间数据结构特征等与城市地理信息系统有关的一些理论和概念。第三章,城市地理信息系统的技术与方法。主要讨论了城市地理信息系统数字化技术、城市地理信息系统专题制图方法、网络城市地理信息系统、空间数据库技术、多媒体技术等内容,以及对基于遥感和GPS的空间数据采集、城市地理信息系统空间地理信息综合等技术和方法也进行了进一步探讨。第四章,城市地理信息系统的空间数学模型。本章主要结合城市地理空间分析的一些最普遍和最主要的应用方面以及最新的研究成果,通过建立空间信息量算、多边形叠置分析(OVERLAY)、城市空间缓冲区分析(UBUFFER)、网络分析、城市数字地形模型(UDTM)、不规则三角网模型(TIN)、空间相关性分析、门槛分析等空间数学模型,系统地介绍了这些这些数学模型的概念、方法和在城市地理空间分析中的应用。第五章,城市地理信息系统软件工程。本章从城市地理信息软件工程和系统工程入手,全面系统地论述了城市地理信息系统工程的概念、技术与方法,介绍了系统分析的过程、方法和组织实施等内容,为系统设计、系统实施提供了有力的保障。第六章,城市地理信息系统集成。本章介绍了城市地理信息系统集成的基本概念、集成的基本知识以及系统集成的主要技术等。详细论述了城市地理信息系统数据集成的特点、热点问题、一般原则和数据集成的方案以及通过对城市地理信息系统功能集成分析,讨论了功能集成原则和实现方案等内容。第七章,城市地理信息系统应用实例。本章在上述理论、技术与方法的指导下,从不同侧面全面详细地介绍了几个具有典型示范的城市地理信息系统,主要包括:广州市地下管线系统、深圳规划管理图形子系统集成、规划国土网络图形查询系统等。第八章,城市地理信息系统的发展前沿。本章主要探讨了数字城市、城市三维地理信息系统和虚拟现实技术等城市地理信息系统发展前沿技术。

本书第一章至第三章、第四章一部分、第七章一部分由张新长编写;第五章至第八章由曾广鸿编写;第四章绝大部分由张青年编写。初稿完成后由主编张新长进行统稿。在本书的编写过程中,得到了中国科学院院士、中国工程院院士、武汉大学李德仁教授的热情指导和帮助并为这本书写了序;华东师范大学张超教授,中山大学许学强教授,武汉大学祝国瑞教授和龚健雅教授以及科学出版社彭斌主任和秦国英编辑等都给予了多方面的帮助;特别一提的是,本书的编写得到了深圳市规划国土信息中心主任郭仁忠教授和广州市城市规划自动化中心主任丁建伟高工的大力支持和协助,并提供了很多极其宝贵的素材;中山大学GIS专业的硕士研究生杨大勇、吴小锋、袁绍晚、卢秉武等协助文字和图片整理等工作;本书的编写过程中还参阅和引用了国内外学者的很多论文与著作,书中只列出了主要部分。在此一并表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,书中难免存在各种错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

《地理信息系统教学丛书》序

序

前言

第一章 绪论 .....	1
1.1 城市地理信息概述 .....	1
1.1.1 城市地理信息概述 .....	1
1.1.2 城市地理信息的基本特征 .....	2
1.1.3 城市地理信息的认知 .....	3
1.1.4 城市地理信息的地位和作用 .....	5
1.1.5 城市地理信息研究意义 .....	6
1.2 城市地理信息研究历史与进展 .....	7
1.2.1 城市地理信息研究的历史和现状 .....	7
1.2.2 城市地理信息研究的进展 .....	8
1.3 城市规划管理与信息技术 .....	9
1.3.1 城市规划管理的技术需求 .....	9
1.3.2 信息技术在城市规划管理中的应用 .....	10
1.3.3 城市地理信息与信息技术结合 .....	11
1.4 城市地理信息系统的形成与发展 .....	11
1.4.1 城市地理信息系统概述 .....	11
1.4.2 城市地理信息系统历史和现状 .....	13
1.4.3 我国城市地理信息系统研究的现代需求 .....	15
1.4.4 城市地理信息系统的框架结构体系和硬软件配置 .....	15
1.4.5 城市地理信息系统与地理信息系统 .....	17
1.4.6 国内外在城市地理信息系统方面的应用研究 .....	18
1.4.7 城市地理信息系统发展趋势与面临的问题 .....	19
1.5 本书对城市地理信息系统的研究特色 .....	23
第二章 城市地理信息系统的基础理论 .....	25
2.1 计算机科学 .....	25
2.1.1 计算机系统组成 .....	25
2.1.2 计算机数据存储 .....	25
2.1.3 人与计算机交流 .....	27
2.1.4 操作系统 .....	28
2.2 地理信息系统概述 .....	30

2.2.1	GIS的组成	30
2.2.2	GIS主要特征和功能	31
2.2.3	GIS的发展前景	33
2.3	城市地理学	34
2.3.1	城市形成和发展的条件	34
2.3.2	区域的城市空间组织研究	35
2.3.3	城市内部空间组织结构研究	37
2.3.4	城市问题研究	38
2.4	城市地理信息系统空间定位	39
2.4.1	空间参照系统	40
2.4.2	WGS-84地心坐标系统及其与国家坐标系的转换	44
2.4.3	城市独立坐标系统的基本转换方法	45
2.5	城市地理信息的分类与编码	49
2.5.1	城市地理信息的概述	49
2.5.2	城市地理信息分类和编码	49
2.5.3	城市地理信息的基础和专业信息特点	56
2.6	城市地理信息系统数据组成及特点	57
2.6.1	概述	57
2.6.2	空间数据结构	57
2.6.3	城市结构化数据	59
2.7	城市空间数据结构特征	60
2.7.1	城市地理空间特征概述	60
2.7.2	矢量数据结构及其编码方法	61
2.7.3	栅格数据结构及其编码方法	65
2.7.4	矢量和栅格数据之间格式转换	71
<b>第三章</b>	<b>城市地理信息系统的技术与方法</b>	<b>74</b>
3.1	城市地理信息系统技术与方法概论	74
3.1.1	技术与方法在UGIS中的地位	74
3.1.2	UGIS技术与方法在我国的发展	74
3.2	城市地理信息系统数字化技术	77
3.2.1	概述	77
3.2.2	数字化技术与方法	78
3.2.3	城市数据获取和处理的技术方案	84
3.2.4	数字化成果质量评价和保证	85
3.3	城市地理信息系统专题制图方法	88
3.3.1	城市专题地图基本知识简述	88
3.3.2	城市专题制图在UGIS中的应用	91
3.3.3	UGIS图文一体化技术	92
3.3.4	符号化技术	93

3.3.5	自动标注技术 .....	94
3.3.6	模板技术 .....	95
3.4	网络城市地理信息系统(WebUGIS) .....	95
3.4.1	概述 .....	95
3.4.2	WebUGIS的特点和网络设计 .....	96
3.4.3	UGIS局域网构建技术和策略 .....	98
3.5	城市空间数据库技术 .....	100
3.5.1	概述 .....	100
3.5.2	城市空间数据库技术基础 .....	100
3.5.3	UGIS空间数据库设计 .....	106
3.5.4	空间数据库技术在UGIS中的应用 .....	111
3.6	多媒体技术 .....	119
3.6.1	概述 .....	119
3.6.2	多媒体技术在UGIS中的应用探讨 .....	120
3.7	城市地理信息系统技术和方法进一步探讨 .....	123
3.7.1	基于遥感的城市空间数据获取和更新研究 .....	123
3.7.2	UGIS中空间地理信息综合研究 .....	124
3.7.3	城市空间数据模型研究 .....	127
<b>第四章</b>	<b>城市地理信息系统的空间数学模型</b> .....	<b>129</b>
4.1	空间信息量算 .....	129
4.1.1	几何量算 .....	129
4.1.2	形状量算 .....	130
4.1.3	分布中心量算 .....	132
4.2	多边形叠置分析(OVERLAY) .....	132
4.2.1	叠置分析的一般概念 .....	132
4.2.2	合成叠置与统计叠置 .....	133
4.2.3	多边形叠置的基本方法 .....	133
4.2.4	多边形叠置中的属性数据计算 .....	135
4.2.5	叠置分析应用举例 .....	138
4.3	城市空间缓冲区分析(UBUFFER) .....	138
4.3.1	缓冲区分析概念 .....	138
4.3.2	栅格缓冲区的建立方法 .....	139
4.3.3	矢量缓冲区的建立方法概述 .....	141
4.4	网络分析 .....	142
4.4.1	网络数据模型——网络要素及其属性 .....	142
4.4.2	常规的网络分析功能 .....	143
4.4.3	网络分析的若干算法 .....	144
4.5	城市数字地形模型(UDEM) .....	147
4.5.1	高程矩阵(GRID)的生成方法 .....	147

4.5.2	城市数字地形模型应用举例	150
4.5.3	对城市数字地形模型(UDEM)的评价	151
4.6	不规则三角网模型(TIN)	151
4.6.1	TIN模型概念	151
4.6.2	TIN模型的建立	151
4.6.3	用不规则三角网模型模拟地表	155
4.6.4	关于 TIN 的评价	155
4.7	空间相关性分析	155
4.7.1	空间相关性的概念	155
4.7.2	空间相关分析的计算方法	156
4.7.3	空间相关分析的理论模型	158
4.7.4	空间自相关(AUTOCORRELATION)显著性检验	159
4.8	门槛分析	161
4.8.1	门槛分析的概念	161
4.8.2	综合门槛分析方法	162
4.8.3	实例:广州市城市发展综合门槛分析	164
<b>第五章</b>	<b>城市地理信息系统软件工程</b>	<b>165</b>
5.1	城市地理信息系统软件工程概论	165
5.1.1	软件工程概论	165
5.1.2	城市地理信息系统工程概论	170
5.2	城市地理信息系统规划	173
5.2.1	城市地理信息系统规划概论	174
5.2.2	可行性分析	176
5.2.3	成本-效益分析	177
5.2.4	制订开发计划	182
5.3	城市地理信息系统分析	186
5.3.1	系统分析概论	186
5.3.2	系统分析的过程	188
5.3.3	系统需求分析的方法	190
5.3.4	需求调查的组织实施	196
5.4	城市地理信息系统设计	199
5.4.1	系统设计的目标和任务	199
5.4.2	系统设计的方法	203
5.4.3	数据库设计	207
5.4.4	过程设计	212
5.4.5	界面设计	212
5.5	城市地理信息系统实施	221
5.5.1	系统实施准备	221
5.5.2	程序编码	222

5.5.3	软件测试	223
<b>第六章</b>	<b>城市地理信息系统集成</b>	<b>228</b>
6.1	地理信息系统集成概论	228
6.1.1	计算机信息系统集成	228
6.1.2	地理信息系统集成	230
6.2	城市地理信息系统集成的基本认识	233
6.2.1	城市地理信息系统集成的正反经验	233
6.2.2	城市地理信息系统集成的层次	234
6.3	城市地理信息系统集成技术	241
6.3.1	OLE 技术	241
6.3.2	C/S 网络技术	249
6.3.3	空间数据库技术	253
6.3.4	制订集成技术方案的原则	256
6.4	城市地理信息系统数据集成	257
6.4.1	UGIS 数据组成和特点	257
6.4.2	UGIS 数据集成的主要内容	260
6.4.3	UGIS 数据集成的原则	264
6.4.4	UGIS 数据集成的方案	266
6.5	城市地理信息系统功能集成	269
6.5.1	UGIS 的功能组成及集成分析	269
6.5.2	UGIS 功能集成原则	270
6.5.3	功能集成实现方案	272
<b>第七章</b>	<b>城市地理信息系统应用实例</b>	<b>275</b>
7.1	广州市地下管线系统	275
7.1.1	用户需求分析	275
7.1.2	GUPIS 的系统目标与总体结构	276
7.1.3	GUPIS 开发环境选择	277
7.1.4	城市地下管线的数据分析	278
7.1.5	城市地下管线的综合应用功能要求分析	281
7.1.6	管线编码、存贮结构与目录管理	281
7.1.7	系统功能设计	283
7.1.8	GUPIS 系统特点	287
7.1.9	GUPIS 系统开发注重目标明确、技术先进与系统整体性、实用性	288
7.1.10	GUPIS 存在的技术问题与发展设想	288
7.2	深圳规划管理图形子系统集成案例	289
7.2.1	深圳规划管理图形子系统基本情况	289
7.2.2	深圳规划管理图形子系统的主要集成需求和方案	291
7.2.3	深圳规划管理图形子系统集成的具体实现方法	292
7.2.4	与系统集成相关的一些有待完善的问题	298

7.3	规划国土网络图形查询系统 .....	300
7.3.1	项目简介 .....	300
7.3.2	系统 Web GIS 平台及开发语言 .....	300
7.3.3	系统体系结构 .....	302
7.3.4	数据组织情况 .....	303
7.3.5	系统配置和功能 .....	304
<b>第八章</b>	<b>城市地理信息系统的发展前沿 .....</b>	<b>306</b>
8.1	数字城市概述 .....	306
8.2	数字城市的内容 .....	307
8.2.1	数字城市的框架结构 .....	307
8.2.2	数字城市建设的主要内容 .....	310
8.3	数字城市的关键技术 .....	311
8.4	三维地理信息系统 .....	313
8.4.1	三维空间数据模型 .....	313
8.4.2	不同数据模型之间的集成 .....	317
8.4.3	城市三维空间数据采集方法 .....	320
8.5	虚拟现实技术 .....	325
<b>主要参考文献 .....</b>		<b>330</b>

# 第一章 绪 论

## 1.1 城市地理信息概述

### 1.1.1 城市地理信息概述

城市地理信息是指与所研究对象的\*\*城市空间地理分布\*\*有关的信息,是有关城市地理实体的性质、特征和运动状态表征的一切有用的知识,它表示地表物体及环境固有的数量、质量、分布特征、联系和规律。地理信息是对表达地理现象的地理数据的解释,地理现象可以从不同侧面进行描述,形成不同类型的地理数据,通常分为几何数据、属性数据和\*\*时间数据\*\*,分别描述地理现象的空间位置、属性特征及时间特征三个侧面。几何数据描述地理现象的空间位置、空间形态、空间关系等方面。地理信息总是与其地理位置联系在一起的,因此具有空间定位性;属性数据有时又称非空间数据,是描述地理现象专题性质的定性或定量数据。地理信息总是反映一定的专题内容,具有专题性;时间特征是指地理数据采集或地理现象发生的时刻、时段,以及地理现象的动态变化。时间对环境模拟分析十分重要,正受到地理信息系统研究领域的重视。地理信息的时间特征要求及时采集和更新地理信息,并分析地理现象随时间的分布和变化规律,进而对未来做出预测。空间位置、属性和时间是地理信息的三大要素。从城市地理实体到城市地理数据,再到城市地理信息的发展,反映了人类认识的巨大飞跃。城市地理信息属于空间信息,其位置的识别是与数据联系在一起的,它具有区域性。城市地理信息以复杂的城市社会、经济、历史、文化等的空间表达为主要研究对象,因而需要引入更为宽广和更为深入的系统分析观点。将研究城市信息范围分为宏观、中观、微观三个层次,宏观层次可将城市看成是区域空间的一个点、增长中心或核心;中观层次对应于城市市域、城市本身、城市中的区,将城市本身看成一个面;微观层次对应于街区、规划小区,将城市看成一种立体空间。城市地理信息按其空间分布特征,可分为离散分布的城市地理信息(在空间分布上具有离散性质的地理实体信息,如居民点、商业网点等)和连续分布的城市地理信息(在空间分布上具有连续性质的地理实体信息,如地面高程、空气指数等)。城市地理信息又具有多维结构的特征,即在同一 XY 位置上具有多个专题和属性的信息结构。例如在城市繁忙的街道某一地面点位上,可以取得这一点的高程、地耐力、噪声、污染、交通等多种信息。而且,城市地理信息有明显的时序特征,即动态变化特征。这就要求及时采集和更新它们,并根据多时相的数据和信息来寻找随时间的分布规律,进而对未来做出预测或预报。城市地理信息可分为两类:基础地理信息和专题地理信息,前者包括各种平面和高程控制点、建筑物、道路、水系、境界、地形、植被、地名及某些属性信息等,用于表示城市基本面貌并作为各种专题信息空间位的载体;后者是指各种专题性城市地理信息,包括城市规划、土地利用、交通、综合管网、房地产、地籍、环境等,用于表示城市某一专业领域要素的空间分布及规律。

## 1.1.2 城市地理信息的基本特征

城市是一种超大型的、复杂的人文与自然的复合系统,是人口、资源、环境和社会经济要素高度密集的、以获得综合集聚效益为目的的地理综合体。这就决定了城市是最复杂、最活跃、人地交流强度最高的地球组成部分。因此,城市地理信息是数字城市最重要的应用方向,也是建立数字城市的最关键部分。城市地理信息具有一些特征,这些基本特征对城市地理信息分析具有重要意义。

1) 数据量大。城市地理信息既有空间特征,又有属性特征,在时态地理信息系统(GIS)中还有不同时间的版本,因此其数据量很大。一张精度适当的地图,其数据量超过百万字的书籍,相当于一张光盘的容量。城市地理信息系统中需要管理的地图数据,少则有几十幅图,多则达上千万张,数据量是非常庞大的。例如,NASA 的 EOS 计划中,其城市地理信息系统处理的数据量预期将达到百万 Gb( Arge, 1996)。尤其是随着全球对地观测计划不断发展,我们每天都可以获得上万亿兆的地球资源、环境特征数据。这必然对数据分析带来极大的压力,需要进行概括处理。

2) 数据分布不均匀。城市地理现象在空间分布上是不均匀的,有的区域分布密集,有的区域分布稀疏。因此地理信息系统中描述地理现象的空间数据也是不均匀分布的,局部数据相当密集,描述密集分布的地理现象;而另外的区域却相对稀疏,描述稀疏分布的地理现象。例如综合性大都市,数据的数据结构相当复杂,所涉及的内容相当广泛;而一些中小城市,数据结构相对比较简单,涉及到的内容无法与大都市相比较。

3) 拓扑关系复杂。城市地理现象之间有复杂的空间关系,比如建筑物紧邻街道分布的相邻对象关系,公路穿越城市的关系,某城市在河流的左侧还是右侧,两条道路在城市汇聚的相交关系等,这些拓扑关系是城市空间查询和分析的重要依据,因此数据更新和概括处理中必须维护拓扑关系的一致性,避免拓扑关系的错误。

4) 多重属性结构。同一城市地理现象往往具有多方面的属性特征。例如城市的属性包括面积、人口、工业产值等,在地理信息系统中总是有选择性地表示其中一些属性。另一方面,多重属性结构也指不同城市地理现象占据同样的空间位置,即地理现象在空间分布上的重叠和部分重叠。

5) 多尺度特征。尺度是指地理数据集所表示的空间范围的相对大小和时间范围的相对长短。就城市空间尺度而言,常用的地理数据尺度有市域尺度、城区尺度、街区尺度等。就时间尺度而言,不同的城市地理现象有不同的城市划分,例如城市发展规划可分为远期规划和近期规划。同一城市地理信息中,可能需要表达多尺度的地理现象,例如由城市小区的具体研究转入整个城市的总体研究时,空间尺度由城市小区转变为整个城市。

6) 数据来源多样化。目前,城市地理信息中的地理数据来源渠道有地图数字化、实测数据、试验数据、遥感与 GPS 数据、统计普查数据、理论推测与估计数据、历史纪录数据等。对于多种来源的城市地理数据集成必须进行必要的预处理。

7) 地图表现形象性。地图是城市信息可视化的一种重要工具,它通过图形的形状、方向、颜色、纹理、数量、大小、注记、图例、标尺、图饰等表现手法形象直观地反映城市地理信息。在地理信息系统环境下,地图又有了新的发展,漫游、开窗、缩略图、多媒体声音图

像、模拟景观、虚拟城市等新的表现手法丰富了城市地图的内容。

### 1.1.3 城市地理信息的认知

城市地理信息既是研究和解决城市的人口、资源、环境、灾害等城市可持续发展的重大社会问题的重要信息,也是解决有关土地利用规划、城市发展、社区管理、灾害预报与处理等推动国民经济发展和提高人民生活质量的基本资料。城市空间数据将是政府进行城市建设、市容改造、绿化体系规划、整治等工作的重要助手。地图和影像地图是城市地理信息的重要组成部分,它以其信息量丰富、直观、获取信息快速、经济实用、数据现势性好、管理动态性好、应用上的广泛性、内容上的详细性等特点已经成为城市空间数据框架中极为重要的信息。

作为城市客观的地理信息它是城市地理客体之间相互运动及其能量转化的一种表现形式,所以通过对城市客观地理信息的分析研究,就可以弄清城市地理系统的特点和规律,即主观地理信息。它是主观思维的产物,是人们对客观地理信息认识的结果。因此,只有对城市地理信息的充分认知,才可能借助于城市地理信息来研究城市地理系统;才可能对真实城市及其相关现象(社会经济特征)统一的数字化重现和认识,从而用数字化的手段来处理和分析整个城市方方面面的问题。

#### 1. 客观性与抽象性的认知

地理信息的客观存在性是指地理信息是地理客体存在方式、运动状态和属性的反映。只有地理客体处于运动和能量转换过程中才会发出光、电、波、形、声、色、味等各种信息,而绝不会无中生有,这是识别地理信息的客观依据。对于主观地理信息来说,如实反映地理客体存在特点的信息必须具有真实性;抽象性是指地理信息已经摆脱了地理客体本身,是地理客体的抽象化。作为客观地理信息,它已被表征为各种形式的信号(如形状、符号、数字、公式等)。由于各种抽象的信息又是地理客体的真实反映,因此就可以通过这种抽象体来研究客观实体,这是可以通过信息流来研究物流、人流、能流的基本依据;又由于地理信息的抽象性,从而可以随意对地理空间及其发展过程进行压缩,使广大城市区域乃至全球同步研究成为可能。

#### 2. 时空统一性的认知

城市地理信息的时空特性是指无论城市的自然地理要素、还是经济地理要素、人文地理要素,都具有空间分布的差异和时间过程的不同,总体反映为物质世界的层次等级和物质之间相互作用的网络结构特征,世界的变化呈现从无序到有序、从简单到复杂、从低级到高级的发展过程。因此地理信息也就必然具有时空特征。地理信息的空间特征是区别其它信息的根本标志,它的这种特性是按照特定地区的经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别,并可以按照指定的区域进行信息的合并与分割。地理信息又是随时间而变化的,体现为地理系统发展的阶段性与周期性、顺序性与不可逆性。地理信息的这些特征,要求我们对地理信息的获取要及时、定期更新,要重视对城市自然、社会的历史过程的积累和对未来的预测和预报。另外,由于地理系统具有时空的统一性,时空可以

相互转化,因此地理信息的时空特征又是相对的,应该可以实现相互之间的转化;地理信息的时空属性是指在时空四维基础上的多维专题信息结构,通过各种专题或实体的属性码实现专题与专题之间、实体与实体之间的联系,这种属性特征为客观世界的层次分析、信息传输与信息分类提供了方便。

### 3. 可存储性与可传输性的认知

地理信息的可存储性与可传输性是指借助于一定的载体可以对地理信息进行记录并借助一定动力进行传输的。换句话说,地理信息的存储是借助了计算机数据库作为自己存储的载体、又以通讯技术等工具作为自己传输动力的。可存储性与可传输性是地理信息在功能上的普遍特点,任何地理客体都可以通过辐射或反射形式发出具有自身特征的频率、波长或周期的信息,并经一定距离的传输,又可为另一些物体所接收存储。客观地理信息的传输速度( $V$ )是与波长( $\lambda$ )、频率( $f$ )成正比( $V = \lambda f$ )。其中光的传递速度最快( $V = 3 \times 10^8$  m/s),故信息的传输比任何物质的传输都来得灵敏、迅速。从信息发射、传输和存储功能的全过程看,发出信息的物体就称为信源,接收存储信息的物体就称为信宿,而从信源到信宿之间的传输过程就称为信道。按系统论的观点来看,信源、信道和信宿就组成一个相对独立的信息系统。

### 4. 可度量性与近似性的认知

信息具有客观存在性,那么信息就应具有数量概念,并且是可以度量的。由于信息在传递过程中,总要受到不同程度的干扰。因此,从信源发射信息,到信宿所接收的信息,这两者之间信息量总要受到一定的损失。按信息论的创始人申农和维纳提出的平均信息量公式,就是用概率来表示信宿接收信息的一种可能性大小的计算方法:

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n P_i \lg P_i$$

$H(x)$ 为信源熵, $P_i$ 是大于0小于1的概率值,负号表示为负熵。信息量的大小取决于事件的不肯定程度,而不肯定度又是由随机性产生的。当事件发生的概率大,事先容易猜到,其不肯定度小,相应的信息量也小;当事件发生概率小,事前难以预料,其不肯定度大,相应的信息量也大。从信息是系统中有序度的度量意义出发,则其单位是负熵。信息量越大,其负熵越大。地理信息的量是组成地理客体的各种物质组成,质量、能量及其空间分布、时间动态等特征参数的总和。地理系统不是孤立存在的,它都要与外界环境交换信息,因此其信息的绝对量就难以精确地度量。按认识论的观点来看,人们对客观世界的认识总是存在阶段性,即在特定的历史发展阶段中,人们对地理客体的认识是有限的。因此人们某一阶段的有限认识当然无法精确地描述复杂的地理实体。总之,地理信息是可以度量、可以认识,但只能是近似的。

### 5. 可转换性与可扩充性的认知

地理信息的可转换性不仅表现在从客观地理信息转化为主观地理信息,也表现在客观信息的产生过程,即物质的运动产生能量,而能量的转换产生信息。从地理客体发射的包括形状、波形、图形等客观信息,可转换为诸如语言、文字、图像、图表、数字等形式的符