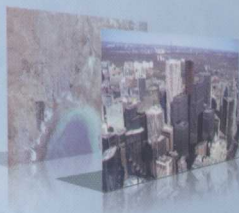


城市地理信息系统

(第二版)



●●● 本书特点 ●●●

- 将城市地理信息系统技术和多项应用实例相结合，兼具“技术理论”与“应用实践”特色。
- 由基础理论到实际案例，由数字城市延伸到智慧城市，编排有序，层层递进。

www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-040230-1



科学出版社 化学与资源环境分社
联系电话: 010-64011132
E-mail: dx@mail.sciencep.com

定价: 46.00 元

· 014036170

P208
82-2

普通高等教育“十二五”规划教材

城市地理信息系统

(第二版)

张新长 康停军 张青年 编著



科学出版社

北京



北航

C1715506

P208/82-2

内 容 简 介

本书是在第一版的基础上修订完成的,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,以及在数字城市建设方面的许多应用实例。书中所涉及的主要内容及相关关键技术均是目前城市地理信息系统研究与开发主要考虑的技术问题。全书共分八章,主要内容包括:绪论;城市地理信息系统的理论与技术;城市地理信息系统的核心技术;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;城市地理信息系统应用实例和城市地理信息系统发展前沿。

本书可作为大专院校相关专业高年级本科生的教材,也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教师、研究生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市地理信息系统/张新长,康停军,张青年编著. —2版. —北京:科学出版社,2014.3

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-040230-1

I. ①城… II. ①张…②康…③张… III. ①城市-地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①TU984

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第048934号

责任编辑:杨 红/责任校对:蒋 萍

责任印制:阎 磊/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>

化学工业出版社印刷厂印刷

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

2014年3月第 二 版 印张:17 1/2

2014年3月第十四次印刷 字数:459 000

定价:46.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

本教材自 2001 年 9 月第一版出版至今已有十余载。本教材出版后受到广大师生的欢迎，至今已印刷十三次，并获得第五届全国高等学校优秀测绘教材奖二等奖。十多年来，随着城市的发展、科学技术的进步，城市地理信息技术也迎来了新的发展机遇。为了进一步完善教材内容，作者在总结多年科研成果的基础上并结合其他专家学者的研究成果对本教材进行了修订，具体修订内容如下：

第 1 章 对城市地理信息、城市规划与管理信息技术等内容进行了修订，对我国城市地理信息系统现状与需求进行了补充。

第 2 章 删减了计算机科学等基础内容，按照新的标准对城市地理信息的分类与编码进行了补充。

第 3 章 对城市数据获取和处理的计算方法进行修改补充，完善了城市空间数学模型。

第 4 章 增加了地理模拟系统的相关内容，如地理元胞自动机、空间多智能体等内容。

第 5 章 参照新近发展的软件工程最新理论对本章节内容进行了全面修订。

第 6 章 对城市地理信息系统集成技术进行了补充，增加了地理信息共享平台集成相关内容；对集成的模式、方案进行了部分修订。

第 7 章 对本章节进行了全面修改，应用实例全部更换为近几年较为常用和流行的案例。

第 8 章 对本章节进行了全面修改，对地理信息发展前沿的虚拟现实技术、数据仓库技术进行了介绍，并对数字城市的高级阶段——智慧城市的概念、关键技术进行了阐述。

虽然在第二版修订过程中对全书进行了认真修订，但是由于时间仓促及作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

作 者

2013 年 12 月

第一版前言

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旋。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，正面效应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

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 城市地理信息概述	1
1.2 城市规划管理与信息技术	8
1.3 地理信息系统	9
1.4 城市地理信息系统的形成与发展	13
第 2 章 城市地理信息系统的理论与技术	25
2.1 城市地理学	25
2.2 城市地理信息系统空间定位	29
2.3 城市地理信息的分类与编码	35
2.4 城市地理信息系统数据组成及特点	38
2.5 城市空间数据结构及转换	42
第 3 章 城市地理信息系统的核心技术	54
3.1 城市地理信息系统技术与方法概论	54
3.2 城市地理信息系统数字化技术	56
3.3 城市地理信息系统专题制图	61
3.4 城市空间数据库技术	67
3.5 多媒体技术	77
3.6 地理信息公众服务系统关键技术	80
3.7 网络城市地理信息系统	83
第 4 章 城市地理信息系统的空间数学模型	89
4.1 空间信息量算	89
4.2 多边形叠置分析	92
4.3 城市空间缓冲区分析	97
4.4 网络分析	100
4.5 城市数字地面模型	105
4.6 不规则三角网模型	108
4.7 空间相关性分析	112
4.8 地理模拟	116
第 5 章 城市地理信息系统软件工程	118
5.1 城市地理信息系统工程概论	118
5.2 城市地理信息系统分析	125
5.3 城市地理信息系统规划	138

5.4	城市地理信息系统设计	149
5.5	城市地理信息系统实施	166
第6章	城市地理信息系统集成	172
6.1	地理信息系统集成概论	172
6.2	城市地理信息系统集成的基本认识	177
6.3	城市地理信息系统集成技术	184
6.4	城市地理信息系统数据集成	198
6.5	城市地理信息系统功能集成	209
第7章	城市地理信息系统应用实例	214
7.1	增城市规划数据库管理系统	214
7.2	增城市地理信息公共平台	220
7.3	数字韶关地理空间框架——基础地理信息数据库管理系统	236
7.4	数字肇庆地理空间框架——数字肇庆地理信息公众服务系统	243
第8章	城市地理信息系统发展前沿	254
8.1	虚拟现实技术	254
8.2	数据仓库	255
8.3	智慧城市	258
主要参考文献		270

第1章 绪 论

1.1 城市地理信息概述

1.1.1 城市地理信息的概念

城市地理信息是指与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、空间形态和空间关系等方面,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;时间数据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,其模拟分析十分重要,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。即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,即在同一空间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、污染和交通等多种信息。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分布的规律,进而对未来作出预测或预报。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、地籍和环境等,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中还有不同时间的版本,因此其数据量很大。海量地理信息数据给管理、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,由于所涉及的内容相当广泛,因此数据的结构相当复杂;而一些中小城市涉及的内容无法与大都市相比较,数据结构相对比较简单。

(3) 拓扑关系复杂。城市地理现象之间有复杂的空间关系,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。另外,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,就不同的城市地理现象有不同的城市划分,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和历史纪录数据等。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、标尺和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、环境和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、绿化体系规划和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、应用广泛和内容详细等特点已经成为城市空间数据框架中极为重要的信息。

城市客观的地理信息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,就可以找出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,只有充分认知城市地理信息,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)进行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各方面的问题。

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,而决不会无中生有,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他信息的根本标志,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、定期作更新,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。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、又以通信技术等工具作为自己传输的动力。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)与波长(λ)和频率(f)成正比($V=\lambda f$)。其中光的传播速度最快($V=3\times 10^8\text{ m/s}$),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,从信源发出信息,到信宿所接收的信息,这两者之间的信息量总要受到一定的损失。信息论的创始人香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:

$$H_{(x)} = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

式中, $H_{(x)}$ 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。按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,是质量、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。从认识论的观点来看,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、数字等形式的符号——主观地理信息;又可把上述符号转化为计算机的代码、数字及广播、电视符号;而代码、数字、信号还可以转换为语言、文字、图像等多媒体信息。当然上述各种转换需要通过标准化过程才能被识别;地理信息的可扩充性是指主观地理信息在反映地理客体本质属性的思维过程中有一个不断深化、不断扩充的过程。例如,在规划城市商业网点时,按通常概念商业网点分布的疏密程度与人口分布的密度有关。通过进一步分析和研究发现,商业网点分布的疏密程度还与道路的通达情况、商业的性质有关。再进一步分析和研究还可以发现商业网点分布的疏密程度与居住在不同城区居民的文化程度、居民的生活习惯、民族分布等诸多方面因素有关。这是在不断深化认识中得到的对地理信息的进一步扩充。任何客观信息都可以随着人们认识水平的提高而得到不断地扩充。

1.1.4 城市地理信息的地位和作用

城市地理信息涉及软件和硬件、城市地理时空数据以及遥感、全球定位系统一体化基础上的系统集成、应用服务、企业和市场等诸多方面内容。社会经济建设、日常生活活动等所涉及的信息的 80% 以上均与城市地理信息密切相关。城市地理信息不仅为国家创造直接经

济效益, 而且是其他众多产业的推动力, 对众多经济领域具有辐射作用, 能在国民经济的发展中起到“倍增器”的效果, 已深刻影响到国民经济的各个方面。因此, 城市地理信息的发展, 越来越受到各部门和地方政府以及社会各界的重视。地理信息产业已成为当今国际公认的高新技术产业, 具有广阔的市场需求和发展前景。目前, 全球地理信息产业的年增长率已达 35% 以上, 成为现代服务业新的经济增长点。另外, 城市地理信息已经在国民经济和社会发展的各个方面得到应用, 如政府决策、城市规划、环境监测、卫生防疫、社会经济统计、人口计生、公安指挥、资源管理、交通管理、地籍管理、房地产管理、基础设施管理、电信电力资源管理、物流管理以及位置服务等诸多方面。城市地理信息有着如此巨大的市场, 又与国民经济的各个方面有着密切的关系。因此, 城市地理信息将在当代科学的发展和社会的进步中占据重要的地位。

城市地理信息的作用主要表现在: ①可以把城市地理空间及其过程进行压缩——地理信息的抽象性加上技术工具的先进性, 大大开阔了人们的空间视野。从时间上说, 既可以重现过去的城市, 又可以通过虚拟城市预测未来的城市发展。②实现信息采集、传输、预测预报和决策一体化——地理信息的客观真实性、技术的先进性及信息的科学综合的有机整合, 不仅将使城市地理信息采集、传输、加工、分析、决策实现一体化, 而且将使决策反馈周期缩短, 为验证城市规划管理和建设的理论是否正确、方法与实践是否可行提供了一条捷径, 因为这一完整过程都可以通过虚拟城市来实现。③真正实现宏观与微观、定性与定量的结合。由于城市地理信息具有空间性和属性特征, 因此对它的研究完全是建立在定量和定性相结合的基础上的, 使解决当前困扰城市发展诸多方面问题(如环境问题、交通问题等)成为可能。

1.1.5 城市地理信息研究的历史和现状

18 世纪以来, 社会结构发生了深刻的变革, 土地的利用更加多元化, 出现了农业、工业、居住等用地类型。地理数据采集技术得以发展并首先应用到地籍中, 使具有确定权属主的宗地能精确地定位, 计算的面积也更加准确, 并且可以用图形来描述地籍的内容。到 19 世纪, 欧洲的经济结构不断发生变化, 出现了城市中心土地紧张和土地生意兴隆的状况, 产生了在法律上更好地保护土地的所有权和使用权的要求。由此城市地理数据采集和应用技术得以迅速发展。到了 20 世纪, 由于人口增长及工业化等因素, 社会结构变得更加复杂, 各国政府和各级城市管理部门需要越来越多的信息来管理这个激烈变迁的城市, 同时也认识到城市地理数据是他们管理工作中重要的信息来源。在技术方面, 对城市地理信息的采集、编辑、管理的理论、技术和方法日趋完善。科学技术的发展, 为获取城市信息的技术提供了一个更加可靠而精确的手段, 信息的几何精度越来越高。目前发达国家已将城市地理信息作为城市的基础设施之一, 用于城市动态管理和规划发展, 并将它作为对城市重大问题和突发事件进行科学决策的现代化手段。美国、日本、澳大利亚、新加坡等许多国家在城市规划、交通设施、公共服务、医疗、环保等方面都广泛应用城市地理信息进行科学决策。我国城市地理信息的研究以遥感为先导, 20 世纪 90 年代初在天津和京津渤地区进行了有益的探索; 90 年代后期开始, 随着“数字地球”、“数字城市”概念的提出, 城市地理信息作为“数字城市”的重要内容, 得到了高度的重视, 开始快速发展。

我国城市地理信息在过去的 10 年中有了巨大的发展, 发展的动力源自于三个方面: ①国家相继出台了一系列有关信息化发展的政策, 实施了“金土工程”、“第二次全国土地调

查”及“数字中国地理空间框架”等一系列重大工程,大大推进了城市地理信息的发展。②我国的城市规划、建设、管理与服务的需求和发展进入一个新的阶段,迫切需要信息技术及相关技术的有力支撑。③信息技术、对地观测与导航等城市地理信息的核心技术得到迅速发展,并获得广泛的应用,既拓宽了城市地理信息的应用领域又降低了应用成本。

1.1.6 城市地理信息研究的进展

科学揭开了人类进入空间时代和信息社会的序幕。人造卫星和计算机的飞速发展,为研究复杂的地球系统提供了快速覆盖全球的准同步的丰富信息资源、跨越时空局限的分析模拟与预测预报的信息处理手段,在地球科学、生命科学、空间科学与信息科学之间,逐步构成了一个跨学科的新兴领域——地球信息科学。城市地理信息作为地球信息科学的重要组成部分,在城市的规划、建设、管理和服务领域越来越发挥出巨大的作用,促进了城市的健康发展。由于每一座城市都是一个复杂的人文与自然复合系统,是人口、资源、环境和社会经济要素高度密集的地区,因此,仅靠手工或者单纯应用地理信息系统技术来管理城市已远远不能适应现代城市发展的需要,这就迫切需要采用“数字城市”技术解决现代城市发展遇到的种种难题。所谓数字城市信息,是指将有关城市的信息,包括城市自然资源、社会资源、基础设施、人文、经济等各方面的信息,以数字的形式进行获取、存储、管理和再现,通过对城市信息的综合分析和有效利用,为提高城市管理效率、节约资源、保护环境及城市可持续发展提供决策支持的信息。随着“数字中国地理空间框架”工作的开展,我国的数字城市建设已经取得了可喜的成就。当前,数字城市技术与物联网传感技术、智能分析技术及云计算相结合建设智慧城市已成为一种趋势。智慧城市是城市全面数字化基础之上建立的可视化和可量测的智能化城市管理和运营,包括城市的信息、数据基础设施以及在此基础上建立网络化的城市信息管理平台与综合决策支撑平台,可以将数字化信息集中化、智能化,实现感、传、知、用功能,达到整个城市的智能化。

1.1.7 城市地理信息研究意义

城市的一切活动都离不开城市的规划、建设、管理和服务。城市规划、建设、管理和服务实践所涉及的数据非常庞杂。城市地理信息是城市中一切与地理空间分布有关的各种要素的图形信息、属性信息以及相互空间关系的总称。城市地理信息种类繁多,内容丰富,涉及众多领域。对城市地理信息的研究在于如何将它们有机地进行组织,有效地进行存储、管理和检索应用,这将是一项十分重要的工作。总体上,可以将城市数据分为两大类:一类是空间数据;另一类为非空间数据,非空间数据又可分为社会—经济—人文属性统计数据 and 文档数据等。城市空间数据包括城市地形数据、规划数据、道路交通数据、市政管线数据、地籍房地产数据等,它们具有如下特点:①比例尺大,分辨率高。城市数据的基本尺度为 $1:2000\sim 1:500$,实际分辨率为 $0.1\sim 0.4\text{m}$ 。辅助尺度为 $1:10000\sim 1:5000$,实际分辨率为 $1.0\sim 2.0\text{m}$ 。②内容丰富,信息传输效率低。③由于城市发展变化快,信息老化速度快。④城市数据生产与更新的周期长、费用高。⑤由于投影变形和历史等方面的原因,各城市多使用独立的平面参考系统,造成不同城市的数据参考基准不一致。⑥数据的投资主体是地方城市政府。这些特点决定了城市空间数据是城市信息研究的重点。

21 世纪的城市面临着严峻的挑战,城市将继续是关注的焦点。城市无疑是社会全面发展的关键,城市问题是社会、经济、技术发展的缩影,但全世界也都面对着难以解决的许多

城市问题。目前,我国城市规划、建筑界以及社会、经济界的许多专家学者和政府官员都在对城市的现状和发展进行着再思考和再认识,因此对城市地理信息的研究就更具有特别重要的意义。这主要体现在以下几个方面。

1. 城市规划、建设与管理

应该说,我国的城市规划成就辉煌,但城市规划的现状却并不总是令人满意。在城市各种基础设施建设中,事故时有发生。城市建设的市场不规范,许多问题急待解决。城市交通、土地、水资源、能源、灾害管理和决策的水平急需改善和提高。广大城市规划师和城市决策者迫切希望能够更完整、准确和全面地把握城市及其周边环境的动态空间特征。

2. 城市化与城市可持续发展

据国家统计局报告显示,我国 2011 年城镇化率达 51.27%。城市化是社会经济发展的必然趋势,它将给社会发展带来新的机遇,从而提高我国的总体国力和现代化水平,但城市化同时也将带来一系列问题,如空间布局混乱、人口膨胀、环境危机、资源危机、耕地浪费、交通堵塞、灾害加剧和人居质量恶化等。为了缓解这些危机,必须走可持续发展的道路。城市地理信息技术在这方面应该大有作为。

3. 广义建筑学

1999 年,在北京世界建筑师大会上发表了著名的《北京宪章》,提出了融合建筑学、地景学和城市规划学三位一体的广义建筑学。广义建筑学认为,城市规划建设、新建筑的设计、历史环境的保护、一般建筑的维修与改建、古旧建筑合理地重新使用、城市和地区的整治、更新与重建以及地下空间的利用和地下基础设施的持续发展,都应纳入一个动态的、生生不息的循环体系之中。这就要求实现多层次的技术建构以及技术与人文的结合,用群体和城市的观念看建筑及其环境,以形成一个整体的环境艺术,实现 21 世纪城市发展的三大和谐,即城市建设中人工环境和自然环境在空间上的和谐,城市发展中历史环境、现实环境与未来环境在时间上的和谐,创造城市环境中各社会集团之间社会生活的和谐。在这里,时空的和谐完全可以借助于城市地理信息技术的支持。

4. 小城镇规划与建设

发展小城镇是我国经济社会发展的一个大战略,是实现城市化的必由之路。小城镇的规划与建设是当前的一项重要工作,引起了国家主管部门的高度重视。诸如小城镇交通网络与内部道路配置、给水排水系统规划、供热供燃气规划、环卫设施与生态环境保护规划、防灾减灾规划、土地与水资源合理利用等都急需包括地理信息技术在内的高科技的支撑。

5. 城市住宅产业发展

发展城市住宅产业是当前的一大热点。随着住房制度改革的深入,城市住宅产业将有大的发展,在社区和住宅的规划设计、建设以及住宅营销和物业管理等方面住宅产业信息化的需求十分旺盛。

6. 社会与公众服务

城市信息服务业近年来方兴未艾。这种服务,一方面是企业,即为企业提供相关信息服务,以提高企业在市场经济条件下的应变能力。公安、消防、金融、保险、通信等城市特殊行业对地理信息的服务潜在需求不可低估;另一方面是为社会公众提供各种开放性的资讯服务,以改善和提高人们的生活质量与效率。

上述六个方面都离不开各种城市信息和基于这些信息服务的支持。可以说,21世纪城市的发展将为数字城市和地理信息产业的发展提供十分宽广的舞台。

1.2 城市规划管理与信息技术

1.2.1 城市规划管理的技术需求

随着城市化进程的加快,在城市规划和管理领域,传统的规划和管理手段已不能适应城市飞速发展的需要。城市的发展,必然带来诸如水资源缺乏、用地紧张、交通拥挤、能源不足、环境污染等一系列棘手的城市问题,这给城市建设管理和规划提出了更新、更高的要求。而多年来城市建设管理和规划工作所面临的一个难题是对现状信息的收集、分析、整理工作相当复杂而繁琐,特别是多方案论证、城市信息的快速更新和城市突发事件的快速处理等问题难以及时得到解决。就整体而言,城市规划和管理主要处理城市发展过程中的空间关系,而在信息技术中,75%的数据具有某种形式的空间信息。为适应现代城市发展的客观需求,在城市建设管理和规划中必须寻求新技术、新方法的应用。信息技术的应用使城市建设管理和规划走上了自动化、定量化、科学化和信息共享的道路,因为信息技术对城市规划和管理的影响最突出最直接的是空间数据基础设施的建设,主要是指为获取、处理、存储、分发和提高使用城市地理空间数据所必需的技术、政策、标准和人力资源。以城市综合环境预测来确定未来城市规模、性质和区域功能;以投资环境的综合分析评价来确定城市建设项目的布局 and 科学论证,寻求最佳投资方案;以城市社会与经济问题的系统分析和城市基础设施优化来解决城市规划和建设管理的具体矛盾问题。信息技术作为城市信息处理和分析的工具,逐步成为现代城市规划和管理的高新技术手段。因此,信息技术的产生和发展,无论从城市规划和管理理论上还是应用上而言,都具有重大的科学意义和社会经济效益,并能使城市规划、建设和管理更加适应城市化发展的新需求。

1.2.2 信息技术在城市规划管理中的应用

城市规划以复杂的城市社会、经济、历史和文化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。信息技术在城市规划中的主要作用是辅助规划师自动完成城市总体规划、详细规划的全部过程和辅助决策。其主要表现在以下四个方面。

(1) 优化分析模型——城市规划的优化分析涉及社会、经济、环境方面的许多因素,确定这些因素综合影响下的最优用地方案或最优发展目标,都要求系统具有多因素、多模型综合分析能力,这类分析可用于城市功能区的划分、选址、规划方案的评价、土地评价、环境质量评价等。

(2) 比较分析模型——主要目的是反映城市的空间发展与变化特征,即同一地区、不同时间的城市土地利用栅格层,经比较分析后不但要能反映变化数量,而且要能反映变化的空

间位置和分布。规划者与管理者可从数量和空间位置两方面了解城市发展的趋势。城市的社会、经济发展状况可根据空间数据进行分析,从而全面反映城市发展水平。

(3) 聚类与统计模型——聚类分析主要针对栅格数据的再分类和多层栅格叠置结果的再分析等进行操作。统计模型包括单因素不同状况的统计,多因素交叉统计,频率统计等简单运算和统计学涉及的多种统计与检验模型。

(4) 预测模型——预测模型根据城市发展趋势估算若干年后的人口、用地、经济发展规模。就人口预测而言,采用了自然增长、劳动平衡等常规数字模型等。经济预测方面选择了多元回归、计算经济学、指数平滑、线性规划、投入产出中的部门联系平衡等预测模型。用地规模预测主要根据人口预测和经济预测的结果,适当考虑人们的生活习惯和环境要求预测用地数量。

信息技术在总体规划、分区规划层次上同城市规划的整合重点体现在地理信息系统、遥感技术的结合。目前开展的新一轮的城市总体规划中,除了利用航空遥感技术之外,还利用卫星遥感资料进行城市环境综合评价、土地利用监测等;利用 AutoCAD 技术辅助绘图;利用 GIS 技术进行叠加分析、缓冲区分析、门槛分析、专题图制作,并建立总体规划数据库;结合办公自动化技术,实现城市总体规划实施的辅助管理,并向辅助决策支持系统发展。城市规划与信息技术在微观层次上的整合就是利用 GIS、AutoCAD、OA 等技术,实现详细规划的辅助设计与规划管理办公自动化。

1.2.3 城市地理信息与信息技术结合

就整体而言,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。城市地理信息主要涉及城市发展中的空间关系,因此信息技术(IT)对城市地理信息的影响最突出最直接的是空间数据基础设施(spatial data infrastructure, SDI)的建设与地球信息科学的发展。空间数据基础设施指的是为获取、处理、存储、分发和提高使用地理空间数据所必需的技术、政策、标准和人力资源,旨在实现全球范围的空间信息共享;而地球信息科学包括遥感(RS)技术、地理信息系统、卫星定位系统(如全球定位系统 GPS)等空间信息技术。在信息技术中,有 75% 的数据具有某种形式的空间信息,而城市地理信息是空间信息的主体。随着地理信息系统、遥感和卫星定位系统技术的发展,对城市地理信息的研究将会不断地深入,对城市地理信息的采集、加工、处理和城市地理信息数据库的管理的方法和手段将不断得到更新和发展。总之,随着信息技术的突飞猛进,对城市地理信息的研究既面临挑战也充满机遇。城市地理信息的研究必须以地球信息科学为理论与方法基础,以体现城市地理信息的综合性、系统性、动态性和逻辑性。

1.3 地理信息系统

地理信息系统(geographic information system, GIS)是一种基于计算机的工具,它可以对在地球上存在的东西和发生的事件进行成图和分析。GIS 技术把地图这种独特的视觉效果和地理分析功能与一般的数据库操作(如查询和统计分析等)集成在一起。这种能力使 GIS 与其他信息系统相区别,从而使其在公众和个人以及企事业单位中解释事件、预测结