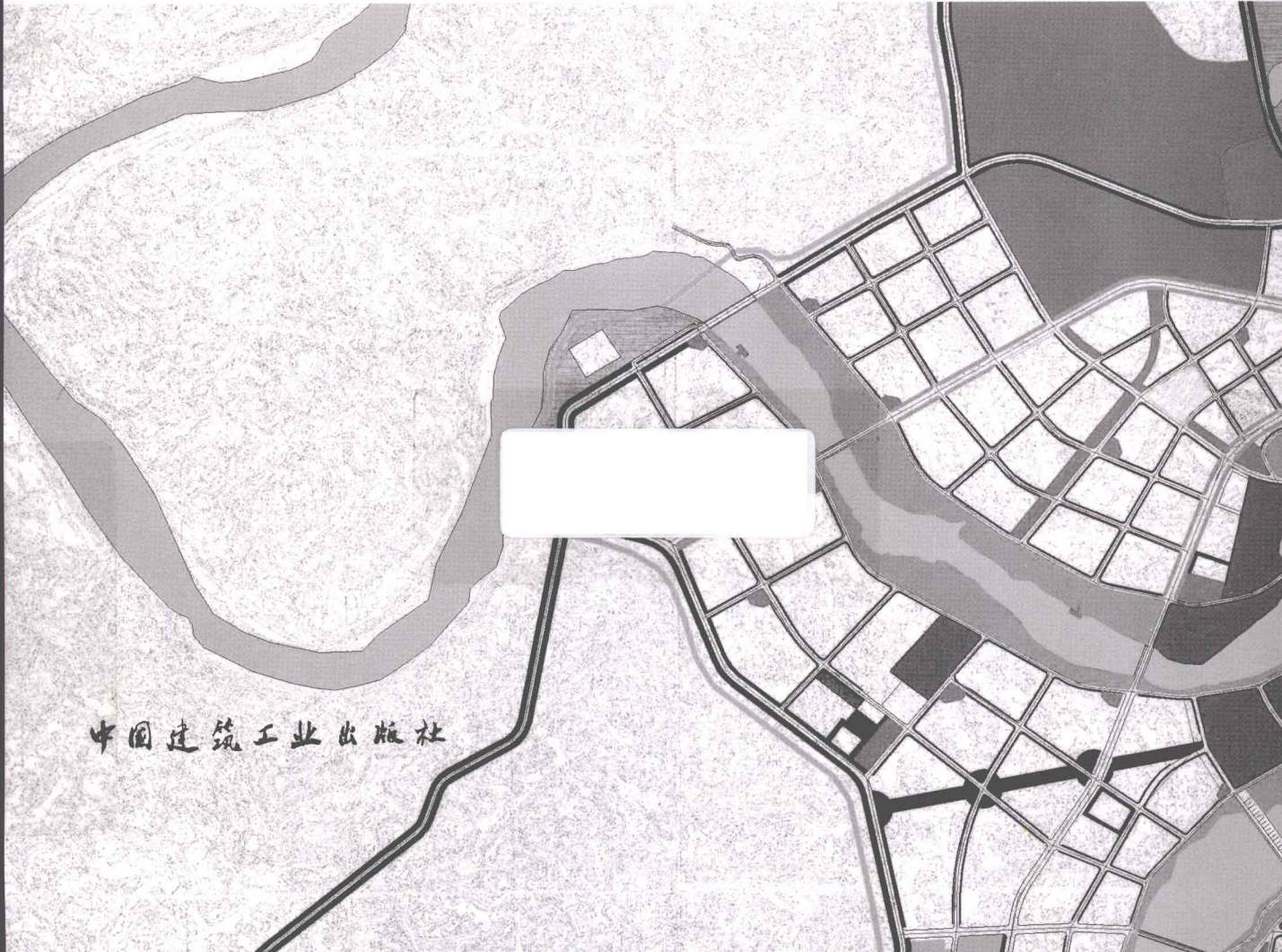


国家科技支撑计划基于3S和4D的城市规划设计集成技术研究丛书

空间信息技术 在城市规划编制中的应用研究

Research on the Application of
Spatial Information Technique in Urban Planning

“基于3S和4D的城市规划设计集成技术研究”课题组



中国建筑工业出版社

国家科技支撑计划基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究丛书

空间信息技术在城市规划 编制中的应用研究

“基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究”课题组

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

空间信息技术在城市规划编制中的应用研究 / “基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究”课题组编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 7
(国家科技支撑计划基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究丛书)
ISBN 978-7-112-14337-5

I. ①空… II. ①基… III. ①空间信息技术—应用—城市规划—编制—研究 IV. ①TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 101427 号

城市规划是综合性的空间规划, 以地理信息系统技术 (GIS)、遥感技术 (RS)、全球定位系统技术 (GPS) 及虚拟现实 (VR) 与三维仿真技术为代表的空间信息技术在管理海量空间数据、解决空间问题方面具有独特的优势, 空间信息技术及空间数据产品的集成应用将拓展城乡规划编制中空间分析的能力, 提升城乡规划编制的科学性、统一性和工作效率。

本书内容基于国家“十一五”科技支撑计划资助项目“区域规划与城市土地节约利用关键技术”中的课题八——“基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究”的成果, 介绍了空间信息集成技术在城市规划编制中的应用现状、亟待解决的问题及相关研究成果。

本书可供从事城市规划及空间信息技术研究的科技工作者、城市规划编制人员及城市规划决策与管理者参考。

责任编辑: 焦 扬 陆新之

责任设计: 赵明霞

责任校对: 党 蕾 赵 颖

国家科技支撑计划基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究丛书

空间信息技术在城市规划编制中的应用研究

“基于 3S 和 4D 的城市规划设计集成技术研究”课题组

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京永铮有限责任公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 850 × 1168 毫米 1/16 印张: 9½ 字数: 220 千字

2012 年 10 月第一版 2012 年 10 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-14337-5

(22393)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

1 绪论	1
1.1 3S 与 4D 的概念	1
1.2 城乡规划编制对空间信息技术的需求	2
1.3 城市规划中的空间信息技术集成研究	3
2 空间信息技术与城市规划编制	7
2.1 概述	7
2.2 地理信息系统技术 (GIS) 在城市规划中的应用	8
2.3 遥感技术 (RS) 在城市规划中的应用	15
2.4 全球定位系统技术 (GPS) 在城市规划中的应用	19
2.5 虚拟现实 (VR) 和仿真技术在城市规划中的应用	19
2.6 4D 产品及在城市规划中的应用	20
2.7 空间信息技术在城市规划中的应用前景	21
3 3S 导向城市规划设计空间数据基础设施标准研究	24
3.1 概述	24
3.2 城市规划设计空间数据标准总体框架结构设计	25
3.3 城市规划设计空间数据库标准研究	33
3.4 城市规划设计空间数据元数据标准研究	38
3.5 空间数据交换标准	43
3.6 城市规划设计空间数据精度标准及兼容性评价	45
4 空间分析应用模型研究	49
4.1 空间分析概述	49
4.2 空间分析模型选取	50
4.3 城镇体系规划的空间分析模型	51
4.4 城市总体规划的空间分析模型	57
4.5 城市设计与城市详细规划的空间分析模型	68
4.6 模型功能化研究	71

5 3S 与 4D 在城市规划编制中的集成应用技术与方法研究	75
5.1 概述	75
5.2 3S 一体化在城镇体系规划中的集成应用技术	76
5.3 3S 一体化在城市总体规划中的集成应用技术	82
5.4 3S、虚拟现实 (VR) 与三维仿真一体化技术在城市设计和详细规划中的集成 应用技术	87
6 城市规划辅助分析软件开发	91
6.1 概述	91
6.2 软件平台设计与开发	92
6.3 系统功能	97
6.4 软件特点	103
7 基于 3S、虚拟现实与三维仿真技术的城市规划设计集成平台研究	110
7.1 集成关键技术	110
7.2 基于 3S 与 4D 技术的城市规划设计集成平台框架研究	126
7.3 城市规划设计集成平台建立	133
参考文献	138

1 绪 论

1.1 3S 与 4D 的概念

“3S”与“4D”是空间信息技术的主要组成部分。“3S”包括地理信息系统技术（GIS）、遥感技术（RS）和全球定位系统技术（GPS）。

地理信息系统（Geographic Information system，简称 GIS）是在计算机软件和硬件支持下，把各种地理信息按照空间分布及属性，以一定格式输入、存储、检索、显示和综合分析应用的技术系统，具有数据输入、存储、编辑、操作运算、数据查询检索、应用分析、数据显示及结果输出、数据更新等基本功能，具有标准化、数字化和多维结构等基本特点，是综合处理与分析多源时空数据的理想平台，是空间信息的“大管家”和公共的地理定位基础。

遥感（Remote Sensing，简称 RS），是利用飞机、卫星等空间平台上的传感器（包括可见光、红外、微波、激光等传感器），从空中远距离对地面进行观测，根据目标反射或辐射的电磁波，经过校正、变换、图像增强和识别分类等处理，快速地获取大范围地物特征和周边环境信息，获得实时、形象化、不同分辨率的遥感图像。具有探测范围大、资料新颖、成图速度快、收集资料方便等特点，获取的遥感图像具有真实性、直观性、实时性等优点。

全球定位系统（Global Position System，简称 GPS），是一种同时接收来自多个卫星的电波信号，以卫星为基准求出接收点位置的技术，由空间卫星（均匀分布在 9 个轨道平面的 24 颗卫星）、地面监控站和用户接收机三部分组成。具有定位精度高、观测时间短、无须通视、操作简便、全天候作业等特点。不仅可以用于测量、导航，还可用于测速、测时等，提供野外基础测绘的控制数据。

“4D”产品，即数字高程模型（DEM）、数字正射影像图（DOM）、数字栅格图（DRG）、数字线划地图（DLR），是基础地理信息数字产品的四种基本模式，是 RS、GIS、GPS 和计算机辅助制图技术系统一体化发展的结果。各种产品既可独立存在，又能相互补充与相关，除具有空间定位、距离、面积、体积量算等传统产品的功能外，还可以进行投影变换、比例尺缩放，其精度不会因时间、温度的变化而受影响等，这些都是常规模拟产品无法比拟的。

另外，虚拟现实技术也是空间信息技术的重要组成部分。虚拟现实技术（Virtual Reality，简称 VR）是近年来比较热门的一种新型计算机处理技术，是一种逼真地模拟人在自然环境中的视觉、听觉、触觉、嗅觉、运动的交互系统。用户通过头盔式的三维立体显示器、数据手套及立体声耳机等虚拟交互接口设备，能完全沉浸在计算机创造的图形世界里，实现人类技能对虚拟环境的观察、触摸、操作、检测等试验，产生身临其境的真实感觉。VR 技术与 GIS、RS 技术相结合，在城市规划中，能真实模拟复杂多变的城市三维地形，将城市遥远过去向未知将来的演变进程生动、直观地呈现，使用户能在交互的虚拟场景中进行实时的数据

查询和可视化分析。

1.2 城乡规划编制对空间信息技术的需求

城市规划是研究城市的未来发展、城市的合理布局 and 综合安排城市各项工程建设的综合部署，是一定时期内城市发展的蓝图，是城市管理的重要组成部分，是城市建设和管理的依据，也是城市规划、城市建设、城市运行三个阶段管理的龙头。

城市是一个复杂的巨系统，城市规划业务本身需要收集、处理分析、展示大量的与规划区地表空间位置相关的空间和属性信息。这些信息具有如下的特点：

- 数据量大。城市信息涉及城市社会的方方面面，种类繁多，来源广，数量庞大，既有反映地理位置的空间数据，也有描述空间特征的属性数据。

- 分析性强。城市信息处理需要进行大量的分析性工作，不仅需要定性和静态的分析，而且需要定量、定位和动态的综合分析和评价。

- 现势性高。城市信息更新的速度随城市化进程的推进不断加快，规划的制定与修编周期大大缩短，要求城市信息具有良好的现势性，对信息的处理具有实时性。

随着经济、社会和人口的发展，城市化进程逐渐加快，城市建设达到空前规模，信息化浪潮给城市规划带来巨大冲击，传统的规划编制手段已经不能满足城市发展的要求。为适应发展需求，规划者必须寻求新的技术手段推动城市规划编制的发展。

(1) 城市化的进程对城市规划提出了更高的要求

随着经济、社会和人口的发展，世界城市化进程逐渐加快。城市化是一把双刃剑，在给人类带来文明和进步的同时，也引起了一系列的问题，如：环境污染、耕地减少、住房拥挤、交通阻塞等，城市规划与管理的工作量急剧上升，这些对传统的城市规划和城市管理提出了严峻的挑战。传统的工作方式和手段已跟不上现代化城市建设和管理的需要，城市需要一种更加全面、科学、合理的手段和方法进行规划和管理，显得尤为重要。GIS 能科学地管理和综合地分析具有空间特征的城市海量数据，保证数据现势性和准确性，科学、准确地反映城市的现状与发展，是提出合理决策、辅助城市规划和管理的先进的技术工具。

(2) 城市规划和管理的数据库迅速增长，传统的数据库处理方法难以胜任数据库的急速膨胀

城市作为一个国家的政治、经济、文化的集聚中心，其信息的产生、交换、融合无时无刻不在，并涉及地理、资源、环境、社会经济、人口等各个方面。随着城市化进程的加快，数据的类型和层次呈多样化发展。反映城市现状、规划、变迁的各类数据以海量方式呈现，并且处于不断的更新变化中。利用传统方法进行处理分析，其工作量相当大，并且分析的深度难以加强，分析的广度难以扩展，也缺乏现势性和直观性。地理信息系统利用先进的计算机技术能对庞大的数据库进行存储，利用遥感技术可对数据库及时更新，准确反映人们赖以生存的现实现世的现势和变迁。

(3) 提高城市规划和管理的效率和质量的必要

要建设好城市，必须有科学的城市规划，并严格按照规划进行建设。现代城市急剧发展

的人口和产业、复杂的设施、有限的土地、环境资源的状况不允许城市盲目建设。从城市社会和经济方面来说,城市建设是一项巨大的投资,建设项目的确定、规模的大小、标准的高低、建设效益的分配都必须合理统筹安排,而不能凭主观意志盲目决定。城市规划的任务主要是对城市建设的经济、社会和环境条件的分析、论证、决策,同时要具体地定质、定量、定形、定位地确定城市空间和各项设施的实体形态。传统的城市规划一般以常规分析的原则和方法对城市空间作定性处理,由于人力、时间所限,往往难以对大量的数据进行充分的分析、论证,因此分析的结果偏重于感性判断,缺乏精确的定量分析。而 GIS 能对与城市相关的各类空间数据和属性数据进行客观的、科学的管理和综合分析,结合先进的科技手段,如计算机网络技术、数据库管理技术、多媒体技术等,共享相关部门的数据,对不同类型、不同阶段的空间信息作出直观、生动的描述,并能运用各种数学方法进行统计分析,建立城市规划相应的数学模型,从区域角度来合理分布人口和城镇体系,辅助城市规划和管理,使城市向可持续方向发展。

从数据特点来看,城市信息与以 GIS 技术为主的空间信息技术处理的数据是相一致的,并且从若干国内外成功实践经验也可得出,空间信息技术应用于城市规划领域是完全可行的。以“3S”技术和“4D”为主的空间信息技术在当今“数字地球”的背景下,已经成为现代社会持续发展、资源合理规划利用、城乡规划和管理、自然灾害动态监测与防治等的重要手段。

1.3 城市规划中的空间信息技术集成研究

1.3.1 研究现状

(1) 空间信息技术集成研究

集成是英语 *Integration* 的中译文,它指的是一种有机的结合,在线的连接、实时的处理和系统的整体性。

以 3S 技术、4D 产品、虚拟现实与三维仿真技术为主体的空间信息技术,在城市规划领域的应用基本上可以分为两个阶段:20 世纪 90 年代之前,主要是单向技术的应用,而且以 RS 与 GIS 应用为多;20 世纪 90 年代之后,逐步走向两项或多项技术的集成应用。

国外空间信息技术在城市规划中的集成应用起步相对较早。在美国,William Jepson 领导的 UCLA 建筑和城市规划的城市模拟研究小组,早在 1995 年就综合应用 CAD、3D-GIS 及 VR 技术,实现了多达 4000m² 的交互式洛杉矶虚拟城市模型,对洛杉矶城市的未来发展作了预测,并对绿化等环境进行仿真研究(Doyle S., Dodge M., Smith A., 1998)。在英国,伦敦大学 CASA 的 Martin Dodge 等人对建立伦敦的虚拟城市作了深入研究,探讨了虚拟物体摆放到全景图中的实现技术,从而实现城市规划(Jepson W., Liggett R., Friedman S., 1996)。类似的应用研究工作,在日本东京、德国柏林等城市规划中也有开展。2005 年夏天 Google Earth 的推出,以及近年来 Microsoft 公司推出的 Virtual Earth 3D,在一定程度上表明空间信息

技术集成应用达到了一个全新的、适用化、社会化的高度。

我国空间信息技术集成研究开始于 20 世纪 90 年代中期,王之卓先生早在 1995 年就论述了 3S 技术的集成(王之卓,1995),刘震与李树凯先生在国家攻关项目支持下,先后开展了 3S 技术一体化与技术集成系统的研究(刘震、李树凯,1995,1997),李德仁先生就 3S 集成的理论与关键技术进行了研究(李德仁,1997),并就空间信息系统集成与实现进行了全面的研究,奠定了空间信息技术集成研究的基础。随后,毛政元(2002)、田道明(2002)、刘晓艳(2003)、王振中(2005)等对空间信息技术集成及其在土地资源等领域的应用进行过研究,取得了一些进展。

(2) 空间信息技术集成在城市规划中的应用

相比之下,空间信息技术集成在城市规划中的应用起步较晚,基本上是近几年的事情。2004 年,罗名海与郑朝贵就 3S 技术的发展与集成及其在城市规划中的应用途径与前景进行了总结与探讨(罗名海,2004;郑朝贵,2004),2005 年,徐振华与李挺韦等根据 GIS、RS、GPS 的发展趋势,分析了 3S 技术在城市规划现状调查与数据管理、现状评价与空间分析、交通调查与模拟分析、方案评价与成果表现、信息发布与公众参与等方面的最新应用前景。不过,上述探讨更多停留在理性分析层次,缺乏在城市规划中的实践应用。2005 年完成的“十五”国家科技攻关计划——“城市规划建设、管理与服务的数字化工程”项目,取得了大量研究与示范应用成果,加快促进了研究成果的推广转化。

作为空间信息技术重要组成的 VR 技术与三维仿真技术,在城市规划领域具有非常重要的地位和应用价值。应用 VR 技术的目的主要有两个方面,其一是在规划方案形成阶段,让规划师在交互式三维视景中考察、讨论和修改规划方案;其二是在规划方案形成之后,通过 VR 模型充分表现规划方案,以便向评审者或公众展示规划方案(杨克俭、刘舒燕等,2000;朱露、吴素芝等,2003),而其中又以第二种方式为主。深圳市与上海市的应用实例是比较典型的。深圳市开展 VR 技术应用于城市规划研究工作比较,为了配合深圳市政府和深圳市规划与国土资源局关于深圳市中心区的规划设计评审,深圳市规划与国土资源局从 1996 年就开始在城市规划与设计领域进行虚拟现实技术的应用研究(李春阳、郭永明,2003)。上海市城市规划管理局在三维可视化辅助城市规划管理方面的研究开始于 1999 年,他们首先采用基于图像的三维建模方法,利用上海市 2000 年航片,以武汉适普软件公司的 VirtuoZo 与 CyberCity 软件为平台完成了黄浦江两岸核心地区 6.7km² 城市现状建筑三维模型的建立;然后利用外业实拍相片完成了现状建筑三维模型的外观纹理贴图工作,实现了对黄浦江两岸核心地区城市现状的客观真实再现(王磊,2003)。

但是,在城市规划过程中,仅仅应用 VR 技术或者仅仅应用 3S 技术都是不够的,必须将 VR 技术与 3S 技术有机集成,也就是本研究关注的“空间信息技术集成”。好在如何充分发挥 RS 数据获取、GIS 空间分析、VR 规划表现的优势,构建三维动态城市规划系统,已经开始被关注(庞前聪、吕毅等,2004;谢波、李利军等,2004),其中涉及的多源数据的异构特征问题也进入学者的研究视野(卢新海、何保国,2005)。不过,目前的研究还比较零散,不能从整体上促进城市规划设计信息化发展。

此外,必须看到,城市规划管理信息系统与城市规划管理决策支持系统,一直是城市规划管理部门、科研院所、众多企业关注的热点,很多城市规划局(诸如广州、深圳、上海等)都投入了大量的人力、物力从事相关的工作,组建或开发了城市规划管理信息系统,并在城市规划管理中发挥了相当的作用。然而,这些系统主要是面向城市规划管理人员的,而不是面向城市规划编制人员的;况且,这些系统基本上都是单项或两项空间信息技术的应用,而不是空间技术的整体集成应用。

从上述状况分析可以得到四点结论:①尽管空间信息技术中3S技术的集成研究较多,形成了一些比较公认的成果,但3S技术与VR技术及三维仿真技术的集成研究还很不成熟,有待进一步研究。②尽管3S技术与VR技术及三维仿真技术在我国城市规划领域已经取得了很多的应用成果,但大多数仍停留在松散的数据获取、数据分析、规划方案演示等各个阶段,并没有将3S技术与VR技术及三维仿真技术的集成优势和潜力充分发挥出来。③急需建立城市规划设计空间数据标准总体框架并重点开展相关的标准研究。④应用单向空间信息技术、针对现行城市规划管理的信息系统与决策支持系统比较多,但面向城市规划设计、集成应用空间信息技术、针对多层次城市规划的集成平台缺乏。

1.3.2 内容安排

针对空间信息技术在城市规划编制中的应用现状,结合“数字城市”、“数字地球”等现代科学技术与管理方式的发展趋势,确定本书的重点研究方向为:城市规划编制过程中的空间信息技术集成应用。集成并不是简单的技术方法的组合,而是一项复杂的系统工程,其中涉及基础设施建设、集成技术方法研究、集成软件工具开发、集成平台建设等。要实现空间信息技术在城市规划编制中的集成,目前还存在很多困难和亟待解决的问题,本书将着重就以下几个方面进行研究和阐述。

(1) 相关标准与规范研究

空间信息技术的发展大大扩展了对于空间数据获取的能力,而面对来源不同、类型多样、尺度不一、精度不同的海量空间数据,需要制定科学、系统、完备的数据标准,才能在城市规划编制中充分发挥各类数据的特点,实现有效管理和科学利用,真正实现多源空间数据的融合与集成应用。将以“4D”为主的空间数据和以“3S”和VR为主的空间信息技术在城市规划中应用需要一系列完整科学的数据标准与技术规范体系,包括城市规划设计空间数据标准体系总体框架、空间数据库标准、空间数据元数据标准、空间数据交换标准、空间数据精度标准与兼容性评价方法与规范等。缺少这些标准与技术规范,将无法保证城市规划编制中空间数据的质量,不能充分发挥空间信息技术在数据管理、空间分析与辅助决策方面的效力。

(2) 空间分析模型的系统研究

城市规划涵盖不同尺度,从区域范围的城镇体系规划,到基于城市的总体规划,再到城市设计和详细规划,需要应用空间分析模型解决的问题也不同。目前,在规划编制中所采用的分析模型包括空间信息技术自身的方法(例如GIS的空间叠加、缓冲区分析等)以及空间统计学分析模型(如地统计分析模型等)、不同专项规划中应用的空间分析模型(如交通分

析模型等)、其他相关专业研究成果中的分析模型(生态承载力分析模型、景观生态学分析模型、土地利用与变化分析模型等)等。如何针对不同尺度、不同方向的规划编制需求,系统科学地使用这些模型与方法,建立空间信息技术在城市规划编制中的应用技术方法体系,使其在城市规划编制过程中发挥最大的效用,提高规划成果的科学性和工作效率,是急需解决的问题。

(3) 空间信息技术在城市规划编制中集成应用的方法体系研究

空间信息技术在数据处理与管理、现状调查与分析、空间分析与辅助决策、成果表达与展示的多方面都具有强大的技术优势,但目前在城市规划编制中的应用基本处在分散状态,只是为了解决规划编制中遇到的某些特定问题而临时采取的解决措施。这不仅不能充分发挥空间信息技术的强大优势,也阻碍了空间信息技术在城市规划领域的发展与应用。因此,需要针对城市规划编制需求建立系统、科学的空间信息技术集成应用方法体系,为空间信息技术在城市规划编制领域的广泛应用提供支撑,使空间信息技术真正发挥作用,这其中既包括空间信息技术集成应用体系的研究,又包括多源空间数据集成应用方法的研究。

(4) 辅助分析软件的开发

目前,城市规划编制过程中的空间分析基本通过GIS软件实现,软件自带的基本空间分析功能实现相对容易,但一些综合空间分析模型往往需要通过软件的多个分析模块,通过较复杂的分析过程才能实现,甚至需要分析人员自己建模编程实现。这些操作对于城市规划编制人员来说过于复杂,不易掌握。

因此,需要针对城市规划编制人员开发用于城市规划编制辅助分析与决策的软件平台。按照城市规划编制的业务特点与工作方式,系统组织各类空间分析模型与方法,使规划编制人员能够正确、方便地使用,达到提升规划编制成果的科学性和提高工作效率的目的。

(5) 集成平台构建技术研究

结合未来技术的发展方向(空间信息技术、网络技术等),实现“数字城市”、“数字城市规划”的目标,需要建立基于3S和4D的集成平台。集成平台并不是空间信息技术和空间数据的简单组合和应用,需要在科学、系统的框架体系下建立。

构建和实现该集成平台还存在很多关键技术问题没有解决,本书将针对这些关键技术开展研究,包括多源空间数据集成技术,基于开放数据标准与空间数据元数据的数据交换与互操作技术,海量空间数据仓库构建技术,空间信息挖掘与智能空间决策支持系统构建技术,基于开敞数据流网络的公众信息指导规划方案测评技术等。

2 空间信息技术与城市规划编制

2.1 概述

自从戈尔 1998 年在著名的《数字地球——认识 21 世纪我们这颗星球》报告中提出数字地球的概念以来，数字地球逐渐成为全球科技热点和媒体焦点。数字城市也掀起了一股热潮，成为知识经济时代的城市形象工程，其核心思想就是通过对城市基础设施和运行功能的数字化模拟和可视化监控，改善城市投资环境，加强政府宏观调控，提高基本建设的投资效益（李德仁，1997）。数字地球、数字城市既是战略口号，也是系统工程，需要许多新的理论和技术作为支撑。3S 技术的迅速发展，在数据采集、存储模式、处理方法等方面不断提供新的手段，成为数字地球、数字城市的核心技术支撑，推动着城市规划新技术应用不断向更高层次发展。进入 21 世纪，科学技术在改变世界面貌和人类生活中发挥着巨大的作用，空间技术已潜移默化地应用在日常生活和社会实践中，在各种领域中扮演越来越重要的角色。

“3S”技术与“4D”产品在城市规划中的应用极其广泛，最主要的是信息的采集、城市用地的动态监测、城市综合环境的质量评价、城市规划管理、城市规划方案的三维仿真等。

（1）城市规划信息的采集

遥感（RS）是一种非接触式对地观测技术，具有快捷、实时、动态地获取空间信息的能力。RS 技术给地形图等基本资料的快速更新，和土地利用、道路、城市绿地等城市各种专题信息的提取与专题图制作等工作提供更加有效、快捷、经济的手段。GPS 技术主要被用于实时、快速地提供目标的空间位置。快速静态定位法为城市各种工程控制网的测量提供了快捷、经济的手段。在图根测量、竣工测量、城市勘界测量等方面得到越来越多的应用。RS 技术和 GPS 技术的集成使得城市规划的基础信息能够得到快速、经济的更新。

（2）城市用地的动态监测

随着城市人口的增加，城市的空间迅速增长，与此同时也出现了土地开发过热、地价暴涨等问题，给城市建设造成不利影响。如何合理利用城市的每一寸土地，提高土地效益，实现城市的可持续发展，迫切需要对城市增长的规律进行研究。利用多个时期的遥感影像图进行城市用地的动态监测，并结合数理统计的方法进行城市重心移动、离散度、紧凑度和放射状指数等指标的评价，可以发现城市规划中存在的问题，及时改正，增加规划的科学性。

（3）城市综合环境的质量评价

城市环境受自然因素和社会因素的相互作用越来越强烈，可以利用地理信息系统（GIS）技术建立城市规划环境质量评价因子数据库及评价指标体系，将城市总体规划的布局及城市规划的经济效益、环境效益和社会效益联系起来，并在此基础上进行最终的决策评估。

（4）城市规划编制辅助分析

城市规划编制需要解决与空间分布相关的诸多问题,以 GIS 技术为代表的空间信息技术对此具有无可比拟的优势。运用 3S 技术的空间分析功能,以及各种专业空间分析模型,可以为城市规划编制过程中的区域关系分析、城市形态分析、基础设施选址与布局、灾害风险评价等内容提供强有力的分析与辅助决策。

(5) 城市规划管理

城市规划历来是以地理空间信息作为其编制和管理的基础的。GIS 技术的应用不仅仅是辅助绘制规划地图,而是直接用于编制规划方案、城市规划管理与决策的过程中。城市规划管理工作的核心是城市建设用地和建筑项目的管理。对于要立案的项目,可由 GIS 数据库中查阅项目的申报单位和申报项目的有关信息,以此作为检查项目受理情况和工作周期的依据。在审批阶段,可借助 GIS 空间分析技术,使审批人员可以很快地统计出所圈地块的面积及有关的属性信息等。建立以工作流办公自动化技术为主线,以 GIS 技术为核心的集成系统来实现整个城市规划管理的方法已经得到比较广泛的运用。

(6) 城市规划方案的三维仿真

虚拟 GIS,即结合 GIS 与虚拟现实(VR)技术,使其具有观察立体细节的功能。土地利用总体规划设计者通过虚拟 GIS 能直观地观察田块、房屋、道路等各层虚拟景观,进而分析土地利用的各项效益与弊端,通过结合 GIS 数据库可实时对田块、房屋、道路等地物定位,获得规划设计区域的三维图像。利用 VR 技术建立相应的三维模型,提高了土地利用区域的模拟仿真精度,增强了三维 GIS 的功能。规划设计者可通过三维模型对土地利用总体规划设计进行更为直观的感受,辅助进行形象思维和空间造型,由此作出更为正确的评价和筛选。

2.2 地理信息系统技术(GIS)在城市规划中的应用

地理信息系统(Geographic Information system,简称 GIS)是关于地理信息存储、应用和管理的计算机技术系统。它最根本的特点是每个数据项都按地理坐标编码,即首先是定位,然后是定性(分类)、定量,以此为基础形成数据库,具备愈来愈完善的信息输入、存储、分析、管理功能。

20 世纪 60 年代,世界上第一个地理信息系统在加拿大建立。经过 40 多年的发展,地理信息系统已经被广泛应用到各个专业领域。地理信息系统是一个收集、存储、分析和传播地球上关于某一地区信息的系统,一个完整的地理信息系统必须具备输入、存储、操作和分析、表达和输出四大功能。GIS 为人们收集、存储、处理各种与地理空间分布有关的数据提供了技术支撑条件,从而帮助使用者作出正确预测及制定相关对策。近年来伴随着地理信息系统的应用,其已经成为建立数字城市规划的技术平台,是现代城市规划领域中极为重要的管理和分析手段。

2.2.1 GIS 技术在城市规划编制中的应用

城市规划编制是指根据国家的城市发展建设方针以及城市的自然条件和建设条件,合理

确定城市发展目标、城市性质、规模和布局, 重点强调规划区域内土地利用空间配置和城市产业及基础设施的规划布局。城市规划的核心是城市物质空间的规划, 它要为城市经济产业、政策措施等非物质规划对象提供实体空间, 空间是城市规划的主角。而 GIS 除了具有海量数据的处理和管理功能外还具有强大的空间分析功能, 城市规划编制的核心在于科学、合理地进行城市物质空间的规划决策, 二者在“空间”上具有相互借鉴和吸收的契合点。

虽然 GIS 本身不能完成规划和解决社会经济发展问题, 但它的确是规划工作中非常有用和重要的工具 (Edralin, 1991)。GIS 有着十分强大的管理空间信息的功能, 并且可以把社会、经济、人口等属性信息与地表空间位置相连, 以组成完整的规划信息数据库, 方便查询、管理、分析、调用和显示; 同时, GIS 也提供了许多地理空间分析功能, 如图层叠加、缓冲区、最佳路径、自动配准等。因此, GIS 在城市规划中不仅是数据库, 还是功能强大的“工具箱” (Yeh, 1991)。

GIS 在城市规划中的优势在于它将一种科学成分输入到规划的描述、预测和建议中。GIS 可应用于城市规划领域的各个方面: 从设计到管理, 从前期资料收集整理到成果出图, 从小范围的详细规划到大的区域规划, 从综合性的总体规划到专业性的专项规划, 从项目选址到可持续发展战略制订。具体来说, 例如用 GIS 技术建立空间数据库, 把城市规划中所需的自然状况、社会经济发展状况、生态环境状况等基础资料进行分类整理, 形成城市规划的信息基础, 在规划过程中就可以方便地进行信息动态查询及更新; 用 GIS 生成土地适宜性分析图辅助规划方案的制订; 用最佳路径法自动选择道路; 用图层叠加选择目标位置; 制作规划管理查询系统、规划实施监督系统等。其中, 不同用户、不同的阶段又有不同的应用重点, 如在规划管理部门主要应用 GIS 的空间数据库功能, 以查询显示为主, 而在规划编制部门则要用到 GIS 的一些空间分析功能, 甚至在 GIS 空间分析的基础上加入规划专业分析模块, 例如借助 GIS 可以预测城市人口和经济增长, 找出城市布局中的环境敏感区域, 将空间优化模型和 GIS 结合则能够提出一些经过优化的城市规划方案, 帮助决策者对不同规划方案进行评价等。总之, 将 GIS 引入城市规划领域, 可以提高规划工作的效率, 改善规划成果的准确性和合理性, 同时能监控城市发展状况, 及时调整、制订城市发展战略 (Wiggins 和 French, 1991)。GIS 在城市规划中的应用具体体现在以下几个方面。

(1) 数据处理与管理

城市规划的核心是城市物质空间的规划, 它要为城市经济产业、政策措施等非物质规划对象提供实体空间, 空间是城市规划的主角。城市规划是建立在对规划区域自然地理环境、人文社会经济发展状况等诸多要素全面了解的基础之上的, 相关数据的获取和有效管理是规划编制的前提和必要保障。城市规划编制涉及面广, 空间数据量大, 包括基础地形、遥感影像、土地利用、水文地质、工程地质、交通、电力、景观绿化等方方面面的基础空间数据, 还包括各个阶段的规划成果数据。面对形式多样 (文字、图表、地图、影像)、比例尺不等、格式不同 (规划行业原有的数据多为 CAD 格式) 的资料, 需要强有力的数据管理工具, 尤其是针对空间数据的管理工具。

通过适当的处理和转换, GIS 可以有效地获取 (输入)、存储、更新、显示各种相关数

据,把空间信息和属性信息关联起来,对数据进行有效的管理,并能以极快的速度以用户所需的形式提供精确的信息,满足城市规划编制的需要。利用 GIS 技术建立海量空间数据库,可以实现数据的存储、管理、网络发布、网络数据服务等多项功能。目前,国内多家城市规划编制单位已经开始建立面向城市规划的空间数据库与服务平台,为满足城市规划对空间数据应用、存储、管理与共享建立基础。

(2) 空间分析与辅助决策

城市作为区域发展的核心,是区域人文和自然过程共同作用下的产物,纷繁复杂的各种空间数据和属性数据构成城市的空间关系。面对如此海量且不断快速更新的数据,传统的城市规划设计由于缺乏大规模快速准确的数据分析工具,无法对所获取的数据进行科学有效的定量分析。而定性分析中长期使用的经验分析法也因数据分析中感性因素的过多介入而带有太多主观随意性,规划数据分析的落后成为制约规划学科发展的技术瓶颈,直接导致城市运行机制研究不足,对城市未来发展方向预测失据。

GIS 软件平台的引入给规划设计领域带来了新的思维方式转变, GIS 可以管理和分析大量的数据,具有数据更新快捷、空间分析实时直观等特性,促进规划实现从静态展示到动态模拟,从终极描述到全程辅助的转变。同时, GIS 技术还极大地丰富了规划设计手段和成果,直观而理性的空间分析模块可以辅助规划师对规划方案进行模拟、选择和评估,从而优选优化设计,弥补了之前城市规划纯图形、纯文字、定量分析与定性分析脱节的缺陷。

在城市规划中的空间分析是早期 GIS 应用的一个薄弱环节,这主要是由于传统的 GIS 只能提供有限的空间分析功能,并且缺乏解决实际城市规划问题的专业模块。Jankowski 和 Richard (1994) 指出,现有的 GIS 空间分析仅仅基于简单的空间地理过程(如叠加、缓冲区等),并不能提供规划所需的最优化选择、现实模拟、决策分析等功能。GIS 需要结合经典的空间分析模块才能发挥其强大的空间数据组织和表现功能(Batty, 1992)。在规划中 GIS 只是一种工具,仅提供了一个空间数据环境,能否解决实际问题还取决于利用专业知识进行的模块设计和应用上。因此,对 GIS 传统功能的规划应用扩展成为城市规划领域应用和研究的一大重点。

GIS 辅助规划的功能可根据不同的规划内容及阶段的需要进一步扩展,如可把某些专业模块植入 GIS 中,以加强其分析功能和提高实际应用的能力;也可以把 GIS 与其他专业系统相结合,以充分利用其空间数据库功能。Nijkamp 和 Scholten (1993) 指出, GIS 除了能管理大量的空间数据外,还能植入许多空间分析模块,以帮助解决城市与区域规划问题,并提出整合专业模块到 GIS 的三个步骤:理论分析、模型试验和系统建立。这些模块功能包括空间统计分析、数学分析、计量地理学模块、评估模块等。同时,由于大多数城市规划工作者并非 GIS 专家,因此形象、直观、简单、易用、有针对性的用户界面及操作环境也是 GIS 应用的关键模块。

近年来, GIS 结合其他的专业模型及系统解决的规划问题越来越多。其思路为: GIS 仅是一种数据管理与空间分析工具,对具体规划问题的解决要运用专业知识,结合传统经典理论模型和新技术,有针对性地选择最优的系统模型,并配以 GIS 强大的空间数据库,提供空间

及属性信息,同时运用 GIS 空间展示功能,形象直观地表现分析结果,以提高规划工作的效率和精度。如 Batty (1992) 在澳大利亚墨尔本试验了传统的城市居住区选址模型,与 GIS 结合辅助城市规划中居住区的选择;Arentze、Borgers 和 Timmermans (1996) 把 GIS 运用到空间决策支持系统 (SDSS) 的建设中,以提高决策的依据。而 Jankowski 和 Richard (1994) 则结合多范畴分析模型与 GIS,提高规划选址的系统性。Yeh 和 Li (1998) 运用 GIS 与可持续发展模型解决土地发展监测及可持续发展利用战略问题,用 CA 系统提高 GIS 应用中动态空间分析的能力,并模拟城市发展 (Yeh 和 Li, 2000)。Shi 和 Yeh (1999) 结合 GIS 建设实例驱动知识系统 (case based reasoning knowledge - based system) 以帮助控制城市发展。Ranzinger 和 Gleixner (1997) 用 GIS 数据库结合 3D 软件,虚拟城市发展面貌。Jones Copas 和 Edmonds (1997) 综合用户交互管理信息系统、客户支持系统、WWW 技术及传统 GIS,提供分布式 GIS 环境,使远程分布式协作规划成为可能等。

(3) 公众参与

在城市规划的公众参与过程中,让大多数没有经过训练或只受过有限正规教育的普通市民去理解专业性较强的规划是十分困难的,规划师必须掌握更有效的交流方法和工具以使得规划师和公众之间能够架起沟通的桥梁。

GIS 作为可视化公众参与技术,最大的特点和益处在于:提供给普通公众一个通向海量复杂空间数据的途径以及一个强大的分析工具。规划设计、管理都涉及大量复杂的城市空间地理信息和社会经济信息,往往只有专家才有能力获取、处理和分析这些信息,从而完成专业性较强的城市规划工作。而 GIS 技术提供了完善的数据库组织、形象的可视化语言 (主要为地图) 和强大的分析工具。这些都使得把握复杂的空间信息、更有效地参与到规划决策中对于普通市民来说成为可能。

目前,国际上应用 GIS 技术促进规划公众参与有两种主要模式:技术支持模式和社区融合模式。技术支持模式是当前国际上的主流模式。在这个模式中,第三方 (比如大学或私人公司) 给公众提供数据、软件和分析,公众自由提出问题和想法。第三方的角色在于提供研究和分析,属于技术支持的角色。这个模式积极的一面在于公众不必学习任何有关 GIS 的知识,不必购买软、硬件及获得数据,也不必担心技术问题。此模式的缺陷在于参与者没有机会自己操作 GIS 以自己发现问题和提出解决办法,他们依赖于外部的专家。这一模式被视作一种自上而下的模式,它确实能够提供一种可靠的方法来促进决策的公共参与。

哈里斯和威纳提出一种他们称为“社区融合 GIS” (community-integrated GIS) 的新模式 (Harris 和 Weiner, 1998b)。这种模式下,社区利用第三方 (大学或私人团体) 以获取硬件、软件和数据,而第三方的专家来建构社区的 GIS 发展能力。第三方的角色在于建设好基础设施。社区协助第三方确认他们所需要的数据以及收集数据,然后社区成员必须学会如何使用 GIS,维护 GIS,教会其他人使用 GIS 以及自己作分析。这个模式的益处在于社区有能力自己作 GIS 分析。社区自己检查数据、运行查询、制作地图以及讨论可取的方法,社区是独立的。这一模式被视为自下而上的模式,对于民主的规划决策非常有裨益。这个模式的缺陷也是显而易见的:社区必须能够与第三方合作来构建 GIS 基础数据库,在第三方撤离后,社区面临

着不靠外部帮助来处理维护 GIS 数据库以及教会别人的挑战。这一模式较前一模式的成本更高、风险更大,因此并不是目前的主流模式。但是由于它最终的目标是让普通公众能控制这一技术,因此它代表了发展的方向。

由于公众参与 GIS 技术是面向普通公众的,因此与一般专业型 GIS 技术相比,公众参与 GIS 采用了一些新的技术方法,其中研究最多的是 GIS 与多媒体结合以及 GIS 与 Internet 技术结合两个方面。

在 GIS 上链接声音、照片、遥感影像、视频动画等,不仅使公众可得到的信息丰富多样,也促使公众更有兴趣以及更好地感知他们所在的空间。GIS 与多媒体的结合有相当大的潜力来扩展公众参与的知识基础 (Shiffer, 1998)。

近年来,随着 WebGIS 的发展,普通用户通过 Internet 不但可以浏览空间数据,也可以实现 GIS 的许多数据分析和处理的功能。如果将 WebGIS 应用于城市规划,广大市民不仅可以了解规划,还可以积极参与规划。WebGIS 技术拓展了地理信息应用的新领域,同时也提高了城市规划的法律基础和群众基础。基于 Web 的 GIS 能保证一个更加友好、更加交互、更加透明,最终更加民主化的规划过程。

2.2.2 存在的问题

在过去的 20 年里, GIS 在城市规划中的应用虽然取得了很大的进展,但这些应用距离充分发挥 GIS 的强大功能以解决实际规划问题还差得很远。这涉及许多技术和非技术方面的因素,包括传统 GIS 自身的限制 (如不易掌握、提供的专业模块有限等)、数据问题、组织应用问题等。GIS 在一些技术及应用上的局限影响到了它在规划领域中的应用,例如 GIS 自身的分析功能有限; GIS 缺乏友好的用户界面,普通人不易掌握;运用中规划师的大部分精力浪费在数据库收集和建立上,真正所需要的分析却考虑较少 (Yeh, 1991)。

同时, GIS 建设投资巨大、见效时间长,且需要实时维护和不断更新才能真正充分发挥其功效。尤其集中体现在数据库建设上,投资大、建设难,还涉及数据能否获得有效组织等多方面的问题。因此,投资和数据问题成为困扰 GIS 成功应用的重要因素之一。Yaakup 和 Healey (1994) 指出, GIS 应用很大程度上取决于适当的分析数据的取得及合理的数据组织。而 Haque (1996) 发现有限的数据库迫使在模型设计中一些重要的参数被删节或忽略。事实上解决实际问题方法的选择是根据所能获得的数据来决定,而非根据解决实际问题的需要来决定的。

由于 GIS 和城市规划的“空间”本质相同,所以将 GIS 技术应用到现代城市规划中在实践上是必要的,在技术上是可行的。在城市规划体系中运用 GIS 技术可以为城市规划的管理和编制决策提供有力支持。在规划管理中利用 GIS 的海量数据库处理功能可以构建城市规划管理信息系统,实现规划管理的现代化和自动化。在规划编制中利用 GIS 的空间分析功能,在 GIS 确定和提供的空间建模框架下,可以对城市规划的不同目的构造各种各样的空间决策模型,对规划中的复杂空间问题进行辅助决策,从而使城市规划方案更加科学。虽然, GIS 在城市规划中的应用日益广泛和深入,但也应看到 GIS 应用的局限性。GIS 并不是万能的,