

# 基于三维 GIS 的城市规划信息系统研究\*

曾忠平<sup>1</sup>, 李宗华<sup>2</sup>, 赵中元<sup>2</sup>, 卢新海<sup>1</sup>

(1 华中科技大学 公共管理学院, 湖北武汉 430074; 2. 武汉市城市规划管理局 规划土地管理信息中心, 湖北武汉 430014)

**摘要:**三维 GIS 城市规划信息系统建设已经成为城市规划管理的热点。介绍了三维城市规划信息系统的发展现状, 研究了基于三维 GIS 的构建城市规划信息系统的开发目标、数据采集方式, 总结了三维 GIS 城市规划信息系统的应用层次和特征。在此基础上, 建立了系统的系统框架。结合目前实际应用情况, 指出当前三维 GIS 城市规划信息系统建设必须关注的重点问题。

**关键词:**三维 GIS; 城市规划信息系统; 系统框架

**中图分类号:** TU982.29; X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7329(2007)05-0026-05

## Study of Information System of Urban Planning Based on Three Dimensions Geographical Information System Technology

ZENG Zhong-ping<sup>1</sup> LI Zong-hua<sup>2</sup> ZHAO Zhong-yuan<sup>2</sup> LU Xin-hai<sup>1</sup>

(1 College of Public Administration; Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 2. Wuhan Urban Planning and Land Administration Information Center, Wuhan 430014, China)

**Abstract:** The 3D urban planning information system has been the focus topic in urban planning management. In this paper, the related development of 3D urban planning is reviewed and the development object, data acquisition, system application level and three important characters of 3D urban planning information system have been also discussed. Thus, a system framework is established. Finally, several primary problems are put forward and thought to be resolved to improve the practicability of 3D urban planning information system over large scale.

**Keywords:** 3D GIS; urban planning information system; system framework

城市是人类活动最集中的场所, 城市信息化已经成为城市发展的主题, GIS 是城市空间信息表达和管理的主要工具手段。很长一段时间以来, 基于 GIS 技术的各种城市空间信息管理系统, 如城市管线管网系统、城市土地管理信息系统等大多采用二维平面管理模式。随着现代城市不断从地面向地下、空中不断拓展延伸, 城市空间多层次、立体模式管理逐渐成为城市管理的发展趋势, 实现城市空间信息管理模式从二维到三维乃至多维方式的转变, 已经成为人们关注的重点问题和研究热点。

三维城市规划信息系统是指借助三维 GIS、遥感

等信息技术, 通过建立空间数据库, 将城市赖以生存和发展的各种基础设施以数字化、网络化的形式进行综合集成管理, 从而实现城市规划过程中三维可视化、虚拟管理等功能的信息系统。一个完善的三维城市规划信息系统建立不但能够对各种城市空间信息进行有效地管理与集成, 而且能够以动态的、形象的、多视角的、多层次的方式模拟城市现实状况, 为城市研究、城市设计和城市管理提供具有真实感和空间参考的决策支持信息。因此, 建设三维城市规划信息系统, 对改变传统城市规划模式, 促进城市合理规划, 实现城市可持续性发展具有重要意义。

\* 收稿日期: 2007-04-15

作者简介: 曾忠平, 男(1972-), 博士。华中科技大学公共管理学院, 从事城市管理、土地管理信息化方面研究。

## 1 三维 GIS 城市规划信息系统发展现状

西方发达国家极为重视三维城市规划信息系统研究和三维城市模型构建工作。1991年,英国伦敦城市大学用航测和地面摄影方法构建三维城市模型,用于新建房屋报批审查。与此同时,Strathclyde大学的UCLA和ABACUS、墨尔本大学以及多伦多城市规划局等也在这方面作了大量研究。90年代末,瑞士苏黎士理工大学Admin Gruen教授启动CyberCity Modeler项目,对西欧各国的欧式风格城市建立了三维城市模型,包括苏黎士、汉堡、伯尔尼等<sup>[1]</sup>。近年来,国际上对于城市三维空间信息自动获取和空间建模方面取得不少积极进展<sup>[2]</sup>,三维GIS城市建模也引起了我国学者的广泛关注,纷纷开展了相关问题,对三维GIS关键技术问题做了深入探讨<sup>[3-9]</sup>。我国在这方面虽然起步较晚,但通过借鉴和利用国外最新的技术成果,发展非常迅速,目前已开发了具有自主知识产权的商业应用软件,许多国产GIS软件也先后在其产品中开发了三维GIS软件系统。在部分具备开发和应用条件的城市,已经初步建立了三维GIS技术支持下的城市规划信息系统,并取得了良好的应用效果,如海南海口市城市三维仿真规划审批系统,山东“数字烟台三维城市规划信息系统”等。

随着现代计算机软、硬件技术的飞速发展,在城市二维空间信息系统建设基础上,通过三维GIS技术,建立一个智能化、综合化、规范化三维城市规划信息系统,为城市规划服务,并进一步为城市的各行各业和方方面面,如政务系统、环境保护、园林绿化、环境卫生、公安消防、网上医疗、电子银行、远程教育、房地产交易等提供三维空间信息服务已经成为可能。

## 2 三维 GIS 城市规划信息系统数据组织

三维GIS城市规划信息系统建设首先必须明确系统开发目标、建设内容、数据组织和系统结构。

### 2.1 系统开发目标

城市规划作为协调解决城市空间发展当前与长远、局部与整体利益矛盾的有力行政工具,其主要目的就是综合安排城市的各项功能和活动,妥善布置城市各类用地与基础设施,改善居民居住生活环境,实现城市可持续发展<sup>[10]</sup>。围绕着上述目的,结合三维GIS技术特点,可以将三维GIS城市规划信息系统的开发目标定义为:在已有城市地形及各种数据的基础上,借助

数字摄影、激光扫描、遥感等先进的空间数据获取手段,通过图形图像、计算机可视化等信息处理方法,结合空间数据库管理和网络信息等技术,开发一个集数据采集、城市地物三维建模、三维可视化管理分析、城市规划管理业务处理一体化的信息管理系统,为城市规划管理部门和社会公众提供具有真实感(Photo-reality)、空间参考(Georeferenced)、数字化(Digital)的城市空间信息,以实现城市三维重建,从而满足现代城市精细管理的要求,实现城市规划管理支持,辅助规划决策。

### 2.2 系统建设内容

城市规划涵盖内容广泛,包括城市住区规划、城市中心区规划、景观与绿地规划、生态与环境规划、历史环境保护规划、城市基础设施工程规划等。其中,城市基础设施规划进一步可分为交通、水源、能源、通信、环境、防灾等各专业系统。为了保证整个城市基础设施协调、同步建设,现代城市规划要求,规划编制过程中,需要尽可能将不同阶段的城市规划和各专业系统规划综合成一体,以使规划编制既可横向展开,又可纵向深入。因此,城市规划管理涉及的空间地物对象是多层次的,既需要对大范围城市发展用地和总体布局进行规划,如城市总体规划、城市分区规划等,也需要管理树木种类、公交标志牌、广告牌、路灯等细小基础设施。城市三维规划信息系统管理的信息众多且来源广泛。

根据空间维的分布特征以及目前GIS对空间数据按分类分层进行管理的要求,地物对象大致分为三大类:①以场为基础的对象。这类对象在空间上连续分布,如地形、遥感影像;②面状地物。该类地物实际上是具有某种或几种属性的地理对象的平面投影,如城镇地籍、水体。③独立的、离散的实体对象,如房屋、建筑物、树木、汽车等。其中,为满足城市居民生活生产、交通、娱乐活动等需要而修建的建筑物是城市的主体,是城市三维重建的主要内容。

### 2.3 数据的采集和组织

城市空间信息采集是城市规划信息系统建设的重要基础,系统数据的采集和组织是一项庞大而复杂的工程。为了保证数据获取成功,首先需根据业务需求明确系统的管理范围或系统描述内容。

系统管理范围确定后,还要进一步明确系统的管理粒度,区分哪些属性和信息是系统建设必须的,哪些可以忽略。管理粒度的粗细反映了系统描述地物对象的细节描述程度。一个地物对象,在不同管理粒度要

求下,数据采集手段和难易程度、数据量和工作量大小、数据格式可能不尽相同。管理粒度粗细很大程度上决定了系统数据采集方法和系统最终能够提供的信息服务内容、质量,也是系统建设成本高低的主要影响因素之一。

城市三维空间数据的快速自动获取一直是制约三维 GIS 城市规划信息系统发展的主要因素。从目前技术发展来看,依靠手工方式、从已建系统中抽取和转换部分数据、尝试采用一些新技术如 LIDAR 雷达图像等仍然是目前城市三维空间数据获取的主要途径。根据不同数据来源情况,可以分为:①城市勘查数据(城市地形、地籍、土地利用现状等);②规划建筑设计图纸及文档资料;③数字摄影测量、地面摄影测量、激光扫描、遥感数据、合成孔径雷达;④移动、车载和机器人智能测绘系统;⑤城市规划业务数据、建筑物近距离摄影像片等类型。按照数据表现形式的不同可以分为图形、图像、文字、声音等多种信息。

不同方式得到的数据具有一定互补性。例如,遥感数据能够获取大范围地物景观信息,数字高程模型(DEM)可用来真实再现地面的三维形态,DEM 和遥感影像进行叠加,可以使三维起伏地形包含更丰富的纹理信息和植被信息,提高三维景观的真实性,改善视觉效果,便于和景观和绿地规划图件、生态与环境图件空间叠加进行分析;激光扫描数据能够有效获取地形、

建筑物顶面和高度等信息,但获取建筑物侧面纹理和色彩信息则有一定困难,还需要依靠地面近距离摄影技术。

实现从宏观至微观、从概略到细节、由表及里的观测城市地理空间对象是城市规划编制过程的客观要求,因此,数据采集完成后,需要对城市空间信息进行层次化、高效组织管理。以保证系统建立后,按照用户需要,从宏观上提供不同视角、大范围地形展布特征和地物分布情况;微观上又能提供单个地物类型的各种属性信息。以城市建筑物为例,既能够通过城市表面模型(DSM)分析城市建筑群构成的宏观分布特征,也能够查看单个建筑物外形、颜色、纹理、光线变化,甚至查询其几何结构或建筑设计信息。

### 3 三维 GIS 城市规划信息系统建设层次

目前,由于现实世界的复杂性和多样性,真正意义上三维 GIS 技术还不是很成熟,处于不断发展之中。结合三维 GIS 发展历史和三维数字城市建模情况,可以将三维城市规划信息系统建设划分为三个层次(图 1):①将 DEM 与遥感影像、地物纹理影像或其他专题影像进行叠加,生成三维影像,用以景观规划设计。②以 DEM 作为建筑物对象的承载体叠置三维建筑物模型。该方法强调建筑物主体特征,往往对建筑物形状进行简化,如根据楼层层数按一定的比例来推断建

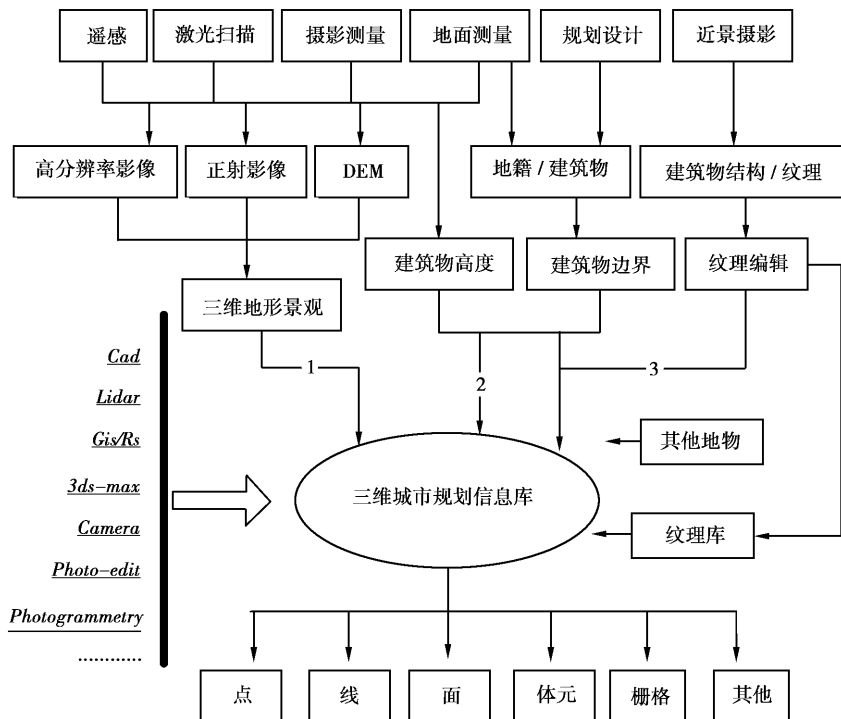


图 1 三维 GIS 城市规划信息系统建设层次划分  
 欢迎访问重庆大学期刊网 <http://qks.cqu.edu.cn>

建筑物高度,建筑物侧面使用模拟纹理或使用规则几何体(如长方体、三棱体)来表达等。此法能方便地构建大范围的三维数字模型,但模型仅能表达相对规则的建筑物,难以重构复杂的城市景观实体,所构建的模型真实感不足,主要用于表现细节水平较低的城市景观轮廓特征;③设计真三维数据结构,如点、线、面和体等要素来表达三维实体,利用摄影测量、激光扫描和其他地面测量手段,采用自动、半自动或交互式方法采集的三维编码数据,并和近景拍摄的实际影像纹理相结合来体现逼真的、和现实保持一致的城市地形和建筑物景观。第一、第二层次比较容易实现,而第三层次,则是当前许多三维 GIS 城市规划信息系统建设希望达到的目标。

总体来看,当前三维 GIS 城市规划信息系统建设具有如下特点:一是三维实体建模类型多样,主要通过点、线、面、体、栅格等基本要素及其复合形式,如三维体元模型、三维矢量模型、三维栅格模型以及上述多种模型的混合或综合集成;二是多技术集成,包括 GIS、CAD、3DSMAX、近景摄影、摄影测量以及虚拟现实等。GIS 与 CAD 技术主要解决现实地理空间的数字模型问题,利用 GIS 与 CAD 技术可以构造与现实地理空间对应的虚拟地理信息空间,并可以用数字模型对现实地理空间的现象和过程进行模拟;3DSMAX、MAYA、AUTOCAD 等可以用来构造三维场景使用的逼真的复杂模型,不仅能够表示建筑物外观和形状,而且还能充分展现建筑物的内部形态,可以为城市规

划业务,如规划审批等提供的三维信息等;虚拟现实技术则使人们可以借助于各种设备感知信息空间反映的现实世界,并根据不同规划方案,建立虚拟景观,建立城市规划信息系统和虚拟现实环境合二为一的一体化系统,实现城市宣传,为公众参与城市规划管理提供信息交流平台,促进城市管理和公众互动;三是由于城市规划信息系统建设必然是一个由低级走向高级、循序渐进的过程,会经历不同的发展阶段和积累大量的数据源,决定了城市三维规划数据所涉及的信息众多且来源广泛,具有量大、种类繁多、时间跨度大等特点。

#### 4 三维 GIS 城市规划信息系统结构体系

三维 GIS 城市规划信息系统结构体系见图 2。系统自下而上分为四层:支撑平台、数据层、服务层、应用层。①支撑平台。包括操作系统和数据库管理软件等,是整个系统的基础,其主要目的是实现系统数据的统一组织、集中管理和资源共享,并对业务逻辑层提供规范、高效的基本功能服务。空间数据库承担了地理信息的存储和管理,通过商用数据库,将各种地物以对象的形式存放在数据库中,并和属性数据建立连接和关联,高效率地实现业务数据,如地籍等图形和属性统一管理。②数据层。由于三维城市规划信息系统和现有二维平面有着不可分割的关系,本质上是基于平面的数字城市向三维数字城市的一次扩展和新应用。因此,三维系统设计必须充分考虑已经建成的、相对成熟

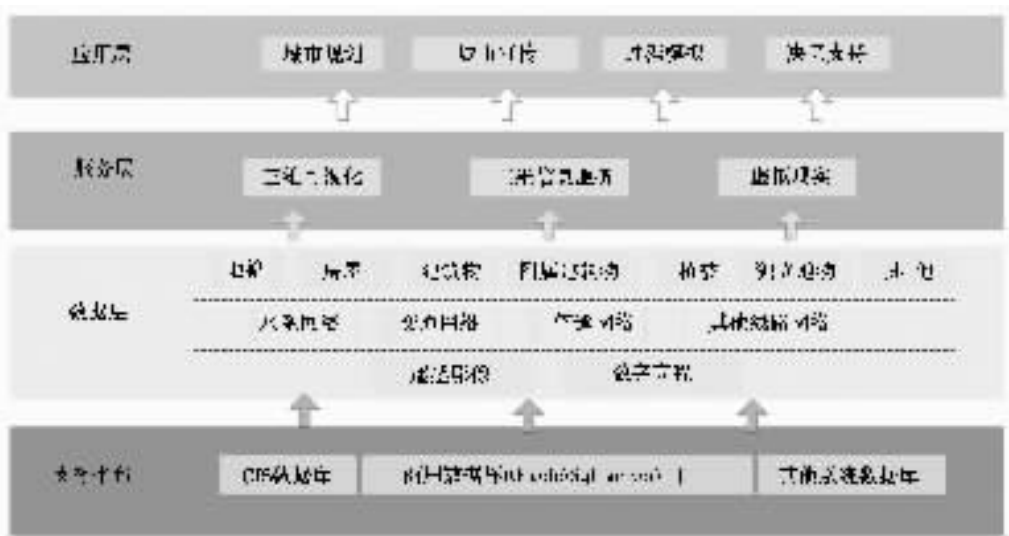


图 2 三维 GIS 城市规划信息系统框架

的二维空间信息系统数据组织特点和管理功能,并在此基础上进一步扩展。一方面,借助二维空间信息系统提供的准确地物空间位置来降低数据采集费用,另一方面,也能够通过数据或应用接口提供二维信息服务,并和三维可视化等三维信息服务进行数据交换。

③服务层。通过综合应用服务器对服务进行管理,依据激活条件,动态加载、卸载各种服务和应用,同时可以在服务层及数据层提供的服务基础上,实现相关的业务逻辑。

④应用层。应用层是系统与外界沟通的渠道,通过灵活多样的接入方式与业务逻辑层相关联。应用层的接入形式多样,如 Internet/intranet、基于 C/S 模式的业务终端接入或移动接入等以提供分布式城市规划动态信息服务。除了面向城市规划管理部门外,还能够面向政府其他部门、社会公众提供三维信息服务。

## 5 总结与讨论

三维 GIS 城市规划信息系统建设是一项复杂的基础信息管理建设工程,它不但改变了城市规划所需信息的采集、分析、处理和利用,更为重要的是它改变了城市规划内部信息流程和城市规划部门与社会的信息交流与反馈机制。尽管近几年三维数字城市空间信息获取和重建的各项技术取得了长足的进展,然而,由于实际应用的高度复杂性,目前还缺乏一种通用系统建设标准来满足城市管理中各种应用要求,系统建设仍然有大量的理论和技术问题亟待探讨和解决。从应用角度来看,针对我国大中城市三维城市规划信息管理系统的建设,国外还没有运行良好的、大范围(特别是  $>400 \text{ km}^2$ )系统供借鉴。一些问题,如城市三维数字地图与服务内容对应关系研究,城市三维模型的建设标准,三维数字地图的生产更新流程对应需要的 3DSMAX、VRGIS、WEBGIS 综合应用以及网络环境下的数据转换、无缝集成链接,三维空间分析,城市规划决策模型,基于设计信

息共享的建筑建模方法等,仍然亟待技术和方法上的突破。如何解决上述问题,促进城市规划管理部门管理方式的改变,更好地为社会公众服务,为企业服务,进而对城市规划的管理体制产生深远的影响,是三维城市管理信息系统需要关注的主要问题。

## 参考文献:

- [1] 李德仁,朱庆,李霞飞. 数码城市:概念、技术支撑和典型应用[J]. 武汉测绘科技大学学报. 2000,(4):12-16
- [2] Haala Norbert, Brenner Claus, Anders Karl-Heinrich. 3D urban GIS from laser altimeter and 2D map data. [C] ISPRS Commission III Symposium on Object Recognition and Scene Classification from Multispectral and Multisensor Pixels, Columbus, Ohio, 1998, 32(3/1):339-346
- [3] 匡建超,郑琦. 三维 GIS 在“数字化珠江新城”项目开发中的应用与研究[J]. 计算机应用与软件. 2005,22(11):56~58
- [4] ZHOU Qiming, ZHANG Wenjiang. A Preliminary Review on Three-Dimensional City Model [J]. Geo-spatial Information Science. 2004,(2):13-17
- [5] 朱洪亮,万剑华,郭际明,潘正风. 城市三维建模的数据获取[J]. 工程勘察, 2002,(3):20-22
- [6] 孙敏,马霏乃,陈军. 三维城市模型的研究现状述评[J]. 遥感学报. 2002,6(2):155-160
- [7] 王继周,李成名等. 三维的基本问题与研究进展[J]. 计算机工程与应用, 2003,39(24):40~44
- [8] 吴德华,毛先成,刘雨. 三维空间数据模型综述[J]. 测绘工程. 2005,(9):18-20
- [9] 左建章,关艳玲,朱强. 大范围三维城市立体景观建模系统的研究[J]. 2005, 30(4):22~25
- [10] 邹德慈主编. 城市规划导论[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2001

(编辑 胡 玲)