

城市三维基础地理信息系统设计与实现

——徐州市三维基础地理信息系统建设

周伟*,王军,田鹏,李娜

(徐州市勘察测绘研究院,江苏 徐州 221002)

摘要:三维地理信息系统的建立,是当前地理信息系统技术研究的热点之一。本文以徐州市的三维基础地理信息系统建设为例,较为详细地介绍了基于数字摄影测量技术的高精度、低成本、周期短的海量城市精细三维模型生产方法及可视化能力强大、分析效率高、扩展性强的三维地理信息平台。讨论了三维基础地理信息系统在城市规划管理中的应用。

关键词:数字城市;三维基础地理信息系统;三维模型;城市规划

1 背景

随着现代城市的不断拓展延伸,城市空间多层次、立体模式管理逐渐成为城市规划管理的发展趋势,实现城市空间信息管理从二维到三维的转变,建立城市三维基础地理信息系统,已经成为人们关注和研究的热点。三维地理信息系统具有多维信息处理、表达和分析的特点,在空间信息的社会化服务中,基于三维地理信息系统的应用有着越来越明显的优越性和不可替代性。

城市三维基础地理信息系统是应用测绘、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)、遥感(RS)、计算机仿真和网络等技术,以数字正射影像图、数字高程模型、城市三维精细模型为基础信息数据,结合规划、土地、地下管线、交通等行业信息,建立起来的地理信息系统。城市三维基础地理信息系统应当具有高精度空间地理信息、城市级海量三维数据处理能力、视觉效果突出、浏览速度快、可扩展性强等特点,才能为其在各行各业的广泛应用打下基础。

2 系统总体框架

徐州市三维基础地理信息系统以 0.072 m 高分辨率 DMC 数字航空影像为数据源,WGS-84 坐标系为基准,Uniscope 三维可视化软件为基础平台。系统通过设计与研发,集成了高分辨率真正射影像(消除建筑物投影差的正射影像)、高精度 DEM、高仿真三维城市模型、各类属性矢量信息等多源数据,采用了数字摄影测量技术、真正射影像制作技术及先进的计算机网络技术,同时实现基于 ArcGIS、MapGIS 等的二维 GIS 数据

库与三维数据的联动。

系统的总体框架如图 1 所示。

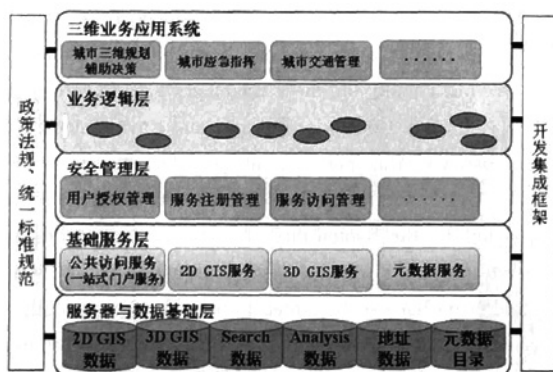


图1 系统总体框架图

2.1 系统组织结构

(1) 系统支撑平台

系统采用国内自主知识产权的 Uniscope 三维可视化平台,采用面向服务(SOA)架构,分布式体系结构,服务端基于 Linux 系统,面向网络应用环境,支持数据分布式部署和服务分布式部署。该平台的海量三维数据处理能力强,三维场景视觉效果突出、浏览速度快、可扩展性强,它可开发出各行业的基于 GIS 的三维专业应用系统。

(2) 数据层

系统的数据分为四个层次:

①主城区 0.072 m 分辨率真正射影像、全市 0.6 m 分辨率快鸟正射影像与高精度 DEM 叠加生成的三维影像。

* 收稿日期:2010-07-15

作者简介:周伟(1977—),男,工程师,主要从事城市测绘及地理信息系统的研究与管理工作。

②城市建筑物、城市部件及部分建筑物内部的精细三维模型。

③三维模型属性信息和用于查询定位的矢量数据。

④可供系统连接调入使用的徐州市基础地理信息系统数据库(包含1:1万、1:1000、1:500的DLG)和徐州市综合管线数据库。

(3) 服务层

系统服务层主要由以下服务构成:

①数据服务:提供客户端浏览显示的所有数据服务。包括DEM、DOM、Model、POI、Vector、Billboard和Annotation等数据;

②分析服务:提供客户端分析用的所有服务,包括空间距离量测、水平距离量测、垂直距离量测、地表面积量算、挖填方分析、通视分析、水淹分析、最佳路径分析、日照分析、定点观察、控高分析、双屏对比等;

③Search服务:提供兴趣点(POI)和模型的关键词搜索和空间搜索服务;

④交互服务:提供多人在线的登陆注册与交互服务,用户可控制人、车、飞机等物体在系统任意地点进行漫游;

⑤ArcSDE扩展服务:提供通过ArcSDE从Oracle数据库中获取二维GIS数据的服务;

⑥气泡内容服务:提供客户端气泡HTML网页显示内容的服务;

⑦Web服务:提供客户端网页发布服务。

(4) 数据编译发布

系统通过数据预处理程序进行基础地理数据(DEM、DOM、DLG、3Dmodel)的快速预处理编译和发布,最终数据以统一的坐标系统在服务端分目录存储。

(5) 系统扩展与共享

系统将各个基础服务封装成单独的接口,同时提供JavaScript API和COM二次开发接口,支持JavaScript、C#、VB、VC等语言,可以通过桌面访问、Web访问、嵌入式访问方式进行扩展,无缝聚合第三方服务。

2.2 系统关键技术

(1) 面向服务架构(SOA)体系

采用面向服务架构(SOA)体系,HTTP作为传输访问协议,以XML作为信息交换格式,将数据服务、搜索服务、分析服务等基础服务封装成单独的接口,可以真正实现跨平台,很好地适应基于Internet计算要求的松散性,实现互联网环境下的分布式应用。

(2) 海量三维模型数据可视化技术

万方数据

针对城市级三维模型数据量大的特点,在传统三维模型数据可视化技术基础上进行了流程和算法优化,包括基于视点的数据裁剪技术、数据动态装载、多细节层次(LOD)模型的渐进绘制技术。

(3) 基于网络速率的三维数据传输技术

系统对ActiveX插件技术、渐进传输技术、数据组织与压缩技术、下载平衡技术等多种三维数据传输技术进行了优化,采用紧凑灵活的数据表示方式及高效的网络传输策略。

(4) 海量三维数据存储与管理技术

采用独特的数据存储、调度技术将不同尺度、不同类型城市级三维数据(矢量数据、遥感影像数据、DEM数据、POI数据和多媒体数据等)实行一体化存储、管理和调度。包括将数据管理功能独立成数据管理功能层,实现空间数据存取的设备无关性和位置无关性,遥感影像数据和DEM数据采用影像金字塔技术和JPEG进行数据组织和压缩存储。

(5) 三维数据快速编译与更新技术

传统的三维数据编译方式,时间长而且更新不方便,为提高系统可维护性,综合采用多分辨率影像实时融合、多任务并发处理、断点续编、任意范围更新技术来解决这些问题。

3 系统数据生产

随着研究与应用的不断深入发展,三维城市空间数据生产手段日益先进和种类增多,而且数据内容、规范与标准也日益完善。按照对数据的精度要求以及如何有效的规划和表达城市建筑物模型的不规则几何体及其相应的表面属性如纹理图像等的多细节层次,项目研究出一套基于数字摄影测量技术的三维空间数据生产工艺与质量控制方案,以低成本、短时间、高质量地完成大范围城市精细模型生产。技术路线如图2所示。

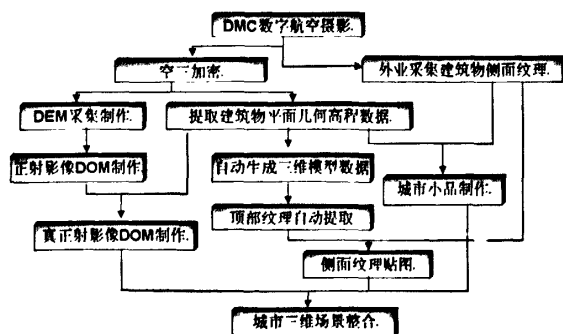


图2 数据生产流程图

3.1 数据源获取

项目采用 DMC(Digital Mapping Camera)全数字航空摄影测量系统获取徐州市 840 km² 航摄比例尺为 1:6 000 的真彩色数字航空影像资料作为数据源,地面像元分辨率为 0.072 m。DMC 的高清晰、色彩真实程度高的影像为进一步的数据生产提供支撑。

3.2 外业控制测量

航空摄影外业控制测量是徐州市 1:1 000 正射影像及数字高程模型生产的一项基础工作,为数字摄影测量内业成图提供必需的像片平面和高程控制成果。

3.3 真正射影像(DOM)、数字高程模型(DEM)和简单三维模型生产

项目采用数字摄影测量技术和数字微分纠正技术生产 1:1000 真正射影像图、高精度 DEM 和大范围建筑(构筑物)简单三维模型数据。

(1) 真正射影像(DOM)和 DEM 生产

真正射影像利用数字微分纠正技术,改正原始影像的几何变形,对影像进行重采样,使影像视角被纠正为垂直视角而形成的影像图。真正射影像消除了建筑物投影差,避免了高大建筑的倾斜对其他地物的遮挡,使叠加三维模型的场景更加逼真。DEM 采样间隔为 2 m,高程数据取位至 0.1 m。

(2) 简单三维模型生产

空三加密后的数据在 VirtuoZo 3.5 中自动创建立体模型,并检查相对定向、绝对定向精度,生成模型的核线,在立体环境下按照对建筑物分类及模型合并标准的要求,对建筑物房顶及桥梁进行对应的平面、几何高程数据的采集,生成矢量的三维模型数据。进一步采用专业软件进行建模和屋顶纹理提取,由于真正射影像已经消除了建筑物投影差,可以对影像顶部纹理信息进行准确裁切,并自动提取,附着在建筑物三维模型数据上。按要求对原始影像进行色调处理,达到合格色调,利用原始影像与基础三维模型进行同名点匹配,提取建筑物顶部纹理。

3.4 精细三维模型生产

项目采用实地拍摄影像纹理的方法采集建筑物侧面纹理、底部商铺、立面广告及道路部件等信息,根据项目标准化体系中的纹理贴图技术规范,对简单三维模型在 3ds Max 中进行精细处理,通过一定的生产流程控制达到流水线式数据生产,使数据生产达到模型精度高、低成本、快速、真实逼真的目的。

外业纹理采集生产流程如图 3 所示。

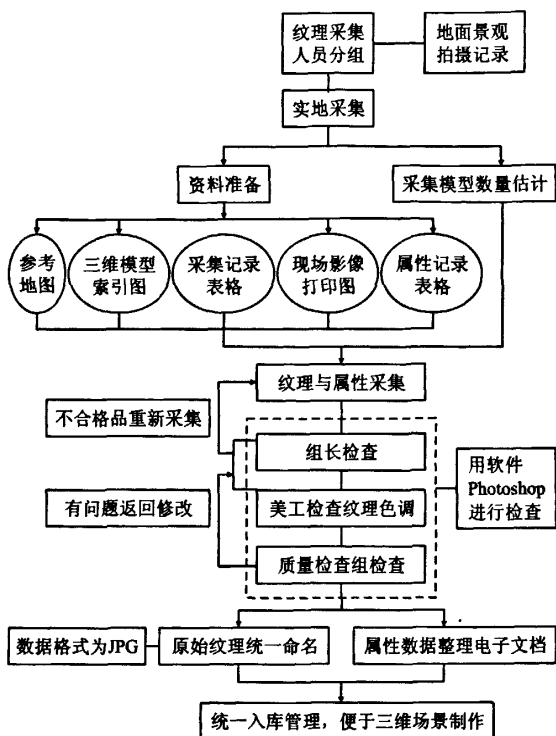


图3 纹理采集生产流程

3.5 标准化体系

根据徐州市规划建设管理的需要,参照相应的国家标准,制定一系列数据生产的相关标准规范,形成三维数据有关技术规范、数据管理与维护等的实施细则和工作要求,具体包括:

(1) DMC 全数字航空摄影执行的标准及相应的航摄技术要求。

(2) 真正射影像生产执行的标准及技术规范。其中包括系统数据坐标系的选择、设备和产品要求、外业控制测量技术要求、空中三角测量技术要求、数字高程模型(DEM)技术要求、数字正射影像图生产技术要求、真正射影像技术要求。

(3) 三维模型数据标准及技术规范。建立建筑物分类、模型分级、模型合并标准,各类建筑物、构筑物建模指标,模型命名编码规则,模型结构制作技术要求,模型质量控制和检查技术要求。

(4) 建筑物纹理采集规范以及纹理贴图技术规范。具体包括建筑物纹理采集编码规则、采集数据存储规则、素材采集规范、采集记录规范、侧面纹理贴图规范。

3.6 系统最终效果

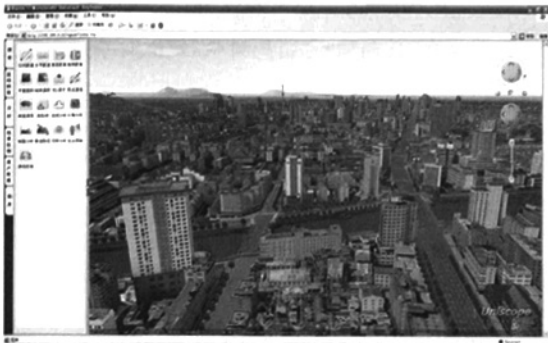


图4 徐州市三维基础地理信息系统



图5 徐州市三维基础地理信息系统

4 系统性能与数据精度分析

4.1 系统性能

系统采用 Linux 服务器搭建系统服务端，中低端性能的普通 PC 作为客户端。多台客户端同时运行，客户端的三维场景调入和渲染速度快、流畅，稳定，实现浏览无角度限制、骨骼动画、普通动画、全场景碰撞、支持抗锯齿、各向异性过滤，渲染效率可以达到 25 帧/秒，搜索效率毫秒级，实现二、三维一体化，平面分析与三维场景结合显示。

4.2 数据精度分析

三维地理信息系统数据的精度决定着系统的使用范围，特别是对于城市规划等相关行业，对数据的准确性有很高的要求。通过采用 GPS-RTK 和全站仪进行外业采集明显检测点坐标的方法，对正射影像图的平面位置精度、建筑物模型平面位置与高度精度、建筑物长宽及间距等相对关系的精度进行检测和精度分析，得出如下结果：

- 正射影像图地物点平面位置中误差为： $\pm 0.204\text{ m}$ 。
- 建筑模型平面位置中误差为： $\pm 0.365\text{ m}$ 。
- 建筑模型高度中误差为： $\pm 0.337\text{ m}$ 。
- 地物点水平距离中误差为： $\pm 0.289\text{ m}$ 。
- 空间距离中误差为： $\pm 0.358\text{ m}$ 。

对三维模型的外观、侧面贴图与所采集照片进行对比检查，一致性达到 95%。

建筑模型平面位置精度检测统计表					表 1		
序号	模型坐标/°		实测坐标/°		$\Delta X/\text{m}$	$\Delta Y/\text{m}$	$\Delta S/\text{m}$
	B	L	B	L			
5	34.263 444 23	117.153 560 5	34.263 446 78	117.153 567 0	-0.279	-0.601	0.663
6	34.263 367 51	117.153 562 0	34.263 367 76	117.153 570 0	-0.027	-0.740	0.741
7	34.262 951 91	117.153 539 1	34.262 952 46	117.153 540 6	-0.060	-0.138	0.150
9	34.262 028 86	117.152 514 7	34.262 031 63	117.152 512 8	-0.305	0.182	0.355
12	34.255 381 69	117.157 545 6	34.255 381 74	117.157 546 5	-0.005	-0.086	0.086
14	34.255 372 09	117.157 670 2	34.255 370 85	117.157 671 2	0.136	-0.095	0.166
17	34.255 746 87	117.158 534 0	34.255 746 76	117.158 532 8	0.012	0.115	0.116
18	34.255 796 65	117.158 010 9	34.255 796 76	117.158 011 2	-0.012	-0.030	0.032
31	34.259 853 48	117.185 720 6	34.259 852 28	117.185 721 6	0.133	-0.091	0.161
38	34.252 636 88	117.191 049 3	34.252 637 39	117.191 049 7	-0.055	-0.033	0.064
41	34.252 301 48	117.190 707 5	34.252 304 18	117.190 707 2	-0.297	0.027	0.299
50	34.252 700 95	117.191 621 8	34.252 700 32	117.191 622 6	0.069	-0.073	0.100
60	34.272 469 93	117.183 065 6	34.272 468 53	117.183 065 5	0.154	0.012	0.154
57	34.271 755 01	117.183 861 3	34.271 759 04	117.183 862 1	-0.442	-0.072	0.448
61	34.271 885 73	117.184 313 9	34.271 885 03	117.184 309 2	0.077	0.435	0.442
62	34.258 757 32	117.172 898 6	34.258 755 06	117.172 893 0	0.248	0.524	0.580
68	34.258 858 07	117.172 606 3	34.258 855 62	117.172 604 4	0.268	0.176	0.321
69	34.258 691 25	117.172 484 1	34.258 691 00	117.172 483 0	0.027	0.102	0.106
72	34.258 474 41	117.172 415 7	34.258 475 56	117.172 409 5	-0.126	0.573	0.586
中误差计算			$M = \pm \sqrt{([VV]/n)} = \pm 0.365\text{ m}$ 其中 $V = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$ $n = 19$				

5 三维基础地理信息系统在城市规划管理中的应用

城市规划研究城市的未来发展、城市的合理布局
万方数据

和综合安排城市各项工程建设的部署。它要预见并合理地确定城市的发展方向、规模和布局,作好环境预测和评价,协调各方面在发展中的关系,统筹安排各项建

设。三维基础地理信息系统不但能够对各种城市空间信息进行有效的管理与集成,而且能够以动态的、真实直观的、多视角的、多层次的方式为城市研究、城市设计和城市管理提供决策支持信息,改变传统城市规划模式、促进城市合理规划,实现城市可持续发展。

根据各阶段需要解决的问题及对三维地理信息系统的需求,结合具体规划业务,进一步的二次开发,可实现以下三维规划辅助决策:

5.1 规划设计三维辅助决策

规划设计者依据控规全覆盖编制规划条件和测算方案,根据具体的审批要点,采用三维地理信息系统实现以下辅助决策:导入 CAD 数据生成三维楼块、楼块实时调整(包括位置、高度、材质、色彩、屋顶形态、拆分合并)、测算方案比选、规划线与建筑物空间关系辅助判断、用地红线控制、建筑间距量测(楼外立面)、实现规划指标的动态实时计算(包括建筑面积计算、容积率计算、建筑密度计算、绿地率)等。

5.2 规划方案审批三维辅助决策

首先,规划管理者需要确定工程的以下信息:周边建筑现状、山体、水体、场地拆迁情况、高压线、微波通道、视觉通廊、水域、涵道、场地标高与周边高差、与周边有无矛盾,采用三维地理信息系统,可实现多视角三维可视化浏览,并通过各种三维分析功能,方便的帮助规划管理者确定以上需要了解的信息。其次,通过报审方案的符合规范的三维模型与现实三维城市融合表现和双屏对比功能,在规划方案评审会上,决策者能够直观的判断方案的合理性以及选择最佳设计方案,可直观的同时通过三维地理信息系统的功能,实时调整建筑的高度、材质、色彩等等,使新的建设方案融入城市现状,得到最终方案,从而提高城市整体美感和规划的科学性。

5.3 多种三维分析功能为规划各阶段提供三维辅助决策

三维地理信息系统具有的空间、水平、垂直距离量测,面积量算、控高分析、日照分析、定点观察、通视分析、挖填方分析、拆迁分析等功能在规划的各个阶段都为决策者提供了二维 GIS 难以提供的分析结果。

6 结 语

长久以来,海量城市三维数据生产、可视化以及浏览和分析效率等问题没有得到很好的解决制约着三维基础地理信息系统的广泛应用。通过徐州市三维基础地理信息系统的建设,基本完成了以高分辨率的航空影像为基础,创建具有高精度空间地理信息、真实仿真、分析效率高、扩展性强、人机交互方便的三维地理信息基础平台。以该系统为基础,可进行更大范围的三维场景建设,可更广泛地应用于城市数字化管理的诸多领域,促进城市基础空间信息的共享和利用。将三维基础地理信息系统与各行业专业系统进行扩展和融合,推进更深层次的应用是我们今后努力的方向。

参考文献

- [1] 朱庆,林琨. 数码城市地理信息系统—虚拟城市环境中的三维城市模型初探[M]. 武汉:武汉大学出版社,2004
- [2] 李德华. 城市规划原理[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2001
- [3] 刘东琴,徐文中,林宗坚. 城市空间二维信息系统与三维虚拟场景一体化研究与应用——BDA 城市三维信息系统的设计与实现[J]. 测绘科学,2007,32(1):53~54
- [4] 赖玲莉,许妙忠,李明. 基于摄影测量的高精度三维城市建筑物建模技术[J]. 测绘信息与工程,2007,32(5):24~26
- [5] 刘艳丽,李利军,林岚. VRGIS 技术在城市规划中的应用[J]. 现代计算机,2005,(209):75~78
- [6] 曾忠平,李宗华,赵中元等. 基于三维 GIS 的城市规划信息系统研究[J]. 重庆建筑大学学报,2007,29(5):26~30

Design and Implementation of City Three-dimensional Fundamental Geographic Information System

—Construction of XuZhou Three-dimensional Fundamental Geographic Information System

Zhou Wei, Wang Jun, Tian Peng, Li Na

(XuZhou Investigation & Research Institute, XuZhou, 221002)

Abstract: The foundation of 3D(three-dimensional) Geographic Information System is a hot topic in the research of Geographic Information System technique. This article take XuZhou 3D Fundamental Geographic Information System for example, introduce the production method of huge amount fine 3D city model which is based on digital photogrammetry technique with high precision, low cost and short construction period, and the 3D Geographic Information platform which has powerful visualization ability, with efficient analyzation, and is easy to expand. Combining with planning operation. This article discuss the application of 3D Geographic Information System in urban planning.

Key words: Digital City; 3D Fundamental Geographic Information System; 3D model; Urban Planning