

城市三维景观的构建与实现

彭海龙

(西安科技学院 西安 710054)

摘 要 随着 GIS 的深入发展,三维可视化技术已经成为地理信息系统领域研究的热点。论述了三维虚拟城市模型建设的方法,并结合沙盘模型建立了三维虚拟城市模型,最后给出了相关试验结论。

关键词 三维城市模型 虚拟现实 可视化 OpenGL

随着 GIS 应用领域的不断扩大,普及程度不断提高,人们对 GIS 的操作界面和结果的可理解性,提出了越来越高的要求。可视化技术是改善操作界面、提高结果可理解性的有效手段。因此,可视化技术在 GIS 中的应用,一直是 GIS 开发人员和技术专家们所关心的问题。在 GIS 中,传统的可视化方法有如下几种:二维静态地图、交互二维地图、二维+时间地图(时序动画)、三维模型、三维+时间模型(时空动画)。根据可视化空间数据来源的不同,可将 GIS 可视化的任务分为以下几种:现实世界的可视化、分析结果的可视化、未来规划的可视化以及预测的可视化。

人们普遍认为,虚拟现实是可视化发展的最终目标。所以,近来关于虚拟现实在 GIS 中应用的讨论越来越多,已成为一个新的研究热点,提出了虚拟 GIS(VGIS)的概念。美国前副总统戈尔提出的“数字地球”就与 VGIS 有着密切的关系。

所谓虚拟现实是指由计算机生成的一种实时三维空间(称为虚拟现实环境)。用户在这种环境中看到的是全彩色立体景观,听到的是虚拟环境中的音响,感受到的是虚拟环境反馈的作用力。由此,使用户产生一种身临其境的感觉。近几年来,虚拟现实的研究工作进展较快,并在航空航天、建筑、医疗、教育、艺术、体育等领域得到初步应用。

本文阐述了三维虚拟城市模型的构建方法,最后针对未开发区域,利用其沙盘模型建立了三维虚拟城市并给出了实验结论。

1 三维虚拟城市建模的方案

三维城市建模应该由几何建模(geometrical modeling)与纹理建模(texture mapping)两部分组成,具体包括:

- 1) 正射影像+DEM 构成三维地形;
- 2) 由房屋的几何模型+纹理构成三维建筑物;
- 3) 以及三维的植被与其人造地物所组成。

其中 3) 可由 3DMAX 建模后导入到场景中,本文不作详细探讨。对于 1) 和 2), 根据要求、原始资料的不同,城市建模的方案也不相同。如有的城市建模对地面的纹理要求不高,正射影像采用 TM 图像+DEM 构成;反之,应采用航空影像。要对复杂的屋顶建模,就必须采用航空摄影的影像;反之,若对屋顶的三维建模要求不高,房屋的几何建模可以由数字线划图实现,房屋的高度根据楼层的数目进行估计。由于无论是航空影像还是卫星影像均是由空中对地观测,不能清晰地反映房屋的墙面纹理,当前解决墙面的方法多以地面摄影的方法获取。随着空间定位与激光技术的发展,由空中对地进行激光扫描的数据,在几何建模中的作用将越来越重要。因

此城市建模的原始资料、方案很多,如图 1 所示:

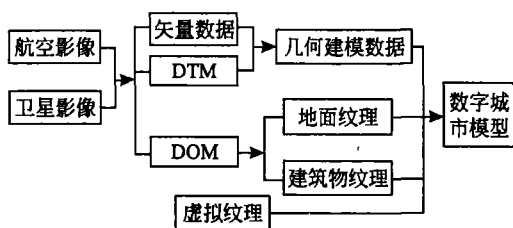


图 1 数字城市建模方案

1.1 三维虚拟城市的几何建模

几何建模包括数字地面模型 DTM 的建立与建筑物几何数据的提取。DTM 可以从航空立体像对或高分辨率卫星立体影像对中采用影像匹配技术自动提取,在数字城市中,基本上还是采用规则格网的 DTM。三维建筑物的几何形体的表达和重建是三维虚拟城市建模研究中最为重要的内容。建筑物的几何形体的描述信息包括空间三维坐标信息和构建该建筑物的点、线、面信息,建筑物的三维坐标(包括高度信息)可以运用摄影测量或结合其他方式来获取,而建筑物的点、线、面信息的组合方式各不相同,因此需要根据建筑物的外形特点进行分类,分别对每一类建筑物的三维几何坐标信息进行处理。下面将结合全数字摄影测量系统 JX4 的三维几何建筑物的坐标采集方法讨论三维虚拟城市中建筑物的几何数据模型。JX4 根据建筑物的形态结构特征,对建筑物形状进行了编码分类,每个物体由分类码和用户 ID 进行识别,ASC 文件是 JX4 使用的采集三维建筑物几何数据的交换格式。本文建筑物建模主要利用 JX4 采集得到的三维建模文件 ASC 文件。ASC 文本文件由若干个向量数据及其说明的段落组成。向量数据说明占一行,包括 6 个以空格分开的元素,说明其下面向量数据的属性:如建筑物分类、点数、线型等;向量数据部分的每一行为一个点的绝对坐标 X、Y、Z,坐标之间由空格分开。说明行格式:

标识符串 分类码 点数 房屋 ID

符号码 宽度或方向

其中,“标识符串”为 LINE 或 POINT,分别表示线实体与点实体。

“分类码”是对建筑物的点、线、面信息的组成方式的数字代码表示。

如,10:一般房屋;

11:一般房屋顶点;

20:一类房中房,实体从 DEM 表面起算;

21:一类房中房,实体从 20 的顶面起算;

22~29:一类房中房,实体从 21~28 的顶面起算;

80:人字形屋顶;

90:弧形屋顶;

等等。

“房屋 ID”表示房屋的序号。

建筑物建模的难点主要在于各种特殊顶部形状的代表和一般凹面的表示。我们可以采用将凹多边形分割为一系列不重叠的三角形的方法,因为三角形是最简单的凸多边形,这是解决此类问题的基本思路。本文在研究过程中利用了参考文献[1]中介绍的凹多边形分解的方法,具体步聚如下:对顶点按顺时针顺序排列的凹多边形(不包括带空洞的凹多边形),依次判断相邻的顶点所构成的三角形是否满足下列 2 个条件:

1) 该三角形中心落在确定边界的凹多边形内部;

2) 该三角形的新边不与确定边界的凹多边形内部相交。

条件 1)防止产生边界以外的三角形,条件 2)防止产生与边界相交的三角形。

1.2 三维虚拟城市纹理数据的获取与映射

真实感的三维虚拟城市的生成需要在城市地形模型和建筑物模型表面粘贴真实的纹理影像。随着城市区域大比例尺正射影像制作技术的日趋成熟,地形模型纹理影像最直接、最主要的来源就是航空正射影像,建筑物

模型表面纹理主要来源于地面近景拍摄和航空影像了。纹理数据获取后,就可以进行纹理映射操作了。

纹理映射可通过指定方式将各多边形顶点的三维空间坐标与其二维纹理坐标相对应即可。由于绝大多数房屋的侧面为矩形,在纹理映射时可直接运用 OpenGL 的填充凸多边形绘图模式下的纹理映射方法。具体方法如下:

1) 调用函数 `glTexImage2D *()` 定义纹理内容。

2) 调用函数 `glTexParameter *()` 来控制纹理以何种方式映射到三维模型的表面上。

3) 调用函数 `glTexEnv *()` 来调整三维模型的颜色或者将纹理与三维模型原来的颜色进行融合。

4) 调用函数 `glTexCoord *()` 来定义三维模型顶点的纹理坐标,绘制场景。几何坐标决定了模型顶点在屏幕上的绘制位置,纹理坐标决定了纹理图像中哪一个纹素赋予该几何顶点。

2 三维虚拟城市模型建设的关键技术

三维虚拟城市的建设涉及多种技术,包括计算机技术、全数字摄影测量技术、仿真技术、GIS 技术、三维建模技术等,并且许多问题还要开发人员解决,而其采用的关键技术主要有:

1) 数据获取技术,指利用研究区域的基础资料,采用野外测量、地形图数字化、全数字摄影测量等方法,获取研究区域的地理数据,包括数字高程模型、建筑物外表结构与纹理数据等。

2) 三维实体快速建模技术,指根据采集到的数据,利用建模软件建立各种地理实体,如地形、建筑物、道路、水面、树木、草地等在虚拟现实系统中的模型。

3) 仿真技术,建立虚拟仿真环境,实现研究区域的真实环境再现以及规划环境的预

见。

4) 接口技术,包括 DEM 数据、矢量数据的转换;虚拟现实系统的数据格式转出为国家空间数据标准格式以及国家空间数据标准格式转入为虚拟现实系统的格式。

5) 集成技术,如何将遥感、GIS、科学计算可视化系统、VR 系统进行集成。

3 试验

本文以北京中关村永丰科技产业园区为研究区域,采用 VC++6.0 和 OpenGL 的图形库开发了相应的程度。程序实现了对一个三维虚拟城市模型进行可视化应具有几种功能,如:多角度观察、放大、缩小、漫游、旋转、全屏显示等功能。永丰科技产业园区为北京中关村一未开发区域,本文根据其提供的建成后的园区规划沙盘模型,利用近景摄影测量的方法获取了三维建筑物几何数据,重建了逼真的三维虚拟永丰科技产业园区。永丰科技产业园区占地约 4 km²,地面平坦,其中地面纹理 70 MB,共采集房屋 287 栋,在 PⅢ 900、内存 516 MB 的微机进行了上述的实验。其实施过程如下:

1) 原始资料:建成后的园区规划沙盘模型、园区规划图纸、不同侧面(至少 2 个)园区效果图。

2) 数据采集:利用近景摄影测量的方法来获取已有沙盘模型的立体相对,然后将像片经扫描数字化,转入全数字摄影测量软件 JX4 中,建立所研究区域的数字高程模型 DEM 及建筑物外表结构数据,根据沙盘模型比例尺得到园区实际的 DEM 及建筑物几何数据。

3) 纹理数据的获取:本文由于研究对象为城市未建设区域,故地表纹理是利用图像处理软件 CoreDraw 9.0 对扫描后的园区规划图进行人工编辑,输出较为真实的地面纹理(BMP 文件)。建筑物表面纹理采用人工截取小区效果图中建筑物表面纹理及人造纹理的方法获得。建筑物各侧面(下转第 33 页)

2.9 生产成本低

随着计算机技术的迅速发展,其硬件设备越来越趋向标准化,关键设备、不同厂商、不同型号之间具有良好兼容性,成本越来越低,货源充足,故障率也很低,而软件操作系统也具有良好的兼容性及稳定性,一旦发生故障,只需重新安装即可解决问题。同时,一套全数字摄影测量系统可用于空中三角测量,制作 DEM、DOM、DLG、DRG,并提供多种格式的数据,一机多用,自动化程度极高。这是只具备单一功能的模拟及解析类仪器所无法比拟的,全数字摄影测量系统的操作系统不但节约了购买设备的资金,更节约了大量的人力及精力。

3 结束语

综上所述,全数字摄影测量系统对传统的测量发展及其推动是有目共睹的。随着计算机技术、空间技术和通信技术的飞速发展,经典的大地测量平面

定位手段被卫星技术所取代,传统的地图测制手段正向全数字化测绘技术转变,而全数字摄影测量系统的广泛运用体现了现代摄影测量发展的方向,它不但使传统的测绘行业发生历史性变革,而且也为其其他领域注入新的活力。全数字摄影测量系统必将在国民经济等各个领域发挥越来越重要的作用。

参考文献

- [1] 张剑清,张祖勋,编著. 数字摄影测量学[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996.
- [2] 李德仁,郑肇葆,编著. 摄影测量学[M]. 北京:测绘出版社,1992.

收稿日期:2002-03-15

作者简介:李 凌,工程师,现主要从事地形图数字化与更新工作。

(上接第 15 页)

由于受成像方式和被其他建筑物遮掩等因素的影响,在一幅效果图上不可能获取建筑物侧面的所有纹理数据,此时可以利用其他侧面的效果图提取可见表面的纹理数据,对在所有效果图上均不可见的表面,可采用人工纹理或地面拍摄的方法获得。对具有相似纹理的建筑物可进行批量处理,最后进行人工编辑纹理。



图 2

4) 数据建模:利用开发的程序将数字高程模型运用合理的算法建立起三维地表模型,按照其边界点坐标,贴上地表纹理,便形成了园区的真实的三维地貌景观。将 JX4 采集得到的建筑物模型的几何数据文件 ASC 文件用程序打开,由于程序是将纹理文件与建筑物的几何数据绑定在一起,ASC 文件一打开,这样园区便在计算机中虚拟再现了出来。图 2、图 3 为不同角度、视点观察的纹理映射后的三维永丰科技产业园区模型。

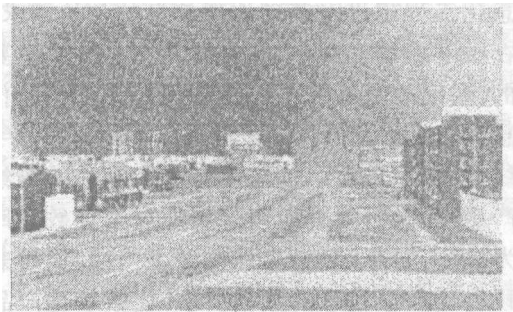


图 3

4 结论

当前大多数系统仅实现了 GIS 与虚拟现实的数据结合,进一步的发展要实现两者在数据模型和功能上的统一,最终实现两者的一体化,形成虚拟地理环境生成系统。目前,由于计算机软硬件技术的局限,特别是建立虚拟地理现实所需的空数据数据的缺乏,虚拟现实与 GIS 完善结合(即 VGIS)还需要很长一段时间,但这肯定是一个让人感兴趣的发展方向。

参考文献

- [1] 戴晨光,巩丹超. 基于航空影像的城市 3 维景观生成技术[J]. 测绘通报,2000,(10).
- [2] 廖朵朵,张华军. OpenGL 3 维图形程序设计[M]. 星球出版社,1996.

收稿日期:2002-04-25

作者简介:彭海龙,硕士生,现主要从事摄影测量与遥感研究。