

文章编号:1000-5870(2003)01-0102-03

基于 OpenGL 的三维城市景观模型的建立

万剑华, 李桂苓, 张纪松

(石油大学地球资源与信息学院, 山东东营 257061)

摘要:用数码相机拍摄建筑物的立面相片,经 PhotoShop 处理、校正后获得建筑物三维几何模型的影像纹理,然后利用 VC++ 调用 OpenGL 图形库编程,建立了具有影像纹理的高度真实感三维城市景观模型。实践证明,在缺乏航空及遥感影像数据的地区,该方法可用来实施数码城市工程的建设。

关键词:三维城市景观模型;OpenGL;影像纹理

中图分类号:TP 391

文献标识码:A

引言

城市三维景观模型在城市发展规划、城市景观建筑的评估、决策支持等领域有着广阔的应用前景^[1~7]。现有实现城市三维景观可视化的方法中,三维模型只能用于显示、动画播放,而不能被用户控制,缺少和用户的交互能力。一些地理信息系统应用软件可以用来建立三维几何模型,但其数据的采集、三维建模及纹理映射主要是基于航空摄影测量和遥感像片,对城市区域内建筑物立面的信息反映不足。笔者结合在北京某地区实际采集的建筑物几何数据和数码相机拍摄的立面的影像纹理数据,利用 VC++ 调用 OpenGL 图形库编程^[8,9],建立具有影像纹理和高度真实感的城市三维景观模型。

1 三维城市景观模型的生成原理

用 OpenGL 构造三维城市景观模型的整个流程如图 1 所示。

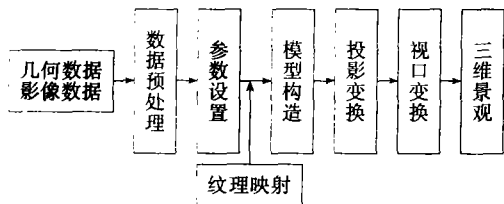


图 1 用 OpenGL 构造三维城市建筑物景观流程图

1.1 数据采集

建筑物的几何描述信息包括方位信息和专题描述信息。几何方位信息用地面空间的三维坐标来表示,专题描述信息则包括组成该建筑物的点、线、面信息。各种建筑物的三维坐标可以通过现有 2D

GIS 数据库、数字/模拟地形图、建筑设计资料、实地量测等方式获取。建筑物立面影像纹理则可采用数码相机实地拍摄,使用前要对影像数据进行预处理,包括图像格式的转化、图像质量的改善、影像金字塔的生成以及影像的正射纠正与镶嵌等。

1.2 参数设置

在用 OpenGL 绘制三维景观模型和进行纹理映射前,需要设置相关的景观参数值,包括光源性质(镜射光、漫射光和环境光)、光源方位(距离和方向)、颜色模式(索引或 RGBA)、明暗处理方式(平滑处理或平面处理)、纹理映射方式等。除此之外还需设定视点位置和视线方向。

1.3 三维几何模型构建

根据建筑物的底部多边形(多边形各顶点坐标已知)以及建筑物的高度,使用 OpenGL 中的有关几何建模命令进行城市建筑物的三维模型构建。如对于平屋顶房屋进行三维几何建模时,其屋顶为一平面,可以用一个平面多边形来表示,如图 2 所示。假设图中屋顶各角点 C_i 的三维坐标分别为 (x_i, y_i, z_i) , $i=1, 2, \dots, n$, 由于屋顶各角点的高程值理论上是相等的,因此只需要用一个高程值来表示,则房屋顶部的高程值 $z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$ 。

房屋数据存储时,各顶点必须严格按照顺时针方向排列。其几何数据模型如下:CODE_ID 为房屋类型代码;NUMBER_OF_POINTS 为房屋顶点个数; z 为房屋顶部高程值; (x_n, y_n) 为第 n 个角点的平面坐标值; z_0 为房屋底部高程值。

由于外形各异的建筑物的点、线、面信息的组成方式各不相同,因此对于建筑物的三维重建而言,采

收稿日期:2001-11-02

作者简介:万剑华(1966-),男(汉族),山东单县人,副教授,博士,主要从事测绘工程和地理信息系统方面的教学和研究工作。

用一个通用模型来表达各类建筑物的方法显然是不可行的。但是,根据按一定规则排列的三维坐标数据可以推演出对应的专题信息。这就要求将建筑物按照其几何外形特征进行分类,分别对每一类建筑物采用一种几何数据模型。

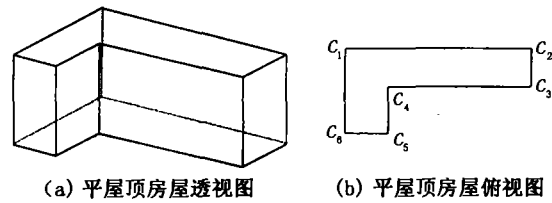


图 2 平屋顶房屋的表示方式

1.4 纹理映射

纹理映射就是把纹理图像粘贴到模型的表面,从而获得具有真实感效果的景观模型。纹理图通常是正方形或矩形,实际上纹理数据是一个矩形数组,这些数据由 R、G、B、A 数值构成,在纹理数组中的单个值称为纹理元素(简称纹素)。OpenGL 的纹理映射只能使用在 RGBA 模式下,在颜色模式下是没有定义的。用 OpenGL 函数进行纹理映射的基本步骤如下:

- (1) 定义纹理。用 `glTexImage2D *` () 函数说明所映射的纹理内容。其中包括纹理数据的指针、纹理的大小、纹理的类别(灰度或彩色)等。纹理中的每个纹素的数据可以由 1~4 个元素组成,表示常值或 RGBA 值。也可以利用多重映射,把纹理定义为许多不同的分辨率。此外,当建筑物的纹理坐标在有效范围之外时,纹理映射可以包括纹理的边界值,边界值能够把多个纹理图像光滑地粘贴在一起。
- (2) 指定纹理的应用方式。在将纹理粘贴在建筑物表面时,可以有 3 种方式:①直接把纹理颜色作为物体的最终显示颜色,纹理图像直接绘制到建筑物

表面,就如同把印花图案直接印到建筑物上一样;②使用纹理调整建筑物模型的颜色;③利用纹理将纹理颜色同建筑物的颜色相融合。指定纹理应用、映射方式使用函数 `glTexParameter *` ()、`glTexEnv *` ()。

(3) 激活纹理映射。在绘制场景前必须激活纹理映射,可以使用 `glEnable()` 和 `glDisable()` 打开和关闭纹理,变量 `GL_TEXTURE_2D` 表示打开二维纹理。

(4) 定义三维模型顶点的纹理坐标与几何坐标,绘制场景。几何坐标决定了顶点在屏幕上的绘制位置,纹理坐标决定纹理图像中哪一个纹理单元赋予该顶点,其调用函数为 `glTexCoord *` ()。

1.5 投影变换

投影变换是生成三维模型的基础,一般分为透视投影变换和正射投影变换两类。投影方式的选择取决于显示的内容和用途。但如果需要观察模拟某一个侧面不带有形变的景观,则更多采用正射投影方式。

1.6 视口变换

视口是指计算机屏幕中的矩形绘图区域,它用窗口坐标来度量,反映了屏幕上的像素位置。视口相对于窗口的左下角。视口变换的目的就是将三维空间坐标映射为计算机屏幕上的二维平面坐标。视口变换用函数 `glViewport()` 实现,视口的宽高比通常等于视景体的宽高比,否则视口内显示的图形将会发生形变。根据视口变换后视口内每一点的变换后的 *z* 坐标值,OpenGL 可以实现消隐功能,使得靠近视点的目标能够遮挡远离视点的目标。

2 实 例

图 3 和图 4 为利用 VC++ 调用 OpenGL 函数编程实现的北京某区域建筑物景观图。

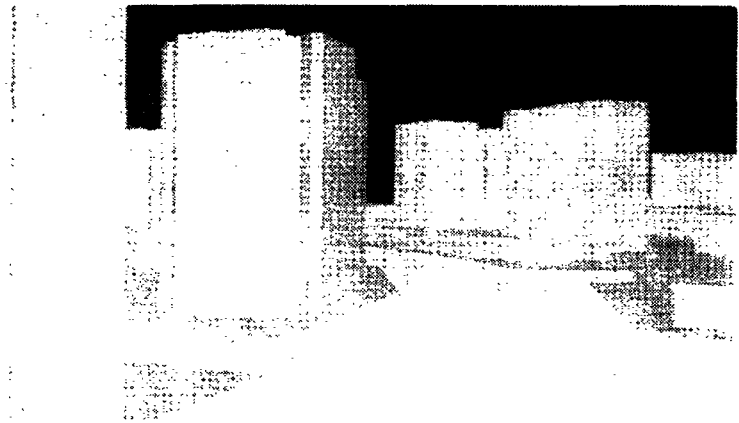


图 3 三维城市景观灰度图



图 4 具有影像纹理的三维城市景观图

3 结 论

(1) 三维景观模型的几何数据可以从二维 GIS 数据库、数字/模拟地形图、建筑设计资料、实地量测等数据源中获取;建筑物影像纹理可采用数码相机拍摄图像,再经一系列预处理后得到。基于这种数据获取方式进行三维景观模型的建立,代价小、成本低,适合于在缺乏航空及遥感影像数据的地区应用。

(2) 利用 VC++ 调用 OpenGL 图形库函数编程建立的城市三维景观模型,可以方便地被用户所控制观看,且具有和用户的交互能力,从而克服了利用计算机辅助设计/动画软件进行三维建模的一些局限性。

(3) 对城市三维几何模型表面镶嵌以影像纹理,不仅可以给出现实世界真实、直观的表达,使得数字化数据的表现更符合人的直觉,而且利用影像纹理还可以弥补三维几何模型里所表现不出的详细信息,丰富几何图形的细节和材质属性。

参考文献:

[1] 张永生,等. 遥感图象信息系统[M]. 北京:科学出版

社,2000.

- [2] BERRY J K, BUCKLEY D J. Visualize realistic landscapes[J]. GIS World, 1998, 11(8): 42 - 47.
- [3] HIDEHIKO Y. Inputting 3D landscape through stereo-vision together with camera parameter calibration [A]. Archives of Proceedings of UM3 '98[C]. 1998. 14 - 18.
- [4] KOEHL M. The modeling of urban landscape[A]. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing[C]. 1996, XXXII(B4). 460 - 464.
- [5] 朱英浩,张祖勋. 顾及地形的城市三维可视化方法研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(3): 199 - 203.
- [6] 朱庆. 三维动态交互式可视化模型[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(2): 124 - 127.
- [7] 李德仁,等. 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, 25(4): 207 - 211.
- [8] 李薇,等. OpenGL 3D 入门与提高[M]. 成都:西南交通大学出版社, 1998.
- [9] 李颖,等. OpenGL 技术应用实例精粹[M]. 北京:国防工业出版社, 2001.

(责任编辑 刘为清)