

38-43 城市三维景观像片写真模型的建立

万剑华

花向红

(石油大学资源科学系) (武汉测绘科技大学地测院)

TU 198.6

~~TU 198.4.2~~

P 285.27

提 要

城市三维景观像片写真模型在城市规划、政府决策、交通、旅游、娱乐、教育等领域具有广阔的应用前景。本文就城市三维景观像片写真模型的数据源、像片纹理、LOD、3D 模型建立方法及其应用问题作一讨论。

关键词: 三维景观像片写真模型, 3D-GIS, 像片纹理 LOD

城市地理

近年来随着城市规划、交通、旅游、政府决策等部门对现实世界真实表现需求的日益增加,三维城市模型尤其是镶嵌有像片纹理的真实感三维模型(称之为像片写真 3D 模型)的建立已成为一个很重要的问题。城市像片写真模型不仅可给出现实世界对象的自然、真实、直观、形象的表达,给观察者造成较强的视觉刺激效果,而且由于城市模型采用了像片纹理,也使得它所表现的信息更丰富、更详细。近年来流行的“虚拟城市”概念,正是真实像片纹理应用于 3D 城市模型的结果。笔者将在本文中针对建立城市景观三维像片写真模型的若干问题进行了讨论。

一、数据源

城市中存在着众多的数据源,不同的数据源决定着数据获取的内容、格式、精度和建立城市 3D 模型的方法的不同,服务于不同的任务。一般来讲,城市中可以利用的数据源有:

(1)城市规划图和建筑设计图。作为一种最初的基础参考资料,有时会起到很重要的作用,如在构建某一建筑物的精确 3D 模型时,建筑设计图会提供很详细的数据

信息。

(2)城市数字地图(地形图、地籍图等)和 2D-GIS。数字地图表示城市目标基本的几何信息,如地理目标的位置、建筑物的平面图、高程模型的高程点等。2D-GIS 中除包含地理目标的几何信息外,还含有丰富的语义信息,如建筑物的建筑年代、层数、建筑面积等。城市中的现有纸质模拟地图可通过数字化仪、扫描仪等工具结合专业软件转化为数字地图和 2D-GIS 中的数据。这种数据源缺少建筑物垂直面的几何和纹理信息。

(3)数字摄影测量。摄影测量是目前提供 3D 数据的最有吸引力的方法之一,尤其是在城市区域,能够有效地产生具有拓扑结构的几何数据,记录语义信息,对有明显轮廓的地物,能够提供很高的三维重建精度,可以运用基于模型的影像分析实现地物识别和三维重建的半自动化、自动化。从数字航空影像对可测得建筑物的高程和 DEM,同时又是城市景观中三维对象各种纹理信息最可靠和最可能的来源。

(4)遥感卫星影像。随着美国 1 米级商业卫星系统的建立,这种高分辨率遥感卫星影像可提供更详细、更丰富的几何、语义信息。由于它具有高空间分辨率、高精度、

高时间分辨率、低费用等特点,所以它将是城市中未来最有发展前途的一种数据源。

(5)其它。如近景地面摄影测量、全站仪摄像系统、近距离热红外成像等,可作为城市中某一建筑物或局部工程目标几何和纹理数据获取手段。移动制图系统(Mobile Mapping System)、移动摄像系统(Mobile Image System)、激光立面扫描仪(Laser Facade Scanner)等,可作为城市街道、道路两旁建筑物垂直面的几何数据和纹理信息获取手段。上述方法侧重于数据城市目标的立面信息,弥补了数字地图、2D-GIS、摄影测量、遥感等在这方面的缺陷。

城市中空间对象的数据获取依赖于以下几个因素:

- (1)拟构建城市 3D 模型的方式;
- (2)提取数据的类型及复杂性;
- (3)数据源的分辨率;
- (4)获取和表现的精度;
- (5)数据源的类型和质量;
- (6)人工交互的程度。

二、三维景观模型的建立方法

在城市景观的三维建模、三维数据管理方面,目前通常选择以下方案:

1. GIS、CAD/3D 计算机图形环境的集成

3D 对象表面及实体的几何建模和三维几何表现问题,已在 CAD 及计算机图形系统领域研究和应用了很多年。在 CAD 软件包中,对象的几何描述是占有优先级的,虽然它可提供完整的三维建模能力,但在图形和非图形信息的结合方面能力较弱,没有考虑非空间信息特别是 GIS 的拓扑和属性信息,这也是 CAD 和 GIS 最重要的区别。GIS 的发展提供了越来越多的功能,但其可视化的能力有限,通常只有二

维的表现,缺少三维几何建模的能力,但其拓扑和属性信息能支持查询、搜索、空间分析等众多操作。CAD 和 GIS 各有优缺点,两者均不能单独完全满足所有的需求。人们尝试把 CAD 系统和 2D GIS 简单地结合,如 ArcCAD 就是这种类型的典型的软件,它是 AutoCAD 和 Arc/Info 的结合, Arc/Info 中的指令和数据结构(空间或非空间)可应用于 AutoCAD 环境中,可充分使用 AutoCAD 的建模能力。城市中的三维对象用二维矢量数据结构来简化描述,其第三维(高程)信息作为属性数据存储。例如,这种属性值可以是建筑物、地块及道路的高程值。这使得现有的 GIS 能够建立起高程信息与其它空间、非空间数据之间的关系,利用高程属性和相应的 2D 几何元素,可根据 CAD 系统来显示 3D 模型。

GIS 技术的发展大多基于采纳吸收现有技术,大多数系统并不包括全特征数据管理,而是依赖于和 RDBMS 的外部连接, GIS 可以通过这种机制以动态数据交换(DDE)和远程调用(RPC)方式连接到外部程序上。GIS 中选择元素的指针传递给外部程序进行处理,这种机制可扩展到把 GIS 外接到能进行 3D 建模的建筑软件包中。建筑软件包以集成设计环境(IDE)的原理工作,IDE 首先要具备所有建筑物数据的语义描述,这些数据储存在外部数据库中,用 CAD 的结构化查询语言(SQL)可对组成建筑物的各个部分进行查询。

建筑设计软件包应具有以下功能:

- (1)易于创建建筑物的平面图、高度、交叉部分及 3D 视图;
- (2)允许 Windows 环境下的动态链接,显示地图上所选择建筑物的视图;
- (3)允许自定义专门化数据管理或与属性数据的外部联接;
- (4)能够输出和输入数据格式。

此外还可以应用“工具箱”方法(Hu,

1996)。工具箱中集成有三组软件:GIS、CADD及图形软件。每一种软件在辅助可视化方面独立起一作用,三组相互补充、相互协调,在不同的可视化阶段提供不同的功能。GIS软件用于获取、可视及操纵、分析空间数据;图形软件用于创建图形、表格、数据通讯和数据可视化;CADD用于设计和绘制地图和图形,CADD和GIS、图形软件享有共同的特征。

M. Sinning-Meister 等(1996)提出了一种结合GIS、CAD技术和计算机动画技术的三维城市建筑景观模拟方法。它在数据组织上采用GIS的空间数据及属性数据的统一管理,运用GIS的空间数据处理和分析功能;采用图形功能较强的CAD技术进行建筑建模;利用计算机动画技术对所建模型进行动态显示。

Alexander Koninger (1998)提出了一种采用Open Inventor作为图形环境进行3D建模、利用面向对象的数据库进行数据管理的系统。Open Inventor提供了一个面向对象的编程接口和库以及一个交互式的3D图形应用环境;采用的数据库系统Postgres95具有面向对象的访问结构,支持类特征的继承、对象一致性和用户定义的抽象对象数据类型,具有空间访问索引机制(R树),具有一个SQL或C++编程接口。

随着城市对象的几何复杂性及属性值的增加,采用这种方案所遇到的困难将越来越大。鉴于CAD、计算机图形环境和GIS之间在数据获取、所描述对象的维数及特征、拓扑和属性数据、坐标系、空间分析及其它方面的差别,使得发展专门的3D数据结构、建立满足GIS领域需求的3D-GIS变得越来越急需。

2. 发展真三维数据结构的城市3D-GIS

城市3D-GIS是指能对城市区域内空

间对象进行真3D描述和分析的GIS系统,可表示为:城市3D-GIS=3D城市模型+语义信息+有效的数据储存和管理+规划分析功能。城市3D-GIS所操纵的几何信息包括两类数据:矢量数据和栅格影像。一个恰当的数据模型,不仅能有效地表现几何信息,如形状、长度、面积等,而且还能直接或间接地描述几何对象之间的拓扑关系,如相邻关系、连接关系、内部或外部关系、位置关系等。在有像片纹理影射的情况下,还应具有操纵栅格影像的能力。空间对象和数据类型的复杂性,特别是三维对象和影像作为两种完全不同的数据类型,使得发展一种未来的三维空间模型和数据结构成为一种富有挑战性的工作。就目前来讲,在城市空间对象的三维表示方法中,根据其数据结构的几何特点,可以分为三类:基于面的表示、基于体的表示及混合表示,如图1所示。各种方法的原理及优缺点笔者已在另文《城市3D-GIS中空间对象的三维几何表示》中作了详细的介绍,在此不再重复。

一个具有真三维数据结构的GIS应该满足以下基本要求:

- (1)能从不同的数据源中构建城市空间对象完整、精确的3D模型;
- (2)能够以不同的LOD、不同的比例表现数字模型;
- (3)矢量和栅格数据结合的数据结构;
- (4)数据以层结构组织,分成不同的对象类;
- (5)把数据库中详细的信息附连到3D模型上;
- (6)数据库的集成性和可维护性(局部更新);
- (7)有效的可视化(透视及正射视图,用户交互定义的观察方向、视点及伸展,象片写真及纯影像图);
- (8)在不同的用户范围内支持空间分

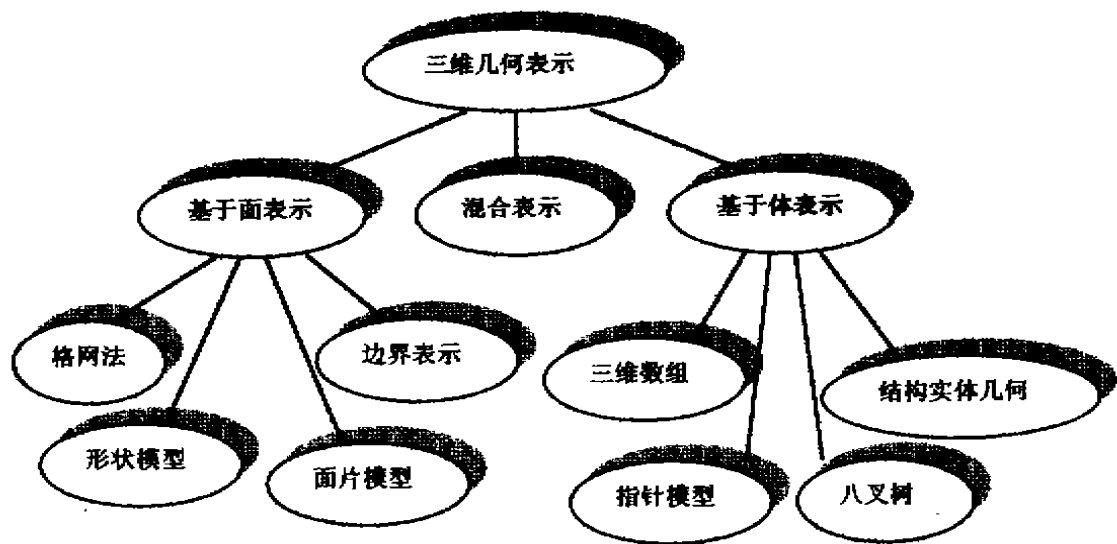


图1 三维几何表示

析,如:

①测量对象的空间范围(体积、表面积、线长);

②回答拓扑查询(管线是否通过建筑物?)

③搜索及查询对象确定的属性;

④路径优化、光照研究等。

(9)支持仿真(如环境影响分析)及设计(根据所设计的对象,现有状况的虚拟更新);

(10)支持动画,且用户能随意控制观看(放大、缩小、漫游、旋转、或从不同的方向观看)等;

(11)和现有计算机辅助设计系统(如AutoCAD等)兼容,格式标准的保证(如DXF格式)等;

(12)支持Internet;

(13)系统界面友好、开放、灵活。

三、像片纹理

对城市三维景观模型的表面镶嵌以像片纹理,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,而且利用像片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。像片纹理所提供的海量数字数据的信息,既可以表现城市目标之间的几何关系,又可对其表面属性建档。把这种三维像片写真模型通过计算机技术实现城市的可视化,可以对复杂的城市空间环境进行评估,如建筑结构和城市设计的透视可视,建筑效果及在当前环境里的完整性评估,相邻建筑的美学评估等。可以说,三维像片写真模型在众多的数字模型中是最具有发展前途的图形用户界面。

像片纹理的来源主要有两部分:航空像片和地面上拍摄的建筑物的垂直面像片。前者可用作数字模型中地面和建筑物顶部的纹理,后者作为建筑物立面的纹理,两者相互补充,构成对三维城市景观模型各个表面的整体描写。和纯几何图形数据相比,像片纹理要占用大量的储存空间。Michael Kofler(1996)根据一个实验工程得出结论:若以 $4 \times 4\text{cm}^2$ 像素大小的像片纹理建立维也纳市整个市区的三维景观像片写真模型,则总共需要500G的数据量,

其中像片纹理占用总数据量比例高达99%，这表明纹理数据对三维景观建模来说也是一个沉重的负担。要建立整个城市精确的、高分辨率像片写真模型要耗费大量的人力、物力和财力，这样做既不现实，也没必要。一般来说可对某一工程或城市中一些重点景观采取这种建模方法。

四、LOD

LOD(Level of Detail)是一种用于计算机图形中改进复杂场景绘制速度的一种机制，其内容包含3D可视化的两个方面：几何图形和像片纹理。在3D模型的可视化方面，选择合适的LOD可以在不损失所需表现信息的前提下，使得几何模型绘制速度和像片纹理的影射速度达到最优。LOD越大，表现的内容就愈丰富、信息量就愈大，但涉及的数据量也愈大，可视表现速度也愈慢，LOD越小，则相反。因此在可视化表现时必须使表现信息量和可视速度之间有一个折中，最好的办法是采用多级LOD，在不同的可视化阶段采用不同的LOD。ALEXANDER KONINGE(1998)在

Stuttgart21 工程中应用了三个 LOD：LOD1 用于大范围内城市对象的三维表现，如一个市区、一个街区等，建筑物表现为基于平面图的建筑块，道路为边线，没有附属设施目标，绿地为绿色渲染区，对应的比例尺为 1/10000—1/1000；LOD2 用于基于平面图的目标的精确定位，建筑物表现出正立面和顶部，道路表现出人行道、交通线标记，绿地包含有一些树，另外还可以用像片纹理，对应的比例尺为 1/1000—1/500；LOD3 用于对所储存的所有的几何数据来表现城市对象，对应的比例尺为 1/500、1/200，甚至可达到 1/1。同一目标可以同时使用几个 LOD，这种混合形式的 LOD 在城市规划过程中起着很重要的作用。

尽管 LOD 已不是新内容，且得到了大量的应用，但是仍有一些问题需要解决：

(1)应该建立多少 LOD 才合理？几何模型和像片纹理使用的 LOD 可能不同，不同对象（如建筑物和地面）之间使用的 LOD 个数亦有可能不同。

(2)可视化过程期间对于选择所需的 LOD 应该使用哪一种类型的阈值？由于切

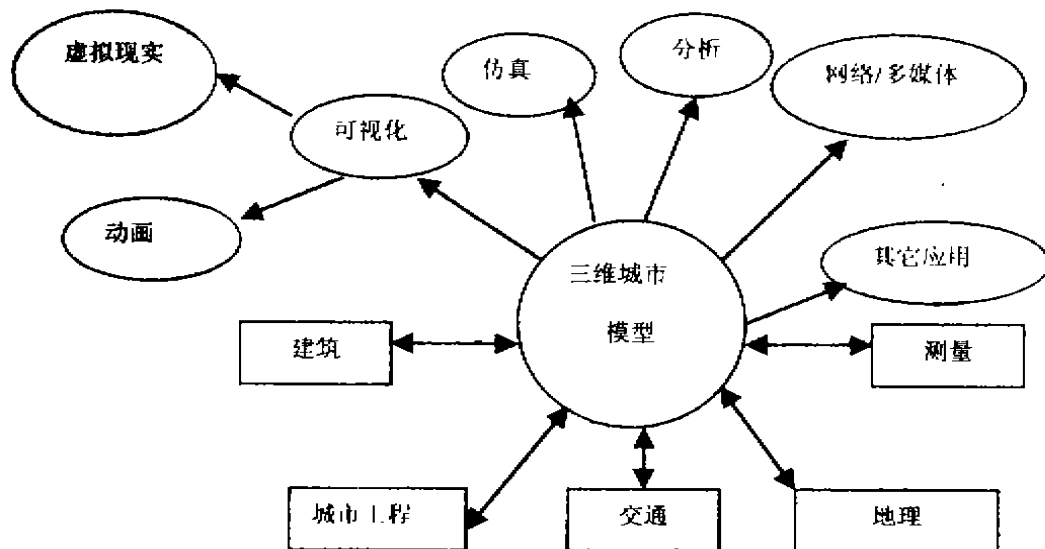


图2 3D像片模型的应用

换 LOD 的阈值对于几何和纹理来说并不相同,因此必须建立 LOD 之间的对应,离观察者的距离无论对几何还是对纹理来说都是一个强制性的阈值。另一个阈值可以是当前摄像机位置及地形的粗糙程度。

(3)应该应用哪一种数据结构储存不同的 LOD?

(4)如何使建立不同 LOD 的过程自动化?

五、三维像片写真模型的应用

三维像片写真模型可应用于众多领域,如城市发展规划,学校、医院、工厂等单位的选址,环境分析,公共设施的规划和管理,信号发射机的蜂窝网络连接,不动产管

理,财产管理(地籍),突发事件的应急计划,决策支持,保安,旅游,娱乐,教育等,如图 2 所示。

具体到城市规划领域,三维城市模型的建立可以使城市景观现状和规划设计的描述摆脱基于二维地图(平面图)和三维事物模型的表达方式,代之以计算机辅助的三维表现,使得决策者、设计师和用户对城市景观的现状和规划设计蓝图有直观的三维效果印象。三维城市模型作为 3D-GIS 的一个重要组成部分,可以提供一个动态的环境,以便在相应氛围的空间中逼真地显示、管理和创建建筑物,并为进一步的空间分析和决策服务,如对城市现有的景观分析,对建设或规划中的建筑物的景观分析,对建设或规划中的建筑物同其周边关系的景观分析等。

参 考 文 献

- [1]Klaus Tempfl, 3D Topographic Mapping for Urban GIS, ITC Journal 1998-3/4, pp. 181-190, 1998
- [2]ALEXANDER KONINGE and SIGRID BARTEL, 3D-GIS for Urban Purposes, GeoInformatic 2. 1. 79-103, pp. 79-101, 1998
- [3]Mathieu KOEHL, The Modelling of Urban Landscapes, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B4, pp. 460-464, 1996
- [4]Michael Gruber and Enich Wilmersdorf, Urban Data Management-A Modern Approach, Comput., Environ. and Urban Systems, Vol. 21, No. 2, pp. 147-158, 1997
- [5]Michael Kofler, Herwig Rehatschek and Michael Gruber, A Database for a 3D GIS for Urban Environments Supporting Photo-Realistic Visualization, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B2, pp. 198-202, 1996
- [6]Woo Sung Ye and Chukwudozie Ezigbalike, Handling Vertical Data in 3D Geographic Information Systems
- [7]Hu, J., Visualization of Environmental Data Using GIS, CAAD and Graphic Software: A Tool Box Approach, GIS/LIS'96, pp. 618-627, 1996
- [8]Michael Gruber, Franz Lebert and Markus Maresch, Requirements for Photo-realistic 3D Modelling of Urban Areas, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B3, pp. 261-265, 1996
- [9]Monika Ranzinger and Gunther Gleixner, GIS Datasets for 3D Urban Planning, Comput, Environ. and Urban Systems, Vol. 21, No. 2, pp. 159-173, 1997
- [10]M. Sinning-Meister, A. Gruen and H. Dan, 3D City Models for CAAD-supported Analysis and Design of Urban Areas, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 51(1996) 196-208
- [11]Dieter Kraus, Claus Brenner and Dieter Fritsch, 3D Object Reconstruction Using a High Resolution