

三维建模方法研究现状综述

郑佳荣 王 强 占文锋

(北京工业职业技术学院 建筑工程系 北京 100042)

摘 要:针对三维建模问题,通过查阅大量资料,阐述了三维建模基本方法,对三维建模方法以矢量模型、体元模型和混合模型进行分类,分析了各种三维建模方法的优缺点。就真三维建模主要问题,对测绘学和地学不同学科专家观点进行分析总结,为三维建模的研究和实践提供参考。

关键词:三维建模;矢量模型;体元模型;真三维

中图分类号:P208.2

文献标识码:A

文章编号:1671-6558(2013)04-05-03

Summary of Research on 3D Modeling Method

Zheng Jiarong Wang Qiang Zhan Wenfeng

(Architectural Engineering Department, Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China)

Abstract: This paper summarizes the three-dimensional modeling method based on the classification of vector model, cell model and mixed model. What is more, the author analyzes and summarizes the main problems in true three-dimensional modeling and solutions.

Keywords: 3D modeling; vector model; cell model; true three-dimensional

0 引言

随着计算机图形学的不断发展以及计算机图形图像学理论的日益完善, GIS 作为一门边缘学科也日趋成熟, 它的应用已经逐步深入到人们日常生活、学习、工作的许多领域, 为人们带来了方便。但是目前主流的 GIS 产品主要是在二维平面上模拟并处理现实世界所遇到的现象和问题, 在一些强调三维可视化表达的应用领域, 二维 GIS 显得无能为力, 这些领域包括地质、地球物理、数字城市、气象、水文、采矿、地下水、灾害、污染等。

进入 20 世纪 90 年代后, 计算机技术和三维可视化与虚拟现实技术的迅猛发展使得建立三维 GIS

成为可能。相对于二维 GIS, 一方面, 三维 GIS 为空间信息的展示提供了更逼真的平台, 使人们将抽象难懂的空间信息可视化和直观化, 非专业人员结合自己相关的经验就可以理解, 从而可以做出准确而快速的判断; 另一方面, 三维 GIS 可以表达三维空间属性变化, 因此三维 GIS 有着得天独厚的优势。三维建模方法作为实现三维 GIS 的技术核心, 是 GIS 研究领域一个非常重要的研究方向。

1 三维建模方法分析总结

目前的三维 GIS 产品着重显示地表的三维景观, 对地下地质结构的表达能力非常有限。一些 3D GMS (三维地学模拟系统) 已能初步表达地下地

收稿日期: 2013-07-06

基金项目: 2013 年北京工业职业技术学院科研课题 (BGZYKY2013)。

作者简介: 郑佳荣 (1979-), 女, 河北隆尧人, 工学博士, 副教授, 主要从事地理信息系统与三维建模研究工作。

质结构,但距人们的期望值还有较大差距。真三维 GIS 应该是 2D GIS、2.5D GIS、3D CAD、3D GMS 交叉融合的产物。其中,三维空间数据模型是系统的关键所在。人们已经提出了多种表达三维世界的建模方法,不同学者从不同的角度对其进行了分类总结。笔者在下面采用矢量模型、体元模型、混合模型 的分类体系进行归纳分析。

1.1 矢量模型

矢量模型将三维世界抽象为三维点/线/面/体几何对象的集合。三维矢量模型中对体(多面体)的表达一般只表达体的边界,故又称矢量边界模型。构模方法有不规则三角网(TIN)构模^[1-3]、边界表示(B-rep)构模、线框(Wire Frame)构模、格网(Grid)构模、断面(Section)构模、多层 DEM 构模等。

三维矢量模型的优势是:(1)表达精确、数据量小;(2)有直接的对象概念;(3)能显式地表达点/线/面/体之间的拓扑关系;(4)易于进行查询、邻接分析、联通分析等空间操作。缺点是:(1)边界曲面的表达算法复杂;(2)顾及拓扑关系时拓扑关系的建立与维护的代价高昂;(3)不能表达体内以及曲面上的非均匀属性;(4)一些空间操作(如叠加、求交)算法复杂。尽管有上述缺点,矢量模型仍然是现在 3D GMS 应用最成功的模型,也将是真三维 GIS 模型的基础。

1.2 体元模型

体元模型也称基于体的表达、基于空间剖分的表达、体元镶嵌模型、体素(Voxel)模型等。它把三维空间分为一系列相邻但不重叠的几何体元素(简称体元或体素),然后给这些体元赋以不同的属性值。体元模型根据所采用的体元的不同,又分为不同的亚类。基于体模型的构模侧重于三维地质体的边界与内部的整体表示,以体元为基本单元来表达三维实体。由于体元的属性可以独立描述和存储,因而可以对实体进行三维空间操作和分析。但存储空间大,计算速度慢。目前常用的基于体模型的构模方法有三维栅格、四面体格网(TEN)、八叉树(Octree)构模、三棱柱(TP)构模、似三棱柱构模、实体几何结构(CSG)等。

在体元模型中,四面体体元模型的剖分有一定的难度。Pilouk M^[4]、Xiaoyong C^[5-6]分别研究了由三维种子点用距离变换生成三维 Voronoi 多面体,再由三维 Voronoi 多面体转换到四面体格体的三维栅格膨胀法;李德仁、李清泉提出了一种动态约束方法对该方法进行改进,并实现了线约束四面体格网

的生成;孙敏^[7]、杨钦、李吉刚^[8-9]、M. J. Golin^[10]、钟正^[11]、Imma Boada^[12]、A. Abdul-Rahman^[13]、Pin-liang Dong^[14]等研究了由离散点直接进行空间四面体剖分和三维 Voronoi 图构建的方法;潘懋、吕广宪等研究了多解析度八叉树模型;吴立新、齐安文、侯恩科、王彦兵等等研究了由广义三棱柱剖分进行四面体剖分的方法。

体元模型表达数据场的非均匀性有一定的效果,尤其是未经压缩的三维栅格模型的数据结构和操作算法都很简单通用。近年来,广义三棱柱体元模型、多解析度八叉树模型成为矿山、地质等地下真三维 GIS 的研究热点。

1.3 混合模型

混合模型也称不同表达模型的集成。人们已经认识到不同的数据模型都有一定的优势和局限性,因此不少学者提出了不同三维数据模型融合的多种方案。李德仁、李清泉对 TIN 与 CSG 集成、八叉树与 TEN 集成、矢量与栅格集成方法进行了研究。目前 TIN 与 CSG 的集成在城市三维景观的应用中比较成熟,在 3D GMS 中,矢量模型常与广义三棱柱模型、TEN 模型集成。

多种模型的混合构模按实现的方式可以分为以下几种:

(1)互补式混合。由一种模型的优点去弥补另一模型的缺陷,在一定程度上使它们相对于各模型单独描述实体更加准确,如 Octree-TEN 混合模型。Octree 模型一般不保留原始采样数据,只是近似表达目标,而 TEN 模型保存原始数据,能够精确表达表示目标和较为复杂的空间拓扑关系。该模型综合两者的优点,它以 Octree 做描述整体,以 TEN 描述局部。该模型的优点是可以解决地质体中断层或结构面等复杂的建模问题,缺点是不易建立空间实体的拓扑关系。

(2)转换式混合。它主要是根据不同构模方法的特点,面向不同的应用目标,对同一空间实体进行不同构模方法之间的转换。李建华,边馥苓融合单元分解表示(CE)、构造实体几何(CSG)和边界表示(B-Repsd)三种数据模型的建模思想,以及栅格模型的基本体元划分机制和数据组织方式,以不规则五面体为基本分析单元,采用面向对象方法构造模型内各类对象,提出了一种面向对象的三维矢量与栅格混合模型,实现了勘探区域三维地质剖面体的惟一性拓扑表达,并给出了可视化方案。

(3)链接式混合。在应用时要对不同的数据模

型进行链接、调用,它既可以看作是表达同一对象的不同数据模型之间的低级互操作,也可以看作是多种数据模型混合时使用中间过渡结构的一种形态。如 TIN 与 Octree 的混合构模,它以 TIN 表达三维实体的表面,以 Octree 表达实体内部结构,用指针将 TIN 与 Octree 联系起来。这种模型集中了 TIN 和 Octree 两者的优点,使得拓扑关系的搜索很有效。

(4)集成式混合。根据通用数据库的建库思想,将各种的数据模型进行一体化表达,即将各种数据模型所需的基本数据信息用一个统一的一体化数据库进行管理,从而实现多种数据结构的混合式存储与分布式利用。吴立新在广义三棱柱(GTP)模型的基础上进行扩展,提出了用 E-GTP 模型来构建地下工程开挖体的真三维模型,通过其与围岩地质体的 G-GTP 模型的耦合,实现了基于 GTP 的工程开挖体与围岩地质体的一体化建模。程朋根选择似三棱柱体作为建立地质体数据模型的基本体元可以达到与地表统一建模的目的。

2 真三维建模分析

关于什么是真三维、建模完成后实现何样的功能,不同的学科领域专家有不同的认识。

测绘学领域的专家认为在数字地球应用领域、数字城市应用领域和地形建模应用领域,三维建模应该侧重实现“身临其境”的视觉化效果。

李清泉^[15]认为与虚拟现实技术相结合,已经成为当前 3D GIS 的发展趋势。龚健雅^[16]、胡鹏^[17]认为地形三维可视化技术研究的关键问题就是三维地形模型的管理、调度与实时渲染,以达到提高地形实时显示速度和最大程度提高视觉效果的最佳平衡。龚健雅^[18]认为地理信息三维表示不仅仅追求普通屏幕上通过透视投影展示的真实感图形,而且具有强烈沉浸感的虚拟现实真立体展示日益成为主流技术之一。朱庆^[19]认为目前大多数 3D GIS 的三维能力被认为主要体现在三维可视化功能上,并且是区别于 2D GIS 最重要特征之一。

地质学领域的专家认为在地矿应用领域,三维建模侧重对体内属性场的准确表达,并不一定实现“身临其境”的效果。

侯恩科、吴立新^[20]认为 3DGM 技术就是为了解决地质领域中遇到的三维问题,如三维地层、断裂、矿体和巷道的显示是根据三维巷道的空间拓扑分析、三维矿体的体积与储量计算等问题而提出来的。3DGM 是由勘探地质学、数学地质、地球物理、矿山测量、矿井地质、GIS、图形图像学、科学可视化

(SciV)等学科交叉而形成的一门新兴学科。李青元^[21]认为用于矿山的三维 GIS 平台与当前 GIS 界研究的三维景观表现、三维飞行为主的城市三维 GIS 有很大的不同。矿山三维 GIS 平台最大的特点就是真三维,它在垂向上不只是表现地表一个界面,而是要表现垂向上的多个界面;它并不强调三维表面的真实感,而更注重矿区三维模型的垂直与水平剖面的制作;它不仅仅是用于三维观察、浏览,更注重于三维量测、以及水平与垂直剖面上交互修改三维模型等工程应用。

3 结论

目前,在城市和地学 2 个专业领域内已经形成了三维城市地理信息系统(3DCMS)和三维地质模拟信息系统(3DGMS)2 大研究专题,两者并驾齐驱,共同发展无疑将推动着 3D GIS 技术早日走向成熟。

参考文献

- [1] 方燕,李梅,胡友健.层状地质体的三维可视化研究[J].焦作工学院学报(自然科学版),2003,22(6):441-444.
- [2] 李亦纲,曲国胜,陈建强.城市钻孔数据地下三维地质建模软件的实现[J].地质通报,2005,24(5):470-475.
- [3] 郝海森.含断层的煤层底板 TIN 构模中数据组织[J].河北工程技术高等专科学校学报,2003(3):15-19.
- [4] Pilouk M. A Tetrahedron - Based 3D Vector Data Model for Geoinformation[J]. 11: Advanced Geographic Data Modeling. Netherlands: Geodetic Commission, Geodesy, 1994(40):129-140.
- [5] C Xiaoyong, K Ikeda. Three - dimensional Modeling of GIS Based on Delaunay Tetrahedral Tessellation [C]. // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Munich, Germany, 1994(30):124-131.
- [6] C Xiaoyong, K Ikeda. Raster Algorithms for Generating Delaunay Tetrahedral Tessellations [C]. // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Munich, Germany, 1994(30):132-139.
- [7] 孙敏.基于四面体格网的三维复杂地质体重构[J].测绘学报,2002,31(4):361-365.
- [8] 李吉刚,杨钦,等.三维约束 Voronoi 剖分[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(11):2143-2151.
- [9] 杨钦.限定 Delaunay 三角网格剖分技术[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [10] Mordecai J Golin, Hyeon - Suk Na. On the average complexity of 3D - Voronoi diagrams of random points on convex polytopes [J]. Computational Geometry, 2003, 25(3):197-231.
- [11] 钟正.三维离散数据四面体快速生成算法研究[J].测绘学院学报,2004,21(4):286-287.

(下转第 36 页)

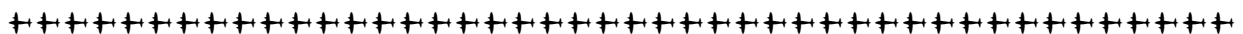
3 结论

本文结合 Geomagic Studio 与 CATIA 2 种软件的优点,对 XHBX-D2TH 型号的新风机进行了逆向造型。采用三维数字化仪获取实物表面三坐标信息,应用逆向工程软件 Geomagic Studio 对扫描仪获得的点云数据进行预处理和封装,利用软件 CATIA 进行实体建模与装配。所得结构符合工程实际,并为后续进行模态、噪声分析及优化奠定基础。

参考文献

- [1] 王红宇,徐熙平. CATIA 逆向造型优化的研究与应用[J]. 工程技术 2011 4:41-43.
- [2] 黄建梅. 基于深度图像的快速反求系统数据处理技术的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学 2005.
- [3] 史绕臣,张学忱. 减速器盖逆向造型与三维数字化检测[J]. 长春大学学报 2010 20(12):11-13.
- [4] 冯兰芳,夏兆义,王宏晓,等. 白车身逆向造型及强度分析[J]. 制造业自动化 2012 34(2):53-55.
- [5] 傅亚楠. CATIA 逆向造型曲面优化技术研究[D]. 长春:长春理工大学 2011.

(责任编辑:刘莉宏)



(上接第7页)

- [12] Imma Boada. Approximations of 3D Generalized Voronoi Diagrams[C]. Eindhoven: European Workshop on Computational Geometry, 2005.
- [13] A Abdul-Rahman, M Pilouk. Spatial Data Modelling for 3D GIS[M]. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [14] Dong Pinliang. Generating and updating multiplicatively weighted Voronoi diagrams for point, line and polygon features in GIS[J]. Computers & Geosciences 2008 34(4): 411-421.
- [15] 李清泉,杨必胜,史文中,等. 三维空间数据的实时获取、建模与可视化[M]. 武汉:武汉大学出版社 2003.
- [16] 龚建雅. 地理信息系统基础[M]. 北京:科学出版社, 2001.
- [17] 胡鹏,黄杏元,华一新. 地理信息系统教程[M]. 武汉:武汉大学出版社 2002.
- [18] 龚健雅,杜道生,李清泉,等. 当代地理信息系统技术[M]. 北京:科学出版社, 2006.
- [19] 朱庆. 三维地理信息系统技术综述[J]. 地理信息世界, 2004 2(3):8-12.
- [20] 侯恩科,吴立新. 三维地学模拟几个方面的研究现状与发展趋势[J]. 煤田地质与勘探 2000 28(6):5-7.
- [21] 李青元,林宗坚,李成明. 真三维 GIS 技术研究的现状与发展[J]. 测绘科学 2000 25(2):47-51.

(责任编辑:刘莉宏)