

文章编号: 1001-1595(2010)02-0111-04

论地球空间信息的 3 维可视化: 基于图形还是基于影像

李德仁

武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室

3D Visualization of Geospatial Information: Graphics Based or Imagery Based

Li Deren

State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430070, China

Abstract: 3D visualization of geospatial information has constituted one of the basic requirements of geoinformation service nowadays, along with popularity, openness and capabilities of target-measuring and knowledge-mining. Currently, there are two major technical routines for 3D visualization of geospatial information, that is, the graphics based and the imagery based approaches. This paper elaborates the basic principles, technical connotation and manifestations of these two types of approaches, with some typical application instances illustrated correspondingly, then compares their advantages and disadvantages as well as the application scopes. It is a significant feature to adopt the graphics based and imagery based techniques together in the current applications, and by such a combined strategy, the 3D visualization of geospatial information can be accomplished economically and efficiently to a certain degree, thus will meet the versatile requirements of geoinformation service better.

Key words: geospatial information; 3D visualization; graphics; imagery

摘要: 地球空间信息 3 维可视化已经和大众化、开放性、可量测、可挖掘一并成为信息化服务的基本要求。基于图形信息的 3 维可视化和基于影像信息的 3 维可视化是实现地球空间信息 3 维可视化的两种主要技术途径, 本文结合典型应用实例, 对这两类方法的基本原理、技术内涵及表现形式进行概括, 比较它们各自的优缺点和适用范围, 指出将两者优化组合是当前地球空间信息 3 维可视化应用的一个显著特征, 能在某种程度上实现 GIS 3 维可视化既经济又高效的目标, 更好的适应未来空间信息服务需求的多样性。

关键词: 地球空间信息; 3 维可视化; 图形; 影像

中图分类号: 208

文献标识码: A

基金项目: 国家自然科学基金(40201044)

1 概述

地球空间信息 3 维可视化不仅是影响 3 维 GIS 发展的关键技术^[1-2], 也是空间信息服务环境具备体验性的基础^[3-5]。按照技术实现的途径, 可以将地球空间信息 3 维可视化的方法分为两大类, 即基于矢量图形信息的 3 维可视化和基于实景影像信息的 3 维可视化。将两者有机结合是地球空间信息 3 维可视化发展的一个显著特征。

2 地球空间信息 3 维可视化的方法

2.1 基于图形信息的 3 维可视化

基于图形信息的 3 维可视化方法, 是指基于已有的地形或地物特征数据, 首先利用计算机建立它们的 3 维几何模型, 然后在给定观察点和观察方向后, 进行着色、消隐、光照、纹理映射及投影

等一系列制作, 最终产生虚拟场景^[6-11]。该类方法的实现, 离不开 3 维空间数据的获取、表示和管理、3 维模型快速重建、3 维虚拟场景实时绘制与快速漫游等关键技术的支撑。不同的应用需求可综合采用多种数据获取和建模手段, 如基于立体航空/航天摄影测量的 3 维城市建模(图 1)、基于 LIDAR 扫描数据与影像数据融合的 3 维城市建模(图 2)、基于 InSAR 数据的高精度 DEM 构建以及基于近景摄影测量数据的地物精细建模等。在场景实时绘制与快速漫游方面, 数据动态装载、图形渐进描绘、多重细节层次(levels of detail, LOD) 和虚拟现实表现等是主要的技术特征^[7-9]。

2.2 基于影像信息的 3 维可视化

随着数字摄影测量、计算机视觉和虚拟现实等技术的发展, 直接由立体正射影像、核线影像或者全景序列影像构建人造立体视觉和立体

量测环境, 已成为地球空间信息 3 维可视化应用的一种经济快捷的技术途径^[12-16]。基于影像信息的 3 维可视化方法主要包括可量测虚拟现实 (MVR)、可量测实景影像 (DMI) 和 3 维全景图像 (3D panoramic image) 三种表现形式。

量测到广大用户按需要量测的跨越^[14], 具有时间维度的 DMI 在空间信息网格技术上还能形成历史数据挖掘, 为通视分析、商业选址等应用提供用户自身可扩展的数据支持, 如图 4 (a) 和图 4 (b)。

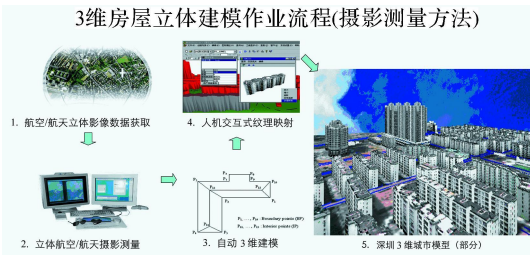


图 1 基于光学影像的数码城市(深圳)

Fig.1 Modeling of cyber city based on optical RS images (Shenzhen)

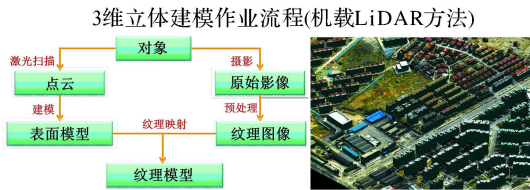


图 2 基于机载 LiDAR 数据的数码城市(南京)

Fig.2 Modeling of cyber city based on airborne LiDAR scanning data (Nanjing)

2.2.1 可量测虚拟现实(MVR)

通过数字正射影像 (DOQ) 和数字立体匹配片 (DSP) 分别以正射投影和辅助投影的方式对摄影区域进行无缝覆盖, 恢复摄影时地形表面所有地形和地物信息, 实现对大范围立体模型的无缝漫游, 这样既构成虚拟现实系统, 又可以量测物体的 3 维信息, 于是就构成了 MVR 系统^[12-13]。MVR 突破了传统立体测图以单个模型为单位而不能形成跨越模型的无缝立体的局限, 通过数据库的方式对 DOQ、DSP、像片参数和 DEM 进行管理, 形成无缝立体影像数据库, 进而提供给用户一个可量测的无缝空间立体模型 (如图 3)。

2.2.2 可量测实景影像(DMI)

DMI 是指在一体化集成融合管理的时空序列上, 具有像片绝对方位元素的航空、航天、地面立体影像的统称^[5, 14]。来自 POS 辅助的无地面控制摄影测量系统的 DMI 具有统一地理参考, 无需做任何加工处理即可通过软件服务与已有的数据资源、信息系统乃至互联网集成, 提供直接、直观的 3 维实景可视化服务。DMI 能体现从专业人员按规范

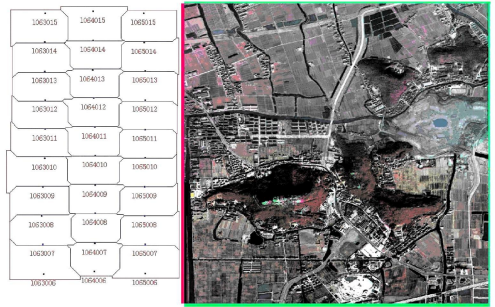
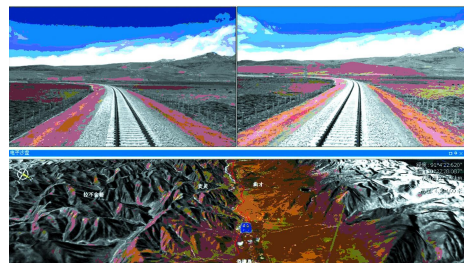


图 3 左: 正射影像拼接时的镶嵌多边形; 右: 基于可量测无缝立体模型的 MVR

Fig.3 Left: Valid polygons of mosaicked orthoimages; right: MVR built up by measurable seamless stereo model



(a) 基于DMI的青藏铁路3维可视化



(b) 基于DMI的3维可视化影像城市

图 4

Fig. 4

DMI 与基于图形可视化的 3 维模型融合, 能将虚拟和实景有效结合。图 5 是一个 DMI 与虚拟 3 维模型相结合的实例, 场景中的轿车等由 3Dmax 建模输出的 3 维模型, 被反投影到 DMI 中。

2.2.3 3 维全景图像

3 维数字全景是通过专业相机捕捉整个场景的图像信息, 然后使用软件进行图像拼合和播放, 即将平面照及计算机图变为 360° 全景拼接影像, 从而呈现给观众一个模拟的真实 3 维空间^[16]。

图 6(a) 和(b) 分别给出了柱面和球面两种 3 维全景图像的实例。



图 5 DMI 与 3D 模型结合

Fig. 5 An instance of combination of real DMI and 3D virtual models



(a) 柱面全景



(b) 球面全景

图 6

Fig. 6

2.3 两类方法的比较

如表 1 所示, 通过比较地球空间信息 3 维可视化的两类方法, 可以发现, 基于图形的 3 维可视化能够为用户提供多维、多视角、全方位的地物目标浏览、测量和分析环境, 因而适用于应急模式下的空间辅助决策, 但该类方法存在前期数据采集量大、处理算法复杂、成本高、周期长等问题。基于影像的方法直接由影像数据本身构造地球空间信息的 3 维虚拟可视化环境, 不需要预先对地物目标进行几何纹理等特征数据的采集和处理, 在

某种程度上更适应于快速 3 维可视化和按需测量的应用需求, 但该类方法在空间分析和应急响应等应用方面远不及基于图形的 3 维可视化方法。

表 1 两类可视化方法的比较

Tab. 1 Comparison of the two types of visualization approaches

比较内容	基于图形的可视化方法	基于影像的可视化方法
可视化原理	计算机图形图像学、虚拟现实等	数字摄影测量、计算机视觉、虚拟现实等
数据基础	矢量模型、纹理影像	数字正射影像和数字立体匹配片、近景序列影像等
特征数据采集	需要, 且工作量大	不需要
纹理建模	需要	不需要
可视化范围	已建模的地物目标	立体影像上的全部地物目标
对模型的全方位浏览	支持	不支持
空间分析能力	较强	较弱
计算量	较大	很小, 基本不需要计算
成本	较高	较低
制作周期	较长	较短

3 结 论

基于图形的 3 维可视化方法和基于影像的 3 维可视化方法各有优缺点, 前者可以通过对感兴趣地物目标内外部结构的精细建模, 为 3 维 GIS 空间分析和决策响应等应用提供支持, 后者可以为用户提供一个可自主浏览和按需测量的立体视觉平台, 为地形地物的快速浏览和测量提供服务。因此, 实际工程中要根据应用需求, 综合考虑制作成本、周期以及系统建设的复杂度等因素, 合理地选择使用某一类方法途径, 或者采用两者相结合的方式。其中, 将二者有机结合是地球空间信息 3 维可视化应用的一个显著特征。

图 7 给出基于图形和影像相结合的 3 维可视化方案在“数字潜江”中的应用实例。该系统集成基于图形和基于影像 3 维可视化方案, 实现了图形、影像及属性数据的统一组织、管理、调度和同步显示, 并从算法优化和硬件配置等多个方面营造一个最佳的地球空间信息 3 维可视化环境。



图7 基于图形和影像相结合的3维可视化应用实例

Fig.7 An instance of the integrative 3D visualization mode

致谢:感谢王密、胡庆武、胡芬在本文写作过程中提供的帮助。

参考文献:

- [1] LI Deren, SHAO Zhenfeng. The Intrinsic Property of Geoinformatics is Service[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2008(5): 1-4. (李德仁, 邵振峰. 信息化测绘的本质是服务[J]. 测绘通报, 2008(5): 1-4.)
- [2] XIAO Lebin, ZHONG Ershun, LIU Jiyuan, et al. A Discussion on Basic Problems of 3D GIS[J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6A(9): 843-848. (肖乐斌, 钟耳顺, 刘纪远, 等. 3维GIS的基本问题探讨[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6A(9): 843-848.)
- [3] LI Deren, SHAO Zhenfeng. Image City: Wuhan[J]. Geospatial Information, 2008, 6(3): 1-5. (李德仁, 邵振峰. 影像城市: 武汉[J]. 地理空间信息, 2008, 6(3): 1-5.)
- [4] SHAO Zhengfeng, LI Deren. Spatial Information Multi-grid for Data Mining [C] // Proceedings of Advanced Data Mining and Applications. [S. l.]: ADMA, 2005: 777-784.
- [5] LI Deren, HU Qingwu. Digital Measurable Image Based Geospatial Information Service[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2007, 32(5): 377-380. (李德仁, 胡庆武. 基于可量测实景影像的空间信息服务[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2007, 32(5): 377-380.)
- [6] ZHU Qing, LI Deren, ZHANG Yeting, et al. Integration of DEMs, Images and 3D Models[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2002, 68(4): 361-367.
- [7] ZHU Q, HU M Y, ZHANG Y T, et al. Research and Practice in Three dimensional City Modeling[J]. Geospatial Information Science, 2009, 12(1): 18-24.
- [8] YANG Bisheng, LI Qingquan, MEI Baoyan. Study of the Visualization of Three-dimension Urban Model[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2000, 29(2), 149-154. (杨必胜, 李清泉, 梅宝燕. 3维城市模型的可视化研究[J]. 测绘学报, 2000, 29(2): 149-153.)

- [9] JIN Hailiang, GAO Jingxiang. The Research Development of 3D Terrain Visual Technique[J]. Science of Surveying and Mapping, 2006, 31(6): 162-164. (靳海亮, 高井祥. 3维地形可视化技术研究进展[J]. 测绘科学, 2006, 31(6): 162-164.)
- [10] LODHA S, AMES A, BICKETT A, et al. 3D Geospatial Visualization of the U CSC Campus [C] // Proceedings of ASPRS Annual Conference. [S. l.]: ASPRS, 2005.
- [11] KOLBE T H, GRÖGER G, PLÜMER L. City GML—3D City Models and Their Potential for Emergency Response [M] // Geospatial Information Technology for Emergency Response. London: Taylor & Francis, 2008.
- [12] LI Deren, WANG Mi. Method for Generating Measurable Seamless Orthoimage Stereo Model with High Accuracy and Its Application Based on Aerial Images[J]. Railway Survey, 2004(1): 1-6. (李德仁, 王密. 一种基于航空影像的高精度可量测无缝正射影像立体模型生成方法及应用[J]. 铁道勘察, 2004(1): 1-6.)
- [13] WANG Mi. A New Approach for Generating a Measurable Seamless Stereo Model Based on Mosaic Orthoimage and Stereomatch[J]. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2004, 35(3): 122-127.
- [14] LI Deren. On Concept and Application of Digital Measurable Images: From 4D Production to 5D Production[J]. Science of Surveying and Mapping, 2007, 32(4): 5-7. (李德仁. 论可量测实景影像的概念与应用: 从4D产品到5D产品[J]. 测绘科学, 2007, 32(4): 5-7.)
- [15] ZHANG Zuxun, ZHENG Shunyi, ZHANG Jianqin. Three-dimensional Visualization Engineering Design[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2002, 27(4): 337-341. (张祖勋, 郑顺义, 张剑清. 3维可视化工程设计的研究[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2002, 27(4): 337-341.)
- [16] THOMAS L, WERNER T. 3-D Object Reconstruction from Multiple-station Panorama Imagery[J]. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2004(34): 5-10.

(责任编辑: 张燕燕)

收稿日期: 2009-06-11

修回日期: 2010-01-08

作者简介: 李德仁(1939—), 男, 中国科学院院士、中国工程院院士, 主要从事以遥感、全球定位系统和地理信息系统为代表的空间信息科学与技术的科研和教学工作。

Author: LI Deren(1939—), male, a academician of the Chinese Academy of Sciences, academician of the Chinese Academy of Engineering, majors in the research and education in spatial information science and technology represented by RS, G S and GIS.