

引文格式: 袁伟俭,章达成,王联友.地理信息三维可视化技术研究[J].北京测绘,2021,35(4):489-493.

DOI: 10.19580/j.cnki.1007-3000.2021.04.015

地理信息三维可视化技术研究

袁伟俭 章达成 王联友

(浙江省测绘科学技术研究院,浙江 温州 325000)

[摘要] 通过个案研究法,研究一种地理信息三维可视化技术的实现途径。利用无人机采集的激光点云和倾斜摄影技术,在四叉树分解过程控制下,整合了数字高程模型(Digital Elevation Model,DEM)三维模型搭建和多细节层次(Levels of Detail,LOD)综合数据叠加,使用Smart3D开发工具包对模型进行GFX回调函数加碰撞检测函数的数据优化治理,进而通过对光源、雾气等干扰数据的有效排除,形成了核心的地理信息数据库。进而在Unity3D+LAMP开发环境下,形成支持WEB的在线地理信息三维可视化结果调取功能。经过本次技术升级,用户可以避免传统地理信息系统(Geographic Information System,GIS)调看过程中的纸质图纸重新数字化带来的诸多不便,同时可以实现需求数据的实时在线调取。相比较传统GIS系统,该技术将为未来勘探过程带来更强大的数据支持。

[关键词] 地理信息; 三维模型; 可视化; 数字高程模型(DEM)

[中图分类号] P217

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-3000(2021)04-0489-05

0 引言

基于地理信息系统(Geographic Information System,GIS)与数字高程模型(Digital Elevation Model,DEM)技术,使用DEM技术构建三维模型,使用多细节层次(Levels of Detail,LOD)技术和四叉树节点融合模式使其与GIS坐标充分融合,形成地理信息三维可视化模型。而地理信息三维可视化平台的全面建设工作已经开启多年,是当前为全面建设智慧城市和智慧乡村的重要数据支持,也是当前的首要地质勘探任务。

地理信息三维可视化技术在相关工程应用中具有较强的数据价值,以往的平面GIS资料虽然可以为工程勘探提供数据支持,但数据的高程精度较低,一般需要在勘探过程中重复高程勘察。而地理信息三维可视化勘探工作完成后,这一现状问题可以得到有效改善。兰培贵研究了三维可视化技术对矿产勘察项目的数据支持意义^[1]。杨康等研究了三维可视化技术对地质调查项目的数据支持意义^[2]。南竣祥等研究了三维可视化技术对文物遗存保护工作的数据支持意义^[3]。

在地理信息三维可视化项目的技术实现模

式方面,当前可用的工程软件平台较为丰富。邹进贵等研究了基于OSGEarth平台的地理信息三维可视化技术实现途径^[4]。梅昭容等研究了基于遥感(RemoteSensing,RS)+GIS技术的地理信息三维可视化技术实现途径^[5]。陈淑妹等研究了基于Unity3D引擎下的DEM技术支持的地理信息三维可视化技术实现途径^[6]。杨薇研究了无人机机载EV-Globe系统在地理信息三维可视化技术中的应用途径^[7]。张子坤等研究了基于Skyline对大型厂区内复杂地表建筑进行建模的地理信息三维可视化实现途径^[8]。

在诸多技术途径和几乎统一的地理信息三维可视化实现目标下,如何使用现有技术平台对地理信息三维可视化过程进行智能化、自动化处理且形成高保真的三维模型,同时为后续数据融合提供足够丰富的信息锚点,是当前地理信息三维可视化工程的重要实现途径研究方向。本文从个案分析出发,对相关技术的融合模式进行分析研究。

1 地理信息三维可视化建模的个案情况介绍

1.1 个案地质条件介绍

勘探区域位于鄂西山区,林木发育,河谷众

[收稿日期] 2020-07-22

[作者简介] 袁伟俭(1991—),男,浙江温州人,大学专科,助理工程师,研究方向为工程测量。

E-mail: hzbot0919@163.com

多,地质条件较为复杂。勘探区东西长 15 km,南北宽 10 km,海拔 476 ~ 1 272 m,大部分区域位于秭归县以南,G50 高速公路以北。

调查区域内主要道路为区域南侧的 G318 国道和区域西侧的 S255 省道,但两条主要道路未穿过该区域。区域内道路为山间村村通公路,且区域内路网复杂,村庄众多。早期勘探过程中,对该区域多使用卫星勘探与航空摄影勘探,缺少地面翔实勘探记录,故本次勘探的核心目的是对该区域进行补充勘探,在确定地貌信息和农林业资源信息的同时,对包含村村通山间公路在内的基础设施进行全面测绘。

该区域有一核心旅游景区,为以仙地山 AAAA 级景区为核心辐射的多个中小型旅游景区,此景区集群为 AAAAA 级三峡竹海景区的辐射区域。故该勘探任务属于旅游经济和林业经济驱动的前期勘探相对不完善地区的补充勘探任务。

1.2 地理信息三维可视化的工程目标

使用激光点云技术和倾斜摄影技术对区域地形地貌数据进行采集,绘制足够精细的厘米级 DEM 三维模型并与 GIS 系统进行数据融合,是技术层面的工程目标。但从前文分析中可以发现,本次地理信息三维勘探有多个核心目标:

(1) 对路网、渠道等公共设施进行全面勘探

村村通道路一般宽度在 5 m 左右,且在高山林木的遮罩下,卫星遥感与航空摄影难以有效捕捉。同理,诸多山间渠道也受到较严重的林木遮挡影响,影响传统的非地面勘探工作。所以在本次勘探过程中,有必要对其进行详细的厘米级精度的勘探。

(2) 对乡村规模与地表附属建筑进行全面勘探

本次勘探区内有村庄 46 个,常住人口 5.73 万人,因为村庄建筑除集体建筑外,一般不需要进行规划审批等建设审批工作,所以建设过程一般较为自由,这就导致村庄的地表附属建筑物变化较快。所以有必要通过本次勘探过程对村庄内建筑物的基本形态进行全面测绘。

(3) 对林业资源和旅游资源进行全面勘探

该区域林木覆盖率达到 83%,属于林业资源较丰富地区。通过本次测绘,应对林木树种进行识别确认,对林业资源的规模和经济价值进行充

分评估。同时配合林业用地的确权工作,了解不同家庭林业承包区域内的林木资源情况。

(4) 同步完成其他勘探目标

为了对后续的农林复垦规划、地质灾害评估、矿产资源压覆评估等提供相应的数据支持,本次勘探测量过程有必要对与地质灾害、矿产资源等相关的地质情况进行充分识别和测绘,以提供足够翔实的数据资料。

2 相关测绘技术的选择

2.1 地面高程的 DEM 技术

基于 Smart3D 技术对无人机激光点云和倾斜摄影数据进行综合分析,可以得到地面地形的 DEM 数据结果。在无人机正常巡航模式下,获得的激光点云数据和倾斜摄影技术经过数据整合,形成 DEM 下的多边形耦合点阵,最终在 Smart3D 中构建三维点阵模型。通过提升机载激光点云设备和倾斜摄影设备性能,或通过多次通场飞行适当加大通场密度,可以有效提升该 DEM 模型的精度。本次计划为勘探区域内提供厘米级精度的三维 DEM 模型,通场航线距离设定为 100 m 和 150 m,通过有效的数据整合和数据平差算法可以得到高精度结果^[9]。

2.2 建筑物的 LOD 技术

因为建筑物的细节较传统地形勘探更为复杂,所以需要在 DEM 模型的基础上执行基于 LOD 架构的数据叠加。LOD 数据中部分来自地面调查统计数据,部分来自激光点云的平扫数据,部分来自高密度无人机通场遥测的相关数据,如图 1 所示。

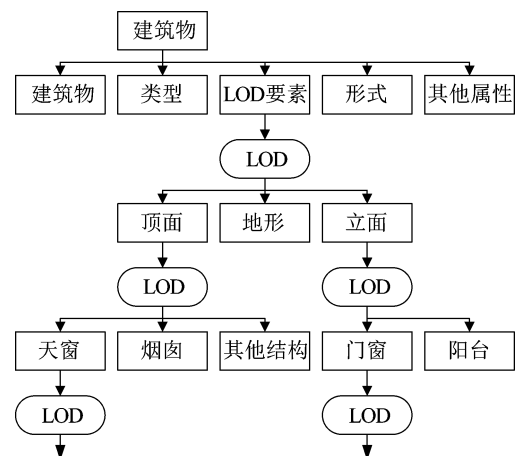


图 1 地面建筑的 LOD 叠加模式示意图

图1中,通过对建筑物类型和形式进行人工识别或机器学习识别,进而在LOD下对其外墙面进行组件识别,包括其门窗、阳台、天窗、烟囱及其他结构,最终形成高精细度的建筑物三维模型。当前技术条件下,通过基于Python及Java的二次开发数据分析系统,配合Smart3D的二次开发接口及其开发工具包,可以构建建筑物LOD要素识别及LOD数据叠加的工程专用系统。

2.3 三维层次结构的四叉树技术

本次勘探测量工作采用四叉树的方式控制一块15 km × 10 km的区域,将每个区域划分为5 km × 5 km的一层网格,进而对每个区域按照边长中心点进行划分:2.5 km × 2.5 km、1 250 m × 1 250 m、625 m × 625 m,进而最终形成约为40 m × 40 m的城市区域网格,并在此基础上进行数据整合分析。其数据流来源见图2。

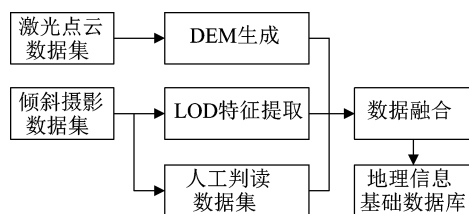


图2 三维层次结构搭建的数据流示意图

四叉树初始化过程中,首先明确无人机视域范围 R 内包含的多个子锚定点 g

$$R = \{g_1, g_2, \dots, g_n\},$$

$$\text{area}(g_i) = \text{area}(g_j), 1 \leq j \leq 2, i \leq n \quad (1)$$

式中, R 为无人机视域范围; g 为视域内的锚定点; i, j 为锚定点的视域投影坐标。

无人机巡航过程中,反复监测视域 R 的范围变化。经过 Δt 后,之前视域位置 R 移动到了新视域位置 R' 时,新视域范围 R' 的表达式为

$$R' = \{g'_1, g'_2, \dots, g'_n\},$$

$$\text{area}(g'_i) = \text{area}(g'_j), 1 \leq j \leq 2, i \leq n \quad (2)$$

式中, R' 为无人机视域范围; g' 为视域内的锚定点; i, j 为锚定点的视域投影坐标。

当 $R' \neq R$ 时,通过对集合内锚定点的控制进行四叉树重新遍历,即

$$\begin{cases} G_{\text{loadout}} = R - R' \\ G_{\text{loadin}} = R' - R \end{cases} \quad (3)$$

在系统边界之间移动视域,直至视域面积的重叠过程覆盖整个勘察区域。

3 地理信息三维可视化的数据融合

由四叉树对象构建的数据集开始,经过回调函数(GFX)和碰撞检测函数的数据预处理后,构建地理信息三维可视化的活动场景,在此场景下,排除光源、雾气等对三维模型的影响,同时从遥测设备的原始图像中获得相关模型的材质信息,最终在活动场景中构建高仿真模型数据^[10]。在LOD层次划分中,可以将包括蒙皮材质在内的任何LOD信息移出或加入,形成动态可控的地理信息三维模型,详见图3。

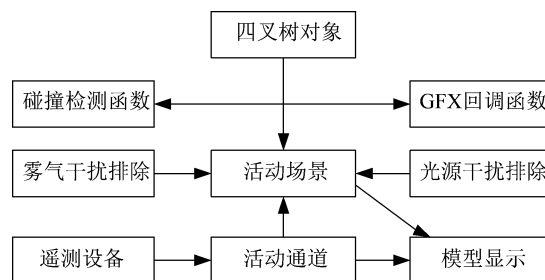


图3 数据融合的基本数据流图

图3中使用的GFX回调函数、碰撞检测函数、雾气及光源干扰排除方法等,均在本文选择的Smart3D平台中有封装功能,在此就不再进行相关函数的相关论述。而GFX回调函数的意义在于确立三维模型元件之间的交互叠加模式,碰撞检测函数的意义在于确立模型元件之间的边界及构建其相互作用机理。经该数据流处理的地理信息三维模型,具有DEM的全部功能和特征,但也有其独特性。

(1) 可以实现多种信息叠加查询模式

基于DEM + LOD生成的信息叠加模型,可以将调查目标分析中的多种数据全部叠加到同一个地理信息三维模型中,通过选择LOD数据源,可以获得不同的信息查询模式,以适应不同的模型调用目的。如在森林资源调查的查询目标下,重点展示与植被林木和树种信息有关的信息叠加模式;在地面附属物调查的查询目标下,重点展示与村庄建筑物有关的信息叠加模式;在交通路网规划调查的查询目标下,重点展示与路网及水渠河流有关的信息叠加模式^[11]。

(2) 可以实现不同目的的数据展示模式

通过延伸的LAMP开发,在WEB + Unity3D的开发工具包支持下,将DEM + LOD模型转化

为 Unity3D 模型,实现在展示平台中对不同查询目标的桌面端和移动端展示。同时,可以在 WEB 驱动的 DEM + LOD 模型中,选择模型的相关区域,可以随时调看高精度的 GIS 信息,以及经过叠加 DEM + LOD 模型数据的 GIS 信息,可以对工程测量和工程勘探提供足够翔实的数据支持。

一键安装包(LAMP) 下 WEB + Unity3D 的三维模型展示系统的数据结构如图 4 所示。

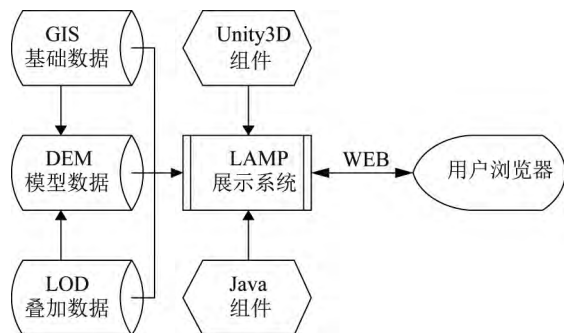


图 4 基于 LAMP 的 WEB 三维模型展示平台数据流图

图 4 中, LAMP 开发系统及其配套的硬件支持系统是该地理信息三维模型的核心展示组件,该组件在 Unity3D 及 Java 组件的支持下二次开发,数据来源为三个数据库,即 DEM 模型数据库、LOD 叠加数据数据库、GIS 基础地理信息数据库。上述三个数据库数据来自前文分析的数据采集整合结果,特别是基于图 3 流程获得的最终数据整理结果。LAMP 展示系统的展示结果经过 WEB 连接到用户浏览器中,用户可以根据系统管理员给予的相应权限,浏览上述地理信息三维模型。

传统的民用 GIS 信息调看模式是民营企业根据勘探需求,向当地国土管理相关部门提交申请并交纳相应费用后,获得纸质版 1:5 000 ~ 1:500 的 GIS 地图,部分企业在实际勘探过程中还需要对纸质地图进行重新数字化后才可以应用到相应工程中。该系统部署后,有勘探需求的民营企业可以直接在线申请相应的 GIS + DEM + LOD 数据,从而避免了纸质图纸重新数字化带来的误差,如图 5 所示。

图 5(a) 可以较为直观地显示地形地貌的几何学特征,但其显示精度到 DEM 的解析能力影响。此种模式可以提供较快的响应速度,也可以从高程坐标体系、水平坐标体系中展示较直观的

信息。但其对地形地貌的反应能力不足。图 5(b) 是经过岩土材质 LOD 叠加的模型图,可以较大程度还原现场地形地貌,对主观决策和感性决策有直接意义,且此模式在诸多三维地图公共服务网站中有广阔应用场景。两种模式均可以在 LAMP 服务平台和 WEB 界面得到充分数据整合展示。当然,LOD 信息的叠加有多种形式,本文不进行更多效果展示。

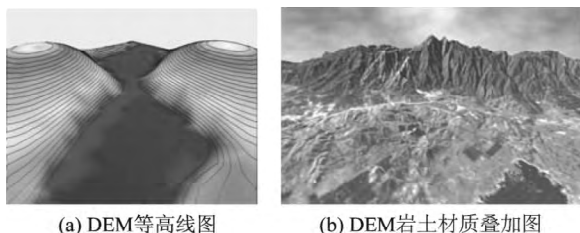


图 5 地理信息三维可视化效果图

4 结束语

地球信息三维模型的可视化技术是一个多技术整合的过程,也是当前地理信息深度调查和 GIS 系统升级的重要步骤。该个案的实录分析中,使用了 DEM 技术、LOD 技术、二叉树技术等对基于无人机测量的实测数据进行全面分析,且使用了 Smart3D 平台工具包中的回调函数(GFX)、碰撞检测函数、雾气及光源干扰的排除工具等进行综合的模型优化分析,最终形成的地理信息三维模型还经过基于 Unity3D 技术的可视化模型转化,并结合 LAMP 开发及服务平台,面向 WEB 客户端提供查询功能和访问行为控制功能。经过本次技术升级,用户可以避免传统 GIS 调看过程中的纸质图纸重新数字化带来的诸多不便,同时可以实现需求数据的实时在线调取。相比较传统 GIS 系统,该技术将为未来勘探过程带来更强大的数据支持。

当前技术条件下,地理信息三维模型的 WEB + Unity3D 展示也存在一定的技术问题,包括前文描述的数据提交功能和数据编辑功能不足,以及 Unity3D 本身对三维模型的展示存在一定程度的基于透视算法和蒙皮叠加的矢量失真等。在后续研究中,可以通过对 Unity3D 组件进行二次开发且不断优化数据融合算法,同时通过寻求更新的 WEB 展示工具等方式,使该展示技术得到进一步提升。

参考文献

- [1] 兰培贵. 矿产勘查中三维可视化技术应用分析[J]. 西部资源, 2019(3): 202-203.
- [2] 杨康, 于浩. 三维地理信息技术在地质调查中的应用[J]. 山东工业技术, 2017(20): 60.
- [3] 南竣祥, 梁爽, 李海泉, 等. 现代空间信息技术与秦蜀古道遗产保护[J]. 文物保护与考古科学, 2017, 29(5): 52-57.
- [4] 邹进贵, 翟若明. OSGEarth 的 3D 场景可视化关键技术实现[J]. 测绘地理信息, 2020, 45(2): 51-55.
- [5] 梅昭容, 潘剑君. 多次 RS 与 GIS 技术在矿区量测中的应用[J]. 科技创新导报, 2018, 15(26): 61-64.
- [6] 陈淑妹, 甘淑. Unity3D 支持的 DEM 地形三维可视化表达技术实现[J]. 软件导刊, 2018, 17(1): 208-211.
- [7] 杨薇. 基于 EV-Globe 的飞行器试验三维动态显示系统的设计与实现[J]. 舰船电子工程, 2017, 37(7): 80-83.
- [8] 张子坤, 王万鹏, 李新锋, 等. 基于 Skyline 的大型厂区三维地理信息系统建设[J]. 测绘与空间地理信息, 2017, 40(2): 98-100, 105.
- [9] 张琳原. 测绘地理信息技术在突发公共事件中的技术保障作用[J]. 北京测绘, 2013(5): 109-112.
- [10] 王晓霖, 帅健, 宋红波, 等. 输油管道高后果区识别与分级管理[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(6): 149-154.
- [11] 章磊, 周星. 试论高技术促进现代科学土地管理[J]. 北京测绘, 2000(3): 2-5.

Research on 3D Visualization Technology of Geographic Information

YUAN Weijian, ZHANG Dacheng, WANG Lianyou

(Zhejiang Institute of Surveying and Mapping Science and Technology, Wenzhou Zhejiang 325000, China)

Abstract: Through case study, this paper proposed a method to realize 3D visualization of geographic information. With the laser point cloud and tilt photos acquired by UAV, the control of quadtree decomposition was applied to the DEM 3D model construction and LOD comprehensive data integration. The data optimization management of GFX callback function and collision detection function were carried out with Smart3d development kit, and then the core geographic information was formed through the effective elimination of interference data such as light source and fog Database. Then in the Unity3d + LAMP development environment, the online Geographic Information 3D visualization result retrieval function supporting Web was formed. After this technology upgrade, users could avoid the inconvenience caused by the redigitization of paper drawings in the process of traditional GIS retrieval, and realized the real-time online retrieval of demand data. Compared with the traditional GIS system, this technology would bring more powerful data support to the future exploration process.

Keywords: geographic information; three-dimensional(3D) model; visualization; Digital Elevation Model(DEM)