

基于倾斜摄影技术构建实景三维产品的应用开发探讨

段金增¹ 段鹏高¹ 段伟男²

1. 河北省测绘产品质量监督检验站, 河北 石家庄 050031
2. 石家庄奥晰工程勘测设计有限公司, 河北 石家庄 050031

[摘要] 倾斜摄影技术在多视点航拍中的应用, 已成为一种高效且客观地立体展现真实场景的大面积采集手段。该技术通过在单一飞行平台上集成多个探测器, 同步从垂直及多个倾斜视角捕捉图像, 进而实现对地面环境的精细刻画。结合高精度 POS 设备的辅助, 该技术确保了空间信息的高精度获取。本探讨聚焦于利用倾斜摄影技术构建 3D 空间模型, 该模型在保留地表元素重构特性的同时, 通过空域分析及 POS 数据的空三解算, 极大提升了地物定位的精确度, 为 3D 空间信息的多元化应用开辟了新路径。在此背景下, 本篇文章系统探讨了倾斜摄影技术在立体场景构建中的软件应用与开发。

[关键词] 倾斜摄影技术; 实景三维; 三维产品; 应用开发

DOI: 10.33142/ec.v8i2.15328

中图分类号: P235.2

文献标识码: A

Exploration on the Application Development of Realistic 3D Products Based on Tilt Photography Technology

DUAN Jinzeng¹, DUAN Penggao¹, DUAN Weinan²

1. Hebei Surveying and Mapping Product Quality Supervision and Inspection Station, Shijiazhuang, Hebei, 050031, China
2. Shijiazhuang Aoxi Engineering Survey and Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050031, China

Abstract: The application of oblique photography technology in multi viewpoint aerial photography has become an efficient and objective method for capturing large areas of real scenes in a three-dimensional manner. This technology integrates multiple detectors on a single flight platform, synchronously capturing images from vertical and multiple oblique perspectives, thereby achieving precise characterization of the ground environment. With the assistance of high-precision POS devices, this technology ensures high-precision acquisition of spatial information. This discussion focuses on the use of oblique photography technology to construct a 3D spatial model. This model preserves the reconstruction characteristics of surface elements while greatly improving the accuracy of ground object positioning through spatial analysis and spatial triangulation of POS data, opening up new paths for the diversified application of 3D spatial information. In this context, this article systematically explores the software application and development of oblique photography technology in the construction of stereoscopic scenes.

Keywords: oblique photography technique; realistic 3D; 3D products; application development

引言

倾斜摄影技术 (oblique image survey) 近年来在全球范围内异军突起, 成为一项引领科技前沿的关键技术。本项目拟采用多传感器集成系统, 涵盖多相机、GPS/GNSS 及惯性导航系统等, 同步执行垂直与倾斜等多角度成像作业, 旨在全面且精确地捕获地表目标信息。经由图像同名点自动匹配、空三加密运算、不规则三角网 (TIN) 构建及表面贴图无缝拼接等处理流程, 最终生成倾斜摄影观测数据集, 即实景三维数据 (Real3D Data, 简称 R3D)。相较于传统人工 3D 建模方式, 实景三维数据以其高度逼真的视觉呈现、高精度的几何信息、高效的生产流程、极低的人为干预度及地表元素的全息复原等特性, 展现出无可比拟的优越性^[1]。

1 需求分析

基于倾斜摄影技术构建实景三维产品的应用开发需求, 其核心关注点广泛分布于现代城市规划、建筑设计、灾害风险评估、文化遗产的数字化留存及旅游推广等多个关键领域。

这些领域均对具备高精度与高效率特性的三维模型展现出强烈的需求意愿。

第一, 在城市规划领域, 实景三维模型能够直观且精确地呈现地形地貌特征, 为城市规划人员提供了科学、可靠的决策依据。这些模型不仅有助于规划人员更合理地规划土地利用、设计道路网络, 还能作为城市环境模拟与仿真的基础数据, 助力规划人员深入剖析城市发展的动态趋势及交通运输的实际需求, 从而制定出更加贴近实际、具有前瞻性的城市规划策略。

第二, 在建筑设计领域, 实景三维模型以其对建筑物及其周边环境的精确反映, 为建筑设计工作提供了宝贵的现实背景资料。设计师们可以依据这些模型, 更直观地把握设计对象的现状特征, 进而在设计过程中融入更加精确的元素, 提升设计方案的可行性与准确性。

第三, 高精度、实时的三维地形数据是预测灾害风险、制定应急预案的重要基础; 三维模型能够实现对古迹、古

建筑等珍贵文化遗产的精确记录与修复指导,在旅游推广领域,三维模型以其沉浸式的体验方式,为游客带来了前所未有的旅游感受^[2]。

2 系统设计及关键技术探讨

2.1 系统设计

针对 PGIS 系统现存的不足,本文提出了一种新的设计思路。该思路立足于 Windows 操作系统,将 Skyline6.5 与 ArcEngine10.1 两大技术体系深度融合,通过 C/S 架构模式,充分发挥 Skyline 在三维可视化方面的优势以及 ArcEngine 在二维数据分析上的专长,实现两大技术的功能互补。借助 .NET 开发框架与 C# 编程语言,企业可设计并开发了一款以倾斜摄影技术为基础的公安 GIS 系统。图 1 清晰地呈现了该系统的整体架构,该架构由底层软硬件环境、数据资源层、技术支持层及应用服务层四个核心部分组成,如图 1 所示。

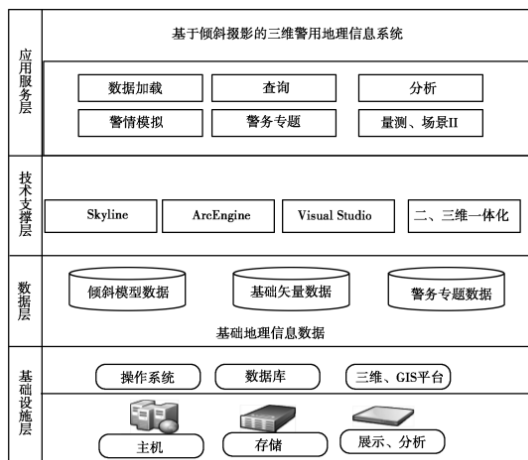


图 1 系统总体架构图

在数据资源层,系统整合了倾斜摄影技术生成的实景三维建模数据、基础的 DLG 矢量数据、DEM 与 DOM 网格数据,以及公安业务所特有的警务数据等多元信息资源。技术支持层则聚焦于开发环境与组件的搭建,即 Skyline 与 ArcEngine 的二次开发组件,并在此基础上深入探索并实践了二维与三维数据一体化的处理技术。应用服务层以倾斜摄影技术生成的实景三维公安 GIS 为核心,其功能涵盖了数据加载、基础工具操作、属性空间查询、基础数据分析、警情模拟演练以及警务专题应用等多个关键领域,旨在为用户提供一套全面、高效且直观的空间信息服务解决方案。

2.2 二、三维一体化策略

鉴于传统基于“StreetFactory”技术的三维建模方法在处理大场景时存在的局限性,如模型个体独立性不足且与现有三维模型融合困难等问题,本项针对大场景三维建模与二维属性信息的关联处理展开深入研究。企业可以二维矢量数据与三维个体模型为基础,构建大场景三维模型与实体对象之间的关联性^[3]。

(1) 在三维建模的基础上,企业可采用主题建模的

处理策略,根据二维矢量数据的大小及其空间分布特征,将大场景的三维模型细分为多个独立的模型单元。利用 Skyline 的 CityBuilder 工具,企业可对倾斜摄影生成的大场景三维模型进行分层或参照层分解处理,并为每个三维模型附加相应的参照数据属性,最终生成具有多尺度、动态特性的 3DML (三维网格层) 格式模型。3DML 模型不仅具备高度逼真的三维视觉效果,而且每个模型单元都已被赋予属性信息,从而支持类似于二维图形的检索与处理操作。

(2) 针对那些未进行单体分割的大场景三维模型,企业可采用二维矢量拼接的处理方法,实现二维数据与三维增强现实(AR)的精确配准与深度融合,构建一个统一的虚拟场景,从而显著提升三维 AR 的检索效率。当用户点击某个目标时,虽然无法直接根据目标的视觉特征进行检索,但系统能够通过获取点击位置的坐标信息,在二维矢量图层中快速定位并查找对应的元素,并读取其属性信息,进而实现二维与三维属性信息的动态关联。在三维建模过程中,点击位置能够自动映射到对应的二维平面元素上,系统会根据二维数据的属性信息,自动将该元素在三维场景中精确定位,并以醒目的色彩突出显示其三维外包矩形框架,从而为用户提供直观的空间定位与属性信息查询体验。

2.3 应用开发方式

实景三维产品的应用开发主要沿循两大路径展开:其一,借助 OpenSceneGraph (OSG) 这一开源图形应用程序接口(API)进行自主开发;其二,则是通过对商用平台的 API 实施二次开发,以实现所需功能。这两条路径均能够构筑出具备面向对象特性的应用程序框架,其结构稳健,操作便捷,能够高效地搭建起开发环境。这些 API 设计直观明了,易于开发者上手,所开发的软件在性能与功能上均表现出色,充分满足用户的多样化需求。

2.4 基于 OSG 的开发实例

OpenSceneGraph (OSG) 是依托 OpenGL 技术,结合 ANSI C++ 和 C++ 模板库 (STL) 共同研发而成的一种开源高层图形库。OSG 作为 OpenGL 的底层硬件抽象层,具备诸多显著特点,如支持多种数据库接口和脚本语言,并对这些进行封装以优化运行时性能。OSG 为几乎所有主流数据库及数据格式,包括分页数据库,均提供直接的数据连接能力。同时,OSG 还支持 Python 和 Tcl 两种不同的脚本语言,其研究成果有望突破当前交互图形系统在用户界面上的局限性。以日照仿真分析为例,该研究旨在通过模拟特定区域内一年中每天不同时段后方建筑物的光影效应,计算出后方建筑物的最短日照时间,从而为建筑间隔合理性的审核提供科学依据。日照仿真分析的实施流程大致如下:首先,利用 OSG 的场景浏览器功能,将真实的三维数据导入至节点中;接着,创建影子场景物体,并明确区分影子接收物体和影子投射物体;然后,确定影子的具体实现方式,最后,研究物体间的相互作用关系,并将其与光照条件相结合进行综合考量。图

3 详细展示 OSG 日照解析函数的框图结构。

osgViewer 作为 OSG 中最为基础的场景浏览工具,能够通过定义一个视图对象库来创建一个场景,并将真实的三维数据导入至场景节点中,从而在窗口中实现真实三维场景的可视化展示与初步浏览。

在 OSG 中,为实现实时投影控制,通常采用 ShadowVolume 技术,通过移动光源来模拟对移动目标的投影效果。每当场景中的几何图形或光源位置发生变化时,都会重新计算阴影体积以获取不同的光影效果。ShadowVolume 本质上是一个由三个不同角度投射而成的透明物体,其形状与投射物(即产生阴影的物体)的形状保持一致。

OSG 完全兼容 OpenGL 中的光照特性,这种光照能够创造出非自然的色彩效果。通过创建一个 osg::Light 对象来设定光照参数,并为其添加一个 osg::LightSource 以获得所需的光照效果。

在日照计算中,需重点关注光源的方向和位置设定。其中,光源被配置为平行光,以模拟阳光的自然效果。平行光的方向和位置可通过解算相关参数来确定,具体算法可参考相关学术文献。最后,将相应的物体添加至阴影节点中,并运行软件,即可获取日照计算仿真结果^[5]。

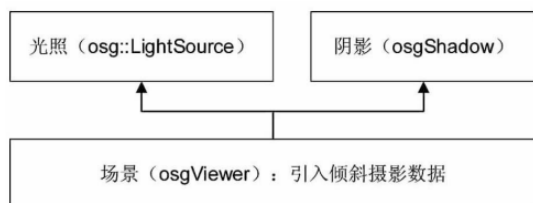


图2 基于 OSG 的日照分析功能结构图

3 试验分析

3.1 试验背景与目标定位

倾斜摄影技术作为摄影测量技术的革新之举,通过集成多传感器于单一飞行平台,实现了从垂直及四个倾斜方向同步捕获影像数据的能力。这一技术不仅突破了传统垂直摄影的局限,更显著提升了数据采集的效率与分辨率,为实景三维建模提供了坚实的数据支撑。本次试验旨在验证倾斜摄影技术在构建实景三维产品中的实践效果与效能,并深入挖掘其在多领域的应用潜力。

3.2 试验流程与技术实施

3.2.1 数据采集阶段

采用高性能无人机搭载倾斜摄影相机,针对目标区域执行详尽的飞行拍摄计划。该计划依据目标地形的复杂程度、地貌特征及建筑物分布进行了精心设计,以确保影像采集的全面性和高质量。

3.2.2 数据处理环节

原始倾斜摄影图像数据经过一系列预处理步骤,包括噪声去除、几何校正与畸变校正,以提升图像质量。随后,利用专业的倾斜摄影三维建模软件,通过特征点提取、匹

配以及稀疏点云构建,逐步生成稠密点云并最终形成三维立体模型。

3.2.3 模型优化与验证

所得三维模型经过纹理映射、几何细节调整等优化手段,显著增强了模型的视觉效果与精确度。同时,对模型进行了全面的质量评估、属性信息提取及空间分析,以验证其在各领域应用的适应性^[6]。

3.3 试验结果与应用前景分析

本次试验成功构建了目标区域的实景三维模型,模型呈现出高精度的几何形态与逼真的视觉效果。通过对比分析,倾斜摄影技术在实景三维产品构建中展现出以下显著优势:第一,高效采集能力,该技术能够迅速获取大量高分辨率影像数据,显著缩短了三维建模的周期。第二,高精度重建效果,多角度影像信息的融合确保了三维模型的高精度,满足城市规划、建筑设计等领域的精度要求。第三,丰富的信息内容,提供的详尽地理与纹理信息使三维模型更加贴近真实世界,提升了模型的应用价值。

4 结论

综上所述,市场需求调研显示,实景三维数据在公共安全、城市管理、城乡规划、社区治理、旅游业等多个领域具有广泛的应用前景。结合实景三维数据与业务数据,以用户需求为导向的应用软件开发已成为该领域的发展趋势。当前,B/S 架构下的实景三维应用仍主要依赖浏览器插件,但随着 HTML5 等新型技术的不断发展,无插件的网页三维应用正逐渐成为可能。当前应用仍以单体建筑室内外展示等小规模场景的信息管理为主。同时,将实景三维数据作为 VR 体验的空间基底,模拟飞行、旅游观光、极限运动等场景,也是应用开发的重要方向之一。

【参考文献】

- [1]陈江攀,严献彪.基于机载 LiDAR 与倾斜摄影技术的场区地质环境调查研究[J].科技创新与应用,2025,15(4):86-89.
- [2]鲁耀山,杨赞光.倾斜摄影测量技术在地籍测绘中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(1):43-45.
- [3]尹娇.基于无人机倾斜摄影技术的三维模型精细化分析[J].黑龙江科学,2024,15(24):156-158.
- [4]于鹏远,琚灏,田文武.无人机倾斜摄影技术在垃圾填埋场堆体开挖管控中的应用[J].中国资源综合利用,2024,42(12):42-44.
- [5]梁玉球.基于无人机倾斜摄影技术的道路边坡变形测量[J].北京测绘,2024,38(12):1739-1744.
- [6]张新民.倾斜摄影测量技术在丘陵地区田地面积调查中的应用[J].华北自然资源,2024(6):102-105.

作者简介:段金增(1968.1—),男,本科,副高,河北省测绘产品质量监督检验站,质量监督员,负责测绘项目验收检验工作。