

Three Dimensional Dioramas Modeling Research of Oblique Images Based on Smart 3D

Yin Zhang, Yang Li, Jiahua Chen, Maofang Ran, Changyin Yang, Shuqing Wang

School of Land Sciences and Technology in China University of Geosciences (Beijing), Beijing
Email: w_sq_2002@163.com, cugb_zy@163.com, 1012162229@cugb.edu.cn, 1012161112@cugb.edu.cn

Received: Nov. 28th, 2018; accepted: Dec. 11th, 2018; published: Dec. 18th, 2018

Abstract

3D modeling is the basis of reference and analysis in engineering design planning and construction of digital cities and other fields. Since the new century, with the vigorous development of tilt- ing photogrammetry technology in the field of surveying and mapping, how to improve the efficiency of 3D modeling and make it singular and refined has become a research hotspot. Based on the optimized oblique image data acquisition scheme, this paper uses the camera images, images of mobile phones and oblique images of unmanned aerial vehicle to quickly perform regional real-time 3D modeling based on the Smart 3D modeling method. The experimental results show that the real 3D modeling has the advantages of fast modeling speed, high positioning accuracy and fine geometric texture. The results prove the feasibility and reliability of the method for large-scale real-world surface modeling.

Keywords

3D Modeling, Tilt Photogrammetry, Smart 3D, UAV

基于Smart 3D的多源影像实景三维建模研究

张寅, 李阳, 陈家华, 冉茂方, 杨昌银, 王淑晴

中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京
Email: w_sq_2002@163.com, cugb_zy@163.com, 1012162229@cugb.edu.cn, 1012161112@cugb.edu.cn

收稿日期: 2018年11月28日; 录用日期: 2018年12月11日; 发布日期: 2018年12月18日

摘要

三维建模是工程设计规划、构建数字城市等领域参考分析的基础。新世纪以来随着倾斜摄影测量技术在

测绘领域的蓬勃发展,如何提高三维建模的效率并使其单体化、精细化成为研究的热点。本文基于优化的倾斜影像数据采集方案,依据Smart 3D软件实景三维建模的方法流程,利用相机影像,手机相机影像和无人机倾斜影像快速进行区域实景三维建模。实验所得真三维模型的建模速度快、位置精度高、几何纹理精细,结果证明了利用该方法对地表大范围实景建模的可行性与可靠性。

关键词

三维建模, 倾斜摄影测量技术, Smart 3D, 无人机

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

三维模型作为位置信息和属性信息的数据集合已广泛应用于城市规划、工程建设和军事国防等重要领域,三维建模技术为方案调整、管理服务及动态变化研究提供了重要依据。倾斜摄影测量技术凭借其角度多、范围广、精度高、清晰度高等优势成为建立三维模型的首选技术。它克服了传统正射拍摄的限制[1],是国际测绘领域近些年发展起来的一项高新技术,图像具有真实性且不易失真。应用倾斜摄影所得影像建立三维模型因其采集数据快、自动化程度高、建模所需时间短而在很大程度上减少了人力、物力和财力的消耗。同时,利用倾斜影像可以对大范围复杂地形地貌进行真三维模型的构建[2],建成的三维模型空三精度高,纹理匹配较好,无拉花及漏洞等问题,能够反映建筑物侧面的细节特征。

自新世纪以来倾斜摄影测量技术在我国蓬勃发展,2010年我国首次引进美国 Pictometry 的倾斜摄影测量技术,随后,刘先林院士团队成功研发了第一款国产倾斜相机 SWDC-5 [3]。国外比较流行的建模软件有法国 Acute 3D 公司的 Smart 3D [4],德国的 INPHO 等模块、瑞士 Pix 4D 公司的 Pix 4D mapper、美国的 3DF Zephyr 和俄罗斯 Agisoft 公司的 PhotoScan。

本文在综合分析比较国内外建模软件特点的前提下,选择 Smart 3D 软件进行大面积真实景象的三维建模。利用拍摄所得相机影像、手机相机影像和无人机影像,应用 Smart 3D 平台,按照正确的方法流程来进行实景真三维建模。本实验证明了应用此方法对大范围地表地貌进行三维建模的精度高,速度快的特点,充分证明了该方法的可行性,得到的三维模型点位平面精度 10~15 cm,高程误差在 30~35 cm,满足低空数字摄影测量 1:1000 空三规范要求[5]。

2. 方法与原理

倾斜摄影测量技术是近些年来世界测绘科学中发展起来的一项高新技术,它克服了以前正射影像只能从正上到正下拍摄的缺点,通过在飞行器上安装多台传感器从垂直、前视、左视、右视、后视共 5 个不同的方向对影像进行采集[6] [7],进而获得地表及建筑物顶部和侧面纹理,除垂直相机外的 4 个相机的倾斜角度为 40°~45° [8],如图 1 所示,1 号相机获取地物顶部影像,2、3、4、5 号相机通过拍摄获取地物侧面的纹理,同时传感器上方安置的机载 POS 系统可以把倾斜摄影瞬间 POS 系统的观测值作为多角度倾斜影像的初始外方位元素[9],软件通过提取影像特征点、匹配同名特征点及反算外方位元素来进行空三加密处理,完成 TIN 模型的构建并生成相应白体三维模型,然后与纹理影像进行配准和贴图[10],自动建立影像二维点与空间立体三维点的一一对应来得到逼真的三维场景模型。

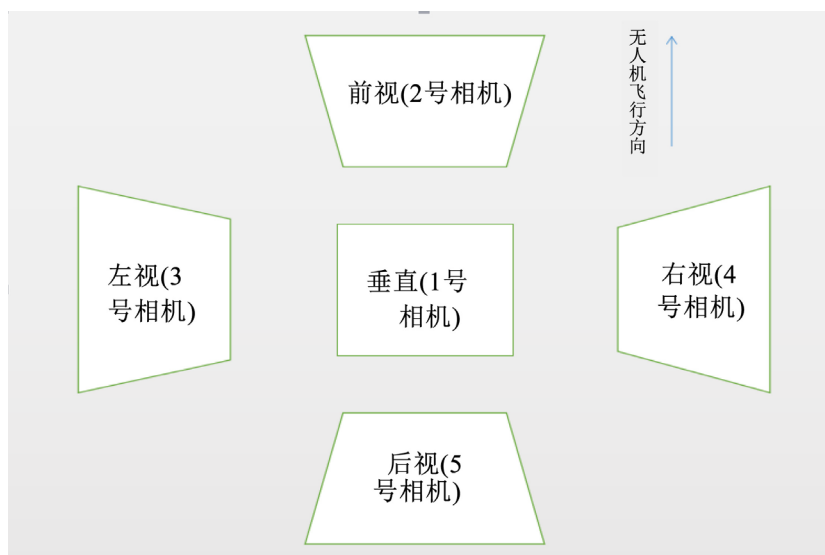


Figure 1. Relative positions of aviation cameras for obliquing photography (one vertical direction and four lean directions)
图 1. 倾斜摄影航空相机相对位置(1 个垂直 90°方向, 4 个倾斜方向)

Smart 3D 是一款基于影像自动化进行三维模型构建的并行软件系统, 它的建模对象是静态物体, 辅助信息包括传感器属性、照片位置姿态参数、控制点信息等等, 计算过程包括空三计算以及重建阶段的参数设置, 输出结果为实景真三维模型。相比于传统三维建模的数据精度低, 纹理与实际效果偏差较大, 数据制作周期长, 需要大量的人工参与使得数据时效性较低无法真正满足用户的需求。基于 Smart 3D 的倾斜摄影测量技术克服了以上缺陷, 通过高效的数据采集设备及专业的数据处理流程直观反映地物的相关属性, 大大降低了三维模型数据采集的经济和时间代价, 为地理信息平台的三维方向发展带来了新的动力[11], 保证了真实效果和测绘级精度。

Smart 3D 分为主控模块、运算模块和工具模块三大模块。其中主控模块是建模软件的主控台, 整个流程都在该模块流水进行, 运算模块做大量的计算机密集工作, 如提取关键点、匹配自动连接点、光束平差、匹配稠密影像、鲁棒三维重建、无缝纹理映射等, 工具模块包括 Viewer、Setting 和 Scene Composer 三种, Viewer 是可视化浏览工具, 支持本地或在线浏览, Setting 用于任务序列指向设置, Scene Composer 用于场景文件编辑。应用 Smart 3D 软件进行三维影像建模, 需要将拍摄的照片导入到主控模块中, 通过计算机对图形的计算并设置好相机焦距及传感器尺寸, 结合 pos 信息空三处理生成点云来构成格网, 格网结合照片得到具有纹理的三维模型。大区域整体三维建模方法生产流程如图 2:

1) 影像获取与检查。影像的采集是三维建模过程中非常关键的一步, 采集的好坏很大程度上决定了建模结果的好坏, 当影像从至少三个不同的接近视点进行拍摄, 连续影像重叠部分大于 60%, 物体同一部分的不同拍摄点间隔小于 15 度且自然光照条件好时, 所建成的三维模型的效果就会较好。由公式(1)可以求得需要的影像精度。对于航空摄影, 尽量采集航向重叠度不小于 80%且旁向重叠度大于 50%的影像。根据公式(2)可以规定测区和设置航高来获得相应的影像精度。得到原始影像后要每一张图片进行检查, 查看是否有漏拍或不清晰的情况, 找到对应航拍区域进行重新拍摄或补拍相关照片影像, 软件引入照片后会根据相机型号将照片分组, 部分照片组需要手动输入相机的传感器尺寸, 可由公式(3)算得。

$$u \times f \times a = b \times s \quad (1)$$

u (m/像素): 影像精度; f (mm): 焦距; a (像素): 图像的最大尺寸; b (mm): 传感器宽度; s (m): 拍摄距离。

$$H = f \times GSD / k \quad (2)$$

H : 航高; f : 相机焦距; GSD : 地面分辨率; k : 像元的大小。

$$S = n \times 25.4 \quad (3)$$

S (mm): 传感器尺寸; n (英寸): 相机传感器尺寸。

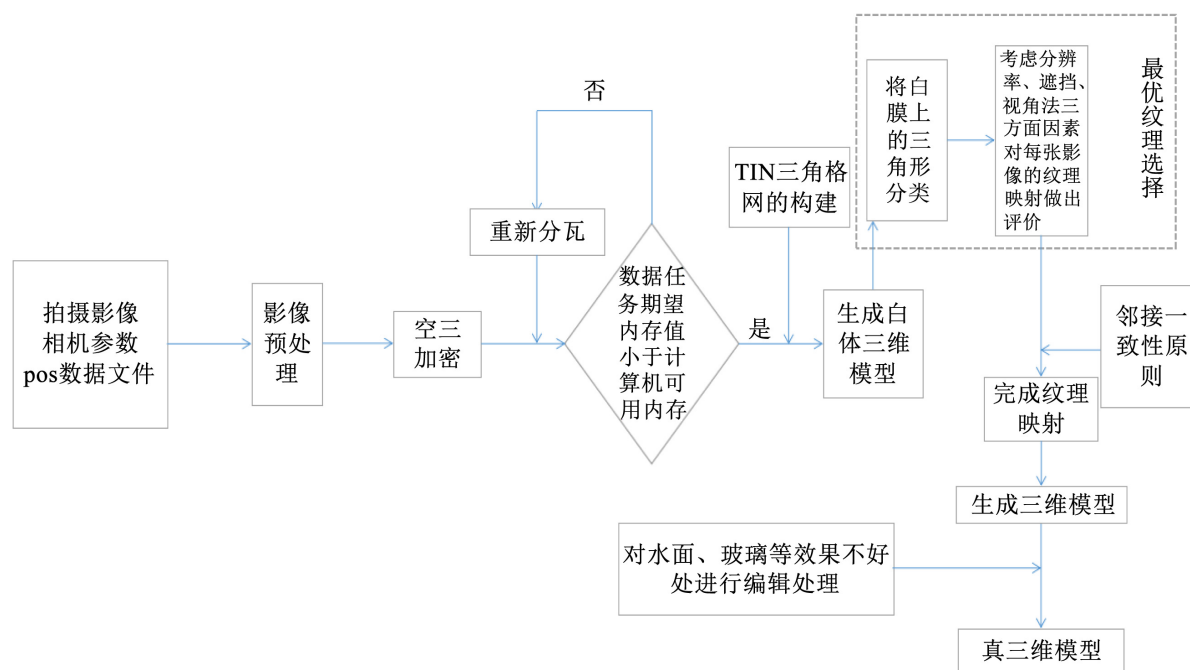


Figure 2. The flow path of 3D modeling

图 2. 三维建模流程

2) 空三计算。空三加密可以将杂乱的影像对齐并构建出与真实地物最为接近的三维空间模型，它是摄影测量中最关键的一步。POS 数据可以提供近似影像外方位元素进而得到不同影像之间的方位，以物点地面坐标、影像外方位元素和系统改正参数为待定参数，将物点的三维坐标和影像外方位元素进行平差进而求得最或然值[12]。完成空三加密后，可以查看整个航带的飞行情况，空三加密点的位置、密度，每张影像的相对位置及覆盖范围方位角等信息[13]。

3) 重建生成。为了便于运算的任务分配，根据计算机的性能将整个建模项目分解成多个瓦片进行单独的建模。分瓦需保证数据任务的期望内存值小于处理该任务的计算机可用内存。空三运算后根据生成的连接点构建 TIN 三角网，然后生成白体三维模型。

4) 纹理映射。纹理映射就是将位置信息与纹理信息相匹配，其参与贴图的影像由于经过空中三角测量的处理都有准确的内方位元素。完成纹理映射并经过多层次、多结构的优化后即可建成真三维模型。

5) 模型导出。Smart 3D 生成的模型格式主要有两种，一种是国际通用的按区块存储且没有索引的三维场景格式 OSGB，其每次只能显示一块，另外一种是一个分块模块的索引 S3C，它可以将所有区块同时显示在一张图中并进行编辑。对生成的模型的水面、玻璃等效果不好的部分需要用 3dmax 等软件进行后期编辑处理来达到更好的效果。

3. Smart 3D 三维建模应用

为了验证基于 Smart 3D 平台，融合手机相机影像，相机影像，无人机影像对地表大范围实景三维建

模的可行性, 选取了北京市周边的科技园作为研究对象, 首先利用无人机携带的 SONY DSC-QX100 相机获取地表实景影像数据, 包含正视影像数据 1 个, 侧视影像数据 4 个, 测区面积 0.2 km^2 , 平均飞行高度为 150 m , 共起飞了两个架次, 共计 11 个航带, 航向重叠不低于 80% , 旁向重叠不低于 60% , 在获取了整体地形数据之后, 利用无人机携带的 DJI FC550RAW 相机对高大集中的建筑物进行了环绕式飞行拍摄, 相邻两张像片之间的夹角不大于 15° , 重叠部分约为 $80\% \sim 90\%$, 最后利用 Canon EOS 5D Mark3 型相机和 iPhone6s plus 手机获取了岗亭、名称标志等贴近地面的建筑物表面纹理。这样分层次获取了不同高度建筑物顶部, 中部和底部的纹理信息, 总计像片 1398 张。通过空三处理获取了每张像片的外方位元素和连接点 449,251 个, 空三处理结果如表 1 所示, 空中三角测量整体精度在毫米级, 加密点平面精度大致为十几厘米, 高程精度为二十几厘米, 满足测绘行业规范。

Table 1. The result of aero triangulation

表 1. 空三处理结果

空中三角测量结果					
点个数	每点相片中数	每块影像的相片中数	重投影误差的均方根值 (像素)	离拍摄点距离的 均方根值(单元)	距离分辨率(单元/像素)
449,251	4	1791	0.67	0.015	0.00034~0.036

空三处理完成后, 通过构建 TIN 三角网, 分为 4079 瓦重建生成白模, 最终通过纹理映射, 生成带有纹理信息的三维模型, 最后对模型的漏洞, 变形部分进行编辑或重新生成, 修复水面得到生产级的实景三维模型, 其生产过程如图 3 所示, 三维模型部分细节如图 4 所示。表 2 为 Smart 3D 与传统建模的各方面比较。

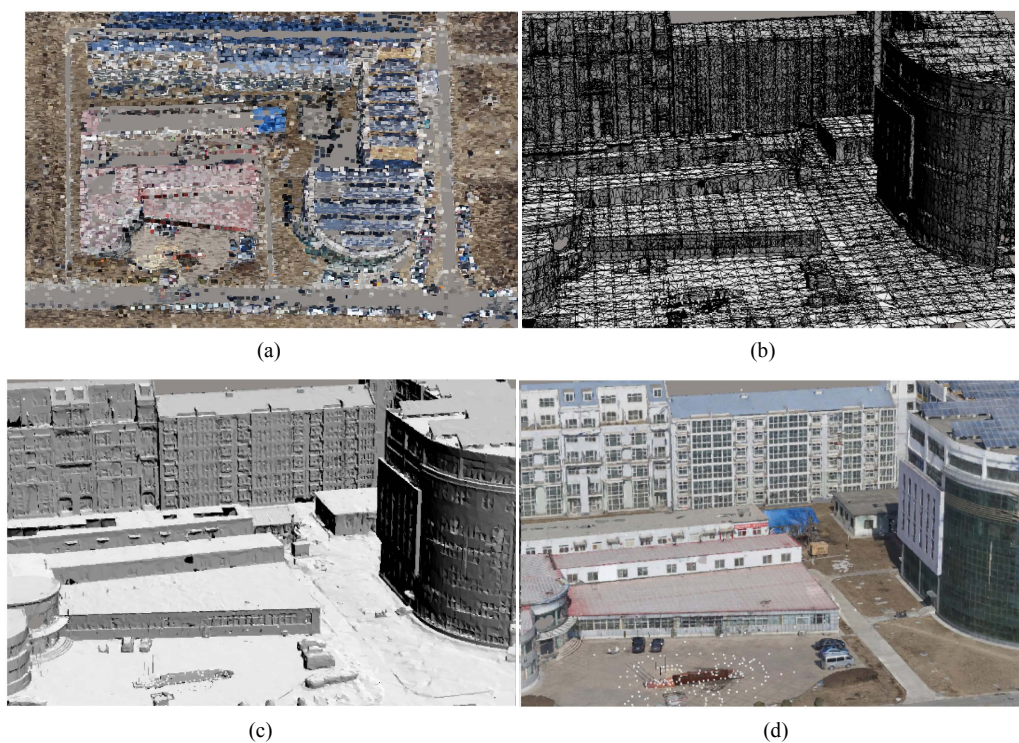


Figure 3. The process of production, (a) disposer of aero triangulation, (b) triangulated irregular network, (c) formation of white film, (d) texture mapping

图 3. 生产过程, (a) 空三处理, (b) TIN 三角网, (c) 重建白模, (d) 纹理映射

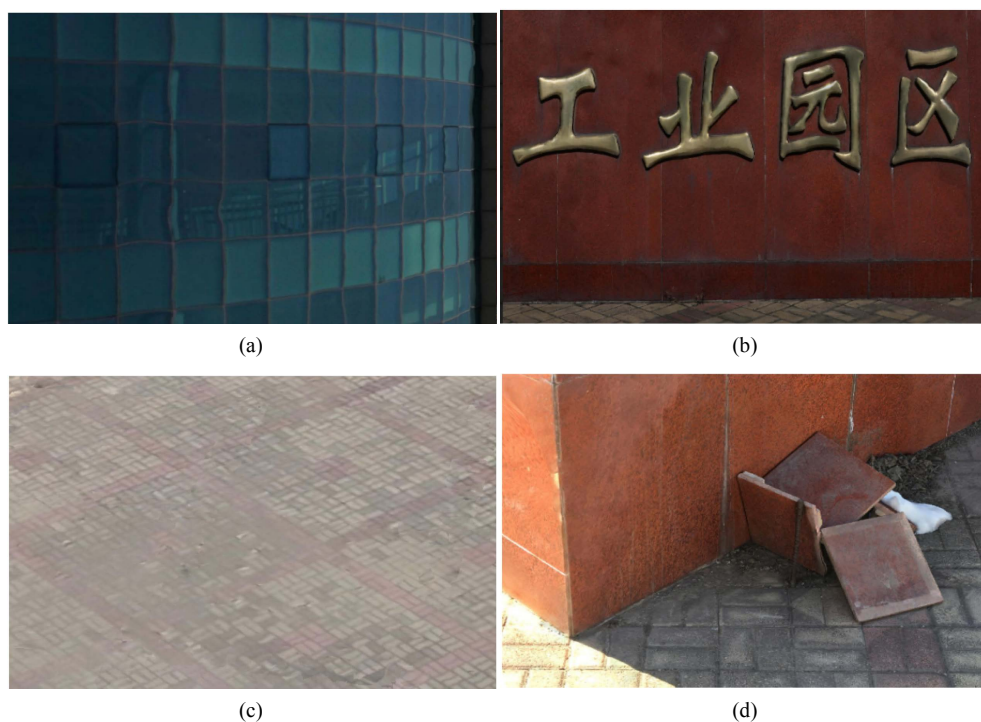


Figure 4. The details of three-dimensional model, (a) glass curtain wall, (b) mark wall, (c) on the ground, (d) corner of wall
图 4. 三维模型细节, (a) 玻璃幕墙, (b) 标志墙, (c) 地面, (d) 墙角

Table 2. The comparison of Smart 3D and traditional modeling

表 2. Smart 3D 与传统建模的各方面比较

	Smart 3D 倾斜摄影建模	传统建模
数据来源	像片、视频、航摄像片、数字线划图、	激光点云高程数字模型、数码相片
建模对象	三维实景	主要建、构筑物
建模效率	速度快、周期短	时间长、成本高
特性	① 可靠性好, 无需人工干涉 ② 可量测性好 ③ 模型与纹理有较高一致性 ④ 模型真实感强 ⑤ 模型精度高, 可达毫米级	① 需大量人工干涉, 自动化程度低 ② 可量测性差 ③ 需后期人工获取侧面纹理 ④ 模型真实性差 ⑤ 工作量大, 成本高, 模型更新缓慢
应用	规划设计、建筑工程、应急指挥、信息录入管理等	模型真实性较差, 细节不完整, 视觉效果较差

结果表明, 工业园区建模面积 0.2 km^2 , 整个过程共进行了 16 天, 平均建模速度每天每台 0.03 km^2 , 与传统建模方法相比, 大大提高了建模效率, 同时, 建模精度高, 纹理好, 能够得到生产级的实景三维模型。

4. 结语

本文主要介绍了基于 Smart 3D 平台, 主要利用无人机辅助以手机和相机获取不同高度、不同层次的地物地形影像的多源数据优化方案进行实景快速三维建模的流程方法。结果证明了利用该方法进行三维重建具有自动化程度高, 建模速度快的特点, 同时所生成的真三维模型空三精度可达毫米级, 可进行量测, 地物要素齐全, 纹理与模型相统一, 解决了传统三维建模技术工作量大, 成本高, 模型更新缓慢, 缺少真实性等缺点。基于 Smart 3D 的多源影像三维建模方法既可以得到单体化程度高的三维模型, 又可

以保证大范围三维模型的精细化，为大区域复杂场景的倾斜影像三维建模提供了有力的技术参考。相信随着无人机的推广应用，基于 Smart 3D 的倾斜影像三维建模在灾害应急、城乡规划、数字城市等领域必将发挥它的巨大优势。

基金项目

本项目得到中国地质大学(北京)大学生创新创业训练计划项目(2018BXZ024)资助。

参考文献

- [1] 买小争, 杨波, 冯晓敏. 无人机航摄像控点布设方法探讨[J]. 测绘通报, 2012(S1): 268-271.
- [2] 李莹, 林宗坚, 苏国中, 等. Smart 3D 数据的三维模型重建[J]. 测绘科学, 2017, 42(9): 88-93.
- [3] 李安福, 吴晓明, 路玲玲. SWDC-5 倾斜摄影技术及其在国内的应用分析[J]. 现代测绘, 2014, 37(6): 12-14.
- [4] 熊强, 王双亭, 王晓宇, 等. 基于 Smart3D 的倾斜摄影测量模拟系统三维建模[J]. 测绘工程, 2018, 27(7): 55-59.
- [5] 武瑞宏. 空中三角测量的再认识[J]. 测绘通报, 2002(3): 8-10.
- [6] 曲林, 冯洋. 基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(3): 38-39.
- [7] 张骥, 高钊, 陈容. 基于 Leica RCD 30 倾斜航摄影仪和 Smart 3D 技术快速进行城市三维实景生产[J]. 测绘技术装备, 2014, 16(3): 61-64.
- [8] 李镇洲, 张学之. 基于倾斜摄影测量技术快速建立城市 3 维模型研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(4): 117-119.
- [9] 周晓敏, 孟晓林, 张雪萍, 等. 倾斜摄影测量的城市真三维模型构建方法[J]. 测绘科学, 2016, 41(9): 159-163.
- [10] 范攀峰, 李露露. 基于 Smart3D 的低空无人机倾斜摄影实景三维建模研究[J]. 测绘通报, 2017(S2): 77-81.
- [11] 孙宏伟. 基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模[J]. 现代测绘, 2014, 37(1): 18-21.
- [12] 袁修孝. POS 辅助光束法区域网平差[J]. 测绘学报, 2008(3): 342-348.
- [13] 李永利, 卢小平, 侯岳. 倾斜影像三维建模方法与应用[J]. 河南科技, 2017(19): 30-32.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org