



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111540048 A

(43)申请公布日 2020.08.14

(21)申请号 202010324008.9

(22)申请日 2020.04.22

(71)申请人 深圳市中正测绘科技有限公司
地址 518000 广东省深圳市福田区景田3号
深茂商业中心12E

(72)发明人 张强 钟季廷 吴少平 吴俊杰

(51)Int.Cl.
G06T 17/05(2011.01)
G06K 17/00(2006.01)
G06K 9/46(2006.01)
G01B 11/24(2006.01)

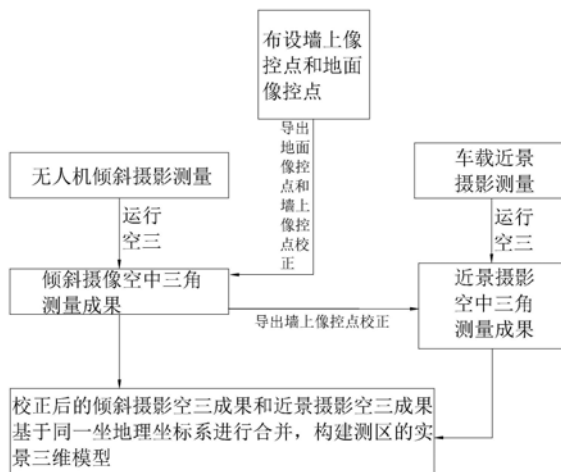
权利要求书1页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法

(57)摘要

本发明旨在提供一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其包括在测区范围内布设墙上像控点和地面像控点,墙上像控点布设在道路两边且距离地面预设高度;在测区范围内沿布设像控点的路段进行倾斜摄影测量和近景摄影测量,分别运行空中三角测量;获取地面像控点和墙上像控点的坐标,对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正;再在倾斜摄影的空中三角测量成果里导出墙上像控点的坐标,对近景摄影的空中三角测量成果进行校正;将已校正的倾斜摄影空中三角测量成果和已校正的近景摄影空中三角测量成果进行合并,构建测区的实景三维模型。解决了近景摄影测量不易识别地面像控点,影响建模精度的问题。本发明具有提高实景建模精度的效果。



1. 一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:包括以下步骤,
在测区范围内分别布设墙上像控点和地面像控点,所述墙上像控点布设在测区范围内的道路两边且距离地面预设高度;

在测区范围内沿布设像控点的路段进行倾斜摄影测量,运行倾斜摄影的空中三角测量;

在测区范围内沿布设像控点的路段的道路两边进行近景摄影测量,运行近景摄影的空中三角测量;

获取地面像控点和墙上像控点的坐标,对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正;

再在倾斜摄影的空中三角测量成果里导出墙上像控点的坐标,对近景摄影的空中三角测量成果进行校正;

将已校正的倾斜摄影空中三角测量成果和已校正的近景摄影空中三角测量成果进行合并,构建测区的实景三维模型。

2. 根据权利要求1所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:所述墙上像控点距离地面的预设高度范围位于[2,3]米。

3. 根据权利要求1所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:获取墙上像控点的坐标方式包括手动查找点选,所述墙上像控点以标识的形式标注于道路两边,获取所述墙上像控点的坐标时通过人工在倾斜摄影的影像里手动查找和点选。

4. 根据权利要求1所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:获取墙上像控点的坐标方式包括处理软件自动识别,所述墙上像控点以二维码的形式粘贴于道路两边,获取所述墙上像控点的坐标时通过处理软件自动识别。

5. 根据权利要求1所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:所述墙上像控点至少五个。

6. 根据权利要求5所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:所述墙上像控点均匀布设在测区的四周或建筑物所在的位置区域内。

7. 根据权利要求1所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:对获取的地面像控点的坐标进行区域网平差,使得地面像控点的坐标精度大于或等于2cm,再对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正。

8. 根据权利要求7所述的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其特征在于:当地面像控点的坐标精度大于或等于2cm时,借助人工在无人机和车载设备采集的照片里进行地面像控点标注,将人工测量的地面像控点坐标与由机载GPS提供的照片里的地面像控点坐标进行一一比对;

当比对结果差异较大时,重新进行人工测量的地面像控点坐标精度测量和照片里的地面像控点坐标精度测量;

当人工测量的地面像控点坐标精度误差大于或等于照片里的地面像控点坐标精度误差时,重新测量地面像控点的坐标;

当人工测量的地面像控点坐标精度误差小于照片里的地面像控点坐标精度误差时,保留测得的地面像控点的坐标。

一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法

技术领域

[0001] 本发明涉及三维建模技术领域,尤其是涉及一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法。

背景技术

[0002] 目前,随着数字城市向智慧城市升级,模拟三维模型向实景三维模型转变,对实景三维模型的要求也越来越高。实景三维模型作为智慧城市的空间载体,不仅能够真实地反应城市地物风貌,而且还通过嵌入精确的地理坐标信息,提供更丰富的地理纹理信息、更高级友好的使用体验,日益渗透到整个城市生活的方方面面,特别是城市建筑。

[0003] 实景三维模型不仅能完整展现城市建筑的轮廓,还能在模型基础上制作大比例尺地形图,有利于对拆迁范围内的建筑情况、核心指标进行评估,为相关部门制定科学决策提供依据,实景三维建模以点带面,实现可视化、精细化管理,在不动产登记管理、旧城改造、城市规划等领域得到广泛应用。

[0004] 现有的实景三维建模主要是通过无人机倾斜摄影技术和地面近景摄影技术来制作实景三维模型,倾斜摄影技术是通过在飞行器上搭载多镜头相机,同时从垂直、倾斜等不同视角采集地面影像,具有效率高、成本低、侧面信息可用等优点,并采用地面定点拍照的方式,以平视角度或者仰视角度采集建筑的近景影像,以弥补无人机倾斜摄影的底部细节、屋檐遮挡区域模糊不清、破洞、扭曲的问题。

[0005] 在无人机倾斜摄影技术联合地面近景摄影技术进行实景三维建模的过程中,一般通过布设的地面像控点,对无人机倾斜空中三角测量的成果和地面近景空中三角测量的成果进行校正。而由于视角的关系,地面近景摄影缺乏俯视角度的,不易识别地面像控点,故地面像控点对于地面近景空中三角测量成果的校正效果较差,影响了无人机倾斜空中三角测量成果和地面近景空中三角测量成果的数据融合效果,降低了实景建模的精度。

发明内容

[0006] 针对现有技术存在的不足,本发明的目的是提供一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,其借助墙上像控点和地面像控点,校正无人机倾斜摄影和地面近景摄影的空中三角测量成果,统一坐标系后使无人机倾斜摄影空三成果融合地面近景摄影空三成果,改善数据融合的效果,提高实景建模的精度。

[0007] 本发明的上述发明目的是通过以下技术方案得以实现的:

一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,包括以下步骤,

在测区范围内分别布设墙上像控点和地面像控点,所述墙上像控点布设在测区范围内的道路两边且距离地面预设高度;

在测区范围内沿布设像控点的路段进行倾斜摄影测量,运行倾斜摄影的空中三角测量;

在测区范围内沿布设像控点的路段的道路两边进行近景摄影测量,运行近景摄影的空

中三角测量；

获取地面像控点和墙上像控点的坐标,对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正；

再在倾斜摄影的空中三角测量成果里导出墙上像控点的坐标,对近景摄影的空中三角测量成果进行校正；

将已校正的倾斜摄影空中三角测量成果和已校正的近景摄影空中三角测量成果进行合并,构建测区的实景三维模型。

[0008] 通过采用上述技术方案,地面像控点是摄影测量控制加密和测图的基础,在测区范围内布设地面像控点,对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正,以更准确地获取倾斜摄影的数据信息;再利用墙上像控点对近景摄影的空中三角测量成果进行校正,以克服因地面近景摄影缺乏俯视角度、不易识别地面像控点的问题,提升了近景摄影空中三角测量成果的校正效果,有助于准确地获取近景摄影的数据信息;在测区范围内沿布设像控点的路段进行倾斜摄影测量和道路两边车载近景摄影测量,使得倾斜摄影测量和道路两边车载近景摄影测量的像控点保持一致,统一和校正无人机倾斜摄影、地面近景摄影的空中三角测量成果中的地理信息,使得无人机倾斜摄影、地面近景摄影的空中三角测量成果位于同一坐标系,有利于空中三角测量成果的直接合并;同时,墙上像控点位于道路两边,以便于近景摄影的影像采集,进而基于空地融合的精细化实景三维建模方法通过墙上像控点和地面像控点,校正无人机倾斜摄影和地面近景摄影的空中三角测量成果,统一坐标系后使无人机倾斜摄影空三成果融合地面近景摄影空三成果,改善数据融合的效果,提高实景建模的精度。

[0009] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:所述墙上像控点距离地面的预设高度范围位于[2,3]米。

[0010] 通过采用上述技术方案,使墙上像控点距离地面[2,3]米的高度范围,并获取墙上像控点校正近景摄影的空三成果,以综合平衡车辆的高度、地面近景摄影影像的拍摄视角和人工布设墙上像控点的操作难度等因素对近景摄影空三成果的校正影响,使得获取的近景摄影的数据信息更准确。

[0011] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:获取墙上像控点的坐标方式包括手动查找点选,所述墙上像控点以标识的形式标注于道路两边,获取所述墙上像控点的坐标时通过人工在倾斜摄影的影像里手动查找和点选。

[0012] 通过采用上述技术方案,工作人员将墙上像控点的标识标注于道路的两边,并通过人工在倾斜摄影的影像里手动查找和点选,获取墙上像控点的坐标信息并导入至近景摄影的空三成果里,以作为近景摄影空三成果的校正依据,无需对墙上像控点的坐标信息进行现场测量,降低工作人员的操作难度。

[0013] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:获取墙上像控点的坐标方式包括处理软件自动识别,所述墙上像控点以二维码的形式粘贴于道路两边,获取所述墙上像控点的坐标时通过处理软件自动识别。

[0014] 通过采用上述技术方案,二维码内包括墙上像控点的编号和对应的坐标、等级类型的信息,通过处理软件自动识别二维码,获取墙上像控点的坐标信息并导入至近景摄影的空三成果里,以作为近景摄影空三成果的校正依据,无需对墙上像控点的坐标信息进行现场测量,降低工作人员的操作难度。

[0015] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:所述墙上像控点至少五个。

[0016] 通过采用上述技术方案,至少五个墙上像控点位于测区范围内,以分别布设在测区周边的四个角位置和测区中部附近位置,使测区的地理信息更完整,进而有利于校正近景摄影的空三成果,获取的近景摄影的数据信息更准确,也提高了实景建模的精度;若墙上像控点的数量少于五个,则测区四周和中部的坐标信息难以完全获取,测区的地理信息不完整,影响校正效果和实景建模的精度。

[0017] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:所述墙上像控点均匀布设在测区的四周或建筑物所在的位置区域内。

[0018] 通过采用上述技术方案,墙上像控点均匀布设在测区的四周或建筑物所在的位置区域,使得墙上像控点在测区范围内布设均匀且在建筑物区域密集分布,以对测区和建筑物的大致轮廓进行定位,有利于提高墙上像控点对测区的定位精度和改善空地融合的效果。

[0019] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:对获取的地面像控点的坐标进行区域网平差,使得地面像控点的坐标精度大于或等于2cm,再对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正。

[0020] 通过采用上述技术方案,测量的地面像控点坐标的精度位于预设范围内,使得地面像控点坐标的测量更精准,有利于更好地进行倾斜摄影的空中三角测量成果校正,倾斜摄影空中三角测量成果的校正效果更好,进而实景建模的精度更高。

[0021] 本发明在一较佳示例中可以进一步配置为:当地面像控点的坐标精度大于或等于2cm时,借助人工在无人机和车载设备采集的照片里进行地面像控点标注,将人工测量的地面像控点坐标与由机载GPS提供的照片里的地面像控点坐标进行一一比对;

当比对结果差异较大时,重新进行人工测量的地面像控点坐标精度测量和照片里的地面像控点坐标精度测量;

当人工测量的地面像控点坐标精度误差大于或等于照片里的地面像控点坐标精度误差时,重新测量地面像控点的坐标;

当人工测量的地面像控点坐标精度误差小于照片里的地面像控点坐标精度误差时,保留测得的地面像控点的坐标。

[0022] 通过采用上述技术方案,借助人工在无人机和车载设备采集的照片里进行地面像控点标注,将人工测量的地面像控点坐标与由机载GPS提供的照片里的地面像控点坐标进行一一比对,以基于计算机视觉判断对地面像控点的坐标进行校正,使得地面像控点坐标的测量更精准,有利于更好地进行倾斜摄影的空中三角测量成果校正,倾斜摄影空中三角测量成果的校正效果更好,进而实景建模的精度更高。

[0023] 综上所述,本发明包括以下至少一种有益技术效果:

1.一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法借助墙上像控点和地面像控点,校准、统一无人机倾斜摄影和地面近景摄影的坐标系后,将无人机倾斜摄影空三成果融合地面近景摄影空三成果,改善数据融合的效果,提高实景建模的精度;

2.使墙上像控点距离地面[2,3]米的高度范围,有利于校正近景摄影的空三成果,使得获取的近景摄影的数据信息更准确;

3.通过手动查找点选和处理软件自动识别二维码的方式获取墙上像控点的坐标并导

出,无需对墙上像控点进行现场测量,降低工作人员的操作难度;

4.至少五个墙上像控点布设在测区范围内,使测区的地理信息更完整,有利于校正近景摄影的空三成果,使得获取的近景摄影的数据信息更准确,提高实景建模的精度;

5.墙上像控点均匀布设,对测区和建筑物的大致轮廓进行定位,有利于提高墙上像控点对测区的定位精度和改善空地融合的效果;

6.使得地面像控点的坐标精度大于或等于2cm,并基于计算机视觉判断对地面像控点的坐标进行校正,有利于更好地进行倾斜摄影的空中三角测量成果校正,倾斜摄影空中三角测量成果的校正效果更好,进而实景建模的精度更高。

附图说明

[0024] 图1是一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法的流程示意图;

图2是测区内的墙上像控点和地面像控点的布设示意图;

图3是车载设备近景摄影的拍摄点示意图。

具体实施方式

[0025] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0026] 本具体实施例仅仅是对本发明的解释,其并不是对本发明的限制,本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改,但只要在本发明的权利要求范围内都受到专利法的保护。

[0027] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0028] 另外,本文中术语“和/或”,仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况。另外,本文中字符“/”,如无特殊说明,一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0029] 参照图1,为本发明公开的一种基于空地融合的精细化实景三维建模方法,包括以下步骤:

在测区范围内分别布设墙上像控点和地面像控点,墙上像控点布设在测区范围内的道路两边且距离地面预设高度;

在测区范围内沿布设像控点的路段进行倾斜摄影测量,运行倾斜摄影的空中三角测量;

在测区范围内沿布设像控点的路段的道路两边进行近景摄影测量,运行近景摄影的空中三角测量;

获取地面像控点和墙上像控点的坐标,对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正;

再在倾斜摄影的空中三角测量成果里导出墙上像控点的坐标,对近景摄影的空中三角测量成果进行校正;

将已校正的倾斜摄影空中三角测量成果和已校正的近景摄影空中三角测量成果进行合并,构建测区的实景三维模型。

[0030] 本发明主要是针对城市建筑进行实景建模。

[0031] 下面对本发明实施例作进一步详细描述。

[0032] 参照图2,地面像控点的数量至少五个,随测区内建筑物的密集程度的增大而增加。本实施例中,地面像控点的数量为五个。地面像控点分别布设在测区的四周位置和测区中部附近位置。地面像控点均匀布设在测区的整体范围内。在测区的四周布设的地面像控点数量较多,在测区的中部附近布设的地面像控点数量较少,在有建筑物的面积区域布设的地面像控点数量较多。

[0033] 地面像控点应该选在较大且易于无人机清晰拍摄的地物位置处,如斑马线、人行道、场地角等。如果测区为道路、河道等条状测区,为便于寻找地面像控点,应至少每隔50米布设一个地面像控点,以减少进行空中三角测量时出现影像画面扭曲、丢失等情况。因无人机对倾斜物体表面上的拍摄视角不佳,且在对倾斜物体表面上的地面像控点的位置坐标进行测量时容易出错,应避免在倾斜物体表面上布设地面像控点,以提高地面像控点的地理位置参考精度。

[0034] 无人机应拍摄远近现场照片多张,拍摄的照片要求清晰可见,以辅助数据处理人员寻找地面像控点。

[0035] 对于墙上像控点也至少布设五个且均匀布设。本实施例中,墙上像控点的数量为五个。墙上像控点分别布设在测区的四周位置和测区中部附近位置。墙上像控点均匀布设在测区的整体范围内。在测区的四周布设的墙上像控点数量较多,在测区的中部附近布设的墙上像控点数量较少,在有建筑物的面积区域布设的墙上像控点数量较多。

[0036] 每个墙上像控点距地面的高度范围在[2,3]米。

[0037] 在摄影过程中,如果觉得选取的墙上像控点的拍摄影像效果欠佳,可以找个空中和地面都看得清楚的参照物,作为墙上像控点。

[0038] 布设墙上像控点和地面像控点后,在测区范围内沿布设像控点的路段进行倾斜摄影测量和车载近景摄影测量,并运行倾斜摄影空中三角测量和近景摄影空中三角测量。

[0039] 倾斜摄影测量采用无人机设备,车载近景摄影测量采用车载设备。

[0040] 墙上像控点应标识清楚且在道路的两边均匀布设,以便于车载设备摄影影像的采集覆盖。

[0041] 无人机设备和车载设备上均安装有相机控制器,相机控制器主要包括POS记录仪、多条快门线和热靴反馈线,POS记录仪还连接有相机和GPS系统。相机每拍摄一张照片,POS记录仪通过热靴反馈线记录拍摄影像的经纬度、高程等位置信息和姿态数据信息,相机控制器通过快门线控制相机同步拍照,拍照频率可调、可定时、定点拍摄。

[0042] 在测区内沿布设像控点的路段进行无人机倾斜摄影测量前,通过人工在相机控制器内导入测区范围、设定飞行高度、使得相机朝向平行于主航线、航向重叠度、旁向重叠度等任务参数设计航线,执行飞行任务,完成任务后根据设定的返航高度、返航点,自动返航降落。

[0043] 无人机在飞行过程中,搭载的五镜头SONY ILCE-5100相机采用同步曝光方式采集地面的一个垂直视角及四个倾斜视角的影像信息,记录航高、航速、航向、旁向重叠和坐标等参数信息,同时,通过POS记录仪获取每组倾斜摄影影像对应的影像位置信息和相对姿态数据信息,从而得到用于实景三维模型的影像及位置姿态文件。相机采集的影像参数包括

焦距、像幅、分辨率、像元等。

[0044] 同一时段,无人机连续拍摄几组摄像重叠的照片,以使同一地物最多能在3张照片上被找到。

[0045] 车载近景设备主要包括GPS接收机、相机控制器和云台相机。GPS接收机为双频接收机,可同时接收L1、L2载波频率的卫星导航信号,利用双频载波信号受电离层延迟影响的差异性,可以消除电离层对电磁波信号的延迟的影响,提高定位的精度。相机控制器主要包括POS记录仪、多条快门线和热靴反馈线。相机控制器通过快门线控制云台相机同步曝光,通过热靴反馈线和POS记录仪,记录每张照片拍摄时的坐标位置和姿态数据。相机控制器控制车辆行驶过程中的拍摄频率,以避免拍摄数据缺失和冗余。

[0046] 参照图3,在测区内沿布设像控点的路段进行道路两边近景影像采集前,车载设备上先安装至少有四台云台相机,具体数量可根据项目分辨率和精细化要求进行选取。云台相机一般布设在车顶前、后、左、右、中四周的位置,且云台相机为广视角的HyperSmooth 2.0 超强防抖运动相机,以对测区的建筑物周边进行360度影像,视角广、拍摄范围大,保证了拍摄画面清晰。

[0047] 测量时,云台相机要关闭闪光灯、光学防抖、数码变焦等功能。根据车辆到路边建筑的大致距离和模型分辨率要求,确定近景摄影相机的定焦镜头焦距和视角,随后进行地面车载近景摄影测量。本实施例中,云台相机可更换镜头相机。云台相机采集的影像参数包括焦距、像幅、分辨率、像元等。

[0048] 在车载设备在行驶采集影像的过程中,要确保通过布设像控点的路段。如果建筑物周边没有道路或者拍摄条件,则需要人工测量参数或者不测量。

[0049] 特别地,车载设备的采集影像与无人机采集影像的航向重叠度大于80%,旁向重叠度大于70%,连续采集的两张照片之间的拍摄夹角小于 10° 。本实施例中,设定飞行高度为120m、航向重叠度85%、旁向重叠度85%。

[0050] 进行倾斜摄影测量和车载近景摄影测量后,分别将无人机和车载设备的采集数据进行预处理,分别将无人机倾斜摄影的影像和车载设备近景摄影的影像按拍摄的时间点进行命名,使每张照片与记录的地理坐标信息一一匹配。再对无人机倾斜摄影影像和车载近景摄影影像依次进行畸变差校正、影像旋转和匀光匀色处理,选出正视角航空影像、侧视角倾斜航空影像和近景摄影影像。

[0051] 预处理数据后,运行无人机倾斜摄影空中三角测量,原理如下:

首先获取倾斜摄影数据中焦距信息,基于特征提取算法提取摄影影像的特征点,本实施例中采用SIFT特征提取算法获取特征点,然后进行特征点的匹配、相对定向、特征点选取及编辑,地面像控点量测和光束法平差解算,本实施例中采用软件ContextCapture进行直接计算,以生成测区的空中三角测量,获取每一张倾斜影像的外方位元素。

[0052] 其中,外方位元素指的是照片的拍摄瞬间的空间位置和姿态的参数。一张照片的外方位元素包括六个参数,其中三个是直线元素,用于描述摄影中心的空间坐标值;另外三个是角元素,用于描述相片的空间姿态。本实施例中,通过GPS获取经度、纬度和高程的位置信息;通过POS记录仪获取航向倾角、旁向倾角和像片旋角的姿态信息。

[0053] 运行空中三角测量,结合已选出的正视角航空影像和侧视角倾斜航空影像,运用摄像密集匹配技术依次获取待建模区域的数字表面模型数据、数字高程模型数据和数字正

射影像数据。

[0054] 无人机倾斜摄影空中三角测量后,提取的特征点,按当时拍摄瞬间的位置和姿态,重新叠加在一起,生成带有地理参考信息的高密度三维点云。三维点云的密度通过软件设置来调整。

[0055] 特征点的提取方法,先单航带加密方法,每条航带构成自由航带网;然后以本航带的控制点及上一条航带的公共点为依据,进行概略定向,将整个区域内各航带都纳入到统一的摄影测量坐标条中;最后,利用已知控制点的内业加密坐标应与外业实测坐标相等、相邻航带间公共特征点上的加密坐标应相等为平差条件,在全区域范围内把航带网模型坐标视为观测值,用最小二乘法整体解算各航带网的非线性变形改正系数,从而计算出各无人机倾斜摄影影像中特征点的地面坐标。

[0056] 倾斜摄影空三成果因无人机GPS信号遮挡少、信号强,拍摄视角广阔,同时通过地面像控点校准,是地理信息最准的空三成果。

[0057] 运行车载设备近景摄影测量空中三角测量原理同上,首先获取近景摄影数据中焦距信息,基于特征提取算法提取摄影影像的特征点,本实施例中采用SIFT特征提取算法获取特征点,然后进行特征点的匹配、相对定向、特征点选取及编辑,墙上像控点量测和光束法平差解算,本实施例中采用软件ContextCapture进行直接计算,以生成测区的空中三角测量,获取每一张倾斜影像的外方位元素。运行空中三角测量,结合已选出的近景摄影影像,运用摄像密集匹配技术依次获取待建模区域的数字表面模型数据、数字高程模型数据和数字正射影像数据。

[0058] 运行空中三角测量后,获取地面像控点和墙上像控点的坐标,对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正;再在倾斜摄影的空中三角测量成果里导出墙上像控点的坐标,对近景摄影的空中三角测量成果进行校正。

[0059] 地面像控点坐标的获取是通过人工进行测量的。通过人工采取高精度GPS测点的方式,利用高精度的控制点和高精度的GPS,测量地面像控点的坐标。每次至少测量五个地面像控点。测量后再通过区域网平差,计算筛去精度不满足预设条件的地面像控点,以保证地面像控点的精度。一般地,根据行业标准里的参数去选取精度值。本实施例中,地面像控点的预设条件为精度大于或等于2cm,将计算后精度小于2cm的地面像控点舍去。其中,区域网平差的计算公式如下:

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2}{n}}$$

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta X_i^2}{n}}$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Z_i^2}{n}}$$

其中: $\Delta Y = Y_{实际} - Y_{模型}$; $\Delta X = X_{实际} - X_{模型}$; $\Delta Z = Z_{实际} - Z_{模型}$; n 为检核点个数。

当 σ_Y 、 σ_X 、 σ_Z 任一个的数值小于2cm时,舍去该地面像控点,进而筛去精度不满足预设条

件的地面像控点。

[0060] 同时,借助人工在无人机和车载设备采集的照片里进行地面像控点标注,以基于计算机视觉判断进行地面像控点坐标的校正。具体为:将人工测量的地面像控点坐标与由车载GPS提供的照片里的地面像控点坐标进行一一比对。当比对结果差异较大时,重新进行人工测量的地面像控点坐标精度测量和照片里的地面像控点坐标精度测量,判断人工测量的地面像控点坐标的精度是否大于或等于2cm,照片里的地面像控点坐标精度是否满足行业标准里的参数的对应精度范围。当人工测量的地面像控点坐标精度误差大于或等于照片里的地面像控点坐标精度误差时,重新测量地面像控点的坐标;当人工测量的地面像控点坐标精度误差小于照片里的地面像控点坐标精度误差时,保留测得的地面像控点的坐标。

[0061] 对于墙上像控点坐标的获取,因墙上像控点是不容易测量的,一般通过手动查找点选和处理软件自动识别两种方式获取墙上像控点的坐标。

[0062] 在运行倾斜摄影的空三成果后,若墙上像控点以标识的形式标注于道路两边,导出时通过人工在倾斜摄影的影像里手动查找已布设的墙上像控点,然后点选墙上像控点并将其坐标导出来,作为车载街景摄影的像控点。

[0063] 在运行倾斜摄影的空三成果后,若需要处理软件自动识别获取墙上像控点的坐标时,通过处理软件自动识别事先打印并粘贴在墙上像控点的布设位置处的二维码,即可获取墙上像控点的坐标。本实施例中,处理软件采用ContextCapture。

[0064] 将获取的地面像控点和墙上像控点的坐标导入倾斜摄影空三成果里,以地面像控点作为倾斜摄影测量的控制点,校正无人机倾斜摄影的空中三角测量成果;再在倾斜摄影空三成果里导出墙上像控点的坐标,以作为近景摄影测量的控制点,对运行的空中三角测量成果进行重新校正,校正近景摄影的空三成果,进而保证倾斜摄影和近景摄影的地理参考信息统一。

[0065] 校正时,本实施例采用地面像控点和墙上像控点的实测法进行空三成果的校正。根据《1:500 1:1000 1:2000地形图航空摄影测量外业规范(GB/T7931-2008)》国家标准,从布设的像控制点数量与空中三角测量的解算精度出发,对获取的结果进行计算、统计分析,并根据行业规范和规定的精度要求,去除精度不满足条件的测量点。

[0066] 其中,像控点坐标的误差公式为:

$$\sigma_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2}{n}}$$

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta X_i^2}{n}}$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Z_i^2}{n}}$$

其中: $\Delta Y = Y_{\text{实测}} - Y_{\text{模型}}$; $\Delta X = X_{\text{实测}} - X_{\text{模型}}$; $\Delta Z = Z_{\text{实测}} - Z_{\text{模型}}$; n 为检核点个数。

像控点坐标所在平面精度的评定公式为:

$$\sigma_{IX} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Y_i^2 + \Delta X_i^2)}{n}}$$

$\Delta Y = Y_{\text{实际}} - Y_{\text{模型}}$; $\Delta X = X_{\text{实际}} - X_{\text{模型}}$; $\Delta Z = Z_{\text{实际}} - Z_{\text{模型}}$; n 为检核点个数。

最后将校正的倾斜摄影空三成果和近景摄影空三成果基于同一个坐标系进行空三合并,构建测区的实景三维模型,具体步骤如下:

校正后的倾斜摄影和近景摄影空三成果都是处于同一坐标系,即倾斜摄影和近景摄影的空三成果都是照片形式,每张照片包括ID、X、Y、Z、Omega、phi、kappa的数据信息,将倾斜影像与近景影像的空中三角测量成果直接合并,一起导入实景三维建模软件中。

[0067] 合并时,在 ContextCapture软件中,从空三成果里导出XML文件,基于同一坐标系直接合并。XML文件中包含了相机参数、影像外方位元素、像控点坐标与图像量测值以及影像特征点的参数信息。

[0068] 然后基于融合后的空三成果和三维密集点云数据提取深度图,即包含与拍摄的场景对象表面的距离信息有关的图像或图像通道,并构建不规则三角网,生成特征线,对不规则三角网进行平滑和简化处理,最后根据不规则三角网的地理位置信息,从倾斜和近景摄影数据中选取最佳视角的原始影像,并自动映射纹理到不规则三角网中,即可构建高精度、精细化的实景三维模型。

[0069] 平滑简化的处理步骤如下:

1、三角形折叠:将三角网格中一个满足条件的三角形简化为一个顶点,将该三角形三个顶点所有邻接点与新顶点相连,同时删除与该三角形相邻接的三角形,主要删除基本元素是三角面片。

[0070] 2、特征保持:采用三角形狭长度控制三角形折叠顺序,保持模型的特征,同时将局部区域尖锐度作为特征区域的度量标志之一,避免因法向量加权抵消造成的误判,能够更好地保持模型的特征区域。。

[0071] 基于三角形折叠简化和特征保持算法可以在保持模型外观的同时,有效低减少模型的顶点数和面数,降低模型的规模,平滑简化解了模型复杂度无限增长和计算机的存储容量、计算速度和传输速率有限之间的矛盾,以尽可能还原真实地理地貌,提高三维模型的精度。

[0072] 在ContextCapture导出的XML文件中的Photogroups、ControlPoints、TiePoints三个三级标签,分别记录了影像、控制点、特征点的全部信息。

[0073] Photogroups下有若干个Photogroup四级标签,每个Photogroup标签内的ImageDimensions、FocalLength、SensorSize、PrincipalPoint、Distortion标签中的内容分别记录了相机的像素尺寸、焦距、像幅大小、像主点位置、畸变参数。KML文件中Photogroup标签内的每个Photo标签均对应工程中的每一张影像。每个Photo内部的Id、Image-Path、Pose标签中的内容分别对应影像的序列号、文件名、外方位元素。

[0074] ControlPoints下的ControlPoint标签对应每个像控点。ControlPoint中的Name、Position、Measurement标签中的内容对应像控点的名称、XYZ坐标以及影像的量测值。

[0075] TiePoints下的TiePoint标签均对应每个特征点。TiePoint中的Name、Position、Measurement标签中的内容均对应像控点的名称、XYZ坐标以及影像的量测值。

[0076] 本实施例的实施原理为：

在测区范围内布设至少五个墙上像控点、至少五个地面像控点；墙上像控点布设在测区范围内的道路两边且距离地面[2,3]米范围，地面像控点和墙上像控点均匀布设在测区的四周或建筑物所在的位置区域内；

在测区范围内沿布设像控点的路段进行无人机倾斜摄影测量，运行倾斜摄影的空中三角测量；

在测区范围内沿布设像控点的路段的道路两边进行车载设备近景摄影测量，运行近景摄影的空中三角测量；

对倾斜影像和地面近景影像的数据进行分析和整理，结合POS记录仪提供的多视影像外方位元素，赋予三维模型精准的地理信息，采取由粗到精的金字塔匹配策略，在每级影像上进行同名点自动匹配和自由网光束法平差，同时，建立特征点、连接线、控制点坐标和GPU/IMU辅助数据的多视影像自检校区域网平差的误差方程，通过联合解算，确保平差结果的精度，具有地面全要素重建特征，借助于对航片信息、地面近景信息与POS信息的空三解算，保证更精准的模型位置关系；

获取地面像控点坐标和墙上像控点坐标，对倾斜摄影的空中三角测量成果进行校正，以更准确地获取倾斜摄影的数据信息；

再利用墙上像控点对近景摄影的空中三角测量成果进行校正，以克服因地面近景摄影缺乏俯视角度、不易识别地面像控点，使得近景摄影空中三角测量成果的校正效果较差的缺陷，进而更准确地获取近景摄影的数据信息；

把建筑物的表面投影到带有外方位元素的倾斜影像上，选出边缘吻合的影像纹理部分并把它添加到建筑三维几何模型上，得到完整的三维模型；

进而基于空地融合的精细化实景三维建模方法通过墙上像控点和地面像控点，校正无人机倾斜摄影和地面近景摄影的空中三角测量成果，统一坐标系后使无人机倾斜摄影空三成果融合地面近景摄影空三成果，改善了数据融合的效果，提高了实景建模的精度。

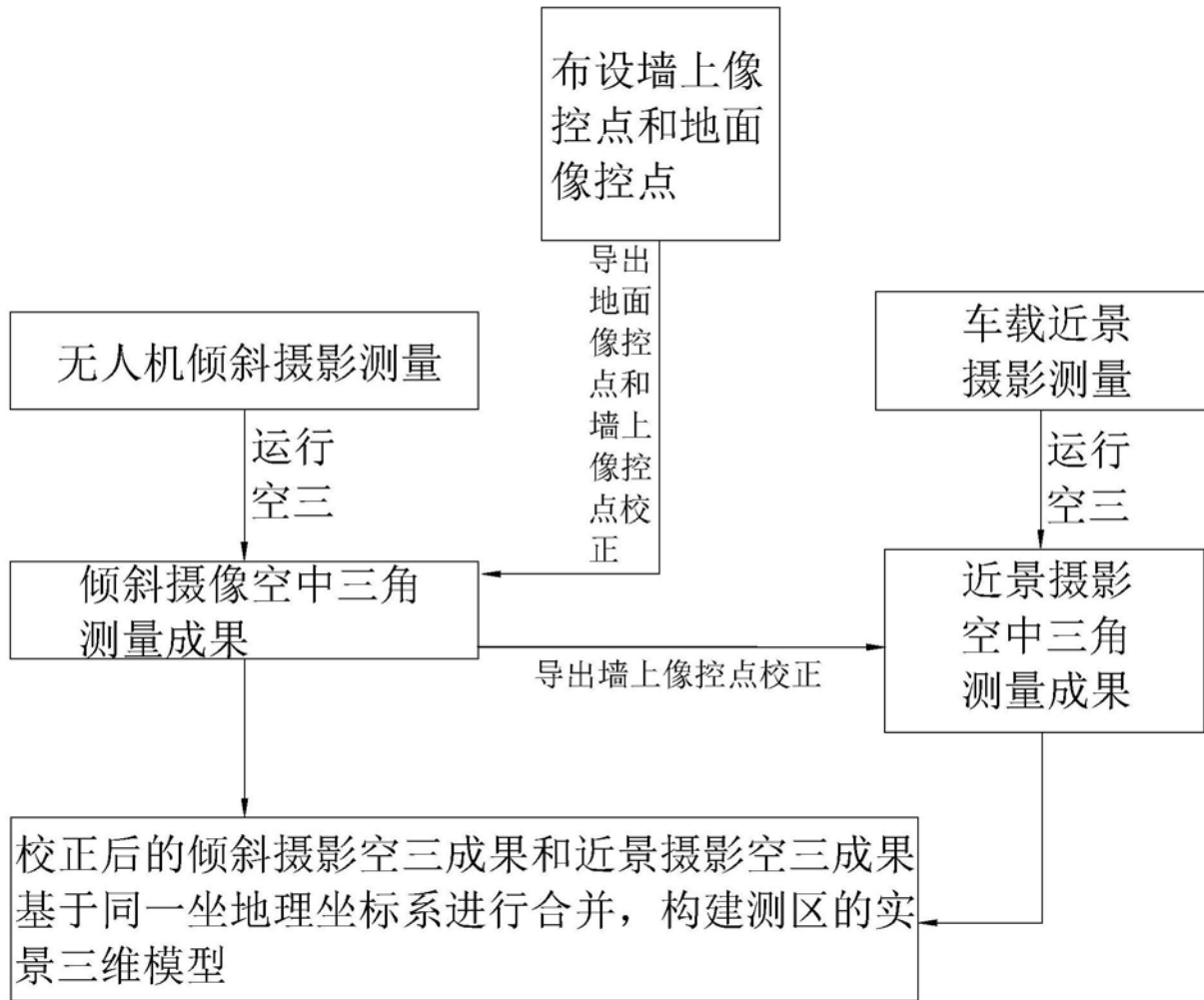


图1

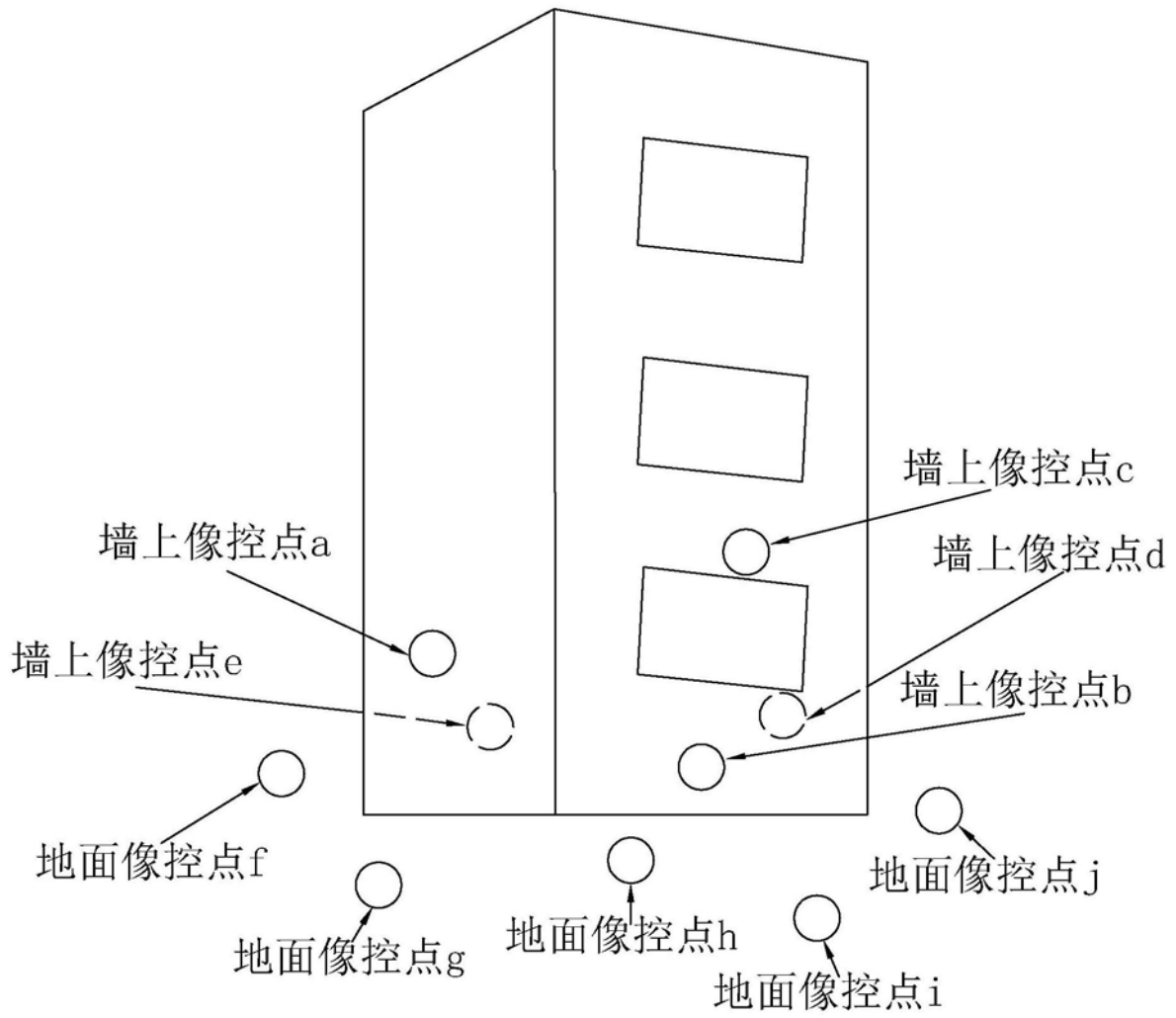


图2

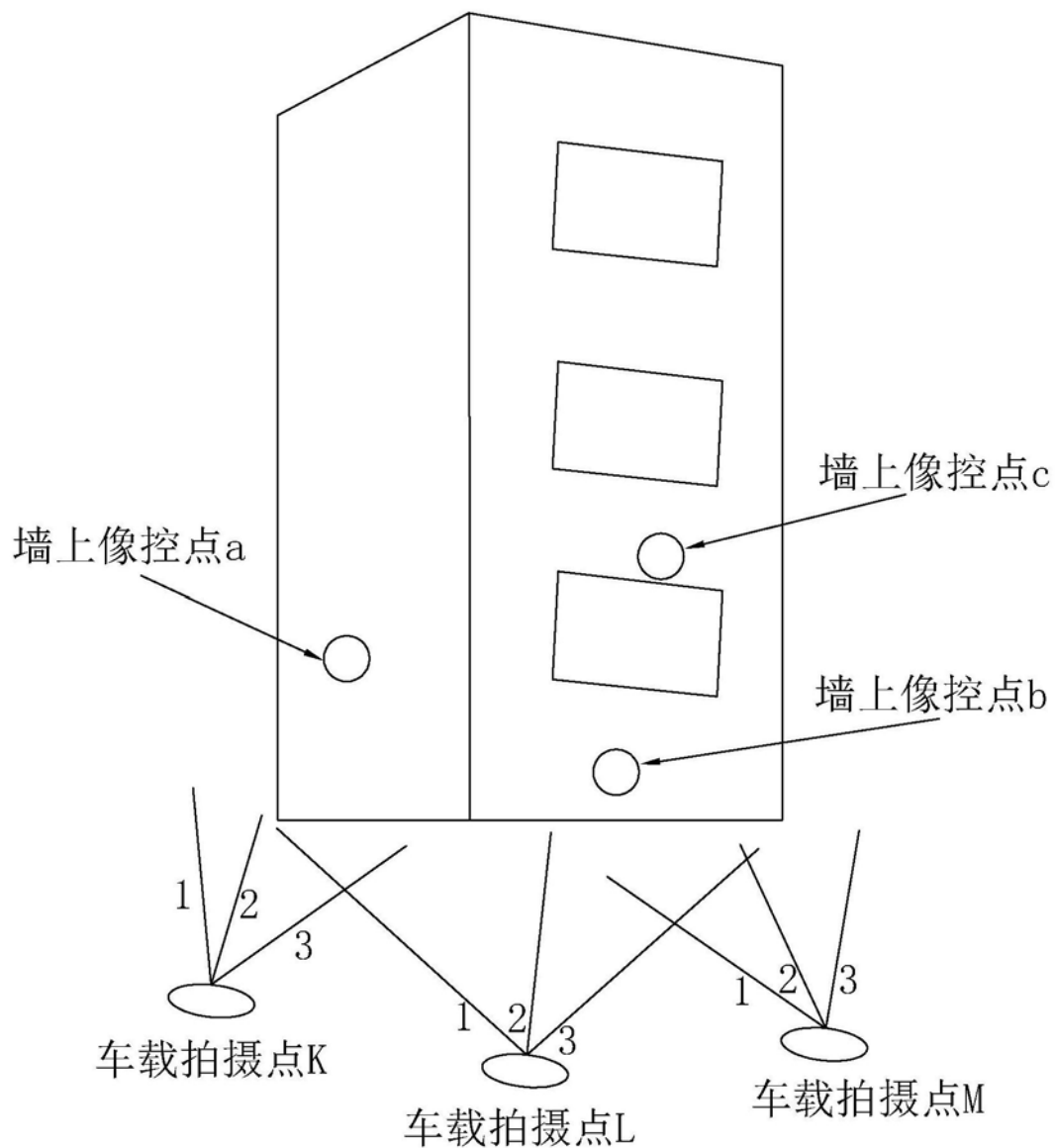


图3