

基于大重叠摄影测量的城区三维建模研究

卢飞

中铁工程设计咨询集团有限公司

摘要: 三维建模所体现的是在可视化的基础上展现精确的数字化水平,传统的摄影测量可以为三维建模提供稳定可靠的信息,但是信息的可利用水平却难以提升。针对摄影测量信息采集在城区三维建模中的作用程度,进行了基于大重叠度的摄影测量研究,分析了控制点和空中三角测量对大重叠摄影测量数据方法的影响和具体操作方式,利用空中三角加密方案与立体测图数据方案进行了大重叠摄影测量的采集数据精度分析对测量数据进行了误差统计、残差统计与粗差统计,通过实验来对比证明了本文研究内容在像控点方面和数据精度方面有更佳的效果,相比传统的摄影测量方法分别提升了20%和25%左右。

关键词: 大重叠度; 三维建模; 摄影测量; 城区建模

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.117

引言

摄影测量是对地形地貌进行拍摄与信息采集,从摄影测量的获取信息图像中便可以清晰分析出该地形地貌的纹理特征与地质状态,还可以根据相关的信息建立一个完整的三维模型,这也是地理信息系统构建的重要基础技术之一。为了进一步提升摄影测量的精准度,摄影测量的技术逐渐向倾斜大重叠度技术方向倾斜,传统的单摄影方向已经不能满足人们对真实地质特征的信息反馈。

国外对于大重叠度技术下的摄影测量研究历史已经接近百年,并广范围地应用在美国与欧洲部分地区,再随着计算机技术与互联网技术的联合发展,大重叠度摄影测量技术受到了极大的技术推动。

一、大重叠摄影测量基础原理

大重叠度摄影测量主要采用多基线的摄影技术,应用多基线的角度重叠原理使一个立体的物体呈现在空间中,进而可以体现在三维空间模型中。本文将借助孔径雷达的工作原理对大重叠度的测量基线拼接成为一条长的基线,为数据合成程序提供了良好的影像观测环境。

多基线的大重叠度摄影测量相比单基线的大重叠度摄影测量具有更多的交汇点,为最终的三维模型构建提供了稳定的空间距离关系,多个测量点在同一空间中还可以避免数字影像匹配技术受到外部数据环境干扰,从

根本上提高了测量影像精确度。多个基线之间的夹角也是不固定的,这样的摄影原理便可以增加相邻测量点与测量点之间的点位角度关系,发挥出大重叠度的多角度测量优势。多基线的测量点交汇位置即代表测量描述点与实际三维空间构建点之间的视觉共线关系,两点之间存在着共线条件方程,如下所示:

$$\frac{X - X_1}{Z - Z_1} = \frac{ax + by}{cx + cy} \quad (1)$$

$$\frac{Y - Y_1}{Z - Z_1} = \frac{ex + fy}{dx + dy} \quad (2)$$

公式中X、Y、Z分别代表坐标系轴,a、b、e、f分别代表测量描述点与三维空间构建点的坐标系数,x、y分别代表两个点的观测点。

多基线的摄影数据大幅度凸显了影像的重叠度,在空间中所成的像可以被360°观测到,所测量的具体距离数据也不需要代入未知数去求解,在线性化方程中可以直接提取。

二、基于大重叠的城区三维建模数据摄影测量

(一) 基于大重叠的城区控制点摄影测量

大重叠度的摄影测量图像的重叠角度较大,多条基线在图像中的表现也不明显,所以需要应用大重叠度的摄影测量技术对城区中的显著地质特征进行控制点的设定,一般情况下会在摄影测量的过程中每距离500米设定一个控制点,在两个控制点中间还设定一个平高点,控制点的测量范围是500m²,在管辖范围内可以增设1~2个测量数据检测点,每个检测点均具有测量数据上传与采集功能,保障了点、线、面的大重叠度角度测绘。

本文为了增强大重叠度摄影测量的瞬间工作量,使用了网格式像控布点方案,在控制点的基础数据管辖范围内增加了相等范围的区域网,满足1:500比例尺的摄影测量平面精度需求。网格化的像控点更多地考虑大重叠度对摄影测量技术的表现能力,但是在无人机的飞行稳定性方面考虑欠缺,使得像控点的设定可能不能精确到每个网格中,从而使测量图像产生了一定的误差,这样可以通过设定更高密度的像控点来增加测量重叠度,利用数据的平均值来减小摄影测量图像角度误差。

(二) 基于大重叠的空中三角摄影测量

大重叠度的空中三角摄影测量是利用了大重叠度的图像角度重叠技术和多基线的图像视觉点交会匹配技术，最终的摄影测量成像具有高度的智能化，所生成的图像数据匹配点会自动与三维空间点相结合。

空中三角摄影测量的加密点精度要高于像控点摄影测量的精度，为此可以将空中三角摄影测量作为验证像控点精度的技术。空中三角摄影测量技术主要运用了多基线的叠加原理，让多基线上的各种类数据自动匹配到三维空间的连接点上，进一步保障测量点的精准度。完成点与点之间的匹配后，测量像点与中心点与实际点之间共线，根据多方面的方位元素解析共线内容可以获得每个摄影测量点坐标位置，进一步寻找基线与基线上的交会点。空中三角测量图像是可以实现拍摄瞬间位置的恢复的，空中三角拍摄瞬间的姿态与位置直接决定了重叠度系数，相对地确定了重叠度系数时就可以单方面解析与控制三维空间中的坐标系位置。

三、基于大重叠摄影测量的城区三维建模精度分析

(一) 空中三角加密精度分析

空中三角加密精度的整个摄影测量区域可以划分为六个角度，每个角度与周边相邻的角度之间都具有大面积的重叠部分，空中三角区域内测量的平面向点可以寻找500多个平面向点和600多个高程定向点，平面向点中具有五分之二数量的点位属于检查点，高程定向点中具有四分之三数量的点位属于检查点。如下表所示为空中三角加密测量点的精密度统计情况：

表1 空中三角加密测量点的精密度统计情况

加密分区	定向检查点			
	误差		残差	
	平面	高程	平面	高程
1	0.253	0.259	0.136	0.142
2	0.251	0.261	0.129	0.136
3	0.256	0.268	0.124	0.135
4	0.254	0.265	0.130	0.134
5	0.258	0.263	0.132	0.132
6	0.253	0.264	0.128	0.140

根据表2中的数据统计情况可知，六个加密分区中的定向检查点平面误差与高程误差满足三维建设模型的测量规范，加密分区中的定向检查点平面残差与高程残差满足了1:1000比例尺的测量规范。当定向检查点的平面误差大于2.6时，便需要大重叠度倾斜摄影测量额外增加网格控制点，因此本文所统计的测量点均不需要网格控制点的参与。

随着像控点在摄影测量大重叠度下的增设，网格重叠像控点的公共部分减少，同时三维空间模型的整体测量精度大幅度提升。测量精度的提升是因为受到重叠角度的影响，测量平面精度更容易受控，仅仅在一个城区中布设大量的像控点完全可以实现1:1000的比例尺精度需求。

(二) 立体测图数据精度分析

本文初步对立体测图数据进行了统计，如下所示为立体测图数据平面精度：

表2 立体测图数据平面精度

分区	点数	误差/m	粗差/个
1	352	0.359	5
2	468	0.354	4
3	369	0.405	3
4	405	0.364	5
5	432	0.362	4
6	398	0.415	2

表3 立体测图数据高程精度

分区	点数	误差/m	粗差/个
1	265	0.169	2
2	239	0.159	3
3	305	0.137	4
4	289	0.159	1
5	364	0.206	5
6	249	0.248	4

根据表中的高程精度测量结果，可知在6个分区中高程误差大多数区域在2.0m以内，只有两个分区误差在2.0m以上，正常情况下在城区的三维空间模型建设中，误差小于2m便符合1:1000比例尺的测量精准度，分区中另外的两个高程测量误差同样可以采用大重叠度摄影技术增加网格像控点来减小误差。

四、实验研究

本文以建筑立面层次较为丰富的区域作为实验研究对象，利用无人机作为大重叠度摄影测量载体。试验区的无人机飞行高度可以达到350m，实验区间内的建筑物高度最高达到200m。无人机搭载的为佳能EOS 450D型号相机，可以满足多基线、多角度的摄影测量，相机内部还装置有摄影测量数据处理系统，能够快速识别出所拍摄的城区建筑物的角度与高度等基本参数，最终还可以将测量出的数据进行精度解析与计算，满足平面网格与三维空间模型构建的基础数据条件。

相机的角度转变为360°，满足了大重叠度摄影测量需求，可以在网格控制点中实现全角度图像覆盖。

根据实验区域的地形特点，摄影测量采用由北向南的图像采集方式，摄影测量的重叠角度与旁向角度分别为60%、65%，如下图为摄影角度重叠示意图：

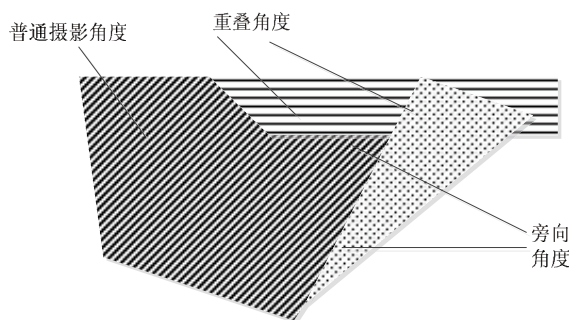


图1 摄影角度重叠示意图

在进行摄影测量的过程中会出现部分建筑物纹理映射不规范的图像数据，为此需要对该类数据的内容进行特征提取，寻找其中具有多视点、高重叠度的可匹配表达数据，再根据已经建设好的三维空间模型完成几何特征的融合，实现纹理信息与地质特征的自动映射，得到一个可全角度观察的三维模型。在实验区内共设定了20个检查测量点，每个检查测量点都可以进行三维模型建设的评估，其中的误差距离可以通过模型的缩放来与实际图像进行对比并更改。

为了突出表现基于大重叠度摄影测量城区三维建模的优势，在实验中对三维模型中的控制点精度进行分析，在基线、三维坐标精度以及平差控制点个数相同的情况下，计算不同摄影测量方式下的三维模型参数。本文大重叠度摄影测量方法下共有基线4条，像控点数350个，像控点平均分布在三维模型的三个坐标方向上，如下图所示为三个摄影测量方式的三维模型精度、像控点对比结果：

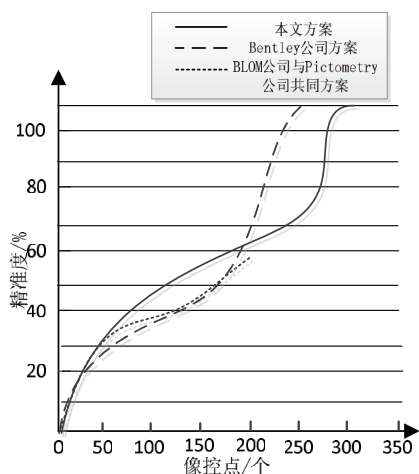


图2 三维模型精度、像控点对比

根据图中的对比结果可知，本文研究的基于大重叠度摄影测量技术下的城区三维模型随着像控点数量的增加而精确度也随之增长，当像控点数量达到300个以上时，三维模型的精确度便达到了极值，此时的精确度已经完全满足了1：1000比例尺的三维空间模型构建标准。本文方案相比这两种传统方案精确度提升了近20%，像控点数据提升了25%左右。本文所研究的摄影测量技术在精度分析层面上采用了空中三角加密精度分析和立体测图数据精度分析两套方案，从而增强了摄影图像数据在三维模型构建中的可应用性。大重叠度摄影测量的三维模型精确度高还是因为采用了多基线视觉原理，利用多条基线在实际空间中的共线作用，增强了摄影图像的空间感，为三维模型的角度构建奠定了基础。

结束语

城区的三维建模直接关系到城市的发展速度和手机导航功能的精准程度，传统的摄影测量技术所提供的图像数据应用在城区的三维模型中具有明显的片面性，为了获取更加全面的城区建筑物图像数据，本文对基于大重叠度摄影测量技术进行了研究。研究证明大重叠度摄影测量技术可以获取更全面角度的图像信息，信息的精确度与像控点数量均达到了1：1000比例尺的标准，符合了现代人们对于城区三维建模的应用要求。

参考文献

- [1]刘金龙, 周阳阳, 吴海晶, 等. 基于人工倾斜摄影测量的微地形三维建模方法研究[J]. 中国水土保持, 2019, 445(04): 47-51.
 - [2]XING Guanghu, LIU Hongying. 基于航空摄影测量的数字城市快速三维建模技术研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2019, 042(001): 222-224.
 - [3]周吕, 李青逊, 权菲, 等. 基于无人机倾斜摄影测量三维建模及精度评价[J]. 水力发电, 2020, v. 46; No. 552(04): 44-48+53.
 - [4]韩宇. 基于旋翼无人机倾斜摄影测量的城市三维实景建模研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2019, 42(04): 185-188.
 - [5]胡波. 基于倾斜摄影测量技术的三维数字城市建模研究[J]. 地矿测绘, 2021, 3(6): 32-33.
- 作者简介：卢飞（1988-），男，汉族，江西九江人，硕士研究生，中级工程师，研究方向：工程测量。