

智慧城市与测绘地理信息技术分析

王燕

安徽省第一测绘院

摘要: 针对智慧城市与测绘地理信息技术问题展开探讨, 采用案例分析法, 从点云数据获取以及点云滤波计算入手, 详细研究了实际点云数据获取和计算分析过程中的要点内容, 并深入探讨了测绘地理信息技术在智慧城市建设过程中的应用。根据研究结果可知, 通过构建三维模型、展开城市地形测绘, 能够充分发挥地理信息技术优势, 推动智慧城市建设。

关键词: 智慧城市; 测绘; 地理信息技术

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2022. 14. 122

引言: 随着现代化社会的发展, 先进信息技术手段得到了更多的应用, 也逐渐渗透到了人们工作和生活的方方面面, 在此情况之下, 城市建设管理逐渐向着智能化角度方向发展, 智慧城市建设势在必行。测绘地理信息技术在城市建设管理过程中, 有着十分重要的作用, 是推动智慧城市建设过程中不可或缺的技术手段。因此, 加强对于智慧城市与测绘地理信息技术的分析和探讨是十分有必要的。

一、点云数据的获取

以某城市部分区域为例, 测区面积约为1. 5km², 整体地势起伏不大, 落差在70m左右, 测区内包含民用建筑、桥梁、铁塔、路网以及农田、灌木丛等, 整体可视性较差。

1. 数据获取

在确定测区范围后, 进行航飞路线设计, 制定飞行计划, 并确定控制点, 以此展开数据获取。测绘地理信息技术下的数据获取主要包括以下两个步骤。

第一, 测量像控点, 结合实际情况设置控制点, 采取空中三角加密形式进行数据解析, 主要数据采集测量方式为RTK, 通过对像控点的多次采集, 保障测量结果的准确性。第二, 影像获取, 根据相关行业规范以及现场勘查结果, 确定航线和测区范围, 明确地面分辨率、航高以及摄影重叠率。

其中地面分辨率需要结合实际比例尺进行确定, 分辨率与比例尺的对应关系如表1所示。

表1 分辨率与比例尺的对应关系

测图比例尺	1: 500	1: 1000	1: 2000
地面分辨率 (cm)	≤5	8~10	15~20

航高的确定需要根据相机焦距、地面分辨率等进行

计算, 计算公式如下:

$$H = \frac{F \times GSD}{a}$$

式中, H表示航高; F表示相机焦距; GSD表示地面分辨率; a表示像元尺寸。

影像重叠率主要包括航向重叠度和旁向重叠度, 其中前者应控制在60%~80%之间, 即便在特殊情况下也应高于53%; 后者应控制在15~60%之间, 不应低于8%。为保障摄影精度, 避免出现漏拍或者重叠度不满足要求的情况, 应对影像重叠度进行计算, 计算公式如下:

$$B = L (1-p) \frac{H}{f}$$

$$D = L_m (1-q) \frac{H}{f}$$

式中, B表示实地摄影长度; D表示航线间隔宽度; L和L_m表示像幅边长; P表示航向重叠度; q表示旁向重叠度; H表示航高; f表示镜头焦距。

经计算, 案例项目中的航向重叠率设计值为80%、旁向重叠率为60%。

2. 密集匹配点云获取

密集匹配点云获取主要包括影像数据特征检测和匹配, 以及三维场景的构建两个步骤。当前业内常用的密集匹配点云数据获取的主流软件为Smart3D, 其中包括主控台、设置、引擎以及浏览等多个软件, 点云匹配过程中, 主要应用主控台和引擎, 其中主控台为整个点云匹配过程的管理者, 负责创建、管理以及监视任务, 具有较高的自动化特点。主要作业流程包括建立工程、人工转刺监测点, 以及空中三角测量, 最后进行三维重建^[1]。

3. 匹配精度检验

为保障影像匹配点云的精度, 在完成匹配之后, 需要通过对控制点和检查点的残差以及中误差, 对匹配结果进行精度检验, 计算内容包括控制点和检查点的平面误差、中误差以及高程误差。案例项目共经历两次空中三角测量, 在第二次测量后, 对控制点进行重新调整, 经计算, 在x、y方向以及高程上的点云精度中误差分别为4. 4cm、1. 2cm以及6. 1cm, 最大误差均控制在了2倍中误差以内, 相较于第二次空中三角测量, 精度有了大幅提高, 因此, 在第三次测量基础上构建三维实体模型。

二、点云滤波计算

(一) 点云粗差别除

1. 粗差点分类

结合案例项目实际情况,发现点云极值粗差点的分布情况与实际地物之间关联密切,在铁塔等区域,粗差点出现的概率较高,造成这一情况的主要原因在于铁塔等区域的影像纹理特征并不明显,因此特征点较少,这在一定程度上影响了点云的精度。此外,案例项目中不仅包括极值粗差点,还包括一般性粗差点,仅通过目视很难实现区分,如桥下面的粘连现象等,影响桥梁结构展现,造成这一情况的主要原因在于存在拍摄死角、特征点较少等。

2. 粗差别除算法

为保障匹配精度,需要对点云粗差进行剔除处理,主要从高程频数角度进行筛选,除去高程频数在阈值以下的点云。对此,可采用高斯核函数进行点云密度大小的判断,主要计算公式为:

$$D_p(p_i) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k e^{-\frac{|p_i - p_j|^2}{2\sigma^2}}$$

式中, $D_p(p_i)$ 表示核密度函数; p_i 和 p_j 均为采样点; k 表示采样点 p_i 周围的相邻点数; σ 为密度参数。

(二) 点云滤波计算

1. 坡度法

坡度法是将地表视为分段光滑曲面,在此前提下,地面点之间的坡度变化较小,地面高程也比地物高程要小。在高差阈值确定的情况下,两点间距离越短,那么大高程是地面点的可能性也会随之降低,通过对相邻点高程的对比,即可判断该点是否为地面点,以此达到滤波效果,提高点云匹配精度。

2. 移动曲面拟合法

移动曲面拟合算法是通过二次元曲面拟合公式,确定移动窗口中的最低点,以此形成粗略初始地形曲面模型,然后除去点云中超过给定高度阈值的点,以此达到缩小移动窗口的效果,不断循环此过程,直至确定出最佳地形曲面,以此筛选出地面点^[2]。

3. 不规则三角加密

不规则三角加密是在假设局部地形表面平坦为基础进行计算的,需要先对测区进行网格划分,从中选取少量的最低点区域形成点云,并构建三角网模型,再通过计算得出过滤点云与相应三角形之间的距离以及角度,以此进行点云筛选,直至剔除所有非地面点,完成滤波。

三、测绘地理信息技术在智慧城市建设过程中的应用

(一) 构建三维模型

1. 获取遥感影像

首先,进行相机标定,并在不同位置和姿态对标定板进行拍摄,详细流程保留标定板制作、获取定标图像、相机标定以及精度测评四个步骤。其次,进行航测规划,根据上述分析可知,航测规划主要包括航摄高度、像片重叠度的设计,以及航摄区域边界覆盖计算。其次,进行控制测量,为保障点云精度,需要获取精确的物方坐标,可通过RTK测量方法加以实现。最后,进行无人机航测,根据上述确定好的像元、飞行高度、分辨率、重叠度以及飞行速度等,进行倾斜摄影测量。

2. 数据预处理

数据预处理主要包括以下几个方面:第一,影像光纤处理,基于无人机获得的影像照片,在光线、环境以及传感器等相关因素的影响之下,照片之间可能会存在色彩不平衡的情况,因此需要对其展开匀光匀色处理;第二,POS数据处理,在此过程中,需要将POS文件信息写入影像当中,为后期三维建模奠定良好基础,用以展示影像位置和姿态;第三,像控点数据处理,对此需要使用RTK设备当中的数据处理软件,进行数据转换,并形成像控点数据。

3. 三维实景建模

三维实景建模主要包括数据输入、像控点影像关联、空中三角测量以及密集匹配点云数据四个过程。其中像控点关联和空中三角测量一体化处理较为关键,主要包括影像数据的输入、像控点输入、初步刺点、精化刺点以及精度检验等步骤。

4. 精细化建模

在实际利用测绘地理信息技术进行三维建模的过程中,可能会存在模型粘连、纹理不清晰等情况,对此可借助建模软件进一步对三维模型进行精细化处理。首先,将空中三角测量得到的数据信息,以及校正影像等输入到相应处理软件当中;其次,建立线框模型,明确测绘区域基准点,由系统自动建立三维基准坐标,再对基准点周围较为清晰的影像进行筛选,以此绘制线框模型,并将其同步显示在三维模型当中;再次,对影像当中的纹理进行映射处理,并针对其中产生的错误问题手动进行更正,当原始影响当中存在疏漏时,需要进行补充拍摄^[3]。

(二) 地形测绘

1. 点云抽稀

在实际进行地形测绘的过程中，像素匹配需逐个展开，而在此过程中点云数据量较大，数据冗余情况较为严重，对于点云数据的存储、处理以及传输等相关操作会产生较为严重的影响，相应数据使用和处理效率较低。对此，在对地形变化较小的区域内进行数据处理时，为保障数据处理效率、提高产品质量，需根据实际情况展开点云抽稀，在保障数据精度的情况下，适当降低点云密度。

当前点云抽稀主要包括以下三种处理方式。第一，随机采样，将点云数据输入系统当中，结合抽稀需求，确定网格大小，并对点云展开分割，确保每个网格内具有一个代表性点，并确保该点与周围所有点的平均高程接近，以此实现抽稀处理。随机采样法适用于精度要求较低的情况下，具有原理简单，处理高效的优势。第二，基于距离和高差的抽稀方法。该计算方法是在输入点云后，以搜索半径参数，确定搜索范围，将高程差与高差阈值进行对比，若高程差值较小，则说明该点不符合抽稀要求，进行下一个点的筛选。第三，点云离散度抽稀，以点云高程差异表示地形起伏，若高程差较小，则表示地面平坦，若地势较为复杂，则需要通过点云离散度进行分析，表达公式为：

$$D_i = (Z[ij] - Z) / \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (Z[ij] - Z) + \epsilon \right\}$$

式中，m、n表示测试区面积；Z[ij]表示待定点高程；Z表示测试区点云平均高程；ε表示较小的正数，主要为避免出现分母为0的情况。

经计算基于距离和高差的抽稀方法，在不同搜索半径下的质量情况如表2所示。

表2 不同搜索半径下的质量情况

搜索半径 (m)	抽稀后数据大小 (kb)	抽稀率 (%)
0	579985	100
1	8789	1.52
2	3798	0.63
3	2451	0.40

2. 高程模型

在完成点云抽稀处理之后，需要展开数字高程模型的制作，并生成等高线。经过实验发现，高差阈值与等高线之间有着密切的联系，随着高差阈值的降低，等高线的密集程度有所上升，即地表高差越大，地形不平滑情况越发突出。但同时，高差阈值的增加，虽然会使得影像图中地面看起来较为平滑，但也会造成失真情况。经研究发现，案例项目当中高程阈值取值0.35进行抽稀，生产的点云效果较好，可将此时生成的等高线作

为结果进行模型构建^[4]。在完成高程模型构建后，需要对生成的等高线质量进行检测。常用的检测方法包括以下几种：第一，目视检查，主要通过人工检查等高线当中存在的问题，并进行手动处理；第二，检查点处理方式，通过计算得到的中误差，作为评价高程精度的指标，以此判断高程精度。经计算，案例项目中检查点高程中误差为0.35，满足1:2000比例尺要求，可用于智慧城市建设。

3. 地物数字化

将测绘地理信息技术下得到的房屋、道路等相关地物信息在地图上绘制出来，并将其与等高线叠加在一起，以此将测量结果以数字地图的方式呈现出来。经测绘后得到的测区地面分辨率为0.05m，满足行业规范中要求的0.2m要求。

在完成地物数字化处理后，需要对测量结果质量进行检验，确保其满足成图精度标准要求。对此，本文在进行质量检测的过程中，实地选取了8个检测点进行精度核查。经计算测得检查点以及高程中误差分别为0.344和0.382，均满足成图标准。

结束语

综上所述，测绘地理信息技术作为智慧城市构建过程中的关键技术，主要用于地形、地物的测绘以及三维模型构建等方面，在实际应用该技术的过程中，应加强对于点云数据的获取以及点云滤波计算的重视，以此保障计算结果准确，确保三维模型的精确度，值得注意的是，在进行地物测量的过程中，还应结合实际需求进行点云抽稀处理，确保高程模型质量可靠，保障地物数字化处理过程中精度满足行业标准要求，以此为智慧城市的建设提供可靠支持。

参考文献

[1] 黄华, 姚辉官. 测绘地理信息技术在地质勘查工作中的应用发展研究[J]. 世界有色金属, 2021(21): 195-196.
 [2] 杨莎莎. 浅谈测绘地理信息技术在城市土地资源管理中的应用与发展[J]. 科技风, 2020(03): 25.
 [3] 田茂军. 现代地理信息技术在智慧城市测绘工程中的应用效果观察[J]. 住宅与房地产, 2019(36): 209.
 [4] 顾小鹏. 现代地理信息技术在智慧城市测绘工程中的应用效果观察[J]. 科技资讯, 2019, 17(13): 240-241.

作者简介: 王燕(1975-), 女, 本科, 高级工程师, 从事基础测绘工作。