

基于无人机倾斜摄影的三维地形测绘技术研究

牟丽

黑龙江工程学院

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2031

[摘要] 本研究聚焦于基于无人机倾斜摄影的三维地形测绘技术,深入探讨其在自动驾驶领域的应用及关联。通过对无人机倾斜摄影技术原理、数据采集与处理流程的详细剖析,阐述如何获取高精度、多视角的地形数据并构建精准三维地形模型。着重研究该技术为自动驾驶提供的关键支持,如高精度地图构建、复杂路况感知等,分析其在提升自动驾驶安全性、可靠性与智能化水平方面的重要作用,旨在为推动自动驾驶技术发展及相关应用提供理论与技术支撑。

[关键词] 无人机倾斜摄影; 三维地形测绘; 自动驾驶; 高精度地图

中图分类号: V279+.2 文献标识码: A

Research on 3 D topographic mapping technology based on UAV tilt photography

Li Mou

Heilongjiang Institute of Technology

[Abstract] This study focuses on the three-dimensional topographic mapping technology based on uav tilt photography, and deeply discusses its application and correlation in the field of autonomous driving. Through the detailed analysis of the principle of uav tilt photography technology, the data acquisition and processing process, it explains how to obtain high-precision and multi-perspective terrain data and build an accurate three-dimensional terrain model. It focuses on the key support provided by this technology for autonomous driving, such as high-precision map construction, complex road condition perception, etc., and analyzes its important role in improving the safety, reliability and intelligence level of autonomous driving, aiming to provide theoretical and technical support for promoting the development of autonomous driving technology and related applications.

[Key words] UAV tilt photography; 3 D topographic mapping; automatic driving; high precision map

在科学技术高速发展的今天,自动驾驶技术已经逐步由理念变为现实,并成为交通运输领域中一支重要的变革力量。安全高效地实现自动驾驶离不开准确的环境感知和地图信息的支撑。无人机倾斜摄影技术以其特有的优势可以快速获得大范围、多角度地形影像数据,并为自动驾驶提供大量准确的地理信息。研究无人机倾斜摄影三维地形测绘技术和自动驾驶的融合运用,对打破自动驾驶技术发展瓶颈、扩展应用场景具有实际意义。

1 无人机倾斜摄影的基本原理

无人机倾斜摄影技术在测绘领域具有创新性,它将先进航空技术和摄影测量原理结合在一起。它的核心是装有多相机系统的无人机平台上,一般都装有一架竖直朝下摄影的正射相机和多架倾斜布置在不同视角下的摄像机。这几台相机协同作用,多角度地拍摄地面目标,以获得大量影像数据^[1]。飞行作业时,无人机根据事先规划的航路,按既定高度、速度和重叠度等要求对目标区上空实施飞行拍摄。正射相机对地面进行垂直摄影,

在地物上方获得清晰图像;倾斜相机在特定视角下进行摄影,可以捕捉地物侧面信息。这种多角度的摄影方式突破了常规垂直摄影仅能获得地物顶部资料的限制,从而达到全方位、立体式地获取地形和地物资料的目的。

在拍摄结束之后,获取的海量原始影像数据将进入后续处理过程。首先需要对图像进行畸变校正,因为相机镜头物理特性决定了所摄图像必然会出现不同程度的失真,而采用专业校正算法则可消除此类失真并提高精度。然后对数据进行筛选和去噪处理,剔除由于拍摄环境干扰和设备故障而导致的无效或虚假数据,保证数据质量。再利用多视影像匹配算法对不同相机采集到的有重叠区域的图像进行比对,确定同名点,并在此基础上生成密集点云。然后,采用三角网构建算法实现点云数据到三维网格模型的转换,并最终建立精度更高的三维地形模型。全过程依靠计算机视觉、数字图像处理、测绘学等多个学科的知识,以准确的算法与有效的数据处理流程实现无人机采集二维影像

到直观形象的转换,精确的三维地形信息为之后的应用奠定了扎实的数据基础。

2 基于无人机倾斜摄影的三维地形测绘技术价值

以无人机倾斜摄影为基础的三维地形测绘技术已经在很多领域显示出了无可取代的应用价值,特别是和自动驾驶密切相关的方面,更是起到了至关重要的作用。

对于自动驾驶中的高精度地图的建立,这一技术有着突出的优点。自动驾驶车辆要求准确的地图信息,以便对行驶路径进行规划和对周边环境进行感知。无人机倾斜摄影采集的三维地形数据,可以准确地恢复道路位置、形态、坡度及周围地形地貌。通过深度挖掘与处理这些数据,能够提取道路中心线、车道边界以及交通标志位置等重要地图要素,并在此基础上构建符合自动驾驶要求的高精度地图。该高精度地图精度可以达到厘米级别,给自动驾驶车辆带来精确的驾驶参考,极大地提升了自动驾驶的安全可靠性。

对于复杂路况的感知,这一技术也有突出的表现。实际道路行驶过程中会遇到坑洼、陡坡和积水路段等各种复杂道路情况,给自动驾驶车辆安全运行带来了潜在的威胁。无人机倾斜摄影建立的三维地形模型能清晰地展现地形起伏变化、地表平整度信息,利用数据分析算法可对潜在危险路况进行辨识。比如在地形模型上进行高程数据分析,就能精确地判断坑洼位置与深度、陡坡坡度与幅度等信息,从而对自动驾驶车辆起到提前预警作用,使之能适时调整行驶策略,以免处于危险状况中。

3 基于无人机倾斜摄影的三维地形测绘技术应用

3.1 对原始数据进行预处理

以无人机倾斜摄影为基础采集的原始数据虽然包含了丰富的地理信息,但是由于采集环境的复杂性和设备本身的特点,有很多问题影响了数据质量和后续加工,所以原始数据预处理是三维地形测绘流程中的关键起始环节^[2]。

无人机飞行过程中获取数据,受相机镜头光学特性的影响,所摄图像中广泛存在径向畸变和切向畸变。径向畸变使得图像中直线转变为曲线,而切向畸变会引起图像局部拉伸或者压缩变形。为了修正这些畸变,往往使用相机标定技术来实现,该技术通过拍摄已知特征点来计算相机内参数及畸变参数,然后利用这些参数在数学上转换原始影像,以恢复图像的实际几何形状。在收集时,会有各种噪声数据掺杂在其中。光照条件的改变、大气的散射和设备电子元件的热噪声都会使图像产生噪点、条纹或者模糊区域。为了消除这些噪声,可以进行中值滤波和高斯滤波。中值滤波对像素点邻域灰度值进行排序并取中值来代替此像素点灰度,以有效地消除椒盐噪声;高斯滤波是一种基于高斯函数对相邻像素进行加权平均的方法,它能有效地使图像平滑,并降低高斯噪声的干扰。

3.2 三维模型的构建算法

在对原始数据进行预处理之后,需要借助于一系列有效的三维模型建立算法来实现二维影像数据到直观准确的三维地形模型转换。多视影像匹配算法在三维模型建立过程中处于核心

地位,是一个重要环节,该技术的工作原理是,通过使用不同的相机从多个不同的视角拍摄具有重叠区域的影像,然后从影像中提取特征点,例如角点和边缘点等,并利用特征描述子对这些点进行特征量化^[3]。常见的特征描述子有SIFT(尺度不变特征变换)、SURF(加速稳健特征)等。根据这些特征描述实现不同图像之间特征点的匹配和同名点的搜索。在匹配的过程中,我们使用了如最近邻搜索和随机抽样一致性(RANSAC)等技术,以排除错误的匹配点,从而提高了匹配的准确性。通过对海量同名点进行匹配,得到地物不同角度空间位置的对应情况,继而产生密集点云。

点云在生成之后需要构造三角网来形成三维表面模型。常见的三角网构建算法是Delaunay三角剖分算法。该计算方法以点云数据中的各个点作为网络的顶点,构建了一个三角形网络,确保任何一个三角形的外接圆内都不含有其他点,从而确保了三角网的稳定性和合理性。施工时综合考虑点位空间分布密度、地形起伏特征等因素优化三角网。比如在地形变化比较剧烈的地区适当地增加三角形的个数来对地形进行较为准确的拟合;在平坦的区域内,可以通过减少三角形的数量来提升模型的构建和存储效率。

为了进一步增强模型的真实感与准确性,纹理映射也是必要的。对原始影像提取相应三角形面片纹理信息并映射到三角网,使得三维模型表现出类似实际地物的外观纹理。三维地形模型通过准确的纹理映射既可以体现地形几何形状又可以直观地显示地物表面特征,从而为之后的分析和应用提供更加丰富的数据。在三维模型建立的全过程中,采用多视影像匹配、三角网建立以及纹理映射系列算法协同作用,实现了无人机倾斜摄影所获二维影像数据向真实感强、精确性高的三维地形模型的转换。

3.3 对模型进行精度评估和优化

所建立的三维地形模型的准确性直接影响后续自动驾驶和地理信息分析中的使用效果,所以需要对模型的准确性进行综合评价,并且根据评价结果不断地优化。

模型的精度评估使用了各种量化指标和方法。平面精度和高程精度被视为最基本的评价标准,通过将模型中的地物坐标与已知的高精度控制点坐标进行比较,我们可以计算坐标偏差的均方根误差(RMSE)来进行衡量。如在平坦区域内选择若干个已知坐标控制点,测出模型上相应位置点坐标,算出它们与真实坐标之差的平方,然后求平均值再开方求出平面精度RMSE值。高程精度的评价同理,将模型高程和实际测量高程进行比较得到误差值。另外,需要对模型几何形状保真度进行评价,并考察其是否精确地恢复了地形起伏、坡度和地物形状。可以通过专业地理信息软件对该模型进行剖面分析以观测模型剖面线是否符合实际地形剖面;或者通过计算模型表面和实际地形表面法向量夹角来评价模型对局部几何形状的精度。

对于评价中所发现的精度问题需要采取适当的优化策略。对由于数据获取误差造成的局部模型偏差可以通过对本地

区数据的再获取来修复,也可以使用周围优质数据插值修复。如果模型的总体精度不够,则可以考虑增加控制点的数量以提高数据处理时的特征匹配精度以及三角网的构建质量。比如在多视影像的匹配部分,本文使用了更为高级的匹配算法,比如基于深度学习等方法来改善同名点的匹配精度;三角网构建中,对Delaunay三角剖分算法中的参数进行了优化,以较好地拟合地形特征。同时,还可通过数据融合技术,将其他来源的高精度地理数据,如激光雷达点云数据,与无人机倾斜摄影生成的模型数据进行融合,进一步提升模型精度。经反复精度评估和优化后,三维地形模型满足较高精度标准,并满足了不同应用场景下对模型精度的苛刻要求,从而为建立在模型基础上的多种应用提供了可靠数据支撑。

3.4 提供高精度的自动驾驶地图

自动驾驶技术体系下,高精度的地图是保障汽车安全高效运行的关键因素,本文以无人机倾斜摄影三维地形测绘技术为研究对象,它对于提供自动驾驶所需的高精度地图起到了无可替代的作用。

无人机倾斜摄影技术以全方位、多角度数据采集能力可获得极其丰富的地形与地物信息。在高精度地图建设过程中,先从大量原始影像数据准确地提取出道路相关关键要素。采用先进图像识别算法及地理信息分析技术对道路中心线位置进行识别。这一过程既需要考虑平面内道路曲折的方向,又需要结合地形起伏准确地确定道路三维空间坐标。同时对车道边界进行提取是至关重要的,它利用了图像中车道线与其周边路面之间纹理、色彩的不同,并建立了一种基于机器学习的车道线检测模型,精确地勾画出车道边界位置及形态,对自动驾驶车辆行驶边界有明确的指导作用。

交通标志与标线一样,都是高精度地图中必不可少的组成部分。无人机倾斜摄影得到的高分辨率影像可以清晰地展现各种交通标志、标线等详细信息。借助于图像识别技术对交通标志外形、色彩、文字等属性进行识别与归类,并在地图上精确地标示出它们的位置与意义。针对标线而言,本文通过分析图像中线的方向、长度和宽度信息,准确地恢复出它们在路上的真实分

布情况,从而使自动驾驶车辆可以预先感知到并且遵守交通规则。另外,高精度的地图需要覆盖道路周围的环境信息,才能有助于自动驾驶车辆对复杂路况做出较好的反应。基于无人机倾斜摄影所建立的三维地形模型可以直观地显示出公路周围的地形地貌,例如山坡、沟壑和桥梁。自动驾驶车辆在地形数据分析下,能够事先预判车辆运行时坡度变化情况,并对车速及动力输出进行合理调节,保证车辆平稳运行。同时准确把握道路周围建筑物、树木以及其他障碍物位置及形状信息,可以使汽车在运行时及时作出避让决策,提高了运行安全性。

4 结束语

本研究系统分析了以无人机倾斜摄影为基础的三维地形测绘技术以及其和自动驾驶之间的联系,并阐明了该项技术对于帮助自动驾驶所具有的巨大价值和应用潜力。尽管当前取得了一定成果,但受技术发展阶段与实际应用环境复杂性等因素制约,仍存在部分待解决的问题。在今后的发展中,我们需要继续重视相关领域的技术创新,对无人机倾斜摄影测绘技术进行不断地优化,并加深与自动驾驶之间的结合运用,从而为促进自动驾驶技术走向一个新的高度,获得更加广阔的应用打下坚实的基础。

参考文献

[1] 陈浩,方朝阳,欧阳鹏.基于北斗/GPS的鄱阳湖无人机倾斜摄影测量[A].中国卫星导航系统管理办公室学术交流中心.第十二届中国卫星导航年会论文集——S01卫星导航行业应用[C].中国卫星导航系统管理办公室学术交流中心:中国卫星导航学术年会组委会,2021:5.

[2] 张亚南.消费级无人机倾斜摄影技术难点研究[J].科技风,2021(11):8-9.

[3] 石江滨.无人机倾斜摄影测量技术在航道测绘中的应用探究[J].科技经济导刊,2021,29(10):56-57.

作者简介:

牟丽(1985--),女,汉族,山东日照人,大学本科,测绘助理工程师,研究方向:测绘和自动驾驶。