

基于无人机摄影测量的数字化铁路基础构件分割方法

张 森

(甘肃建筑职业技术学院, 兰州 730050)

摘要: 随着传统铁路数字化转型的不断推进,从海量铁路线路数据中精确获取铁路基础构件信息对于铁路的维护、管理与安全运营至关重要,其难点在于不失真的前提下对目标区域数据进行关键特征提取。基于无人机摄影测量的数字化技术为铁路基础构件的广泛数据获取提供了新途径。通过无人机搭载高精度相机获取铁路沿线基础构件的图像数据和图形数据,基于两种源数据铁路基础构件分割通用方法实例的实际效果对比,选择以图形数据为分割数据源并改进分割算法,以期从整体铁路线路数据中自动分割出阈值区间中的钢轨及其他铁路基础构件并以工程实例验证该算法的有效性和可行性。

关键词: 无人机; 摄影测量; 数据分割

中图分类号: P231.5; TP391.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)14-0020-07

铁路交通是国家至关重要的基础设施建设,随着数字铁路布局的不断推进和科技进步的双重驱动,传统铁路智能化建设是铁路领域发展的重要趋势^[1]。其中,实现铁路基础构件的自动化提取任务是完成铁路智能化过程中的重要环节,在铁路安全监测、三维模型构建和识别中具备广泛前景^[2]。针对铁路线路分布广、距离长的特点,应用无人机摄影测量在短时间获取铁路线路海量、连续数据,为铁路智能化建设提供基础数据支撑。但是,所获得的海量图像或图形数据对铁路线路的专业化应用造成较大限制。这些数据不仅数量庞大,而且具有复杂的结构和特征,使得从中准确分割出铁路基础构件数据较为困难,尤其是在复杂的环境背景下,钢轨表面图像具有光照变化、反射不均、特征少等特点,同样也增加了从海量数据中分割钢轨局部数据的难度,所以,从丰富的铁路线路环境数据中提取局部区域特征信息是铁路新技术专业化应用的重点。近几年,国内外专家学者对铁路基础构件分割和提取进行大量研究,取得了一定成果。基于图像数据的分割研究中,陈小屹^[3]对图像进行滤波预处理后,通过边缘检测和霍夫变换,以多通道特征梯度分布分割铁路各个元素的局部区域;李作闯^[4]、陈裔璿^[5]提出通过建立基于深度学习的轨道分割模型以提取轨道结构的方法;丁要男^[6]、王国伟^[7]基于不同的颜色空间分量结合轨道各结构物的颜色、反

射度等特征完成钢轨分割。基于图形数据的分割研究中,Ehsan等^[8]基于信息原理的交互方法,提取像素特征空间聚类以完成分割;Arastounia和Elberink^[9]先以高程约束提取轨道点云路基,后结合线路几何特征初步提取钢轨,最后将钢轨点云投影栅格化并以模型匹配的方式得到钢轨点云;侯国蛟^[10]以点云邻近空间信息为主采用欧式聚类和区域生长的分割算法完成轨道基础结构的分割;曾子寅^[11]通过多尺度融合与深度监督的神经网络架构深度学习轨道三维点云模型特征,进而实现轨道特征部位的快速定位和分割。目前,国内外对于无人机获取的铁路图像数据的分割已经有较为成熟的算法,但大多要依赖于高性能处理中心,例如深度学习的方法,而对于空间信息更加丰富的图形数据的研究尚不全面。由于无人机大范围摄影测量获取的轨道点云数据精度受多种因素影响,空间邻域信息离散、杂乱,仅仅以点、几何和深度学习的方法来提取特征信息力有不逮,故无法直接使用前人的研究。本文从图像和图形数据两方面入手,分析主流分割方法的局限性并结合点云库(point cloud library, PCL)进行算法改进,以期达到钢轨和其他铁路基础构件点云目标区域的自动分割并通过实例验证该方法的有效性和实用性。

1 数据获取

通过无人机摄影测量获取陇海线东岗铁路实

收稿日期: 2025-03-05

作者简介: 张森(1994—),男,甘肃兰州人,硕士,助理工程师,研究方向为无人机摄影测量数据处理。

验基地的图像和图形数据,整体区域面积为 $600\text{ m} \times 200\text{ m}$ 。

1.1 仪器型号

航摄无人机型号和搭载相机根据实验区域地形、面积、环境的不同选择不同。该实验区域地形平坦、面积适中,但实验基地铁路场景复杂,故选取起降方便、便于携带和操作的大疆 MAVIC PRO 四旋翼无人机进行测量。设备参数如表 1 所示。

表 1 大疆 MAVIC PRO 无人机参数

参数	数值
轴距/mm	335
重量/g	734
最大水平速度/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	65
理想飞行时间/min	27
影像传感器	1/2.3 英寸 CMOS
镜头	f/2.2
建议作业高度/m	50~100

1.2 飞行参数设置

(1)计算及设置航高。在本次飞行中无人机飞行航高设置为 50 m ,地面分辨率为 5 cm ,满足《1:500 1:1 000 1:2 000 地形图数字航空摄影测量测图规范》^[12](简称《规范》)测图精度要求。

(2)航带设置。从整体点云数据模型中提取铁路线路点云数据,航带和重叠度设置遵循两点要求:①无人机航带设置尽量以只覆盖整体铁路线路环境区域(铁路基础构件及设施)为宜,降低后期数据处理的硬件负荷和减少无关点云冗余量;②航片航向和旁向重叠度尽量在《规范》要求范围内选取工作站能处理的最大重叠度。针对以上两点要求,以 DJI Pilot 软件进行航带规划并设置航向重叠度为 80% ,旁向重叠度为 60% 。

将无人机航线和重叠度导入飞控系统,地面站根据设置的起飞、返航、飞行高度、影像系统拍摄航片角度(正射拍摄理论上为 0° ,实际选取 $1^\circ \sim 5^\circ$)等命令控制无人机按照预设航线飞行,影像系统按照预设航向和旁向重叠度进行拍摄。

无人机在获取航摄影像后,按照《规范》中影像质量检查要求根据每一张航片的定位数据和姿态信息检验航带弯曲度和航线高度差,具体航摄参数如表 2 所示。

表 2 航摄参数

航高/ m	等效焦 距/mm	像元大 小/ μm	地面分 率/cm	航向叠 度/%	旁向叠 度/%	像片 数/张
50	35	1.39	5	80	60	268

飞行后得到铁路实验基地正射影像图如图 1 所示。转换后点云数据点数为 $120\ 276\ 072$ 个。

以图 2 为目标区域,对此区域中铁路基础构件的图像和图形数据进行专业化后处理。

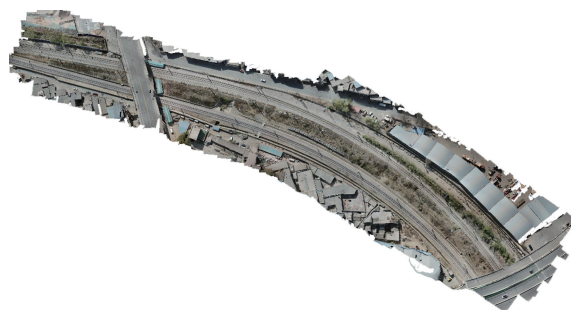


图 1 实验基地正射影像

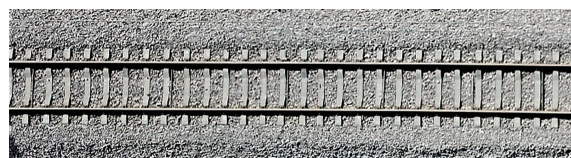


图 2 目标区域影像

2 数据分割技术研究

2.1 图像数据分割研究现状

图像分割的本质是对图像中不同特征的像素点进行聚类,其过程是将所需要的目标区域或目标物以独有的特征从整体背景中进行分离。图像分割的目的是让栅格数据的表现形式更加简洁、明了且易于分析解算。在铁路线路环境中,不同的铁路基础构件结构物在图像中有不同的表现形式,即灰度、色彩、空间纹理和几何形状各有不同,依据每一种不同的特征进行标记和筛选,目标物就可以从复杂的背景中以特定的特征实现分割和提取。

目前,图像分割根据其分割方法和理论来进行分类,大部分通过算法进行实现,一般可以分为 3 类。

(1)自动分割。图像自动分割即指图像完全由算法,在无任何外界因素的干扰下自动、独立的完成分割任务。该方法前期工作量较大,但是在图像处理中可快捷、高效地完成目标,同时,因为不同算法对于图像像素的聚类方法不同,在不同场景下对于图像的处理效果各有优劣。目前尚还没有一种图像分割算法可以完美适应于各种环境下的实际工程问题的分割,差异性明显,且对编译人员条件和计算机硬件系统要求苛刻,不具备泛化性。

(2)手动分割。当自动分割的方法并不适用的时候(图像背景复杂、目标物与背景特征相近或模

糊)等,需要手动进行图像目标物的分割。该方法以人为主体,由于每个人对于图像的理解和分析及所需的目标物不同,所以分割结果必然不会相同,即使对于同一图像的同目标物,不同人分割的精确性、完整性、时效性也会不同。因此在面临多区域大数据的分割时,该分割方法完全依赖于个人经验和水平,作业效率较低,分割准确度不定且分割结果无法复制。

(3)交互式分割。自动分割和手动分割各有优劣,于是结合两者优点的交互式分割应运而生。交互式分割需要人为对分割图像定义一个或多个有效的参考,进而利用算法完成分割。该方法既可以更加准确地提取用户所需要的目标物,同时也避免了手动分割的不可复制性,但是人员的主观标记或者参考对于分割结果影响较大。

图像分割是图像前期预处理的关键技术之一,分割结果的好坏影响后期的图像理解和目标识别。经典图像分割方法主要是利用了图像的颜色、纹理及形状等进行图像分割。常用方法主要有灰度阈值分割法、边缘检测法以及基于区域的分割算法等^[13]。

2.2 图形数据分割研究现状

随着传统铁路数字化转型的不断推动,越来越多的铁路勘测手段使点云数据的获取更加便捷,同时点云处理的新方法,新理念不断应用于铁路系统。在地理信息系统中,图形数据一般指矢量数据,即带有特征和方向的点云数据^[14]。点云分割的本质是依据相似或不同的空间三维点特征信息(坐标、点法线、颜色、能量等)将目标点云数据在点云模型中标记、聚类,每个聚类都含有近似的特征信息,通过对具有不同特征的聚类点分类以完成分割任务。点云的分割算法的任务通常有两个,一是将目标物点云与整体点云模型背景分离,二是在整体点云模型中区分并分离出目标物点云和相邻的点云模型,三是目标物点云分离为多个需要的部分。点云分割在三维点云数据处理中意义重大,分割的好坏对后续点云的专业化处理和应用具有决定性作用。相对于二维图像而言,点云空间信息更加丰富,选择余地更大,同样,处理难度相应也会加大。

在计算机图形学中对单个物体三维模型的分割已经提出了多种算法,例如基于随机采样一致算法、欧式聚类分割算法和基于区域生长分割算法等^[15]。

在针对不同的工程问题时,由于数据采集方式的不同、处理过程中数据结构形式的改变、环境的复杂程度等,仍然存在数据空间特性应用单一、分割精度、效率较低、复杂性较大、对噪声或异常数据敏感以及工作站难以配备、成本较高等问题,这些都需要根据实际问题研究不同的算法或选择合适的算法加以应用,这也是在大量研究分割算法的前提下,依然不断有新的分割算法提出的主要原因。

3 数据特征分割、提取方法

3.1 基于图像的铁路基础构件特征分割、提取效果

基于无人机摄影测量所获取的铁路基础构件影像数据特点主要表现为钢轨、轨枕交界处有阴影,钢轨轨面光照不均匀,钢轨各处的对比度不同,反射处有突出噪声,但目标区域钢轨与轨枕、道床色彩对比明显。故分别使用阈值分割算法和红、绿、蓝三原色(red-green-blue, RGB)的彩色图像分割法对铁路基础构件区域进行分割。

3.1.1 阈值分割方法

基于阈值的图像分割方法应用广泛,技术成熟,其优势在于方法简单,便于计算。在众多的阈值分割算法中,最大方差阈值法是分割效果较好的一种方法。其基本理论是图像通常可看作由前景和背景两部分组成,不同部分的像素灰度值分布存在差异。最大方差阈值分割法的核心思想是,通过找到一个最佳阈值,使得将图像按此阈值分割为前景和背景后,前景与背景之间的类间方差最大。

图3为阈值分割结果。从该区域图像的铁路基础构件分割结果中可以看到由于不良光照条件和图像噪声的出现,钢轨、轨枕与道床之间灰度对比不强,出现过分割的现象。

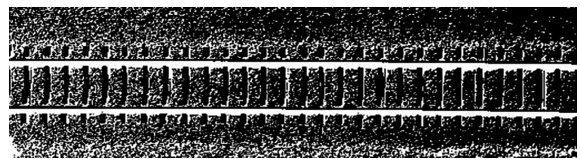


图3 阈值分割结果

3.1.2 RGB彩色图像分割法

RGB彩色图像分割法是基于单色灰度图的分割技术在不同颜色通道上实现的。该方法利用了像素点的色彩特征相似性和非相似性。色彩空间的转换都是对RGB三原色的线性和非线性的变换,例如RGB向色调、强度、饱和度(hue, intensity, saturation, HIS)、国际照明委员会1976LUV色彩空间(CIE 1976LUV color space,简称LUV)、国际

照明委员会 1931XYZ 色彩空间 (CIE1931XYZ color space, 简称 CIE-XYZ) 的变换过程。RGB 三原色定理(比色法)使其成为最广泛使用的模型,便于显示颜色(应用于电视、数码相机等),但是由于其 RGB 具有很高的相关性,且 RGB 空间无法衡量两个颜色的相似性,尤其是钢轨表面存在因钢轨摩擦形成的光带,金属表面亦存在较大的入射角,运用 RGB 进行钢轨轮廓识别很容易变形成光带区的边缘识别,从而恶化铁路基础构件静物识别效果,分割结构物效果不佳。其分割结果如图 4 所示。



图 4 RGB 彩色图像分割结果

人工智能算法应用于图像分割领域已经非常成熟,但是当图像具有阴影区域和复杂环境时,会丢失物体的一些细节,算法不能很好地给出物体的具体轮廓、指出每个像素具体属于哪个物体,因此做到非常精确的分割依旧有难度。

3.1.3 基于图像的铁路基础构件特征提取

对最大方差阈值法和 RGB 彩色图像分割的结果进行均值滤波处理以达到降噪效果,对降噪后的铁路特征区域的基础构件进行分割,并通过霍夫变换将分割后的铁路基础构件边缘线特征进行提取。如图 5 所示。

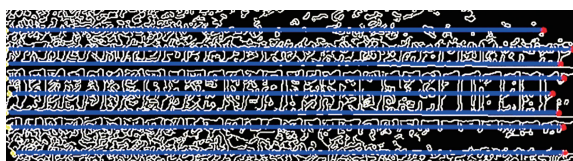


图 5 霍夫变换提取铁路基础构件边缘特征

在降噪之后图像边缘强度明显降低,加上阈值设置对图像产生了很多影响,部分边缘缺失,无提取到铁路基础构件边缘线特征。

3.2 基于图形的铁路基础构件特征分割、提取效果

点云区域分割方法的本质在于找到点领域的微分信息,然后通过这些信息来识别边界点和边界曲线。但是,点云边缘的微分信息往往并不是十分不准确,这就意味着基于求取法向量角度和曲率的分割方法一般只适用于规则且精度较高的三维点云模型,如目前的主流分割算法中的聚类分割是基于两点间的欧式距离和法线角度偏移量将空间分

成了不同的聚类。而随机采样一致性算法其分割目标模型往往有每个局内点的法线进行限制。

但是,由于所选取的铁路基础构件点云是从海量的数据中挑选出来的极少量局部数据,精度低,具有不均匀的分散性,并掺杂有大量的噪声点和异常点。加上采集区域中传感器的物理限制、特征之间的界限、多个区域的反射以及遮挡等问题都会导致异常分割的产生,使得铁路基础构件 3D 点云分割变得非常困难。钢轨三维点云模型横截面如图 6 所示。

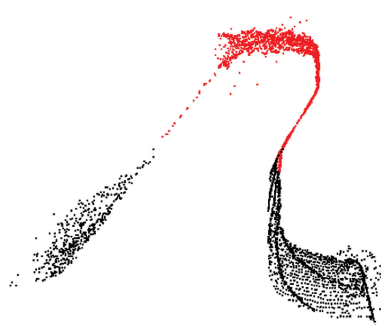


图 6 钢轨点云横截面

通常,点云在分割时需要不断的依据不同的特征信息检索邻域点,依据和邻域点的特定特征对比建立联系。从该钢轨点云模型的横截面可知,钢轨的右半部分点云分布均匀,噪声点较小,点与点之间的相邻关系并没有破坏,但是左半部分钢轨点云数据杂乱且部分缺失,所以该部分点云的相邻关系已经被破坏。前文提到采样一致性和基于欧式距离的分割算法,对于该钢轨点云模型,钢轨点云分布并不均匀,所以以欧式距离聚类分割效果不佳,以点之间的距离作为阈值会丧失一部分钢轨点云的结构特征,同时在轨底部位点云分布较为密集的区域难以将轨底和轨枕、道床等其他结构物分离,产生过分割的现象。钢轨模型表面各个部分较为光滑,所以拟用基于区域生长分割算法对铁路基础构件中的钢轨进行分割。

基于区域生长分割算法是基于种子点和其他点法线之间的夹角与平滑阈值进行比较,将满足约束的点合并在一起作为一个平面,该平面上聚类的点也称为点簇,每一种点簇同属于同一平面。在此过程中,以点法线夹角和曲率阈值进行循环对比,以曲率阈值收敛条件进行分割。

基于区域生长分割算法分割的铁路基础构件结构如图 7 所示。考虑到钢轨表面规则、平整,轨头、轨腰和轨底结构过渡段点法线夹角变化程度较

大,平滑阈值大小设置为 60° ,曲率阈值为 1。由效果图 7 可知,该算法可明显将钢轨与其他铁路基础构件分割开来,但是出现严重的过分割现象,部分轨枕和道床也归类到代表钢轨点云分割结果的红色点簇里面。基于区域生长的分割算法对于点法线变化明显的规则结构物分割效果明显,但前提是点云数据精度较高且具有良好的边界信息,如建筑物的规则棱角。但是该钢轨点云精度较低且与轨枕、道床的接触边界点法线角度变化并不明显,难以界定曲率阈值的选取范围。

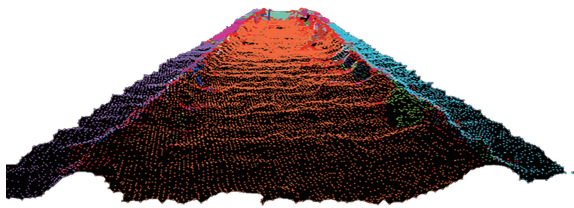


图 7 分割后的效果

4 铁路基础构件点云分割算法设计

不管是欧式聚类分割还是基于区域生长的分割方法,都没办法在如此杂乱的点云数据中精确分割钢轨和其他铁路基础构件。实际无人机外业采集的点云数据是三维信息加颜色信息,即 X 、 Y 、 Z 、 RGB (三通道)格式,这种点云除了空间位置信息,还存在颜色信息。人可以通过肉眼将不同颜色的物体区分开来,计算机图形学也早已经开展了这项研究。以颜色信息作为分割特征并应用到图像或图形分割中,适用于铁路基础构件空间信息杂乱但颜色信息明显的场景中。

基于颜色的区域生长分割方法是一种通过点云中的颜色信息进行区域划分的技术。它的基本原理与基于曲率或法线的分割方法相似,但比较的目标换成颜色,并且去除点云规模上限的限制。该算法具体原理和准则如下。

(1)点颜色相似性准则:对于相邻点 p_i 和 p_j ,当 p_i 、 p_j 之间的颜色差异量小于设定的颜色阈值,则认为两点颜色相近,可将两点合并进入同一点簇 C_n 。

(2)区域颜色相似性准则:对于相邻点簇 C_i 和 C_j ,当 C_i 、 C_j 之间的颜色差异量小于设定的颜色阈值,则认为两点簇颜色相近,可将两点簇继续合并。

(3)聚类大小准则:当点簇 C_n 中的点数达到点的阈值设定数量,将该点簇作为分割的一部分,不再进行合并。

基于颜色的区域生长分割原理上和基于点之间的距离、点曲率、点法线的分割方法是一致的。

从算法角度上讲,该方法将点的检测特征和阈值条件转换为颜色信息,当种子点访问到相邻点的颜色,如果该点颜色和种子点颜色相通或者相近,则被认为是同一种点云构成,即同一种聚类。

颜色分割的方法不仅去除了点云规模上的限制,还能对依赖空间信息的算法无法分割的物体进行有效分割。以 PCL 点云库搭建二次开发平台,通过 Visual Studio 链接 PCL 点云库编译代码,但编译库对读取的文件格式有较大限制,必须按照指定文件格式进行读取,所以结合 PCL 开源平台,对基于颜色的区域生长分割算法进行改进,将点云 RGB 三个值压缩为浮点数据,同时将 .txt 文件格式转换为 .pcd 文件格式。在基于颜色的区域生长分割算法中加入 RGB 值转换为浮点数据代码,使其能够对无人机影像生成的三维彩色点云数据进行直接分割、提取。

核心代码如下。

```
int n = 0; //n 用来计量文件中点个数
n = numofPoints("guidao.txt"); //使用 numofPoints 函数计算文件中点个数
std::cout << "there are " << n << "points in the file. . ." <<
std::endl;
//新建一个点云文件,然后将结构中获取的 x, y, z 值传递到点云指针 cloud 中。
pcl::PointCloud<pcl::PointXYZRGB> cloud;
cloud.width = n;
cloud.height = 1;
//将点云读入并赋给新建点云指针的 x, y, z
double x, y, z;
double r, g, b;
//将点云指针指向的内容传给 .pcd 文件
pcl::io::savePCDFileASCII("point3d.pcd", cloud)
```

此算法使原始数据符合 PCL 读取 .pcd 的文件格式,进而能够对带有 RGB 三色通道的铁路基础构件点云数据进行分割。

后接基于颜色的区域分割算法对铁路基础构件进行分割,其算法分为三步:直通滤波减噪;分割颜色阈值的设立并聚类相近颜色点;合并颜色阈值的设定并合并相近的颜色点簇。

核心代码如下。

```
pass.setInputCloud(cloud); //输入点云
pass.setFilterFieldName("z"); //设置滤波方法
pass.setFilterLimits(); //设置高程范围
//在进行 kd-tree 搜索后利用直通滤波在 Z 轴的高程阈值之间剔除 nan 和噪点
pcl::RegionGrowingRGB<pcl::PointXYZRGB> reg; //给定点类型和法线类型参数
reg.setDistanceThreshold(10); //点的距离阈值,用于相邻搜索
```

```
reg. setPointColorThreshold (6); //点的颜色阈值,用于集群搜索
reg. setRegionColorThreshold (5); //点簇合并阈值,用于相同颜色集群点的合并
reg. setMinClusterSize (600); //点的合并上限值
```

在点云分割基础上,以不同的点云颜色聚类对点云数据模型进行筛选,提取铁路基础构件点云数据。图 8 为未分割的铁路基础构件点云,图 9 为基于不同的颜色分离钢轨和其他铁路基础构件。



图 8 原始铁路基础构件



图 9 钢轨和其他铁路基础构件分离

提取的钢轨点云数为 72 177,用于分割的铁路基础构件点云数为 183 424,轻量化比率 61%(剔除的铁路基础构件/铁路基础构件整体点云数)。

5 工程实验

为验证本文方法的实用性,现场以无人机倾斜摄影测量对铁路敦格线 K146+567.79~K147+228.19 段进行数据采集,该区段位于甘肃省酒泉市肃北蒙古族自治县以西约 8 km 处,距肃北站约 5 km,整体作业面积为 0.8 km²,铁路区段线路全长为 660.4 m,曲线长为 650 m,该线路区域铺设有的砟轨道,钢轨型号为 60 kg/m 钢轨。整体作业区域如图 10 所示。

本次作业飞行平台采用 iFly D1,体积小、抗风雨且便于携带,最大巡航效率大于 25 km,倾斜模块为 iCam Q5 mini,可实现多相机统一控制,有效像素 1.2 亿。具体航摄参数如表 3 所示。



图 10 整体作业区域

表 3 航摄参数

航高/ m	焦距/ mm	像元大 小/ μm	地面分 率/cm	航向叠 度/%	旁向叠 度/%	像片 数/张
160	25/35	3.9	2 或 3	78	71	1 119

应用 Context Capture 软件进行模型重建,由于模型输出需大量内存,对模型进行分块处理,使其占用少量内存,并可进行全局模型浏览。

应用 PCL 点云库,以改进的基于颜色区域分割算法对线路区域钢轨进行自动分割和提取。分割结果如图 11 所示。图中黄色部分为钢轨,黑色部分为除去钢轨的铁路基础构件,包括轨枕、道床等。

基于不同的颜色,即可将钢轨与轨道其他结构物分离,分离后的钢轨如图 12 所示。

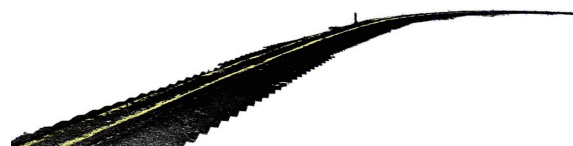


图 11 铁路轨道分割局部



图 12 分离后的钢轨

实验证明,该方法能够对无人机大范围获取的铁路线路数据进行有效分割并得到钢轨和其他轨道结构物点云。此成果不仅有助于铁路行业从传统的人工巡检、经验决策模式向智能化、数字化管理模式转变,而且将拓展无人机在铁路线路巡检、监测等方面的应用范围和深度,促使铁路行业更多地采用无人机技术,推动两者的产业融合发展。

6 结论

基于无人机摄影测量获取铁路基础构件的图像和图形信息,结合图像和图形数据在分割方面的优缺点,搭建 PCL 点云库二次开源平台,改进算法实现铁路基础构件点云的自动分割,取得的初步成果如下。

(1)将无人机摄影测量获取的多源数据相结合,针对铁路基础构件这一特定对象,剖析两种数据源在分割及特征提取方法上的优劣。传统研究往往侧重于单一数据源,而该方法充分利用图像和图形数据的互补性,为复杂环境下无人机海量数据的局部特征提取提供参考方法,这在铁路领域的数

据处理中具有一定的创新性。

(2) 针对 PCL 点云库的区域生长分割算法进行改进,使其能够基于颜色实现彩色铁路基础构件点云数据中钢轨与其他结构物点云的自动化分割。该自动化分割方法提升了分割效率,为铁路线路数字孪生提供数据基础,对铁路智能化建设,基础设施数字化准确、精细表达提供一定的技术支撑。

(3) 改进的颜色识别算法不局限于铁路基础构件点云数据的处理,对于各类点云精度欠缺但颜色对比鲜明的无人机摄影测量场景均具有适用性,促使无人机技术与不同产业交叉融合,对无人机技术在产业中的拓展应用和协同发展具备一定的推动作用。

无人机能在短时间内获取海量的连续数据,但此数据往往复杂性高、质量低且规模庞大,局部信息提取应用困难,根据线路特征自动、精确地分割铁路基础构件点云数据,为铁路线路数据处理更加专业化、智能化、效率化提供新的思路。

参考文献

- [1] 王召杰. 国铁集团印发《数字铁路规划》[N]. 人民铁道, 2023-09-11(001).
- [2] 孙泽乾. 面向铁路点云场景的轨道提取方法研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2024.
- [3] 陈小屹. 基于图像处理的铁路轨道异物入侵检测研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2023.
- [4] 李作闯. 基于深度学习的铁路轨道与标志物提取方法研究[D]. 长沙: 湖南工业大学, 2024.
- [5] 陈裔望. 基于几何特征挖掘的铁路轨道区域识别研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2023.
- [6] 丁要男. 钢轨表面缺陷图像分割关键技术研究[D]. 上海: 华东交通大学, 2022.
- [7] 王国伟. 基于图像处理的钢轨表面缺陷检测方法研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2022.
- [8] EHSAN S M, ALI R, HAMID R. Unsupervised image segmentation by mutual information maximization and adversarial regularization[J]. Ieee Robotics and Automation Letters, 2021, 6(4): 6931-6938.
- [9] ARASTOUNIA M, ELBERINK O S. Application of template matching for improving classification of urban railroad point clouds[J]. Sensors, 2016, 16(12): 2112.
- [10] 侯国蛟. 基于点云数据的轨道结构曲面模型重建和状态信息提取方法研究[D]. 石家庄: 石家庄铁道大学, 2023.
- [11] 曾子寅. 基于深度学习的大规模三维点云场景语义分割关键技术研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2023.
- [12] 自然资源部测绘标准化研究所, 自然资源部第三航测遥感院等. 1:500 1:1000 1:2000 地形图数字航空摄影测量测图规范: GB/T 15967-2024[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [13] 盛鹏鹏. 基于深度学习的图像语义分割算法研究[D]. 长春: 吉林化工学院, 2023.
- [14] 施贵刚, 裴媛媛, 杨琪. 基于三维激光扫描技术的传统建筑测绘案例与图解[M]. 北京: 化学工业出版社, 2024.
- [15] 宿文松. 基于无人机倾斜摄影测量的露天矿三维建模及应用[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2023.

Digital Railway Infrastructure Component Segmentation Method Based on UAV Photogrammetry

ZHANG Sen

(Gansu Construction Vocational Technical College, Lanzhou 730050, China)

Abstract: With the continuous advancement of the digital transformation and upgrading of traditional railways, accurately obtaining information on railway basic components from massive railway line data is of great significance for railway maintenance, management, and safe operation. The difficulty lies in extracting key features of the data in the target area without distortion. The digital technology based on unmanned aerial vehicle (UAV) photogrammetry provides a new way to obtain extensive data on railway basic components. The UAV was equipped with a high-precision camera to acquire image data and graphic data of the basic components along the railway. Based on the comparison of the actual effects of two general methods for segmenting railway basic components from these two types of source data, the graphic data was selected as the segmentation data source, and the segmentation algorithm was improved. The aim is to automatically segment the rail and other railway basic components within the threshold range from the overall railway line data, and an engineering example is used to verify the effectiveness and feasibility of the algorithm.

Keywords: unmanned aerial vehicle; photogrammetry; data segmentation;