

基于改进点云数据的测绘工程地貌信息提取方法研究

吴涉成¹, 方炎林¹, 陈超¹, 李佳艺²

¹衢州市华创房地产测绘有限公司, 浙江 衢州

²衢州职业技术学院机电工程学院, 浙江 衢州

收稿日期: 2023年3月27日; 录用日期: 2023年6月23日; 发布日期: 2023年6月30日

摘要

由于测绘项目中地貌信息提取的难度和通常测绘手段的测量精度较低, 为了提高信息提取的精度, 本工作充分利用无人机的轻便灵活和LiDAR的高效、快速、局部穿透的特点, 在研究区进行无间隙低空采样, 有效克服了传统单点数据采集的缺点。在本文中, 我们提供了一种提取地貌信息的点云数据采集技术。为了保证三维激光扫描无人机获取的地表点云数据的准确性, 避免滤波过程中因地形坡度突变和植被稀疏而导致的滤波不足或过度的问题, 本文提出了一种地表插值和高程增强算法, 对点云数据进行局部滤波和区分, 得到采样点的全局空间分布。从离散的点云数据中形成浮雕轮廓面, 对浮雕信息元素进行分类和识别, 实现信息提取。实验结果表明, 所设计的方法能够消除非地貌目标的干扰, 提高提取精度, 对地貌信息特征的解释有良好的效果。

关键词

激光雷达, 点云滤波算法, 地貌测绘, 信息提取

Research on Geomorphological Information Extraction Method for Mapping Projects Based on Improved Point Cloud Data

Shecheng Wu¹, Yanlin Fang¹, Chao Chen¹, Jiayi Li²

¹Quzhou Huachuang Real Estate Mapping Co. Ltd., Quzhou Zhejiang

²School of Mechanical and Electrical Engineering, Quzhou College of Technology, Quzhou Zhejiang

Received: Mar. 27th, 2023; accepted: Jun. 23rd, 2023; published: Jun. 30th, 2023

文章引用: 吴涉成, 方炎林, 陈超, 李佳艺. 基于改进点云数据的测绘工程地貌信息提取方法研究[J]. 测绘科学技术, 2023, 11(3): 177-183. DOI: 10.12677/gst.2023.113019

Abstract

Due to the difficulty of extracting geomorphological information in mapping projects and the low measurement accuracy of the usual mapping means, in order to improve the accuracy of information extraction, this work makes full use of the lightness and flexibility of UAVs and the efficient, fast and localised penetration of LiDAR to carry out gapless low-altitude sampling in the study area, effectively overcoming the shortcomings of traditional single-point data collection. In this paper, we provide a point cloud data acquisition technique for extracting geomorphological information. To ensure the accuracy of the surface point cloud data acquired by the 3D laser scanning UAV and to avoid the problem of under- or over-filtering due to abrupt changes in terrain slope and sparse vegetation during the filtering process, a surface interpolation and elevation enhancement algorithm is proposed in this paper to locally filter and differentiate the point cloud data to obtain the global spatial distribution of the sampled points. From the discrete point cloud data, a relief contour surface is formed, and the relief information elements are classified and identified to achieve information extraction. The experimental results show that the designed method can eliminate the interference of non-geomorphic targets, improve the extraction accuracy and have a good effect on the interpretation of geomorphic information features.

Keywords

Lidar, Point Cloud Filtering Algorithm, Geomorphological Mapping, Information Extraction

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着扫描仪、制图和软件技术的发展,3D 激光扫描技术因其高速、高效、非接触、穿透等特点而广泛应用于扫描和制图领域,动态、主动、高强度、高精度、数字化、实时自动化等等。在工作效率、劳动强度、成本控制、人员和设备输入以及进度控制、外部和内部数据收集方面,数据处理有效,符合航空摄影规范要求。3D 激光扫描技术的优势在于避免了传统单点测量的缺点,结合了无人机的舒适性和灵活性以及激光扫描设备的成熟性。更大规模的激光扫描以适应环境,实时和准确地从地球表面收集数据,具有传统航空摄影测量无可比拟的优势[1]。

随着理论研究的成熟和硬件和软件的快速发展,3D 激光扫描无人机技术已广泛应用于地形和制图[2][3][4]。针对三维模型生产周期长、点云采集工作量大、易出现数据“空洞”等问题,研究了一种基于多源三维激光点云数据的大型互通式立交三维建模方法,获得了可行的数据采集和三维建模方案[5]。为了提高减少点云雷达干扰的效果,提出了双重规模算法。首先,通过矩阵张量投票,管理点云最初是为了减少干扰。其次,动态半径过滤器用于大规模降低噪音,提高算法的准确性和效率。其次,改进用于减少点云干扰的二进制过滤算法,使用权重平滑点云[6]。文献[7]中提出基于平均云密度阈值过滤算法,该算法不仅能够破坏点云结构,同时还具有过滤噪音和散射的作用。由于地形复杂、地形陡峭、高差大、植被多刺、山区行走困难等因素,从地表采集单点数据非常困难。又因为难以通过摄影测量获得植被覆盖地区的地表数据,为了更好、更快地实现上述地区的地形数据采集,有必要充分利用无人机的轻量化

灵活性和高效、快速特点,利用激光雷达的局部穿透特性对测区进行低空无泄漏扫描,有效克服了传统单点数据采集的缺点。为了保证无人机机载三维激光扫描获取地表点云数据的准确性,避免在滤波过程中由于地形坡度突变和植被覆盖率低而导致滤波不足或过度,文献[8]提出了一种改进的趋势面拟合和高程插值算法,引入斜率算法对处理后的点云进行二次判别,进一步改善了不合理的经验阈值造成的“误接受”或“误去除”误差,从而达到获得真实地表点云数据的目的。在文献[9]中,对于相同的一组标准,很难在空气激光过滤数据点云时获得良好的效果。为此,根据地形逐步改进加密过滤算法,选定参数进行初始过滤,然后根据过滤结果对地形进行分类以获得最佳过滤效果。

在本文中,并通过实验验证了本文算法的可靠性。在实践中,由于地形、植被、激光穿透雷达的不同,实际应用结果不同,这使得获得真实地面点变得复杂多变。为了有效减少地形波动和植被覆盖减少的干扰,减少干扰区域点云高度的微小差异,并获得更平滑的模型。本文探讨了以下能力:调整无人机雷达扫描设备,以手动获取复杂地形、危险区域和难以到达区域的野外数据。满足大规模测量山区复杂地形图要求的模型的有效性。

2. 算法改进

2.1. 现有问题

上述部分描述中,各学者引入的算法在实验中取得了较好效果,但在实践中,由于地形、植被、激光雷达穿透力不足等因素,滥用可能导致模型表面有大量小顶部,导致结果不令人满意。道路边缘点云数据的准确性通常很差,这可能会减少重叠区域两条跑道之间的高度差。滥用可能导致 DEM 模型的差异。因此,根据文件路径,我们使用 Terra 删除多余的云数据点。通过改进网络表面的方向和高度插值算法,实现点地形与地面对象点的分离,从而增加二级斜率区分,实现点云地形数据处理精度,从而减少 DEM 表面的小峰值,减少手动工作量,使得模型更平滑。

2.2. 点云滤波算法改进

传统的过滤算法使用测量数据点云的高度、斜度和距离差来确定阈值。如果两个点之间的最大斜率低于指定阈值,则该点被视为地球表面的一个点,反之亦然,是一个空中悬浮点。云数据点从大量不同点累积,具有基于匹配分数功能的分散区域优势。通过碎片整理和组装,相同类型的点云被放置在同一架飞机上以获取数据覆盖。该地区覆盖点云的效率要求从干扰数据中选择高质量的数据点云。云生成的数据点被转换为点图像的形状,灰色值根据比例值的高值设置。对于给定的两个点 C_1 和 C_2 ,三维坐标分别为 (x_1, y_1, z_1) 、 (x_2, y_2, z_2) ,两点之间的坡度计算公式为:

$$u\% = \frac{z_2 - z_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}} \quad (1)$$

式中: u 为 C_2 相对于 C_1 的坡度。

根据相关理论研究结果,通过分析点云过滤机制、分类和数据处理,结合研究区域的地形和植被,改进基于倾斜表面方向的算法拟议的算法。从点云中删除多余数据后,每个网络的中心高度点是通过安装插值高度数据网络获得的。由于网络中点高度的重量相对于相关网络中心的高度,以及与飞机中心的距离(特别是比重量小的最小距离),因此通过安装获得的表面高度方向将介于植被覆盖点。阈值与网格大小相关,因此,通过设置合理的阈值,可以使用一种可用于有效过滤植被的迭代算法。不断变化的地形和突然变化的地形之间的数据点云可能与表面方向呈正或负相关,这可能导致点云过滤过多或区域不足。在此基础上,本文使用线性插值方法,以匹配从 3D 表面到飞机方向的适当高度,该方法用于计算航向差异的高度参考。

由于正确方向的表面与实际地形相似，因此适当高度与原始高度之间没有太大差异，由于地形突然变化，高度差异不会超过阈值。改变地形可以有效消除负面影响。公式(2)中显示的计算公式：

$$G_k = \frac{\sum_{c_k} H_c \times \left(\sqrt{2} \times \frac{L}{2} - D_l \right)}{\sum_{l_k} \left(\sqrt{2} \times \frac{L}{2} - D_l \right)} \quad (2)$$

式中： H_c 为点 C 的拟合高度， L 为网格尺寸， D_c 为点到中心网面的平面距离， G_k 为内插高程， k 为格网数。

在该地区植被覆盖率低的情况下，过滤点云无法分类，倾斜是决定地形变化的主要因素之一。在本文中，二级斜率区分被视为附加条件，以进一步提高过滤点云和识别点地形的能力，从而获得该地区植被覆盖减少的真实点云数据。为了满足大规模地形生产的要求。在本文中，用于判断云数据点的斜率算法，可以避免点对点地形的识别，并减少点地形的过度过滤。在过滤渐变中，有必要确保 3D 点云数据过滤不会参与下一次计算。确定二级斜率的详细公式如下：

$$S_c = \frac{H_c - H_{cl}}{\sqrt{(X_c - X_{cl})^2 + (Y_c - Y_{cl})^2}} \quad (3)$$

式中， H 为点 c 的高程， H_{cl} 为点 c 所在格网中心高程， X_c 、 Y_c 为点坐标， X_{cl} 、 Y_{cl} 为格网中心点坐标。对空白网格的邻近范围内的每个测量点赋予不同的权重。插值点的权重反映分布距离的影响力和离散程度。从数字上讲，权重由样本中空白插值点和测量点之间距离的幂指数确定。给定三角形某 1 顶点 k 与其余 2 个顶点的坐标差值分别为 (x_m, y_m, z_m) 和 (x_n, y_n, z_n) ，则根据目标点的平面坐标 (x_0, y_0) 和顶点 k 的坐标 (x_k, y_k, z_k) ，可确定权重后，将其乘以已知测量点的高程，然后求和，得到插值点的高程。经过上述滤波和局部差异处理，得到采样点的总体空间分布和详细结构，并搜索研究区内的所有点云数据，重建测绘项目的地貌面：

$$z_0 = z_k - \frac{(x_0 - x_k)(y_m z_n - z_m y_n) + (y_0 - y_k)(x_m z_n - z_m x_n)}{(x_m y_n - y_m x_n)} \quad (4)$$

2.3. 改进算法的迭代运算

上述改进算法涉及的趋势面拟合、线性内插和坡度判别都需要通过迭代算法实现，本文通过 MATLAB 编程实现算法的迭代运算。在迭代运算中，涉及的关键参数有网格尺寸和经验阈值。网格大小随频率而异。在初步计算中，相对较大的网格尺寸用于获得相对粗糙的表面方向。随着重复次数的增加，网格的大小逐渐调整到更接近实际地面的模型曲线表面。同时，确定最大和最小网络大小至关重要，必须根据测试区域的地形和 3D 云数据点的密度进行设计。由于山区、测试区和相对复杂的地形，无法设定太大的网络大小限制，以确保不会消除对当地地形的过滤。最小网络大小取决于测试区域中点云数据的密度，并设定条件以确保每个网络中至少有一个点。实验阈值是地面 3D 点适当高度与扫描高度之间的阈值。根据网络大小确定值。最大的网络，最大的门槛值。所有实验数据输入都是重复先前过滤结果的阈值。为了实现区分斜率的有效性，这三个点的趋势和实际上升是在重复过程中提出的。如果海拔差异不在阈值范围内，那么一个点不是地面点。如果高度差异在阈值范围内，则需要进一步计算斜率。当斜率大于阈值时，表示该点为非曲线点。当斜率低于阈值时，表示该点符合设置窗口的网格大小要求，并被视为地板。通过重复计算和调整网络大小，您可以确保积分过滤不再参与下一次重复。详细迭代步骤如下：

1) 设定初始格网窗口尺寸。对点云数据进行内插, 通过式(2)对每个格网内的点距离加权线性内插获得该格网的高程, 从而获得相对粗糙的初始趋势面。

2) 在初始趋势面中线性内插三维点云数据得到其趋势面高程, 将点云趋势面高程与真实高程进行求差。如果差值大于阈值, 则认为该点为非地面点; 若差值远低于阈值, 则认为该点是粗差点, 剔除掉; 如果差值在设定阈值范围内, 则进行下一步坡度计算。

3) 计算点云所在格网中心的坡度。当坡度大于阈值时, 说明该点为非地面点; 当坡度在阈值范围内时, 归入未分类点云; 如该点达到格网窗口设定的尺寸, 认定为地面点; 未达到的, 再次调整窗口尺寸进行迭代运算。

4) 对所有点云数据进行步骤 2、3 的操作, 直至没有可分类的点云数据为止。

5) 随着迭代的进行, 对尚未分类的点云进行步骤 1、2 的操作, 逐步调整格网尺寸, 直至格网尺寸达到设定尺寸要求为止。

6) 达到设定格网尺寸后, 停止迭代, 将剩余未分类的点云数据认定为实地地形点。

3. 设计地貌信息提取模型

在点云数据识别地貌特征点, 得到地貌状态模拟曲面的基础上, 最大概率的分类方法是提取地貌信息并获得特征分布的选择。使用独立、不重叠和连续的点云数据, 三角形表面的构造是每个顶部的特征地貌和节水测绘项目, 地形模型由每个顶部组成。在一组三角形中, 最近的点不应尽可能位于外圈, 内角的最小角度应为最大角度。点云数据之间的间隔比像素网格要小, 即使图像的分辨率发生了变化, 也会生成一个可以匹配点云的像素网格。构建三角形表面后, 三角形内的目标点是根据数据云点的变化程度和距离来检索它。状态的每个元素都是不同的信息, 因此, 每类信息的先验概率都是首先计算的优势。然后, 根据概率分类, 根据物质的最大概率对公认的地形学信息元素进行分类, 并从获得的结果中提取信息。地形学信息提取概率的分类公式如下:

$$\omega = \frac{\eta f(g)}{\sum_i \eta f(g)} \quad (5)$$

式中: ω 地貌信息分类概率, η 先验概率, $f(g)$ 地貌特征, i 和 o 为序号和总数。

在最大概率之前, 估计值用于从数据点云中获取自向量与国家地形中已知信息之间的相似性。在实践中, 地形学信息是根据表格的划分进行分类和分类的。例如, 可以提取地形学和非地形学信息的初始层, 在获得地形学信息后, 可以将其分为子类别。在从地形学亚类中提取信息时, 我们可以通过将指数和质地特征相结合来获得带和质地等小优势。在提取最低级别的信息之前, 我们通过彻底检查获得提取地貌信息的所有结果。工程制图使用从信息中提取的数据来详细显示地形变化。数据点云与点相结合, 遥感网络协调测量和制图项目中的资源, 构建三维光学模型, 并显示有关高度和地形的空间信息。

4. 实验测试

4.1. 实验准备

为了证明从测量和制图数据点云中提取地形学信息的拟议方法的有效性, 从 1562.94 公里项目区域的测量和制图中提取地形学测量单元广场。本文实验在参数指标上对测绘工程地貌信息提取结果进行定量分析。建立信息提取的误差矩阵, 见表 1。

Table 1. Error matrix**表 1.** 误差矩阵

实际地貌	信息提取结果	
	山地地貌	水体地貌
山地地貌	A1	B1
水体地貌	A2	B2

以误差矩阵为基础，使用正确率来量化判断提取的结果，以此衡量信息提取精度。

4.2. 结果与分析

将基于传统点云数据的测绘工程地貌信息提取方法与本文提出的基于改进点云算法的测绘工程地貌信息提取方法共同进行测绘。不同地貌类型的信息提取正确率对比数据如表 2 所示。

Table 2. Information extraction accuracy of different physiognomy types**表 2.** 不同地貌类型的信息提取正确率对比

地貌类型	基于点云数据的测绘工程地貌信息提取方法	基于改进点云算法的测绘工程地貌信息提取方法
河流	94.46	95.26
山地	96.85	97.13
丘陵	95.12	96.30
水库	94.56	95.13
凹地	97.85	98.23
河道	92.74	93.21
沟渠	93.19	95.31
阶地	95.08	96.23
平地	94.52	96.12

在对不同地貌类型的信息提取中，基于改进点云算法的测绘工程地貌信息提取方法的正确率比基于普通点云数据的提取方法效果较好，提取精度较高。本文设计方法图像识别上更具有有一致性，可以有效排除非地貌目标的干扰，更清楚地获得测绘目标，在复杂地貌的研究中具有较好的识别和检测效果。

5. 结语

在本文中，提供了基于改进点云过滤算法的地形学测量和几何制图信息提取方法。这种方法基于扫描数据点云过滤和本地工程制图处理团队，该部门从一个小高度、连续形状和平滑轮廓地形构建。在本文中，最大估计概率(ML)是选择一种对地形学信息进行分类和识别的方法。实验结果表明，这种方法具有很好的解释信息的能力，可以提高信息提取的准确性，适合研究复杂地形。在研究后期，我们将扩展地形和地形研究空间，以及地形学数据的向量，提供准确的数据以支持预测地形趋势的变化。

参考文献

- [1] 陈小丽. 三维激光扫描在建筑规划竣工测绘中的应用[J]. 信息系统工程, 2023(3): 67-70.
- [2] 鲍秀武, 梁文彪, 刘也. 基于倾斜摄影测量点云与影像匹配的像控点坐标自动提取方法研究[J]. 城市勘测,

2023(1): 105-109.

- [3] 黄灯魁. 无人机机载 LiDAR 建筑立面测绘方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2023, 46(2): 213-215.
- [4] 贾东杰. 无人机 LiDAR 在道路勘测设计中的应用[J]. 城市勘测, 2022(6): 142-145.
- [5] 王甜甜, 张彦, 田雨农, 石增宇. 基于多源激光点云数据的大型互通式立交桥及道路实景建模[J]. 北京测绘, 2023, 37(1): 37-42.
- [6] 张宏伟. 基于双尺度算法的激光雷达点云去噪[J]. 激光与红外, 2023, 53(2): 169-175.
- [7] 叶凯, 董建民, 张丽君, 王颖涵. 基于点云分块的平均密度阈值点云滤波方法[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2023, 41(1): 21-24+59.
- [8] 黄德伦, 高波, 白浩, 郭腾. 改进点云滤波算法在地形图测绘中的应用[J]. 测绘技术装备, 2022, 24(4): 65-71.
- [9] 谭麒, 原瀚杰, 陈亮, 张雨, 何勇, 董丽梦, 黄达文, 陈泽佳. 一种基于地形预分类的渐进加密点云滤波方法[J]. 地理空间信息, 2023, 21(1): 108-112.