

doi: 10.7690/bgzdh.2024.03.015

基于近邻点重加权的点云特征线提取算法

孟德信¹, 赖春强¹, 樊鹏¹, 张红萍²

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司信控中心, 四川 绵阳 621000;

2. 陆装驻广元地区军代室, 四川 广元 628000)

摘要: 针对 3 维点云模型特征线提取存在断裂、不完整问题, 提出一种基于近邻点重加权的点云特征线提取算法。算法分为提取特征点和特征点连接成线 2 个环节, 在特征点提取环节, 引入近邻重加权局部质心算子获取特征点集, 通过欧式最小生成树构建特征线。实验结果表明: 采用近邻重加权局部质心算法进行特征点提取, 跟传统基于曲率的算法相比其结果更加准确和稳健, 能有效提取点云模型的几何特征。

关键词: 点云模型; 特征线提取; 近邻重加权局部质心

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A

A Point Cloud Feature Line Extraction Algorithm Based on Neighbor Point Reweighting

Meng Dexin¹, Lai Chunqiang¹, Fan Peng¹, Zhang Hongping²(1. Weapon Equipment Information and Control Technology Innovation Center, Automation Research
Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China;

2. Military Representative Office in Guangyuan District, Army Equipment Department, Guangyuan 628000, China)

Abstract: Aiming at the problem of broken and incomplete feature line extraction of 3D point cloud model, a feature line extraction algorithm based on reweighting of neighboring points is proposed. The algorithm is divided into two steps: extracting feature points and connecting feature points into lines. In the step of extracting feature points, the nearest neighbor reweighted local centroid operator is introduced to obtain the feature point set, and the feature line is constructed by the Euclidean minimum spanning tree. The experimental results show that compared with the traditional curvature-based algorithm, the nearest neighbor reweighted local centroid algorithm is more accurate and robust, and can effectively extract the geometric features of point cloud model.

Keywords: point cloud model; feature line extraction; neighbor reweighted local centroid

0 引言

点云模型作为一种 3 维空间几何模型的表示方式, 在计算机图形学、计算机视觉等领域应用广泛。3 维点云在物体级和场景级的模型中都包含丰富的几何特征信息, 但原始点云模型过于离散、难以压缩, 对计算机处理存储、通信传输带宽资源的要求极高, 影响 3 维重构的实时性, 因此点云模型的简化处理技术受到越来越多专家学者的关注。

点云的简化就是将模型中的几何特征进行提取, 将最具代表性的特征线精准划分出来, 从而实现点云模型的简化压缩。潘斌等^[1]提出一种基于曲率的方法进行特征线提取, 该方法在处理不规则线段时提取效果不好。张炳琪等^[2]基于法向量夹角提取点云特征线, 虽然提取了更多的细节特征, 但是增加了计算量。得到处理好的特征点集后需要对特征点进行连接, 史红霞等^[3]利用区域距离分割提取

特征线, 可在一定程度上保证连接线的光滑度。

针对传统特征线提取算法中存在的问题, 笔者提出一种基于近邻点重加权的点云特征线提取算法。在对点云模型进行特征点提取时, 引入近邻重加权局部质心算法, 从局部计算点云的几何特征, 以获取更为精准的特征点; 在连接特征线时通过优化欧式最小生成树, 利用聚类连接的方式连接特征线, 保证特征线结构闭合。

1 算法

1.1 近邻重加权局部质心提取算法

本文中引入 NRLC 几何特征检测算子, 以获得高质量几何特征点^[4], 首先对任意点 p_i 和其近邻点 p_j 的近邻向量 \vec{v}_{ij} 进行计算, 利用 \vec{v}_{ij} 分解出垂直于法线方向的向量 $\vec{v}_{ij\perp}$ 和平行于法线方向的向量 $\vec{v}_{ij\parallel}$, 通过这 2 个分量加上距离权重计算近邻点加权局部质

收稿日期: 2024-01-26; 修回日期: 2024-02-21

第一作者: 孟德信(1995—), 男, 山东人, 硕士。

心，公式如下：

$$\left. \begin{aligned} \bar{v}_{i\parallel} &= \sum_{j=1}^k \omega_d(i, j) \omega_s(i, j) \bar{v}_{ij\parallel} \\ \bar{v}_{i\perp} &= \sum_{j=1}^k \omega_d(i, j) \bar{v}_{ij\perp} \end{aligned} \right\}^{\circ}$$

式中： k 为 p_i 邻域内点的数量； $\omega_d(i, j)$ 为 p_i 和近邻点之间的距离权重； $\omega_s(i, j)$ 为几何形状变化的权重。得到近邻点重加权的局部质心 c_i 后，计算其与法线 \bar{n}_i 的夹角值来对 p_i 进行边界特征点、凸特征点、凹特征点以及非特征点的分类，利用分类好的描述符将几何特征点提取出来作为点云模型的特征点集。

1.2 欧式最小生成树特征线连接

在连接特征线时，低密度区域的特征线易于组织和连接，但高密度的特征点区域容易连接成错乱无序的特征线，欧几里得最小生成树可以求解最小权重的生成树，保证特征线构建的精准度。通过聚类的方式将稠密点云划分成簇，利用 prime 算法分别进行特征线连接，聚类过程如图 1 所示。

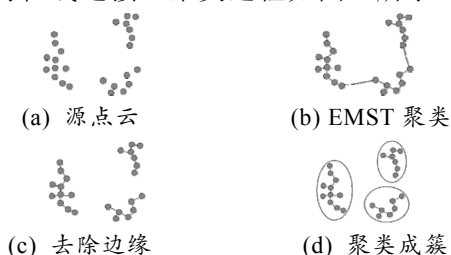


图 1 EMST 聚类过程

2 实验结果及分析

本文中算法基于 Microsoft Visual Studio 2022 平台开发，配置 PLC 点云处理库，电脑的配置如下：CPU 型号为 Intel(R)Core(TM)i5-7500CPU@3.40 GHz，运行内存 32 GB。为了验证本文中算法的有效性，将本文中算法的提取效果和传统法向量算法进行比较，采用公共点云模型进行特征线提取。

在原始点云模型质量较差的情况下，传统曲率提取算法采用的曲线增长方法存在特征线间断问题，如图 2 所示，基于曲率提取算法下的建筑物整体轮廓能够还原，但门窗位置的细节保留不完整，并且存在几何特征丢失的情况。相比而言，本文中算法更好地保留了建筑物的细节轮廓特征，并且特征线间断情况出现较少。对图 2 中楼宇点云模型算法提取效率等数据的对比见表 1 所示。

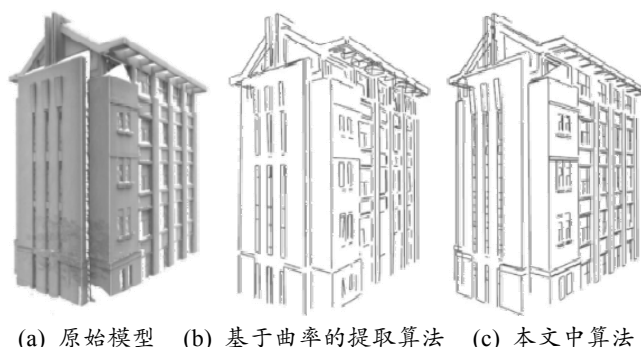


图 2 点云模型特征线提取

表 1 本文中算法和传统曲率算法对比

算法	模型大小/Mb	运行时间/s	特征线数量	结构化模型大小/Mb	模型压缩率/%
基于曲率的提取算法	3.42	55	278	0.65	81
本文中算法	3.42	27	334	0.78	77

通过对比，在对建筑物模型特征线提取时，本文中提出方法在效率上有着很大优势，比传统基于曲率的提取算法效率高出 49%，这主要是因为特征点提取时近邻重加权算子可以在局部进行几何特征判断，相较于曲率算法全域所有点的曲率计算和判断而言节省了大量时间。并且由于得到的几何特征点更为精准，特征线的数量也比传统曲率算法要多，因此压缩率没有传统算法高，但是可以更好地保留点云模型的轮廓特征。

3 结束语

笔者利用近邻点重加权计算局部质心，在邻域内更加精准地提取几何特征点，通过欧式最小生成树连接特征线。实验结果证明，本文中算法跟传统

曲率算法相比能够提取点云模型更多的几何特征，特征线连接、闭合更为完整；但本文中方法易受到点云质量的影响，在处理杂乱残缺点云时效果不良。

参考文献：

- [1] 潘斌, 蔡志刚, 刘微微, 等. 机载激光雷达点云的城市建筑物直线特征提取方法[J]. 测绘工程, 2022, 31(5): 16-23.
- [2] 张炳琪, 杜宇. 法向量夹角的点云特征线提取算法研究[J]. 大众科技, 2023, 25(3): 16-20.
- [3] 史红霞, 王建民. 基于法向量区域聚类分割的点云特征线提取[J]. 中国机械工程, 2021, 32(21): 2552-2561.
- [4] 刘通. 点云表面几何特征检测及其应用研究[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2022.