

基于激光扫描仪数据的建筑物立面特征信息提取

黄磊 卢秀山 陈传法

(山东科技大学 地球信息科学与工程学院 山东 青岛 266510)

摘要: 基于激光扫描数据进行建筑物三维建模, 可以采用扫描数据直接建模, 配以影像纹理; 也可用扫描数据提取建筑物立面的特征信息, 配以单影像建模。而后者速度快, 效率高, 且能满足三维城市建模的一般精度要求。对于建筑物立面的激光扫描数据来说, 具有数据量大, 点云复杂等特点, 提取建筑物特征信息具有一定难度。本文提出一种“水平点参照系”特征提取方法, 这种方法运行速度快, 能够减少数据量, 有效剔除噪声, 并得到实际应用的检验。

关键词: 激光扫描; 水平点参照系; 特征提取

Extraction of Building's Façade Information from Laser Scanning Data

Huang Lei Lu Xiu-shan Chen Chuan-fa

(College of Geo-info Science and Eng,SUST,QingDao,Shandong 266510 China)

ABSTRACT: Two ways are usually used in 3D reconstruction with laser scanning data. The first one is reconstructing from scanning data directly, accompanied with image texture. The second is extracting building's façade information from scanning data, then supplement reconstruction with single image. The latter one is much speedier and more efficient, and it can achieve the precision requirement of 3D city reconstruction. The laser scanning data of a building façade, is featured with huge amount of data and complex point cloud. Building information mining is difficult. In this paper, an information mining method named "level-point reference" is presented. This method is efficient. It can reduce the amount of data and eliminate noise data effectively. It is testified in practical projects.

Key Words: laser scanning; data mining; level-point reference; feature extraction.

1. 引言

激光扫描仪作为数据获取的新型仪器, 以其速度快、实时性强、精度高等特点在数字城市工程中得到了越来越广泛的应用。激光扫描仪获取带有距离、角度等信息的离散点, 高密度离散点形成“点云”, 来表现建筑物表面特征。点云中的数据点是相对独立的, 没有直接的拓扑连接关系。如何从大量的点数据中提取出有效的建筑物结构信息, 是建模研究中的一个难点。李必军等研究了如何从距离信息中提取建筑物几何特征^[1], 王健等研究了从建筑物顶部开始, 提取建筑物的立面信息^[3]。这些研究中存在着以下一些不足: (1) 没有剔除扫描中建筑物以外的噪声点, (2) 数据量过大, 信息重叠较多, (3) 处理速度较慢。笔者提出了基于扫描数据中水平点信息的“水平点参照系”特征提取方法, 经检验, 可以有效解决这些问题。

2. 扫描数据基本特征

本文中数据来自以汽车为平台的车载式近景三维测量系统^[2], 该系统使用 RIEGL 公司 LMS-Q140i-80 型激光扫描仪, 其扫描角度为 $\pm 40^\circ$, 每次发射一个扫描点, 由扫描点组成竖直方向扫描线, 最大速度可以达到 40 线/秒。每个扫描点中, 包含以下信息^[4]:

- (1) 扫描点在所属扫描线中的点号 (P);
- (2) 扫描激光束在竖直方向上的角度值(A);

- (3) 扫描中心到扫描点的距离值(D);
- (4) 扫描点反射的强度值(M);
- (5) 扫描点在自身时间系统下的时间(T)。

扫描点的距离和角度值会在后文中用来获取扫描点几何信息。经过处理前的扫描数据, 由 222 个扫描点组成一条垂直方向扫描线, 再由扫描线形成建筑物表面点云。

3. 建筑物立面特征提取原理

城市中, 建筑物一般沿着道路平行分布, 而车载扫描系统工作时也是沿着道路进行。在这个工作模式里, 扫描中心到建筑物主体的水平距离近似相等, 这些扫描点构成有效信息点, 建筑物前后的点, 看成噪声点。

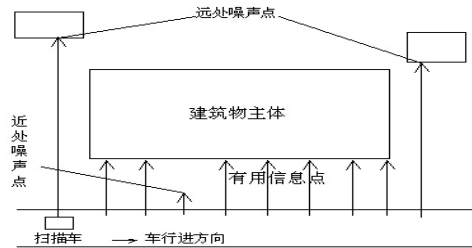


图 (1) 有效信息点模型

从每条扫描线中抽出水平方向点和建筑物的最高点。把每条扫描线中水平方向点到扫描中心的水平距离作为观测量, 进行粗差处理, 去除远方点和近处的树木等噪声点, 保留建筑物立面上点。在保留下来的水平点和最高点之间, 继续寻找建筑物上突出部分的边缘特征点。

整个处理过程可分为线处理和点处理两部分。通过粗差剔除对线进行优选, 可以实现结果的聚集性, 即确保提取的边缘都是围绕建筑物主体进行; 在一条线内进行点的优选, 可以寻找建筑物立面内的有突变的特征点。

3.1 扫描线提取

首先假设: (1) 建筑物表面基本平滑且垂直于地面, (2) 路面基本水平 (坡度不大于 5° , 以确保选取水平点的准确性)。

根据扫描仪数据中角度(A), 提取出与扫描中心成水平位置的扫描点 H, 其对应的同一条扫描线内的顶部点为 T, 顶部点由扫描仪文件数据获得。对所有扫描线中的水平点, 采用拉依塔准则进行粗差处理:

对某量进行等精度的 N 次观测, 得 x_1, x_2, \dots, x_n 。若某一数据 x_k 相应的 v_k 满足下式条件:

$$v_k = |x_k - \bar{x}| > 3\hat{\sigma} \quad (1)$$

则认为 x_k 含粗差, 应该剔除。

式中, \bar{x} 为 x_1, x_2, \dots, x_n 的算术平均值。

$$\hat{\sigma} \text{ 测量标准差的估计量, 一般表示为 } \hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \quad (2)$$

此即拉依塔准则^[5]。这种方法进行粗差剔除简单有效, 易于程序实现。

具体使用中, 把水平位置点的距离 D_0 作为观测量, 组成集合 $[H_1, H_2 \cdots H_n]$, 而其对应的顶部数据点为 $[T_1, T_2, \cdots T_n]$ 。应用拉依塔准则对 $[H_1, H_2 \cdots H_n]$ 进行处理。

3.2 扫描点提取

剔除粗差点剩下的点 $[H_i, H_{i+1} \cdots H_j]$ ($1 \leq i \leq j \leq n$), 找到对应的最高点 $[T_i, T_{i+1} \cdots T_j]$ ($1 \leq i \leq j \leq n$)。在 H_i 和 T_i 之间的点, 将根据扫描点的距离和角度值, 判断是不是有突变存在。某一时刻扫描点 S_m 与其相邻点 S_{m-1} , 当

$$\left| D_m \cos(A_m - 90^\circ) - D_{m-1} \cos(A_{m-1} - 90^\circ) \right| > \varepsilon \quad (3)$$

时, 则认为 S_i 或 S_{i-1} 为可疑特征点。具体选择时, 参照

$$L_m = D_m \cos(A_m - 90^\circ), \quad L_{m-1} = D_{m-1} \cos(A_{m-1} - 90^\circ) \quad (4)$$

取 L_m, L_{m-1} 中较小的点作为特征点, 即距扫描仪中心水平距离较短, 在建筑物上较突出的点作为特征点。 ε 值的选取可以为 0.3—0.6 米, 视不同表面情况而定。

“水平点参照系”中, 选择水平位置点作为粗差探测的观测量, 是基于以下几点考虑:

- 1, 水平点距离扫描中心较近, 可以减少由于路面等因素引起的求解距离的误差;
- 2, 选择水平点而不是顶部点为观测量, 是考虑到城市道路两旁楼房的形状, 如图 (3)。这种建筑物在城市中很常见, 如果使用顶部点, 由于楼房高度不一, 无法形成统一的观测量进行平差。此种方法尤其适用于城市三维扫描。
- 3, 在扫描仪数据中, 挑选水平位置数据比顶部数据更容易, 准确性更高。

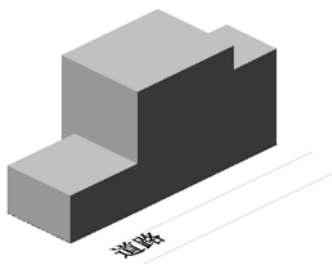


图 (3) 城市建筑物模型

4. 示例

下面通过扫描实验对此方法进行检验。

第一组实验:

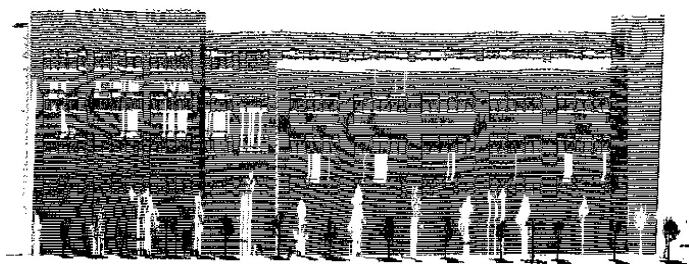
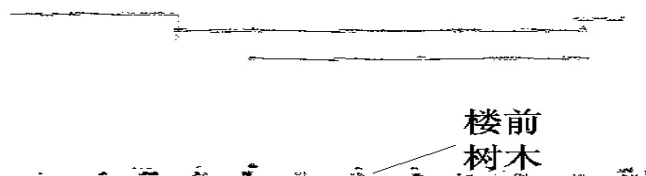


图 (4) 建筑物 1 处理前南面平视图 (共含 181036 个扫描点)



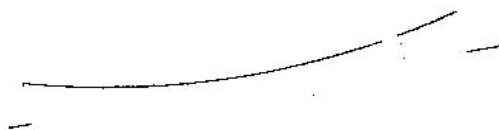
图(5) 建筑物1处理后南面平视图(共含6678个扫描点)

第一组实验中, 前述方法处理后的数据完整而真实的记录了建筑物表面的边缘信息。建筑物并不是单一的一个平面, 而是由多个前后距离相差不大的平面组成。此时扫描仪到建筑物距离也就有所不同, 导致 σ 值增大, 即在距离平均值周围, 所允许的偏差值增大, 因此各个建筑物平面都能够保留下来, 楼前距离较近的树木(约2米)同样保留, 更远一些的树木被剔除掉。从数据量来看, 程序需要处理的数据大大减少, 大大提高了效率。

第二组实验:



图(6) 处理前圆弧形建筑2顶视图(共含241669个扫描点)



图(7) 处理后圆弧形建筑2顶视图(共含3896个扫描点)

第二组实验中, 建筑物是弧度不大的弧形建筑, 同样此时的 σ 值比平面建筑物要大, 因此建筑物主体并没有当作粗差剔除, 而是完整的保留下来。从数据量也可以看出, 处理后和处理前的数据量有着明显的差别, 可以说特征提取是在不改变位置、坐标以及长度等信息的情况下, 用最少的数据量, 表现出建筑物的立面轮廓。

5. 结论

文中讲述了基于激光扫描数据的“水平点参照系”特征信息提取方法。此种方法适合于大多数的城市建筑, 简单高效, 可以大量节省数据处理时间, 为城市三维建模等提供基础数据。但是, 此方法对非常复杂建筑物并不适合, 存在丢失信息现象, 需要单独处理, 以后将在这方面继续优化和完善, 作者希望与同行共同探讨。

参考文献

- [1] 李必军, 方志祥, 任娟. 从激光扫描数据中进行建筑物特征提取研究. 武汉大学学报信息科学版, 2003, 28(1), 65-70
- [2] 卢秀山, 李清泉等. 车载式城市信息采集与三维建模系统. 武汉大学学报工学版, 2003, 36(3), 76-80
- [3] 王健, 靳奉祥等. 基于车载激光测距的建筑物立面信息提取. 山东科技大学学报自然科学版, 2004, 23(4), 8-11
- [4] LMS-Q140i-60/80 LASER MIRROR SCANNER TECHNICAL DOCUMENTATION AND USERS INSTRUCTIONS
- [5] 武汉大学测绘学院测量学科平差组编著, 误差理论与测量平差基础, 武汉大学出版社

作者简介: 黄磊(1982-), 男, 山东省邹城市人, 硕士研究生, 主要从事激光扫描与三维建模方面的研究。

基金项目: “863”项目“近景目标三维测量技术(一)”资助(2003AA133040)