

# 基于激光扫描数据的建筑物信息格网化提取方法

卢秀山<sup>1</sup> 黄磊<sup>1</sup>

(1 山东科技大学基础地理信息与数字化技术重点实验室, 青岛市前湾港路579号, 266510)

**摘要:**针对车载激光扫描点云的分布密度,提出了一种把扫描数据格网化进行信息提取的新方法。实践证明,这种方法效率高,可以自动从密集的扫描数据中快速提取出建筑物信息,能够满足城市三维建模的要求。

**关键词:**车载激光扫描;格网;信息提取

**中图分类号:**P225.2; P231.5

车载式近景目标测量系统采用3台GPS接收机测量扫描仪的位置和姿态<sup>[1]</sup>。激光扫描系统采用RIEGL公司LMS-Q140i-80型激光扫描仪,获取具有扫描角度和距离等信息的点状数据<sup>[2]</sup>。其特点为数据量大,冗余数据多,且点与点之间没有明显的连接关系。如何根据密集的扫描点,用较为简单的信息准确地表达建筑物是一个难题,也是利用激光扫描数据进行三维建模等工作必须解决的问题<sup>[3-7]</sup>。

激光扫描点云隐含着重要的信息,即分布密度信息。车载扫描系统在匀速行驶的情况下,其扫描是均匀的,按一定的时间和角度间隔发射激光。而真实环境中扫描对象的结构各异,结构的差异导致扫描点在物体上具有不同的分布。正是基于这种分布的不同,构成了扫描点在不同区域的密度差别。当把扫描区域进行某一方向投影后,这种隐含的信息就会凸显出来。本文选择的平面为投影面,将具有三维坐标的扫描点垂直投影到二维平面,运用格网化的方法将平面进行分割,以区分不同区域投影点密度差异,进而判别出不同的地物,提取建筑物信息。

## 1 格网法原理

激光扫描信息的提取,关键在于剔除冗余数据和噪声数据的同时,保留描述建筑物必需的有效信息。格网法利用建筑物立面自身的结构特点,对扫描区域进行垂直投影并将投影平面格网

化处理,利用扫描点的分布密度进行信息提取。根据精度要求和数据特点,需要对格网的大小、分类阈值等进行优化选择。

### 1.1 投影面的选择

激光扫描仪记录的扫描点,经过坐标转换,具有三维大地坐标 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ,分布在建筑物、地面以及其他一些物体如树木等目标物上。与机载激光一般扫描到建筑物顶部不同,车载激光扫描的是建筑物的立面,如图1。对绝大多数建筑物来说,其立面垂直于地面。基于此条件,将扫描点由 $XYZ$ 三维坐标空间向 $XY$ 平面投影,建筑物立面投影为近似高密度的线,建筑物的整体轮廓走向随即显现出来,如图2。地面上的点,在 $XY$ 平面上仍然会出现较为均匀的分布。在通常情况下,一次扫描区域不会很大( $1\text{ km}^2$ 以内),不需要考虑地球曲面影响。经过投影,不同地物之间扫描点的分布密度呈现出明显的差别。

### 1.2 格网化

从3维投影到2维平面,图形呈现出建筑物的基本结构,本文利用格网化的方法从平面图像中获取目标物轮廓信息。所谓格网化,就是把平面上的扫描区域,用边长固定的小方格均匀分割,使扫描点分布在不同的方格内。立面投影后形成由密集扫描点组成的带有宽度的线,而其他非建筑物区域扫描点密度就会小得多。因此,根据扫描点密度的不同,可以区分出建筑物和建筑物以外的噪声点。图3为建筑物立面上扫描点在格网内分布,图4为地面点在格网内分布。从图中可

以看出,点的密度有较为明显的差别。

为了实现用方格识别不同位置的地物,设计的每一个方格都带有两种属性:方格的坐标,由方格的中心点坐标来表示。只要知道整个格网区域最左下角或左上角坐标,每个方格的中心坐标就可以确定。每个方格内的点数值,即扫描

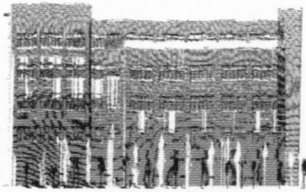


图 1 建筑物 J 立面图 (共 367 238 个点)

Fig. 1 Facade of Building J (367 238 points)



图 2 建筑物 J 投影图

Fig. 2 Projection of Building J

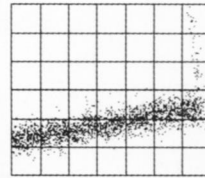


图 3 建筑物点在格网内分布

Fig. 3 Building Points Distributed in Grids

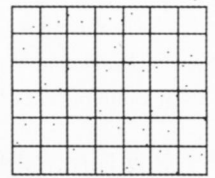


图 4 地面点在格网内分布

Fig. 4 Terrain Points Distributed in Grid

### 1.3 格网的大小

用格网来表示建筑物轮廓,首先要考虑的是变换后的精度问题,由精度要求确定方格大小。建筑物立面投影后形成线的宽度为  $D$  (如图 5)。其宽度主要由建筑物立面不完全垂直于地面和扫描误差等因素形成。经过多组实验检验,这种宽度一般为  $6 \sim 10$  cm。如果方格过小(如边长小于  $5$  cm),可能出现用两个或多个方格表示同一处边缘线的现象,造成无法识别哪一个方格才是真正的边缘点,从而降低方格表示的精度。考虑到计算速度等问题,确定方格大小为  $10$  cm。

方格的中心点坐标作为方格的坐标,点群落在方格内偏离中心最大距离为  $A \times \sqrt{2}/2$  ( $A$  为方格边长),车载扫描平面坐标  $XY$  精度,即扫描点平面精度为  $10$  cm,格网法的精度主要由这两部分决定,误差示意图如图 6。方格大小选择  $10$  cm 时,用方格中心取代方格内的点群,理论上最大偏移为  $(10 \times \sqrt{2}/2 + 10)$  cm,约  $17$  cm,完全可以满足三维建模的精度要求。

### 1.4 分类阈值

由于地表形态的不同,投影后落在不同方格内的点数也不同。为了把建筑物从地面点中区分出来,需要确定一个方格内点数阈值,点数大于此值则说明此处很可能为建筑物,低于此值的为噪声点(如地面点)。阈值由地面和建筑物扫描点密度两部分决定。

根据车载扫描仪几何关系,如图 7,可以确定,距离扫描中心越近,扫描点密度越大。车载扫描中心距离地面约  $2.5$  m,扫描张角  $80^\circ$ ,扫描仪

点落在一个方格内的个数,这个值用来区分不同格网内的扫描点密度。当方格内点数大于一定密度值的时候,用方格中心点取代内部扫描点,否则,方格中心点将不予保留。最终的结果,将是用方格中心点表示的建筑物边缘轮廓。

仰角约  $10^\circ$ 。设定方格边长为  $A$ ,距离扫描中心最近的地面点在方格范围内形成的扫描张角为:

$$= 30^\circ - \arctan \frac{2.5}{2.5 \times \sqrt{3} + A} \quad (1)$$

LMS-Q140i-80 型激光扫描仪,发射的邻近两个扫描点间的夹角为  $0.36^\circ$ ,每秒扫描  $40$  条线。对一条扫描线,张角为  $\theta$  的方格内可以容纳  $\theta/0.36$  个点。假定车的速度为  $V$ ,车走过一个方格的时间  $t = A/V$ 。 $t$  时间内共有  $M$  个点落在方格内:

$$M = 40(A/V)(\theta/0.36) \quad (2)$$

取  $A = 0.1$  m,  $V = 2$  m/s,可得  $M = 3.128$ 。这个值的意义是,在投影面上,最多有  $3.128$  个地面扫描点分布在一个  $10$  cm  $\times$   $10$  cm 方格内。

以上针对地面扫描点确定临界值,还需要考虑建筑物立面的要求。假定扫描中心距离建筑物水平距离为  $S$ ,建筑物高度  $H$ ,如图 8,对立面扫描形成的夹角为:

$$b = \arctan(H/2S) \quad (3)$$

一般将高度大于  $2$  m 的面作为建筑物立面保留,扫描的适宜距离  $S$  为  $10 \sim 80$  m。投影后分布在方格内的点数为:

$$N = 40(A/V)(b/0.36) \quad (4)$$

当  $S$  为最大  $80$  m,  $H$  为最小  $2$  m 时,方格内点数  $N$  为  $3.98$ ,即保留的最低立面投影后在方格内点数为  $3.98$ 。

综合以上两方面,确定方格内点数阈值为  $4$ 。点数大于  $4$  作为立面点保留,点数小于  $4$  作为噪声点剔除。

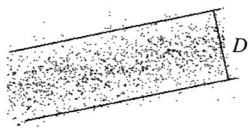


图 5 建筑物投影后  
立面形成的线宽  
Fig. 5 Projection Width  
of Building Facade

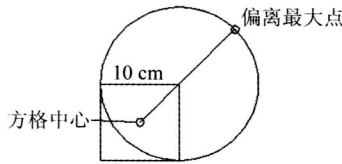


图 6 方格表示扫描  
点的精度分析  
Fig. 6 Precision Anal-  
ysis of Grid Method

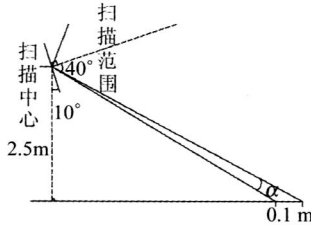


图 7 密度最  
大地面  
Fig. 7 The Densest Point  
Area on the Terrain

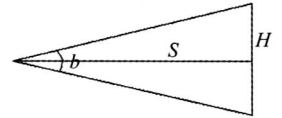


图 8 最低的  
立面  
Fig. 8 The Lowest  
Facade

### 1.5 格网内点的高程

经过筛选后,格网内保留的只是建筑物边缘的位置、形状,而楼房的高度无法从格网内直观地显示出来。扫描点从 XYZ 空间向 XY 平面投影,会造成高程数据 Z 的丢失。因此,在投影过程中,需要记录下 Z 坐标值。平面格网化以后,再对每个方格内的所有扫描点进行处理,寻找方格内最高的点,作为建筑物顶部边缘高程。在地面数字模型 DEM 已知的情况下,可以求解出建筑物高度。

## 2 实验结果

经过以上格网化处理,得到提取后的建筑物

边缘点,如图 9。与处理前的图 2 相比,去除了大量冗余数据点,建筑物的轮廓更加清晰,实现了用最少的点更精确地描述建筑物。处理后的点提供准确简洁的基础数据,大大简化了三维建模等后续工作。图 10 为图 9 中的边缘点通过点之间的距离关系进行分类,然后进行最小二乘拟合得到的边界线。其中 a、b、c、d 为 4 个不同的墙面顶部边缘,扫描区域 DEM 已知,顶部边缘向地面垂直投影构成建筑物立面,各个方向立面构成建筑物模型框架如图 11。至此,建筑物立面边界线的位置、长度、高度信息都已经得到。

为了评定信息提取及拟合的精度,对实验的地方用全站仪对建筑物进行了实地测量以进行对比,具体结果如表 1 所示。

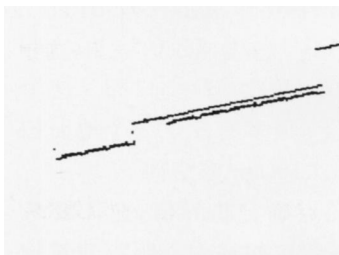


图 9 建筑物 J 处理后的边缘点  
Fig. 9 Edges of Building J  
Composed of Points

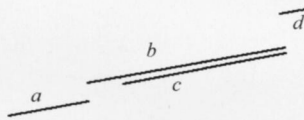


图 10 建筑物 J 线状边缘图  
Fig. 10 Edges of  
Building J

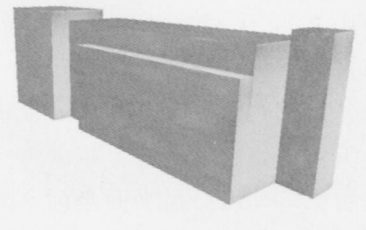


图 11 建筑物 J 模型框架  
Fig. 11 Framework of  
Building J

表 1 提取建筑物信息精度分析

Tab. 1 Precision Analysis of Building Information  
Extraction

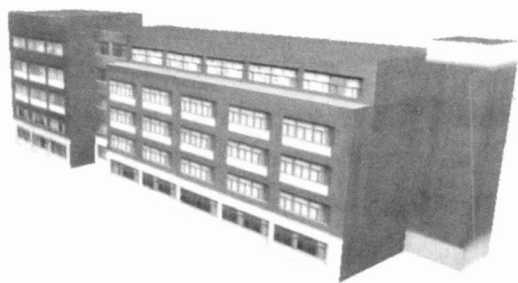
观测边	提取长度(t)	实际长度(s)	差值(t-s)	相对误差( t-s /s)
a	15.06	15.35	- 0.29	1.89 %
b	36.97	37.41	- 0.44	1.18 %
c	30.75	30.92	- 0.17	0.55 %
d	4.76	4.82	- 0.06	1.24 %

由表 1 可以看出,经过信息提取、边缘拟合,所得结果仍具有很高的精度,完全可以满足三维建模等工作的要求。利用提取的建筑物边缘信息,建立建筑物模型框架,贴上采集的纹理影像可以实现三维建模,其效果图如图 12 和图 13 所示。

## 3 结 语

本文选取了一个较为典型的立面为例进行阐述,对于同一区域内的多个立面,可用同样方法进行处理。

经格网法处理后,有些较为高大的树木,由于树干近似垂直于地面,会和建筑物立面一样保留下来,但这并不会影响物体的辨别。在处理结果中树木很容易和建筑物区分开来,建筑物边缘点呈线状分布,树木只有聚集的少数几个点,一般呈圆形分布。

图 12 建筑物  $J$  三维成果图Fig. 12 3D Image of Building  $J$ 图 13 建筑物  $J$  三维成果图Fig. 13 3D Image of Building  $J$ 

针对激光扫描数据,本文根据建筑物立面形成的密度信息,利用格网化的方法,依据分布密度的不同成功地剔除噪声点,将建筑物的边缘信息提取出来。这种方法使用方便,效率较高,适用多种扫描情况。此方法的不足在于对不垂直于地面的建筑物表面,如球形面等,并不十分适用。以后将在这方面继续进行研究。

### 参 考 文 献

- [1] 卢秀山,李清泉,冯文灏,等. 车载式城市信息采集与三维建模系统[J]. 武汉大学学报·工学版,2003,36(3):76-80
- [2] Li Qingquan, Li Bijun, Chen Jing. Research on Laser Scanning and Its Application[J]. Geospatial Information Science, 2001, 4(1):37-42
- [3] Vosselman G, Dijkman S. 3D Building Model Reconstruction from Point Clouds and Group Plans [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 2001, 34(W4):37-43
- [4] Rottensteiner F, Briesch C H. A New Method for Building Extraction in Urban Areas from High-resolution LIDAR data[C]. Commission Symposium 2002, Austria, 2002
- [5] Haala N, Brenner C. Extraction of Buildings and Trees in Urban Environments[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 1999, 54:130-137
- [6] 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[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2003,28(1):65-70
- [7] 王健,靳奉祥. 基于车载激光测距的建筑物立面信息提取[J]. 山东科技大学学报·自然科学版, 2004,23(4):8-11

第一作者简介:卢秀山,教授,博士,现主要从事测量数据处理理论及应用, GPS 应用技术的研究和教学。

E-mail: xiushanl@vip.sina.com

## Grid Method on Building Information Extraction Using Laser Scanning Data

LU Xiushan<sup>1</sup> HUANG Lei<sup>1</sup>

(1 Key Laboratory of Fundamental Geo-information & DG Technology, Shandong University of Science and Technology, 579 Qianwanggang Road, Qingdao 266510, China)

**Abstract:** Automatically extracting building information from dense "point cloud" is a critical research topic in the process of building reconstruction using laser scanning data. Based on the distribution density of the "point cloud" of the vehicle-borne laser scanning system, a new way to extract building information by using grids is proposed. This method is much more efficient and it can automatically extract building information from dense scanning data quickly and meet the precision requirement of city reconstruction.

**Key words:** vehicle-borne laser scanning; grid; information extraction

**About the first author:** LU Xiushan, professor, Ph.D, his researches are focused on surveying data processing, GPS application and "3S" integration.

E-mail: xiushanl@vip.sina.com