

基于区域生长的 L D A R 点云数据滤波

成晓倩¹, 赵红强²

(1. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079;

2. 武汉大学测绘学院, 武汉 430079)

摘要: 将区域生长算法引入 L D A R 点云滤波, 其原理与图像处理中的区域生长原理相似。首先选择可靠的种子点, 当待定点与种子点的高差满足所设阈值时, 则待定点为地面点, 否则作为地物点滤去。当不再有激光点满足条件时, 生长结束。该算法无需对原始数据进行插值, 无需迭代, 因此滤波速度快。与传统的最大局部倾斜度过滤算法 (MLS) 和扩大窗口高程阈值滤波方法相比, 该算法的实验结果更优。

关键词: 区域生长; 点云; L D A R; 滤波

中图分类号: TP 75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001 - 070X (2008) 04 - 0006 - 03

0 引言

机载 L D A R 是一种新型的主动式遥感技术, 它通过测量激光脉冲的传播时间, 结合 P O S 系统提供的定位定姿数据, 直接获取高精度的地面三维坐标。L D A R 获取的点云数据可以对地形的起伏、道路的边沿、植被的树冠和建筑物的构造进行精确描述, 因此, L D A R 技术已被广泛应用到水利、电力、交通、林业及城市建模等各个领域^[1]。

激光雷达数据滤波, 就是从激光脚点数据点云中提取数字地面高程模型 (D T M / D E M), 将其中的地物数据脚点去掉。目前, 用于 L D A R 数据滤波的方法绝大部分都是基于三维激光脚点数据的高程突变等信息进行的, 概括来讲, 大致分为 (常见的) 形态学滤波法^[2]、移动窗口法^[3]、高程纹理分析法^[4]、迭代线性最小二乘内插法^[5]、移动曲面拟合法^[6]以及基于地形坡度滤波法^[7]等。尽管这些算法有各自突出的优点, 但也存在一定的缺陷, 有的需要分步反复迭代, 有的需要将原始观测值内插成规则格网, 这样势必损失许多重要的地形信息。本文针对原始观测值提出了一种新的算法——区域生长滤波, 该算法无需迭代, 滤波速度快, 与传统滤波方法相比, 精度更高。

1 基于区域生长的滤波方法

1.1 算法原理

根据滤波原理, 区域增长滤波以点为基本单位,

通过考察点与其周围领域的关系来判断点的类别。基本思想如下:

首先, 结合人类先验知识判断测区地貌, 根据经验对测区进行区域划分 (B l o c k 划分), 尽量保证每个 B l o c k 地势较平坦; 然后, 在每个 B l o c k 中首先寻找最初的“地面种子点”, 并对这些种子点进行 8 邻域搜索, 当邻近点与种子点的高差小于设定阈值, 则判断邻近点为“新的种子点”, 依次搜索扩张, 直到没有可接受的邻近点时, 生长结束。

1.2 角度判别原则

由于地形起伏、飞行姿态及视角等因素的影响, 激光雷达采集的地物顶面数据会有地物侧面信息, 为了提高滤波精度, 方便高差阈值的设定, 本文运用角度判别方法将侧面信息剔除, 使得地面点与地物点的高程变化显著^[8]。角度判别原理如下:

空间一点 $P(x, y, z)$ 与其邻域内的一点 $S(x, y, z)$ 的立体角度表达式为

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

若点 $P(x, y, z)$ 在邻域内的最大立体角度大于所设阈值, 则将点 $P(x, y, z)$ 滤除, 否则保留。

1.3 滤波构建

George Sithole^[9]将裸露地面定义为由分段连续光滑的曲面片拼接而成的曲面, 依据此定义, 滤波设计如下:

(1) B l o c k 的划分。利用先验知识对测区地貌进行评估, 在尽量保证每个 B l o c k 地形变化具有一定均一性的前提下, 将测区划分为规则的矩形。矩形的大小视测区中的最大建筑物尺寸而定, 必须保

证每个 B l o c k矩形中包含有地面点。

(2) B l o c k的格网化。对于每个 B l o c k而言,为了方便种子点的搜索判断,在水平面上,对原始离散的点云数据进行规则格网化,不作内插。单元格的大小视点密度而定,一般能保证每个单元格内有 1、2点即可,如图 1所示。

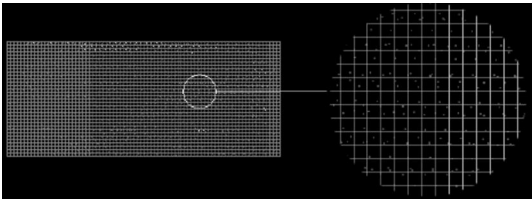


图 1 规则格网化

(3)初始种子点的选取。选取 B l o c k区域中高程最低的地面点作为初始种子点。

(4)增长的准则。以初始种子点为中心进行 8邻域搜索,判断待定点与已知种子点的高差是否满足阈值,如果满足,则待定点为地面点,否则,该点为地物点。

(5)结束的准则。将满足条件的地面点作为新的种子点按照步骤 (3)进行生长,直到没有点满足,生长停止。

具体流程如图 2所示。

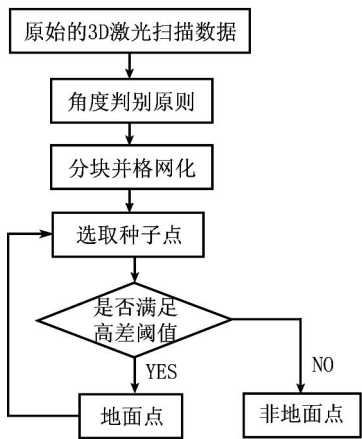


图 2 滤波处理流程

2 方法试验

2 1 试验数据

以 ISPRS在线发布的参考数据作为试验数据,每个参考数据事先都做了人工分类,每个点都被标上地面点或非地面点。试验区类型为城市,大小为 188 m ×182 m,共计 32 706个数据点;激光脚点数据密度约为 0. 59点 /m²,平均点间距为 1 ~ 1. 5 m。试验区包括多层建筑物、桥、过道、低矮植被和断裂等。

2 2 试验结果分析

2 2 1 评价指标

从视觉和误差 2个方面对试验结果进行比较分析。误差方面采用 George Sithole^[9]等人提出的 3个评价指标,即

一类误差： $100 \times \frac{c}{a} \%$;

二类误差： $100 \times \frac{d}{b} \%$;

总误差： $100 \times \frac{c+d}{a+b} \%$

其中, a表示参考数据中地面点总数; b表示参考数据中非地面点总数; c表示被误分为非地面点的地面点数; d表示被误分为地面点的非地面点数^[9]。

在地形复杂的情况下,为了得到高精度的 DTM,通常需要选择较小的一类误差而忽略二类误差。总误差是衡量 2类误差总数的指标,因此,总误差越小,表示的滤波越精确。

2 2 2 结果比较

通过 VC++实现滤波,将区域生长算法与传统的最大局部倾斜度过滤算法 (MLS)^[10]和扩大窗口高程阈值滤波算法^[11]进行比较,结果如表 1、图 3所示。

表 1 几种滤波方法的比较

滤波方法	参 数				评价指标		
	a	b	c	d	一类误差 %	二类误差 %	总误差 %
MLS滤波	22 504	10 202	2 564	689	11. 39	6. 75	9. 95
扩大窗口高程阈值滤波	22 504	10 202	1 082	921	4. 81	9. 02	6. 12
区域生长滤波	22 504	10 202	413	904	1. 87	8. 86	4. 01

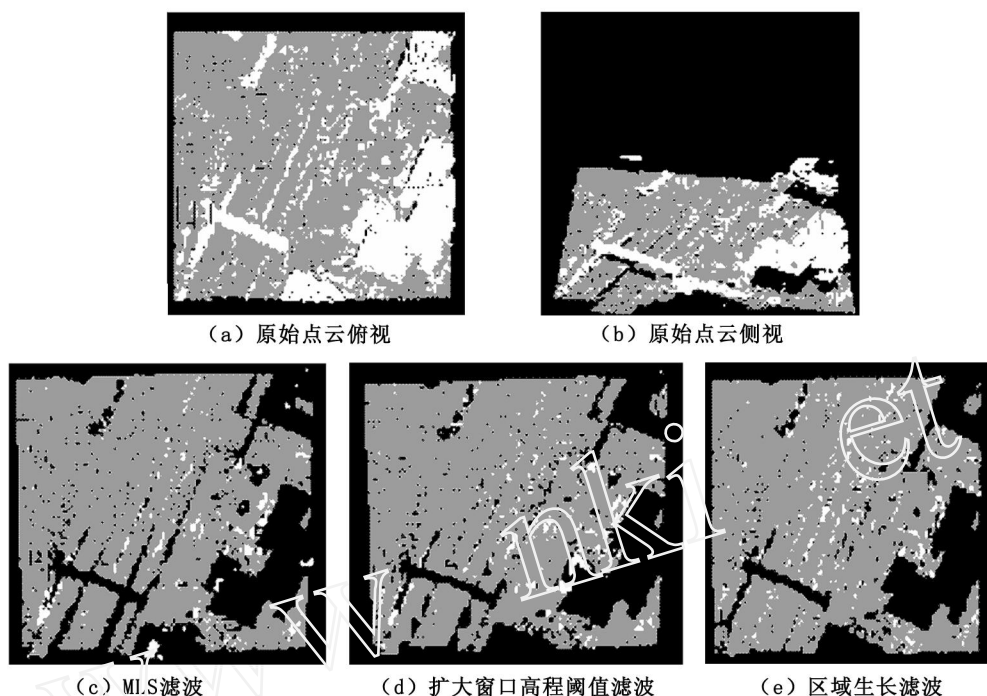


图 3 不同滤波方法的前后结果对比

从图 3 可以看出,与另外 2 种滤波方法相比,区域生长滤波在滤除多层建筑物的同时很好地保留了地形特征,对于桥梁、过道等附属物,3 种方法都可以很好地滤除。但是,区域生长滤波对低矮植被滤除效果欠佳,这是由于低矮植被与地面极为接近,高差较小所造成的。从表 1 也可以看出,区域增长滤波能够得到更小的一类误差,保留地形特征。

3 结论

提出的区域生长滤波算法实质是一种聚类方法,因此,对数据进行整体滤波效果更好、更可靠。同时,该算法无需对原始数据进行内插,从而大大提高了滤波速度。试验结果表明,该算法可以准确地提取出地形点,适用于较为平坦的城区,对于起伏较大的城区,由于落差较大,只能够滤除高大建筑物。该算法受参数影响较大,尤其对高程阈值的选择较为敏感。目前,参数的选择还不能做到自动化,所以,该算法还有待于进一步改进。

参考文献:

- [1] 郑金水. L D A R 技术及其应用 [J]. 科技信息, 2007, 6: 28 - 29.
- [2] Lindenberger J. Laser - profilmessungen zur Topographischen Geländeaufnahme [D]. Stuttgart Universität Stuttgart, Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, 1993.
- [3] Petzold B, Reiss P, Stossel W. Laser Scanning - surveying and Mapping Agencies are Using a New Technique for the Deviation of Digital Terrain Models [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, 54 (2/3): 95 - 104.
- [4] Mass H G. The Potential of Height Texture Measurement for the Segmentation of Airborne Laser Scanner Data [A]. The 4th International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition 21st Canadian Symposium on Remote Sensing [C]. Ottawa, Ontario, Canada, 1999.
- [5] Kraus K, Pfeifer N. Determination of Terrain Models in Wooded Areas with Airborne Laser Scanner Data [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1998, 53 (4): 193 - 203.
- [6] 张小红. 机载激光雷达测量技术理论和方法 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007.
- [7] George Vosseman. Slope Based Filtering of Laser Altimetry Data [J]. ISPRS Amsterdam. The Netherlands, 2000, 33: 935 - 942.
- [8] 徐前祥, 廖明生, 杨建思. 基于距离限制的机载激光数据滤波方法 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2007, 7 (32): 605 - 608.
- [9] George Sithole, George Vosseman. Experimental Comparison of Filter Algorithms for Bare - Earth Extraction from Airborne Laser Scanning Point Clouds [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2004, 59: 85 - 101.
- [10] 余洁, 张国宁, 等. L D A R 数据的过滤方法探讨 [J]. 地理空间信息, 2006, 4 (1): 8 - 10.
- [11] Zhang Keqi, Dean Whitman. Comparison of Three Algorithms for Filtering Airborne L D A R Data [J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2005, 7 (3): 313 - 324.

(下转第 21 页)

参考文献：

[1] Oliver C, Quegan S Understanding Synthetic Aperture Radar Images[M]. New York: Sci Tech Publishing, 2004.

[2] Lombardo P, Pastina D. Multiband Coherent Radar Detection Against Compound - Gaussian Clutter[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1999, 35 (4): 1266 - 1282.

[3] Nicolas J.M. Introduction to Second Kind Statistics: Application of Log - moments and Log - cumulants to SAR Image Distribution Analysis Traitement du Signal[J]. 2002, 19 (3): 139 - 167.

[4] Bujor F, Trouve E, Valet L, et al Application of Log - cumulants to the Detection of Spatiotemporal Discontinuities in Multitemporal SAR Images[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2004, 42 (10): 2073 - 2084.

[5] 李德仁,张继贤. 影象纹理分析的现状和方法 (一) [J]. 武测科技, 1993, (3): 30 - 37.

[6] 章毓晋. 图像处理和分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.

THE DETECTION OF RADARSAT IMAGE VARIATION IN THE URBAN AREA: TAKE CHENGDU CITY AS AN EXAMPLE

SHI Cheng, LIN Qi - zhong, SHAO Yun

(Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: With the Radarsat radar image as the data source, the authors carried out the variation detection study in Chengdu area. By choosing proper distribution and utilizing maximum likelihood regularity, the image variation in the urban area was investigated. On the basis of the detection of Radarsat data variation, the urban area variation was divided into two types, namely smooth transition and abrupt change, which were assigned respectively to homoplasmic area and alloplasmic area. These two types were detected separately by algorithm. Practice shows that the result is fairly satisfactory.

Key words: Radar image; Change detection; Smooth transitions; Abrupt changes

第一作者简介：石城（1981 - ），男，中国科学院遥感应用研究所研究生。

（责任编辑：刁淑娟）

（上接第 8 页）

LDAR POINT CLOUD DATA FILTERING BASED ON REGIONAL GROWING

CHENG Xiao - qian¹, ZHAO Hong - qiang²

(1. State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: A new filtering algorithm named regional growing filter is proposed in this paper. The principle of the regional growing filter is similar to the regional growing used to process digital images. First, reliable seeds are selected, then the growing rule is formulated. If the height difference between the seeds and the selected points is lower than the threshold, the selected point is regarded as the ground point, otherwise the point is removed as a feature point. When there are no laser points that can meet the rule, the growing ends. The processed point clouds use regional growing filter with no need of original data interpolation and iteration, and hence the filtering speed is fast. Experiments show that the effects of the regional growing filter is better than the results of such traditional algorithms as the maximum local slope filter and the expansion of window height threshold filter.

Key words: Region growing; Point cloud; LDAR; Filter

第一作者简介：成晓倩（1981 - ），女，硕士研究生，主要研究方向为摄影测量与遥感。

（责任编辑：刁淑娟）