

بررسی الگوریتم RANSAC در فضای چند مقیاسی موجک جهت خوشه بندی سقف ساختمان

عباس صالحی^{۱*}، علی محمد زاده^۲

۱- دانشجوی مقطع ارشد گرایش فتوگرامتری، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

در فرآیند مدل سازی سه بعدی سقف ساختمان، یکی از مراحل مهم، خوشه بندی نقاط لیدار سقف می باشد و در این مطالعه از الگوریتم RANSAC برای خوشه بندی در سه سطح مقیاس تولید شده با تبدیل موجک استفاده شده است. ابتدا نقاط لیدار سقف به گرید با اندازه ی موردنظر تبدیل می شود و سپس با تبدیل موجک، سه سطح مقیاس مکانی از آن تولید می شود و در آخر هر کدام از سطوح، خوشه بندی می شوند. بررسی نتایج بیان کننده این است که برای بازسازی مدل سه بعدی در سطوح صفر تا دوم جزئیات می توان از سطح دوم و سوم مقیاس مکانی ابر نقاط لیدار و برای سطوح سوم و چهارم جزئیات می توان از سطح اول مقیاس مکانی استفاده کرد .

واژه های کلیدی : خوشه بندی، RANSAC، لیدار، موجک، بازسازی، ساختمان، سقف.



مقدمه

مدل سه‌بعدی ساختمان یکی از مؤلفه‌های بزرگ یک شهر مجازی و برای تحقق کاربردهای سه‌بعدی سیستم اطلاعات مکانی حیاتی هست و برای تولید عکس قائم، به‌روزرسانی نقشه‌ها، تشخیص تغییر، مدیریت انرژی و املاک، خرد اقلیم، شبیه‌سازی آلودگی هوا، بسیاری از سرویس‌های موقعیت مبنا ضروری است [۱]. از این رو فرآیند بازسازی مدل ساختمان نیازمند روشی مطمئن و قوی برای خوشه‌بندی نقاط لیدار سقف دارد و با توجه به اینکه بررسی روی خوشه‌بندی ابر نقاط لیدار در چند مقیاس مکانی نشده است پس ضروری است تا در این موضوع پژوهشی انجام شود.

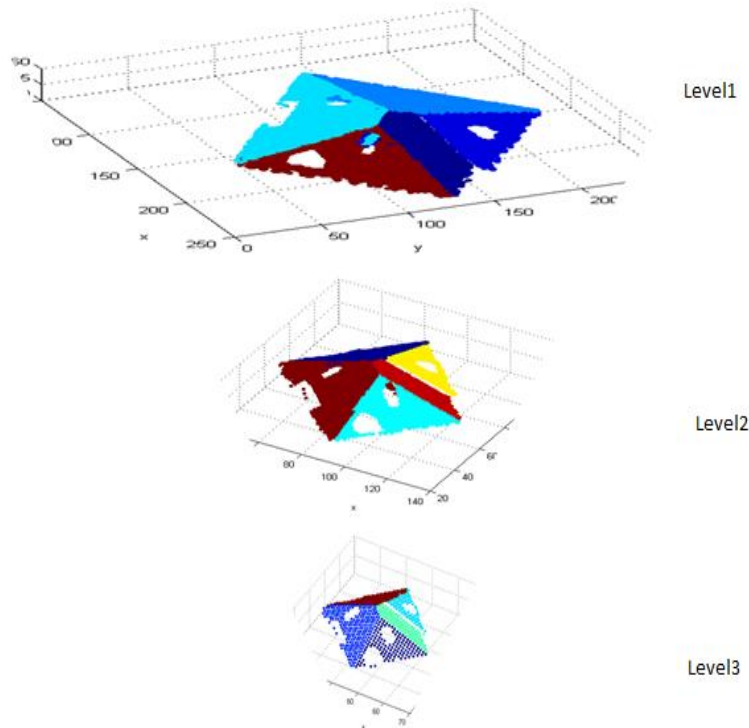
در کارهای قبلی در این راستا گولونینسکی و ژئو با استفاده از KNN [۲]، [۳] و همچنین اسپونبرگ و استورم بوسیله ی الگوریتم FH [۴]، [۵] و پاول از یک روش درختی برای خوشه‌بندی ابرنقاط سه‌بعدی [۶] و ستاری و همکاران از K-means برای خوشه‌بندی نقاط لیدار سقف بصورت چند مقیاسی استفاده کردند [۷]. و همچنین سمپث و همکاران بوسیله ی K means فازی این کار را انجام دادند [۸]. چن و همکاران بوسیله ی الگوریتم لاند و رشد ناحیه ای سقف ساختمان را خوشه‌بندی کردند [۹]. ورما و همکاران با استفاده از گراف توپولوژی سقف ساختمان را خوشه‌بندی کردند [۱۰]. کیم و همکاران از کمینه کردن تابع انرژی برای خوشه‌بندی بهره‌برده‌اند [۱۱]. تارش و همکاران از RANSAC برای تشخیص صفحات سقفی استفاده کردند [۱۲]. وسلمن از تبدیل هاف برای تشخیص صفحات سقفی استفاده کرده‌اند [۱۳]. استفاده از روش خوشه‌بندی رشد ناحیه ای برای تشخیص صفحات سقفی [۱۴]، [۱۵]، [۱۶]. از توپولوژی بین قطعات سقفی و خطوط پشته ی سقفی برای تشخیص صفحات سقفی استفاده می‌شود [۱۷]. با اینکه روش‌های قبلی تلاش‌های زیادی برای خوشه‌بندی صفحات سقفی و تشخیص صفحات سقفی کرده‌اند ولی اکثر روش‌ها در سطح اول مقیاس مکانی خوشه‌بندی سقف را انجام داده‌اند و خوشه‌بندی با استفاده از الگوریتم RANSAC را در سطوح مختلف مقیاسی انجام نداده‌اند و بدین صورت در این تحقیق خوشه‌بندی نقاط لیدار سقف ساختمان با استفاده از الگوریتم RANSAC در چند سطح مقیاس مکانی تولید شده با تبدیل موجک بررسی می‌شود و کارایی این روش در سطوح مختلف مقیاسی موردنقد و بررسی قرار می‌گیرد. ابتدا داده‌ی لیدار خام سقف ساختمان، گرید با اندازه‌ی موردنظر تشکیل می‌شود و سپس بوسیله‌ی تبدیل موجک از داده‌ی گرید سقف، سه مقیاس متفاوت تشکیل می‌شود و از این رو الگوریتم RANSAC بر روی هر کدام از این مقیاس‌ها اجرا و داده‌های لیدار سقف خوشه‌بندی و صفحات هر کدام مشخص می‌شود.



روش پیشنهادی

۱- تبدیل موجک^۱

تبدیل موجک به عنوان یک ابزار آنالیز، نقش مهمی در الگوریتم های خوشه بندی چند مقیاسی و کاربردهای پردازش سیگنال ایفا می کند و بر مبنای آنالیز چند مقیاسی، یک سیگنال را به چندین زیر سیگنال با ضرایب مشخص و قدرت تفکیک کمتر تجزیه می کند. [۱۸].



شکل ۱. سه سطح مقیاسی

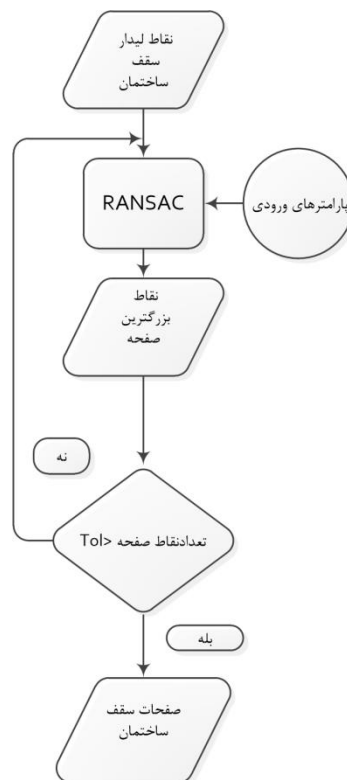
۲- خوشه بندی

هدف از این قسمت خوشه بندی نقاط لیدار سقف ساختمان می باشد و برای این کار از الگوریتم RANSAC استفاده می شود، این الگوریتم برای اولین بار توسط [۱۹] ارائه شد که روشی برای تخمین پارامترهای یک مدل در داده ای حاوی نویز می باشد و بطور کلی در دو گام در یک فرآیند تکراری انجام می شود که عبارتند از: فرضیه و تست، فرضیه: کمترین مجموعه ی نمونه^۲ به صورت تصادفی از داده های ورودی انتخاب می شوند و پارامترهای مدل با المان های MSS محاسبه می شوند، تست: بررسی سازگاری المان های MSS با مدل در مرحله ی اول در این قسمت انجام می شود که نتیجه ی آن مجموعه ی سازگار^۳ می باشد.

¹ Wavelet

² Minimal sample sets(MSSs)

³ Consensus Set(CS)



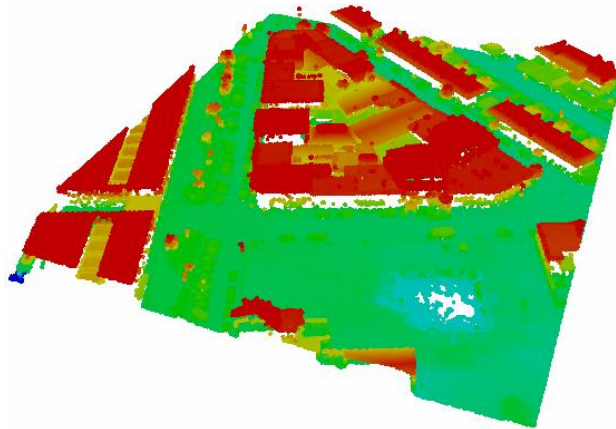
شکل ۳. دیاگرام کلی از خوشه بندی الگوریتم RANSAC

پارامترهای ورودی مثل تعداد تکرارها و همچنین انحراف معیار برای قبول یا رد نویز و احتمال اینکه حداقل یکی از مجموعه مای تصادفی انتخاب شده داده ی پرت نداشته باشد به الگوریتم خوشه بندی داده می شود و همچنین مقدار Tol یا همان حد آستانه برای انتخاب بزرگترین صفحه در هر تکرار باتوجه به وسعت صفحات سقفی بصورت سعی و خطا انتخاب می شود.

بحث و پژوهش ها

۱- داده

داده های این تحقیق حاصل برگزاری مسابقه ی بین المللی IEEE GRSS در سال ۲۰۱۵ با موضوع آنالیز تصویر و تلفیق داده است که شامل داده های سنجش از دور با قدرت تفکیک مکانی بالا از دو سنجنده مختلف از منطقه بندری در شهر Zeebruges در بلژیک توسط دانشگاه نظامی بلژیک تهیه شده است و در اختیار شرکت کنندگان مسابقه قرار داده شده است که داده لیزر اسکنر هوایی (LiDAR) با فاصله نمونه برداری ۱۰ سانتی متر و در فصل بهار گرفته شده است و همچنین نرخ اسکن لیزر و زاویه و فرکانس به ترتیب ۱۲۵ هرتز، ۲۰ درجه و ۴۹ هرتز هست که تراکم نقاط برداشتی توسط لیدار ۶۵ نقطه در مترمربع هست.

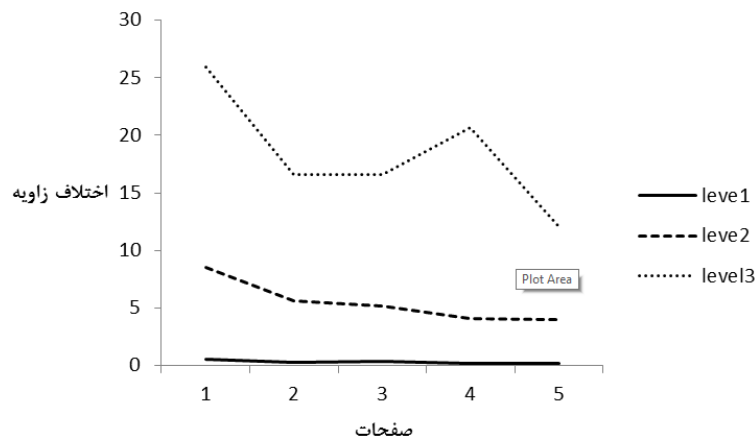


شکل ۴. ابر نقاط لیدار منطقه ی مورد مطالعه

۲-خوشه بندی چند مقیاسه

هدف از این قسمت بررسی صحت خوشه بندی با استفاده از RANASC می باشد و از این رو بوسیله ی زاویه بین صفحات خوشه بندی شده و رفرانس، صحت صفحات تشخیص داده شده بررسی و بحث می شود [۸].

$$\theta = \left(\arccos \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{\|\vec{a}\| \|\vec{b}\|} \right) \quad (1)$$



شکل ۵. اختلاف زاویه ی بین بردارهای نرمال رفرنس و سطح اول و دوم مختلف مقیاسی

جدول ۱. اختلاف زاویه بین صفحات سقفی تشخیص داده شده توسط الگوریتم RANSAC و صفحات رفرانس به درجه

سطوح مقیاسی	Seg#1	Seg#2	Seg#3	Seg#4	Seg#5
سطح اول	۰.۵۱۱۴۴	۰.۲۲۸۴۹۲	۰.۳۴۰۴۵۳	۰.۲۰۱۴۴۲	۰.۲۰۶۲۰۵
سطح دوم	۸.۵۴۳۹۱۹	۵.۵۸۳۰۳۶	۵.۱۷۷۶۵۶	۴.۰۵۸۴۱۶	۴.۰۰۸۸۰۳
سطح سوم	۲۵.۹۰۷۷۶	۱۶.۶۰۸۳	۱۶.۵۹۹۹۷	۲۰.۶۲۸۱	۱۲.۰۳۳۴۹

با توجه به کاهش نقاط هر خوشه در سطوح پایینی هرم تصویر لیدار، زاویه ی بردار نرمال رفرنس و صفحات موردنظر در سطوح مختلف مقیاسی افزایش می یابد (شکل ۵ و جدول ۱) و با افزایش این زاویه، می توان گفت که از سطح اول هرم برای خوشه بندی نقاط لیدار سقف استفاده نمود.



نتایج و پیشنهادها

در این مقاله روشی برای خوشه بندی ابر نقاط لیدار سقف ساختمان بصورت چند مقیاسه با استفاده از RANSAC ارائه شد از این رو خوشه بندی RANSAC با توجه به کاهش نقاط از سطوح بالایی هرم به سمت سطوح پایینی می تواند قوی عمل و مرز بین خوشه ها را بسیار خوب از هم جدا کند و همچنین می تواند صحت صفحات تشخیص داده شده در سطوح بالایی هرم را بوسیله ی صفحات تشخیص داده شده در سطوح پایینی هرم تایید کند و در این راستا دقت پارامترهای صفحات هر چه به سطوح پایینی هرم نزدیک شویم کاهش می یابد بدین صورت توصیه می شود که از سطح اول لیدار برای تعیین پارامترهای هر صفحه برای بازسازی مدل سه بعدی سقف ساختمان در سطوح صفر تا دو جزئیات سقف استفاده کرد ولی می توان از آن جهت کاهش جزئیات سقف جهت خوشه بندی صفحات اصلی سقف نیز استفاده کرد. در راستای خوشه بندی نقاط لیدار در مقیاس های مکانی مختلف می توان از روش های دیگری برای خوشه بندی در پژوهش های آینده استفاده کرد.

مراجع

1. Rau, J.-Y. and B.-C. Lin, *Automatic roof model reconstruction from ALS data and 2D ground plans based on side projection and the TMR algorithm*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2011. **66**(6): p. S13-S27.
2. Golovinskiy, A. and T. Funkhouser. *Min-cut based segmentation of point clouds*. in *Computer Vision Workshops (ICCV Workshops), 2009 IEEE 12th International Conference on*. 2009. IEEE.
3. Zhu, X., et al. *Segmentation and classification of range image from an intelligent vehicle in urban environment*. in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on*. 2010. IEEE.
4. Schoenberg, J.R., A. Nathan, and M. Campbell. *Segmentation of dense range information in complex urban scenes*. in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on*. 2010. IEEE.
5. Strom, J., A. Richardson, and E. Olson. *Graph-based segmentation for colored 3D laser point clouds*. in *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on*. 2010. IEEE.
6. Pauling, F., M. Bosse, and R. Zlot. *Automatic segmentation of 3d laser point clouds by ellipsoidal region growing*. in *Australasian Conference on Robotics and Automation (ACRA)*. 2009.
7. Satari, M., et al., *A Multi-Resolution Hybrid Approach for Building Model Reconstruction from Lidar Data*. The Photogrammetric Record, 2012. **27**(139): p. 330-359.
8. Sampath, A. and J. Shan, *Segmentation and reconstruction of polyhedral building roofs from aerial lidar point clouds*. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 2010. **48**(3): p. 1554-1567.
9. Chen, Y., et al., *Multiscale grid method for detection and reconstruction of building roofs from airborne LiDAR data*. Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal of, 2014. **7**(10): p. 4081-4094.
10. Verma, V., R. Kumar, and S. Hsu. *3D building detection and modeling from aerial LIDAR data*. in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on*. 2006. IEEE.
11. Kim, K. and J. Shan, *Building roof modeling from airborne laser scanning data based on level set approach*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2011. **66**(4): p. 484-497.
12. Tarsha-Kurdi, F., T. Landes, and P. Grussenmeyer, *Extended RANSAC algorithm for automatic detection of building roof planes from LiDAR data*. The photogrammetric journal of Finland, 2008. **21**(1): p. 97-109.



13. Vosselman, G., *Building reconstruction using planar faces in very high density height data*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999. **32**(3; SECT 2W5): p. 87-94.
14. Awrangjeb, M. and C.S. Fraser, *Automatic segmentation of raw LiDAR data for extraction of building roofs*. Remote Sensing, 2014. **6**(5): p. 3716-3751.
15. Awrangjeb, M., C. Zhang, and C.S. Fraser, *Automatic extraction of building roofs using LIDAR data and multispectral imagery*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2013. **83**: p. 1-18.
16. Rottensteiner, F. *Roof plane segmentation by combining multiple images and point clouds*. in *Proceedings of the Photogrammetric Computer Vision and Image Analysis Conference, Saint-Mandé, France*. 2010.
17. Dorninger, P. and N. Pfeifer, *A comprehensive automated 3D approach for building extraction, reconstruction, and regularization from airborne laser scanning point clouds*. Sensors, 2008. **8**(11): p. 7323-7343.
18. Comer, M.L. and E.J. Delp. *Multiresolution image segmentation*. in *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1995. ICASSP-95., 1995 International Conference on*. 1995. IEEE.
19. Fischler, M.A. and R.C. Bolles, *Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography*. Communications of the ACM, 1981. **24**(6): p. 381-395.



Survey of RANSAC algorithm in wavelet multi resolution for building roof clustering using Lidar data

Salehi, A. ^{*1}, Mohammadzade, S. ²

1-Ms.c student of Photogrammetry in faculty of Geodesy & Geomatics Engineering, K.N Toosi University

2- Associate professor in faculty of Geodesy & Geomatics Engineering, K.N Toosi University

Abstract

In the 3-D modeling of building roof, The clustering of roof Lidar points is one of the important steps and in this study, the RANSAC algorithm is used for clustering in deferent spatial scale levels which it is produced with wavelet transform .Initially roof Lidar points is converted to grid with Desired size then using the wavelet transform three spatial scale levels is produced and finally each levels is clustered. The surveying of the results is show in which for reconstructing 3-D model in zero to two levels of details could use second and third level of spatial scale and for three and four level of details could use first level of spatial scale of Lidar points.

Keywords: Clustering, RANSAC, Lidar, Reconstruction, Roof.