LİDAR VERİSİNDEN OTOMATİK BİNA ÇATI DÜZLEMİ ÇIKARMADA RANSAC ALGORİTMASININ İYİLEŞTİRİLMESİ

Sibel CANAZ SEVGİN¹, Fevzi KARSLI², Norbert PFEIFER³

¹Ankara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Beşevler, Ankara, ssevgen@ankara.edu.tr

²Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Trabzon, fkarsli@ktu.edu.tr

³Prof. Dr., Technische Universität Wien, Jeodezi ve Jeoinformasyon Bölümü, Vienna, Norbert.Pfeifer@geo.tuwien.ac.at

ÖZET

Kent haritalarında olması gereken en önemli bilgilerden biri binaların konumu ve sınırlarıdır. Binaların çatılarının konumu ve güncel durumu hava fotoğraflarından otomatik olarak çıkarılacağı gibi, 3B'de yükseklik doğruluğu daha iyi olan, hava lazer tarama (Light Detection And Ranging (LiDAR)) verisinden de sıkça bina çatılarının çıkarım işlemleri son yıllarda birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Bina çatılarının düzlemsel olduğu varsayımı ile birçok algoritma geliştirilmiş olup bunların en popülerlerinden biri ise RANSAC algoritmasıdır. RANSAC algoritması 3B düzlemsel özellik çıkarmada çok fazla kullanılan bir algoritma olmakla birlikte, aykırı değere sahip gürültülü verilerde düzlemi çıkarırken düzlemin devam ettiği planimetrideki noktaları da düzlem noktası gibi algılayıp çıkarmaktadır. Bu çalışmada, RANSAC algoritmasıyla çıkarılan bina düzlemlerine ait olmayan noktaları ayırmak için bir algoritma geliştirilmiştir. Improved RANSAC (I-RANSAC) olarak adlandırılan bu algoritma ile RANSAC algoritmasının geliştirilmesi ve sonuçlarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak, 3 farklı bina çatısı ile bir alana ait 5 bina çatısı I-RANSAC algoritması ile çıkarılmış ve Google uydu haritaları üzerine yansıtılarak hem nicel hem nitel kalite kontrolü ile analiz edilmiştir. Nitel kalite kontrol sonucuna göre ortalama doğruluk 0.97 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, önerilen algoritma (I-RANSAC), RANSAC algoritmasının bina çatı düzlemleri çıkarımı için iyileştirilmesini sağlamıştır.

Anahtar Sözcükler: bina çatı düzlemi çıkarımı, LiDAR, RANSAC

ABSTRACT

ENHANCEMENT OF RANSAC ALGORITHM FOR EXTRACTION OF BUILDING ROOF PLANE FROM LIDAR DATA

One of the most important information that must be on city maps is the location and boundaries of buildings. In recent years, many researchers have been working on the extraction of building roof planes from air laser scanning (Light Detection And Ranging (LiDAR)) data, in which height accuracy is better in 3D comparing with 2D photographs. Many algorithms have been developed with the assumption that building's roof are generally in planar feature, and one of the most popular is the RANSAC algorithm. Although the RANSAC algorithm is an algorithm that is used mainly in the 3D plane feature extraction, the extraction results mainly have points that are not belong to the extracted planes but in extracted plane planimetric space. In this study, an algorithm is proposed and developed to eliminate and separate points, which are not belong to building planes extracted by the RANSAC algorithm. Thus, it is aimed to improve the RANSAC algorithm and improve its results. To test the proposed algorithm, 3 different building roofs and 5 buildings roof in an area were extracted with the proposed RANSAC enhancement algorithm (Improved RANSAC, I-RANSAC) and the results were reflected on the Google satellite maps and analyzed for the quality control qualitatively and quantitatively. Overall accuracy was found as 0.97. According to the results, the proposed algorithm (I-RANSAC) improved the RANSAC algorithm for the extraction of building roof planes.

Keywords: building roof plane extraction, LiDAR, RANSAC

1. GİRİŞ

Bina çatı düzlem çıkarımı birçok araştırmacı tarafından son yıllarda yoğun olarak çalışılmıştır (Awrangjeb ve Fraser, 2014; Cao vd., 2017; Zhang vd, 2018). Farklı özellikte düzlem çıkarma algoritmaları literatürde mevcuttur. Bunlardan biri olan segmentasyon (Kümeleme) yöntemidir. Geometrik özellikleri kümelemenin amacı, verileri ortak özelliklere sahip olan alt verilere gruplamaktır. Çatı düzlemi çıkarımı oluştururken, her noktanın özellikleri bir alanda tanımlanıp hesaplanır ve daha sonra bir kümeleme tekniği ile düzlemsel bina çatılarını çıkarmak için bu özellikler kullanılır. Örneğin Lari vd. (2011), her bir noktanın silindirik bir alanda komşularını kullanarak bölgesel niteliklerini tanımlamıştır. Bir diğer sıkça kullanılan düzlem çıkarma algoritması ise Random Sample and Concensus (RANSAC) algoritmasıdır. RANSAC algoritması ilk olarak 1982 yılında Fischler and Bowl tarafından verilerden geometrik özellik modelleme amaçlı çıkmıştır. Günümüze ise fotogrametride genel olarak basit geometrik şekillerin (düzlem silindir küre vb.) çeşitli veri (genellikle 3B) türlerinden çıkarılmasında kullanılmaktadır. Son yılların en popüler uzaktan algılama tekniklerinden birisi olan LiDAR yoğun ve doğruluğu yüksek (Flood, 2001; Lefsky, 2002) 3B veriyi, bir lazer ışını yollayıp yansıyan ışını geri toplayarak aradaki mesafeyi zamanla ilişki kurarak belirlemektedir. LiDAR 3B veriyi nokta bulutu hâlinde hızlı ve düşey doğrultuda yüksek hassasiyetle toplamaktadır. Ayrıca, aktif bir sensör olduğu için gece veya gündüz veri toplama özelliğine sahiptir. Bu çalışmada 3B LiDAR verisi seti ana veri kaynağı olarak seçilmiştir.

Çalışmanın ana konusu bina çatılarının veriden çıkarılmasıdır ve bina çatıları genellikle düzlem geometrisine sahip olduğu için RANSAC yöntemi ile çıkarılacak özellik ise düzlemdir. RANSAC algoritması düzlem çıkarmada genellikle başarılı bir algoritma olmasına karşın, eğer düzlem sonsuzluğunda düzleme ait olmayan noktalar mevcut ise algoritma bu noktaları da sanki düzleme aitmiş gibi çıkarmaktadır. RANSAC algoritmasında oluşan bu sorunu gidermek amacıyla *I-RANSAC* adı ile anılan bir algoritma geliştirilmiş ve farklı bina verileri üzerinde test edilmiştir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, RANSAC algoritmasında düzlemsel özellikler düzlem modeli ve parametrelerin tanımlanmasıyla akış başlamakta ve iteratif olarak diğer noktaları da bu matematik modele sokarak düzleme girip girmediğini kontrol etmektedir. RANSAC algoritmasından önce ise yer yüzeyi düzlemsel özellik gösterdiği için yer yüzeyini veriden ayırmak gerekmektedir. Bu amaçla, noktaların yükseklik farkları kullanılarak yer ve yer üstü noktaları veride sınıflandırılmış ve yalnız yer üstü noktaları kullanılarak RANSAC algoritması koşturulmuştur. RANSAC genel olarak geometrik modeli tanımlayacak kadar nokta seçimi ile çalışmaya başlar ve iteratif olarak noktaları bu modele girip girmeyeceğini o geometrik özelliğin geometrik tanımından matematiksel olarak yararlanarak yapmaktadır. Bu iteratif olarak tekrar eden model sonunda en çok noktaya sahip en iyi model genel veriden çıkartılarak tanımlanır. Bu tek RANSAC algoritması için bir modeldir, çoklu RANSAC algoritmasında ise bulunan geometrik özellik tüm veriden çıkarılır ve RANSAC tekrar koşturularak bu işlem kullanıcı tarafından belirlenen en az nokta sayısı kalana kadar devam etmektedir.

RANSAC algoritmasını kullanarak geometrik özellik çıkarmada, RANSAC baz girdi parametrelerine ihtiyaç duymaktadır (Tarsha-Kurdi vd., 2007). Bunlar; 1) veri: genelde 3B nokta verisi, spesifik olarak bu çalışmada ise LiDAR verisi, 2) model: model parametreleri tahmin etmek için gereklidir (örneğin düzlem, küre vb.), 3) n: modeli tanımlamak için gerekli olan nokta sayısı, 4) t: modele uyacak noktalara ulaşmak için gerekli eşik değeri (threshold), ve 5) d: asgari konsensüs eşiği, bir başka deyişle en az kaç noktaya ulaşıncaya düzlem çıkarılsın değeridir.

RANSAC algoritmasına ek olarak, algoritma tarafından çıkarılmış düzleme ait olmayan noktaları gidermek amacıyla *I-RANSAC* algoritmasında aşağıdaki koşul RANSAC algoritması tarafından çıkarılan her bir düzleme uygulanır. Bu koşul ile düzlemlerin doğru olarak çıkarılması amaçlanmıştır. Bu koşulda d ortalama tüm noktalar arasındaki mesafeyi (örneğin $d=50$ cm), vd dikey mesafede iki nokta arası uzaklık eşik değerini, α ise iki nokta arasındaki eğimi göstermektedir.

$$((\overline{P_1P_2})_{planimetrik} \leq (1 + vd)d) \text{ ve } ((\overline{P_1P_2})_{düşey} \leq (1 + vd)d \cdot \tan \alpha) \quad (1)$$

RANSAC algoritması tarafından çıkarılan düzlemden rastgele bir noktadan başlayarak *I-RANSAC* algoritması çalışmaya başlar. Eğer noktalar arası komşuluk (1) eşitliğindeki şarta uygunsa o noktalar bir küme oluşturur. *I-RANSAC* ile sonunda en çok noktaya sahip kümeyi bina çatı düzlemi olarak çıkarılır.

Şekil 1. İki nokta arasında planimetrik ve düşey uzaklık.

Nitel kalite kontrol yöntemi için sonuçlar görsel olarak Google haritaları üzerinde gösterilerek değerlendirilirken, nicel kalite kontrol yöntemi için ise Google uydu fotoğrafları üzerinden bina çatıları manuel olarak sayısallaştırılmış ve *I-RANSAC* algoritması ile elde edilen sonuçlar bu sınırların içinde kalıp kalmadığına göre genel doğruluk (F-puanı) hesaplanmıştır (2, 3 ve 4).

$$P = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$R = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$F \text{ puanı} = 2 \times \frac{P \times R}{P+R} \quad (4)$$

Bu eşitliklerde;

P; Precision (Doğruluk),

R; Recall (Hassasiyet),

F-measure; F-puanı,

TP; Bina sınırları içinde I-RANSAC sonucu çıkan nokta sayısını,

FN; Bina sınırları içerisinde olması gereken ama I-RANSAC algoritması ile çıkarılamayan nokta sayısını,

FP; I-RANSAC algoritması ile çıkarılan ama bina sınırları içinde olmayan hatalı nokta sayısını ifade etmektedir.

3. DEĞERLENDİRME

I-RANSAC algoritmasının değerlendirilmesi için 3 adet LiDAR bina verisi (Bina-1, Bina-2 ve Bina-3 ve Alan-1) üzerinde bu algoritma test edilmiş ve sonuçlar ayrıntılı olarak gösterilmiştir. İlk olarak Bina-1 için LiDAR verisi yer ve yer üstü noktaları olarak ayrılmış ve yer üstü noktaları kullanılarak RANSAC algoritması ile bina çatı düzlemleri çıkarılmıştır (Şekil 2b).

Şekil 2. Bina-1 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

Şekil 3'te I-RANSAC algoritması ile çıkarılan bina çatı düzlemi gösterilmiş ve Google uydu fotoğrafı üzerine aktararak elde edilen düzlemin düzgün çıktığı görülmüştür. Bina çatısına ait olmayan tek bir noktanın dahi bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum, geliştirilen bina çatı düzlemi çıkarım algoritmasının (I-RANSAC) güvenilirliğini göstermektedir.

Şekil 3. Bina-1 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzlemleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

Bina-2 adlı veri içinde öncelikle veri yer ve yer üstü noktaları olarak ayrılmış ve Şekil 4a'da gösterilmiştir. Yalnızca yer üstü noktaları kullanılarak RANSAC algoritması ile Şekil 4B'deki bina çatı düzlemleri çıkarılmıştır. Şekilden de görüleceği üzere bina çatı düzlemleri binaya ait olmayan noktalara birlikte RANSAC algoritması tarafından çıkarılmıştır.

Şekil 4. Bina-2 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

Bina çatı düzlemlerine ait olmayan ve yukarıda bahsedilen noktalar I-RANSAC algoritması ile tek tek her düzlem için elimine edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5’te gösterilmiştir. Bu sonuçlar, Şekil 4 ile karşılaştırıldığında söz konusu düzlemlere ait olmayan noktaların I-RANSAC algoritması ile elimine edildiği görülmektedir.

Şekil 5. Bina-2 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzlemleri ve Google uydü görüntüleri üzerine yansıtılması.

Bina-3 adlı veri için de yalnızca yer üstü noktalarını kullanarak bina çatı düzlemi çıkarımı işlemi RANSAC tarafından yapılmış ve Şekil 6’da sunulmuştur. Bu sonuca göre binaya çok yakın olan ağaçlardan bazı noktalar sanki bina çatı düzlemi olarak çıkmış fakat onların şekilden de görüleceği üzere binaya ait olmadığı çok açıktır.

Şekil 6. Bina-3 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

Şekil 7’de bina çatı düzlemine ait olmayan noktaları elimine etmek için I-RANSAC algoritması işleme sokulmuş ve işlem sonucu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 7). Şekil 7’den de görüldüğü üzere bina çatı düzlemi sadece binaya ait olan noktalardan oluşmakta olup yukarıda şekilde gösterilen aykırı değerlerden temizlenmiştir. Son olarak Şekil 7’de I-RANSAC algoritması ile elde edilen bina çatı düzlem sonuçları Google uydu fotoğraf servisi üzerine yansıtılmış ve incelenmiştir. Görüldüğü üzere, iyileştirilen RANSAC algoritması ile çıkarılan düzlemlere ait bütün noktalar bina çatı sınırlarında kalmış ve bina çatı sınırı dışında herhangi bir nokta düzlem olarak çıkarılmamıştır.

Şekil 7. Bina-3 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzlemleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

Son olarak I-RANSAC algoritmasını test etmek amacıyla tekli bina içeren veri yerine bir çok bina içeren bir alan seçilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. Şekil 8b’de bir alana ait 5 adet farklı bina ve bu bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması gösterilmiştir. Görüleceği üzere RANSAC algoritması bina çatılarına ait olmayan birçok noktayı da bina çatısı olarak çıkarmıştır.

Şekil 8. Alan-1 verisine ait alanın yer ve yer üstü olarak ayrılması (a) ve bina çatı düzlemlerinin RANSAC algoritması ile çıkarılması (b).

I-RANSAC algoritması ile Şekil 8b’de görülen hatalı düzleme ait olmayan noktalar temizlenmiş ve Google uydu fotoğrafları üzerine yansıtılarak gösterilmiştir. Şekil 9’da da görüleceği üzere I-RANSAC algoritması bina çatılarını doğru bir şekilde çıkarabilmiştir.

Şekil 9. Alan-1 I-RANSAC algoritması ile çıkarılan çatı düzlemleri ve Google uydu görüntüleri üzerine yansıtılması.

I-RANSAC algoritması ile elde edilen sonuçlar, Google uydu haritaları üzerinden bina çatılarının düzlemlerinin sınırlarının manuel olarak sayısallaştırılması ve elde edilen bina çatı düzlem çıkarma noktalarının bu sınır ile karşılaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Manuel olarak bina çatı düzlem sınırını çıkarma ve sonuçların karşılaştırılma işlemi QGIS Desktop 2.18.18 versiyonu olan program kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğruluk (P), Hassasiyet (R) ve F-puanı mümkün olan veriler için hesaplanmış ve Çizelge 1’de sunulmuştur. Çizelgeden de görüleceği I-RANSAC düzlemleri yüksek doğrulukla LiDAR verisinden çıkarmaktadır.

Çizelge 1. Tekli bina içeren veri için sayısal kalite kontrol sonuçları.

Veri Adı	Düzlem no	Doğruluk (P)	Hassasiyet (R)	F-Puanı
Bina-1	Düzlem 1	0.971	0.991	0.981
	Düzlem 2	0.963	0.987	0.975
	Düzlem 3	0.990	0.992	0.996
	Düzlem 4	0.991	0.982	0.986
	Genel Ortalama	0.979	0.988	0.984
Bina-2	Düzlem 1	0.990	0.994	0.995
	Düzlem 2	0.990	1.000	0.999
	Genel Ortalama	0.990	0.997	0.997
Bina-3	Düzlem 1	0.920	0.990	0.958
	Düzlem 2	0.990	0.990	0.994
	Genel Ortalama	0.955	0.990	0.976
Alan 1	Düzlem 1	0.999	0.998	0.999
	Düzlem 2	0.941	0.996	0.967
	Düzlem 3	0.996	0.992	0.994
	Düzlem 4	0.972	0.811	0.885
	Düzlem 5	0.998	0.965	0.981
	Genel Ortalama	0.981	0.952	0.965

4. SONUÇ

Bina çatı düzlemi yakalama veya bir başka deyişle veriden çıkarmada en çok bilinen yöntemlerden biri olan RANSAC algoritması, algoritmanın doğası gereği düzlem eşitliğine uyan verideki her noktayı düzlem noktası olarak çıkarmaktadır. Fakat RANSAC düzlemlerin sonsuz uzayda olduğunu varsayarak düzlem planimetrisinde devam eden her bir noktayı düzleme ait nokta gibi çıkarmaktadır. Bu çalışmada RANSAC algoritmasını iyileştiren bir model olan ve I-RANSAC adı verilen bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma 3 adet bina içeren ve bir adet çoklu bina içeren alan veri setlerinde test edilmiş ve sonuçlar doğrultusunda RANSAC algoritmasının çevresinde farklı objelerin noktaları bulunan binaların hepsinde hatalı sonuçlar verdiği, bina çatı düzlemine ait olmayan noktaları da bina çatı düzlemine ait nokta olarak çıkardığı gözlemlenmiştir. RANSAC algoritması ile çıkarılan hatalı düzlem sonuçları, I-

RANSAC algoritması ile doğru bir şekilde çıkarılmış ve bina çatı düzlemleri sadece bina çatı düzlemini içeren noktalar kalacak şekilde bulunmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Sibel CANAZ SEVGİN 'in Karadeniz Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümündeki Doktora Tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

Awrangjeb, M., Fraser C., S., 2014, Automatic Segmentation Of Raw LIDAR Data For Extraction of Building Roofs, *Remote Sensing*, 6,5, 3716-3751.

Cao, R., Zhang, Y., Liu, X., Zhao, Z., 2017, Roof Plane Extraction from Airborne Lidar Point Clouds. *International Journal of Remote Sensing*, 38, 12, 3684–3703.

Chen, D., L. Zhang, J. Li, R. Liu. 2012, Urban Building Roof Segmentation from Airborne LiDAR Point Clouds. *International Journal of Remote Sensing* 33 (20): 6497–6515. doi:10.1080/01431161.2012.690083.

Fischler, M. A. ve Bolles, R., 1981. “Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography”. *Communications of the ACM*, 24(6), pp. 381-395.

Flood, M., 2001, Laser Altimetry - From Science to Commercial Lidar Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 67, 1209-11.

Google Maps. 2018. Erişim tarihi 16 Nisan 2018

Lari, Z., Habib, A., Kwak, E., 2011, An Adaptive Approach for Segmentation Of 3D Laser Point Cloud. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Calgary, Canada, 103–108.

Lefsky, M., A., Cohen, W., B., Parker, G., G., Harding, D., J., 2002, Lidar Remote Sensing For Ecosystem Studies. *BioScience*, 52, 19–30.

Tarsha-Kurdi F, Landes T., Grussenmeyer P., 2007, Hough-Transform and Extended RANSAC Algorithms for Automatic Detection of 3D Building Roof Planes from Lidar Data. *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, Sep 2007, Espoo, Finland. XXXVI, pp.407-412, 2007.

Zhang, C., He, Y., Fraser, C., S., 2018, Spectral Clustering of Straight-Line Segments for Roof Plane Extraction from Airborne LiDAR Point Clouds. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15, 2, 267-271.