YÜKSEKLİK TABANLI BÖLÜTLENMİŞ LİDAR VERİLERİNDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

Samed ÖZDEMİR¹, Zeynep AKBULUT¹, Hayrettin ACAR², Fevzi KARSLI³

¹Arş. Gör., Gümüşhane Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 29000, Bağlarbaşı, Gümüşhane, {samed.ozdemir, zeynepakbulut}@gumushane.edu.tr

²Arş. Gör. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, h_acar@ktu.edu.tr

³Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon, fkarisli@ktu.edu.tr

ÖZET

Binaların LiDAR nokta bulutundan çıkartılması son yıllarda üzerinde çokça çalışılan konuların başında gelmektedir. LiDAR nokta bulutunun yüksek nokta yoğunluğu ve geometrik olarak basit yapısı sayesinde binaların etkin bir şekilde çıkartılmasında avantaj sağlamaktadır. Binaların LiDAR verisinden otomatik olarak çıkartılması, 3B şehir modellerinin oluşturulması, güncellenmesi ve pek çok farklı kentsel uygulamaların gerçekleştirilmesi için önemli bir adımdır. Bu çalışmada LiDAR nokta bulutundan otomatik olarak binaların çıkartılması için bölütleme tabanlı bir yaklaşım izlenmiştir. Çalışma, ISPRS'in Vaihingen veri seti üzerinden belirlenen üç test alanında gerçekleştirilmiştir. Öncelikle LiDAR nokta bulutu kumaş benzetim (CSF) filtreleme algoritması yardımı ile zemin ve zemin üstü olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Zemin nokta bulutu sınıfı kullanılarak bir sayısal arazi modeli (SAM) oluşturulmuş ve bölge büyütme (region growing) algoritması ile yüksekliğe bağlı olarak bölütlenmiştir. Daha sonra, bölütleme sonucu oluşan bölgeler ham LiDAR nokta bulutundan çıkartılarak uyarlanabilir bir eşik değeri belirlenmiş ve bu eşik değeri üzerinde kalan noktalar, vejetasyon çıkartıldıktan sonra bina olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın doğruluk değerlendirmesi correctness (Cr), completeness (Cp) ve quality (Q) ölçütleri kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada elde edilen en düşük ve en yüksek doğruluk değerleri Cr, Cp ve Q için sırası ile 0.9653 ve 0.9889, 0.9376 ve 0.9864, 0.9071 ve 0.9757'dir.

Anahtar Sözcükler: alan büyütme, bina çıkartma, filtreleme, LiDAR

ABSTRACT

BUILDING EXTRACTION FROM HEIGHT BASED SEGMENTED LIDAR DATA

Automatic extraction of buildings from airborne LiDAR (Light Detection and Ranging) data is an ever increasing research field in academic studies. High point density and geometrically simple structure of LiDAR data can be used for effective building extraction. Automatic extraction of buildings from LiDAR point cloud is an important step towards creating and updating 3D city models and various urban applications. In this research, a different approach adopted for building extraction from LiDAR point cloud. First, by filtering LiDAR point cloud with cloth simulation filtering algorithm (CSF), ground and non-ground point classes created. A digital elevation model (DEM) generated from ground point cloud class. Then this DEM separated to regions with 3 meters height variation by a region growing algorithm and these regions extracted from the main LiDAR point cloud. Finally, extracted regions cleared from vegetation and an adaptive threshold applied to extract buildings. Accuracy assessments carried out by the correctness (Cr), completeness (Cp) and quality (Q) metrics. Accuracy assessments yields; Cr: 0.9653, Cp: 0.9376, Q: 0.9071 for the lowest accuracy and Cr: 0.9889, Cp: 0.9864, Q: 0.9757 for the highest accuracy.

Keywords: building extraction, filtering, LiDAR, region growing

1. GİRİŞ

Günümüzde LiDAR sistemleri kentsel alanlarda yüksek mekânsal çözünürlüklü ve yüksek detaya sahip nokta bulutlarını hızlı bir şekilde üretmektedir (Sun vd., 2016). Bina sınırlarının doğru olarak belirlenmesi; şehir planlama, sanal gerçeklik, afet yönetimi ve yasa dışı kat artışları gibi pek çok uygulama için hayati öneme sahip bilgiler sağlamaktadır (Abdullah vd., 2014). LiDAR uzaktan algılama, yeryüzündeki objelerin üç boyutlu olarak yapılarının yakalanması ve temsil edilmesinde hızlı ve görece ekonomik bir araçtır (Ramiya vd., 2017).

Son yıllarda LiDAR nokta bulutundan otomatik bina çıkarımı ile ilgili pek çok algoritma araştırmacılar tarafından öne sürülmüştür. LiDAR nokta bulutundan binaların çıkartılması ardışık iki adımdan oluşmaktadır ki bu adımlar sırası ile filtreleme ve bölütlemedir (Ramiya vd., 2017). Filtreleme algoritmaları ile yer ve yer üstü nokta kümeleri tespit edilir. Filtreleme algoritmalarına örnek olarak, kademeli yoğunlaştırma (progressive densification) (Axellson, 2000), bölütleme tabanlı filtreleme (Filin ve Pfeifer, 2006) ve kumaş benzetim filtreleme (Zhang vd., 2016) gösterilebilir. Filtrelemek suretiyle yer üstü sınıfına ayrılan nokta kümelerinden farklı bölütleme yaklaşımları kullanılarak binalar çıkartılmaktadır. Bölütleme algoritmalarına; model uydurma tabanlı bölütleme (Sampath ve Shan, 2010), morfolojik filtreleme tabanlı bölütleme (Kim ve Shan, 2011) ve kontrollü öğrenme yöntemi (Ajazi vd., 2016) çalışmaları örnek olarak verilebilir.

Bu çalışmada, LiDAR nokta bulutu filtrelenmek suretiyle elde edilen yer üstü nokta bulutundan üretilen sayısal yükseklik modeli yükseklik farkı 3 metreden fazla olmayacak şekilde bölgelere ayrılarak, bu bölgelerde belirlenen eşik değerden yüksek olan noktalar bitki alanları da çıkartıldıktan sonra bina olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma alanının 3 metre yükseklik değişimi gösteren bölgelere ayrılmasında, bu bölgedeki en düşük yüksekliğe sahip binanın 3 metreden yüksek olduğu ve basit bir eşik uygulanarak bu bölgedeki tüm binaların çıkartılabileceği varsayımı esas alınmıştır. Önerilen bu yeni yaklaşım ya da yöntem Matlab yazılımında kodlanmıştır.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada uygulanan yöntem üç temel adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar sırası ile nokta bulutu filtreleme, bölge bölütleme ve bina çıkartmadır (Şekil 1). Önerilen yaklaşım LiDAR ve ortofoto görüntülerden oluşan ISPRS Vaihingen veri seti üzerinde üç farklı test alanında denenmiş ve test edilmiştir. Vaihingen veri setindeki LiDAR nokta bulutu yoğunluğu 8 nokta/m² ve ortofoto görüntülerin yer örnekleme aralığı 9 cm'dir.

Şekil 1. Önerilen yöntemin akış diyagramı.

2.1. Nokta Bulutu Filtreleme

LiDAR nokta bulutu içerisinde, lazer ışını ile yer yüzeyindeki nesnelerin etkileşiminden, alet kaynaklı olarak ya da nokta bulutu işlemede kullanılan yazılımdan kaynaklı olarak aykırı noktalar barındırabilmektedir. Aykırı noktaların temizlenmesi, nokta bulutu üzerinde daha sonraki aşamalarda uygulanacak olan işlemlerin doğruluğunu artıracaktır. Bu amaçla LiDAR nokta bulutu Matlab yazılımı kütüphanesinde mevcut “*pcdenoise*” fonksiyonu ile aykırı noktalar temizlenmiştir.

Nokta bulutunun filtrelenmesi bina çıkarımı için önemli bir adımdır. Bu amaçla LiDAR nokta bulutunun filtrelenmesi adımı, nokta bulutu Zhang vd., (2016) tarafından önerilen kumaş benzetimi filtreleme yöntemi (Cloth Simulation Filtering (CSF)) ile yer ve yer üstü nokta bulutu sınıflarına ayrılmıştır. CSF, bilgisayar üzerinde kumaş benzetimi yapan 3 boyutlu bilgisayar grafiği tabanlı bir filtreleme yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle nokta bulutu Z ekseninde ters çevrilir. Ardından nokta bulutu üzerine, birbirlerine bağlı ve ağırlıkları olan düğüm noktalarından oluşan kumaş modeli yerleştirilir. Kumaş modeli iteratif olarak yüzey üzerinde dengeli bir hâl bulana kadar çalıştırılır. Sonuç kumaş modeline denk gelen noktalar yer noktaları olarak, geriye kalan noktalar da yer üstü noktalar olarak işaretlenir. Yer nokta bulutu sınıfındaki noktalar kullanılarak çalışma alanı için uygun bir örnekleme aralığı ile SAM üretilmiştir (Şekil 2). Daha sonra tüm nokta bulutu sonraki adımlarda işlem kolaylığı olması için düzenli grid formatına çevrilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2.Yer nokta bulutundan üretilen SAM (a) ve düzenli grid hâline getirilmiş LiDAR nokta bulutu (b).

2.2. Yüksekliğe Bağlı Olarak Bölgelerin Bölütlenmesi

LiDAR nokta bulutundan binaların çıkartılması için önerilen yöntemde çalışma alanının 3 metre yükseklik değişimi gösteren bölgelere ayrılarak bina çıkarımı yapılması amaçlanmıştır. Çalışma alanının 3 metre yükseklik değişimi gösteren bölgelere ayrılmasında, bu bölgedeki en düşük yüksekliğe sahip binanın 3 metreden yüksek olduğu ve basit bir eşik uygulanarak bu bölgedeki tüm binaların çıkartılabileceği varsayımı esas alınmıştır (Şekil 3). Çalışma alanını yüksekliğe bağlı olarak farklı bölgelere ayırabilmek için, yer üstü noktalarından ayrıştırılmış olan yer nokta bulutu verisinden elde edilen SAM'nin kullanılması gerekmektedir. Böylece SAM, yüksekliğe bağlı olarak çalışan bir bölge büyütme algoritması ile 3 metre yükseklik farkına sahip bölgelere ayrılabilir.

Şekil 3.Önerilen yöntemin şekilsel gösterimi.

Üretilen SAM, Matlab ortamında kodlanmış olan bölge büyütme algoritmasının yüksekliğe bağlı olarak çalışacak biçimde düzenlenmesi ile 3 metre yükseklik farkına sahip bölgelere ayrılmıştır. Bölge büyütme algoritması SAM'nin sol üst köşesinden başlayarak tüm çalışma alanında istenen yükseklik koşullarını karşılayan ve komşu olan tüm pikselleri bularak bir bölge numarası verir. Bölge numarası alan pikseller bir sonraki iterasyonda işleme dâhil edilmez ve alan büyütme algoritması için yeni bir başlangıç pikseli, bölge numarası almayan ilk SAM pikselinden seçilerek yeniden başlar. Bu işlem SAM'deki tüm pikseller bölge numarası alana kadar tekrar edilir. Ayrıştırılan bölgelerde kullanıcı tarafından yer örnekleme aralığına bağlı olarak belirlenen bir eşik değerinin altında alana sahip olan bölgeler en yakınlarındaki bölgeler ile birleştirilerek bina çıkartma aşamasında oluşabilecek hatalı sonuçların önüne geçilmiştir (Şekil 4).

Şekil 4. SAM'den alan büyütme algoritması ile çıkartılan bölgelerin her biri farklı renk ile gösterilmiştir (a). Daha sonra bu bölgelerden küçük olanlar temizlenmiştir (b).

2.3. Bina Çıkartma

Bina çıkartma aşamasında, alan büyütme yöntemi ile elde edilen bölge sınırlarına karşılık gelen noktalar düzenli grid hâline getirilmiş ve LiDAR nokta bulutundan tek tek çıkartılmıştır. Bu bölgelerdeki noktalardan belirlenen yükseklik eşik değerinin üzerinde kalan noktalar bina olarak işaretlenip kaydedilmiştir. Bu aşamada kullanılan eşik değeri, seçilen bölgenin ortalama yüksekliğine sabit bir yükseklik katsayısının eklenmesi ile elde edilmiştir. Bu yükseklik katsayısı, bölgenin ortalama yüksekliğine göre 50 cm ile 100 cm arasında belirlenmiştir. Ardından çalışma alanına ait ortofoto üzerinden normalized difference vegetation index (NDVI) uygulanarak bitkiler de çıkartılmıştır. Son olarak filtreleme ve bitki çıkartma sonucu oluşan artık noktalar morfolojik işlemler ile temizlenmiş ve böylelikle sonuç nokta bulutunda sadece bina noktaları kalmıştır (Şekil 5.).

Şekil 5. LiDAR nokta bulutundan çıkartılan bölgelerde eşik değerin üzerinde kalan bina noktaları.

3. SONUÇLAR

LiDAR nokta bulutundan otomatik bina çıkartılması yaklaşımının sonuçları çizelge 1'de ve çıkartılan bina sınırları Şekil 6'da verilmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde, önerilen otomatik bina çıkartma yaklaşımı Cr, Cp ve Q ölçütleri ile değerlendirildiğinde %90 ve üzerinde bir doğruluğa sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 1). Ancak bazı binaların tam sınırlarının çıkartılamadığı ya da sınırlarının düzgün olmadığı tespit edilmiştir. Bina sınırlarında karşılaşılan bu problemin nedeni, kullanılan vejetasyon filtreleme yönteminden kaynaklanmaktadır. Bu problem daha iyi bir vejetasyon filtreleme sonucu sağlayabilecek olan istatistiksel öğrenme algoritmaları ile çözülebilir. Bina sınırlarında oluşan düzensizlik ise LiDAR sisteminin tarama çizgilerinden kaynaklanmaktadır. Bu sorunun çözümü ise bina sınırlarının post processing ile düzenli hâle getirilmesi ile aşılabilecektir.

Çizelge 1. Farklı test alanlarına ait correctness, completeness ve quality ölçütleri.

Test Alanı	Cr	Cp	Q
Alan_1	0.9889	0.9864	0.9757
Alan_2	0.9850	0.9817	0.9672
Alan_3	0.9653	0.9376	0.9071

Doğruluk analizi sonuçları, %96 ve üzerindeki doğruluk değerleri ile bina çıkarımında önerilen yöntemin başarılı sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Karmaşık bina yapısı ve bina çatılarının farklı dokuda olması önerilen yöntem için bir sorun teşkil etmemiştir. Ancak alçak çatılı binaların çıkartılmasında bazı sorunlar ile karşılaşmıştır. Bina çatısının yere kadar uzandığı durumlarda önerilen yöntem, eşik değerin altında kalan bina çatısını çıkartamamıştır. Ayrıca,

nokta bulutundaki bitkilerin NDVI ile filtrelenmesi pek çok izole nokta kümesinin oluşmasına neden olmuştur. Bundan dolayı da önerilen yaklaşımın son aşamasında bu izole noktalar morfolojik işlemler ile temizlenmiştir.

Şekil 6. Bina çıkartma sonuçları.

Önerilen yöntem ile otomatik olarak bina çıkarımında başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bitkilerin filtrelenmesinde uygulanan yöntemin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca çıkartılan bina sınırları, LiDAR nokta bulutunun bir karakteristiği (tarama çizgileri) olarak girintili çıkıntılı olmuştur. Sonraki çalışmalarda nokta bulutundan bitkilerin filtrelenmesi için farklı bir yöntemin uygulanması ve bina sınırlarının düzgünleştirilmesi için de bir sınır düzeltme yaklaşımının kullanılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdullah, S. M., Awrangjeb, M., Lu, G.,** 2014. Automatic Segmentation of Lidar Point Cloud Data at Different Height Levels for 3D Building Extraction. *IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops (ICMEW)*, ISSN 1945-7871, 1-6.
- Aijazi, A. K., Serna, A., Marcotegui, B., Checchin, P., Trassoudaine, L.,** 2016. Segmentation and Classification of 3D Urban Point Clouds: Comparison and Combination of Two Approaches. *In Field and Service Robotics* (pp. 201-216).
- Axellson, P.,** 2000. DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIII, 110–117.
- Filin, S., Pfeifer, N.,** 2006. Segmentation of airborne laser scanning data using a slope adaptive neighborhood. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 60(2), 71-80.
- Kim K., ve Shan, J.,** 2011. Building roof modeling from airborne laser scanning data based on level set approach. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 66, no. 4, 484–497.
- Ramiya, A. M., Nidamanuri, R. R., Krishnan, R.,** 2017. Segmentation Based Building Detection Approach from LiDAR Point Cloud. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* (2017) 20, 71–77.
- Sampath A., ve Shan, J.,** 2010. Segmentation and Reconstruction of Polyhedral Building Roofs from Aerial Lidar Point Clouds. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 48, no. 3, 1554–1567.
- Sun, Y., Wang, C., Li, J., Zhang, Z., Zai, D., Huang, P., Wen, C.,** 2016. Automated Segmentation of Lidar Point Clouds for Building Rooftop Extraction. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, ISSN 2153-7003, 1472-1475.
- Zhang, W., Qi, J., Wan, P., Wang, H., Xie, D., Wang, X., Yan, G.,** 2016. An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. *Remote Sensing*, 8, 1-22.