

LİDAR NOKTA BULUTUNDAN VERİ YÖNELİMLİ TEKNİKLE BİNA ÇATILARININ YATAY YÜZEYLERİNİN ÇIKARILMASI

¹A.Torun, ²Ş.Düzgün

¹Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi Başkanlığı, Cebeci, Ankara, Türkiye
²ODTÜ, Maden Müh. Böl., Jeodezi ve Coğrafi Teknolojileri, Enformatik Enstitüsü, Ankara, Türkiye
(abdulvahit.torun@hgk.msb.gov.tr, duzugun@metu.edu.tr)

TUFUAB Sempozyumu

ANAHTAR KELİMELER: LiDAR, mekansal veri madenciliği, bina çıkarma, rekonstrisyon

ÖZET:

LiDAR, uydu konumlama (GPS), dönüklük açıları (Euler açıları) ve hızı da içeren INS(inertial navigation system), lazer tarama, veri depolama ve sayısal görüntüleme teknolojilerinin bütünden oluşan bir sistemdir. Yapılmış alanlardaki LiDAR nokta bulutu; bina, taşıt gibi insan yapısı varlıklar ile yeryüzü ve ağaç gibi doğal varlıklardan yansımaları içeren bilgi taşımaktadır. Arazi modeli ve topografik yapının oluşturulması ve görüntülenmesi ile 3B şehir ve bina modelleme ve gerçatımı (reconstruction), LiDAR'ın en yaygın uygulama alanını oluşturmaktadır. Ancak, bina çatı çerçevesi gibi doğrudan anlamlı geometrileri oluşturan kümelere ayrıştırılmayan LiDAR verisinin bina/şehir rekonstrüksiyonu, plan, kadastral ve topografik haritalama amaçlı analitik çalışmalarda kullanımı kısıtlıdır. Bu çalışmada; doğrudan LiDAR nokta bulutunun kullanıldığı, ek yardımcı bir verinin kullanılmadığı, veri yönelimli, hesap tekniği olarak mekansal veri madenciliği ve hesaplamalı geometri tekniklerinden oluşan karma bir yöntem (Havadan LiDAR Nokta Bulutlarından Yaklaşık Yatay Yüzeylerinin Çıkarılması ve Bölümlemesi: Veri Yönelimli Bir Yaklaşım-Determining APproximate HorizoNtal surfacEs from urban LiDAR point cloud (DAPHNE): A Data Oriented Approach-DAPHNE) tanıtılmaktadır. DAPHNE, yoğun yapılaşmış şehir bölgelerine ait LiDAR nokta bulutlarından, kadastral ve topografik veri üretme amaçlı sadeleştirilmiş çatı geometrisinin oluşturulmasını sağlamaktadır.

KEY WORDS: LiDAR, spatial data mining, building extraction, recontruction

ABSTRACT:

LiDAR is a system of GPS, INS (inertial navigation system) which comprises Euler rotation angles and velocity, laser scanner, data storage and visualization components. LiDAR point cloud stores information of man made features such as buildings and cars and natural features such as trees among others. LiDAR is widely used for building and city reconstruction and for elevation surface model to generate the topography. Use of LiDAR for topographic, cadastral or reconstruction purposes unless LiDAR data is converted into simple geometries. In this work, a data oriented approach, DAPHNE (Determining APproximate HorizoNtal surfacEs from urban LiDAR point cloud (DAPHNE): A Data Oriented Approach-DAPHNE) which is built on spatial data mining and computational geometry pillars by using directly LiDAR point cloud without any help of secondary data is presented. DAPHNE enables extraction of simple geometries of roofs in densely populated urban fort he use of cadastral and topographic purposes.

1. GİRİŞ

Haritacılık. Lazer Altimetri Tarama (Laser Altimetry Scanning-LAS) ya da Havadan Lazer Tarama (Airborne Laser Scanning - ALS) diye de adlandırılan Light Detection and Ranging (LiDAR) tekniği kısaca bir hava aracı ya da uydudan görelî yüzey yüksekliğinin ölçülmesi olarak tanımlanmaktadır. LiDAR, uydu konumlama (GPS), dönüklük açıları (Euler açıları) ve hızı da içeren INS(inertial navigation system), lazer tarama, veri depolama ve sayısal görüntüleme teknolojilerinin bütünden oluşan bir sistemdir.

1970'lerde başlayan, 1990'larda ticari uygulama alanı bulan LiDAR teknolojisi, yalnızca haritacılık uygulamaları ile sınırlı olmayıp şehircilik, arkeoloji (restorasyon, rölöve), turizm, afet, altyapı, savunma gibi uygulama alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. 2000'li yıllardan bu yana uygulama alanında genişleme ve gelişme görülen LiDAR tekniği, ara ürün olarak 3B yoğun sıklıkta nokta bulutu sağlamaktadır. Yapılmış alanlardaki LiDAR nokta bulutu; bina, taşıt gibi insan yapısı varlıklar ile yeryüzü ve ağaç gibi doğal varlıklardan yansımaları içeren bilgi taşımaktadır.

1.1 LiDAR Nokta Bulutundan Yatay Yüzey Çıkarma: Geçmiş Çalışmalar

Arazi modeli ve topografik yapının oluşturulması ve görüntülenmesi ile 3B şehir ve bina modelleme ve gerçatımı (reconstruction), LiDAR'ın en yaygın uygulama alanını oluşturmaktadır.

LiDAR verisinden yatay yüzey çıkarma,

- LiDAR verisinin üretimi sırasında konumlandırılması dengelenmesi ve bütünleştirilmesi ile
- bina ve şehir rekonstrüksiyonu için gereksinim duyulan bir işlemdir.

Bunlardan ilki LiDAR verisini elde etme ve ilk işlemeyle ilgili olarak doğruluk, veri ulama, verimlilik için daha ziyade veri üretimi ve ön işleme aşamalarında yapılmaktadır. Bu çalışmanın da konusunu oluşturan ikinci kategorideki bina modelleme (rekonstrüksiyon) çalışması, başta bilgisayar görüsü, bilgisayar grafik, haritacılık/geomatik, şehir planlama, telekomünikasyon ve savunma olmak üzere geniş yelpazede birçok araştırma ve uygulamacının ilgi alanındadır. LiDAR verisinden bina çıkarma amaçlı; sınıflandırma, kümeleme, sinir ağları, bulanık mantık,

istatistiksel teknikler, morfolojik filtreler gibi çok sayıda teknik kullanılmaktadır.

Ağaçtan binayı daha iyi ayırt eden kural tabanlı prosedür ile bina çıkarılması (Awrangjeb vd. 2012), DBSCAN yöntemi ile insan yapısı ve doğal varlıkların ayrıştırılarak çıkarılması (Ghosh 2012), görüntü ve LiDAR verisinin birlikte kullanılmasıyla bina çatı çerçevesi ve ağaçların elde edilmesi (Demir vd. 2010), yine görüntü ve LiDAR nokta bulutundan bina çıkarma ve bunun topografik veritabanıyla ilişkilendirilmesi (Rottensteiner vd. 2002), görüntü kümelenirken sonra, görüntü ile LiDAR verisinin birlikte ele alınması amacıyla yapay sinir ağlarından en güçlü girdiye göre kümeleme yapan self-organizing map yöntemiyle sayısal yüzey modeli (YYM) (Salah, 2010), LiDAR verisinin öncelikle komşuluğu dikate alarak küçük kümelere ayırma, ardından bu küçük kümeleri tanımlanan bir benzerlik ölçütüne göre büyük kümelere katma (Shan vd.2009), LiDAR verisinden oluşturulmuş TIN yüzeyler üzerinde eğim analizi ile geometrik nesne çıkarma (Wang vd. 2009, Xu vd. 2010), daha önceden sınıflandırılmış LiDAR verisi kullanılarak bina çerçevesinin çıkarılması (Wang vd. 2006), öncelikle hava fotoğrafından dörtlü ağaç yöntemiyle hiyerarşik kümeleme yaptıktan sonra LiDAR verisinin yükseklik değerlerinden faydalanarak gruplama (segmentation) (Haiyang vd. 2011), kümelenmiş LiDAR nokta bulutunun alpha shapes algoritması ile iç ve dış sınırının belirlenmesi (Shen vd. 2011), LiDAR verisinden oluşturulan yükseklik yüzey modelinin (YYM) önce ayrıştırılarak alt kümelere bölünmesi ardından bu alt kümelerin gruplanması (segmentation) (Galvanin vd. 2012, Zhang vd. 2012), görüntü ve LiDAR verisinden bina çıkarma yöntemleri için değerlendirme yöntemi geliştirme (Wanga vd. 2012), belirli komşuluktaki LiDAR nokta bulutu alt kümeleri için eigen değerleri yoluyla yüzey normalini, ardından da bulanık k-means ile kümeleme yapılması (Sampath 2010), LiDAR verisinden otomatik bina çıkarma için çerçeve tanımlama (Zhang vd. 2009), verideki gürültü sebebiyle herhangi bir model tanımlanmaksızın doğrudan verinin benzerliklerini kullanarak bina çıkarma (Sohn vd. 2009) çalışmaları genel olarak tek başına LiDAR ya da ek veri türleri ile birlikte LiDAR'dan bina çıkarmayı amaçlamaktadır.

DAPHNE yaklaşımının var olan yaklaşımlardan farkı; başlangıçta ön işlem olarak minimal bölgelerin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaması, hem yoğunluk, hem komşuluk hem de yüksekliği içeren benzerlik modelini kullanmasıdır.

1.2 Motivasyon

Bina çatı çerçevesi gibi doğrudan anlamlı geometrileri oluşturan kümelere ayrıştırılmayan LiDAR verisinin bina/şehir rekonstrüksiyonu, plan, kadastral ve topografik haritalama amaçlı analitik çalışmalarda kullanımı kısıtlıdır.

2. LİDAR VERİSİNDEN KADASTRAL VE TOPOGRAFİK AMAÇLI BİNA ÇIKARMA

Günümüzde hala geçerliliğini koruyan 2B kadastralama ve büyük ölçekli kadastral ve topografik veri elde etmede şehir alanlarında bilgi çıkarma çoğunlukla insan gücüyle gerçekleştirilmektedir. Yapılaşmış bölgelerde hava fotoğrafı ve uydu görüntüsünden elde edilen bina çatı çerçevesi ya da bina tabanı alınan görüntülerin eğikliği ya da fotoğraf izdüşüm merkezinden uzaklığı sebebiyle gerçek durumdan farklılık göstermektedir. Hatta, Türkiye'de planlama için yaptırılan yapılaşmış bölge halihazır harita verilerinin fotogrametrik

kiymetlendirmenin ardından arazide düzeltilmesi beklenen doğruluğu sağlamak için talep edilmektedir. Böyle bir arazi bütünlenmesinin özellikle yoğun yapılaşmış bölgelerde çok sağlıklı yapılamayacağı aşikar olduğu düşünülmektedir. LiDAR tekniği, yığın veri yükü ve işleme zorluğuna karşın yukarıda ifade edilen sorunu taşımamaktadır. LiDAR nokta bulutundan elde edilen bina çatı çevresi LDAR doğruluğu içinde gerçeği yansıtmaktadır.

2.1 LiDAR Nokta Bulutundan Bina Çıkarma Yöntemi: Genel İş Akışı

Yoğun yapılaşmış bölgelerinde alınan LiDAR verilerinden 3B bina/sokak/şehir modelleri ya da rekonstrüksiyonlarının (yeniden kurma) oluşturmada yükseklik yüzey modellerine ek olarak görüntü, harita verileri gibi yardımcı kaynaklar kullanılmaktadır. Genel olarak üç aşamada gerçekleştirilen LiDAR verisinden bina modelleme;

- ilk önce veriden yeryüzü yansımalarının ayrıştırılması,
- ardından bina çatı çerçevesi çıkarılması ve
- son olarak bina rekonstrüksiyonu işlemlerinden oluşmaktadır.

2.2 LiDAR Verisinden Bina Çıkarma Yaklaşımlarının Kategorilenmesi

LiDAR verisinden bina çıkarma ve modelleme çalışmaları; "kullanılan kaynak veri türü", "yapılaşmış alanın bina çatı özelliğine bağlı seçilen yöntem", "hesaplama tekniği" gibi özelliklere göre kategorilere ayrılmaktadır.

2.2.1 Kaynak Veri Kullanımına Göre Kategorilendirme :

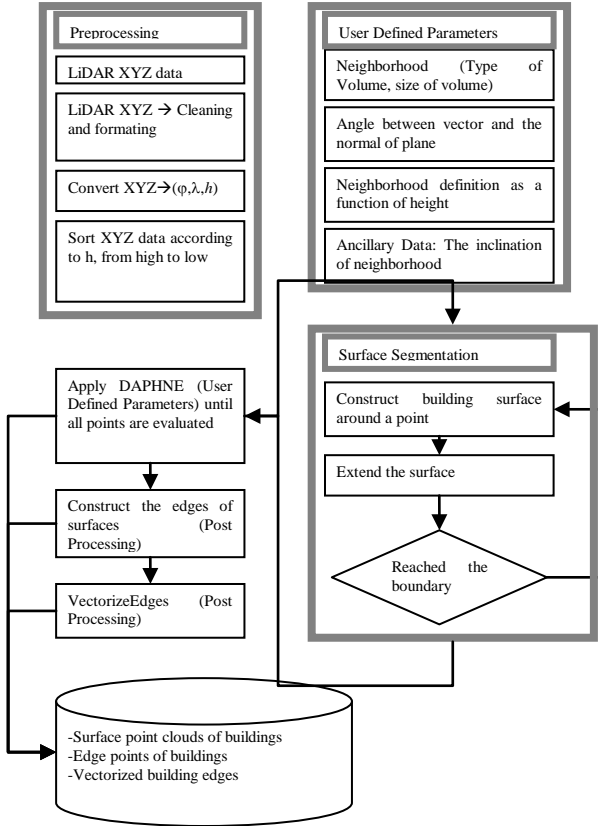
Kaynak veri kullanımına göre bu sınıflandırma; salt LiDAR verisi ya da görüntü ve harita gibi LiDAR verisine ek veri kullanımı şeklinde iki türe ayrılmaktadır. Salt LiDAR verisi ya doğrudan nokta bulutu ya da nokta bulutundan türetilen 2B grid model ile üçgenlenmiş düzensiz ağ, ÜDA (triangulated irregular network, TIN) yüzey veri yapısında kullanılmaktadır.

2.2.2 Yönteme Göre Kategorilendirme:

Yöntem bakımından yapılaşmış alanın bina çatı özelliğine bağlı olarak ya model ya da veri yönelimli bir yöntem seçilmektedir. Binaların çatı modellerinin tanımlanabilmesi halinde başlangıç kabul ve koşulları tanımlanmak yoluyla model yönelimli yöntem seçilmektedir. Model yönelimli yaklaşımlar; hem daha kısa süre hem de görüntü bakımından daha bildik ve sade sonuçlar elde edilmesinde öne çıkmaktadır. Binaların çatı modelleri hakkında kabulde bulunulamaması, bina çatılarının modellenememesi, bina çatılarının karmaşık ve çok çeşitli türden olması, verinin gürültü taşıması ya da model kütüphanesinde yer almayan ayrıntıların ortaya çıkarılmasının hedeflenmesi halinde veri yönelimli yöntem ile bina çıkarımı avantaj sağlamaktadır.

2.2.3 Hesaplama Tekniğine Göre Kategorilendirme:

Hesaplama tekniği bakımından, veri türü ve çatı modeli de göz önünde tutularak geometrik ya da istatistik tabanlı teknikler seçilmektedir. Geometrik hesap tekniği, çatı kırılma ve çerçeve hatlarını oluşturan çizgiler ile çatı yüzeylerini oluşturan düzlemlerin belirlenmesi, ardından da bunların bileşiminden çatı modelinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. İstatistiksel teknikler ise ya nesne uzayında ya da detay/nitelik (feature) uzayında verinin kümelenmesi, komşuluk ve benzerliğe bağlı bölünmesi ve bölünmüş verilerden çatı parçalarının çıkarılmasında kullanılmaktadır. Bina/şehir modellemede bu iki teknik ayrı ayrı kullanıldığı gibi karma yaklaşımlar da uygulanmaktadır.



Şekil 1: DAPHNE Mimarisi

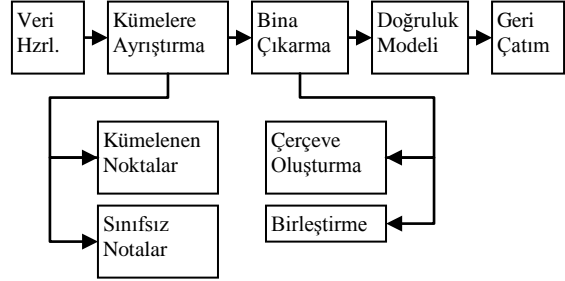
3. DAPHNE YAKLAŞIMI

Doğrudan LiDAR nokta bulutunun kullanıldığı, ek yardımcı bir verinin kullanılmadığı, veri yönelimli, hesap tekniği olarak mekansal veri madenciliği ve hesaplamalı geometri tekniklerinden oluşan karma bir yöntem (Havadan LiDAR Nokta Bulutlarından Yaklaşık Yatay Yüzeylerinin Çıkarılması ve Bölünmesi: Veri Yönelimli Bir Yaklaşım-Determining APproximate HorizoNtal surfacEs from urban LiDAR point cloud (DAPHNE): A Data Oriented Approach-DAPHNE) tanımlanmaktadır. DAPHNE mimarisi Şekil 1'de verilmektedir.

3.1 DAPHNE Yaklaşımında İş Adımları

DAPHNE Yaklaşımında beş adımlı bir süreç sonunda bina geri-çatımı yapılmaktadır. Bu adımlar;

- veri hazırlama,
- yüzey parçalarını temsil eden nokta bulutu alt kümesinin belirlenmesi,
- bina çıkarılması,
- veri kalitesi modeli ve
- rekonstrüksiyon.



Şekil 2. DAPHNE Yaklaşımında İş Adımları

İlk aşamada, veri DAPHNE veri yapısına dönüştürülmektedir. Burada, veri 3B Kartezyen koordinat sistemine dönüştürülmekte ancak ortometrik yükseklik bilgisi de eklenmektedir.

Veri hazırlama işleminden sonra gerçekleştirilen ikinci aşamada;

- Öncelikle kötü en yüksek nokta çekirdek alınarak alan büyüme yaklaşımıyla çatı yüzey parçalarını oluşturan nokta bulutu alt kümeleri bölünmektedir.
- Benzer LiDAR noktaları aynı kümeye, hiçbir kümeye ayrıştırılmayanlar ise tek bir sınıfsız kümeye konmaktadır.

Üçüncü aşamadaki bina çıkarma işlemi üç adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- Bu bölünmelerin sınırlarını oluşturan noktalardan yararlanarak optimum bölge çerçevesi belirlenmektedir.
- Birbirine benzer bölünmelerin bütünleştirilmesi (bu çalışmanın dışında tutulmuştur).

Dördüncü aşamada, oluşturulan geometrinin doğruluğu incelenmektedir. Beşinci aşamada, sonuçta elde edilen bölgelerin ortalama yükseklik değeri kullanılarak rekonstrüksiyon (modelleme) yapılmaktadır (bu çalışmanın dışında tutulmuştur).

3.2 DAPHNE Bina Çerçevesi Çıkarma Algoritması

Bu çalışmada, genel tanımları dışlamak kaydıyla, LiDAR nokta bulutunun içinde yer alan yatay ya da belirli bir eğimde yaklaşık yatay düzlem yüzeylerin oluşturduğu binaların çıkarılmasını kapsayan ikinci aşama ile üçüncü aşama için geliştirilen model ve bunun gerçekleştirimini sağlayan algoritmalar hakkında bilgi sunulmaktadır.

Komşuluk; bir nokta, noktada tanımlı normal vektör olarak tanımlı bir vektör, normal ile aynı dönme eksenine sahip parametrik hacmin normal vektöre dik yöndeki boyutları ile normal yönündeki yüksekliği ile tanımlıdır. Bu çalışmada komşuluk bir silindirik ile tanımlanmaktadır.

Benzerlik, tanımlı komşuluk içinde her hangi bir noktanın, parametrik hacim yüzeyi ile yaptığı açının tanımlı eşik değeri ya da kabul edilen yüzey eğiminden küçük olmasıdır. Bu çalışmada, noktadan geçen yer merkezli (jeosentrik) vektörün alınan silindirin dairesel yüzeyi normali ile yaptığı açının tanımlı yüzey eğim açısından küçük olması ile benzer olduğu kabul edilmektedir.

LiDAR nokta bulutu DAPHNE ile yükseklik ve komşuluk parametrelerine göre sınıflandırılarak yüzey bölmelerine ayrılmakta ya da sınıfa ayrılamayan gruba (sınıfsız) konmaktadır. Her bir yüzey bölgesi bir sınıf olarak adlandırılmaktadır. Her sınıf içine düşen noktalardan komşuluğunda diğer sınıflardan nokta olanlara kenar hattı noktası denmektedir. Şekilde, komşuluğunda olan noktalara olan doğrultuların süpürdüğü kesintisiz açı aralığının 180° ya da daha küçük olduğu noktalar kenar noktalarıdır.

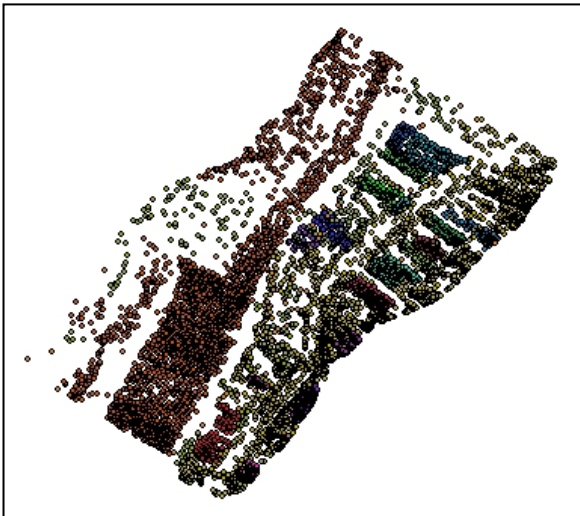
4. DAPHNE İLE BİNA ÇERMEVESİ ÇIKARMA UYGULAMASI

Bu çalışmanın çerçevesi, LiDAR verisinin düzlem bina çatı yüzeyi parçalarına göre bölünmesi, kadastral ve topografik veri üretme amaçlı olarak bölünmüş kümeyi temsil eden en uygun sadeleştirilmiş geometrinin oluşturulması olarak belirlenmiştir.

Ele alınan problem ile yoğun yapılaşmış şehir bölgelerine ait LiDAR nokta bulutlarından, bina çatı yüzeylerinin, çatı kenar ve köşe noktalarının ve kadastral ve topografik veri üretme amaçlı sadeleştirilmiş çatı geometrisinin oluşturulması hedeflenmektedir.

4.1 Verinin Tanıtılması: LosAngeles LiDAR Nokta Bulutu

Deney alanı, LosAngeles şehrinin sahil kısmında, 243550 m² toplam alan, 10700 m² yapılaşmış alana ve bunları temsilen sırasıyla 91500 ve 62500 LiDAR nokta bulutuna sahiptir (Şekil 3). Kullanılan LiDAR verisi açık kaynak veridir. Şekil 3'de bölgeye ilişkin nokta bulutu görülmektedir.



Şekil 3: Uygulama Bölgesi

Aşağıda, ABD, LosAngeles şehrine ait bir LiDAR verisinin 3B görüntüsü verilmektedir. Nokta bulutundan oluşturulan

uygulama bölgesi görüntüsü Şekil 4'te sunulmaktadır. Bölge yüksek binalardan oluşan yoğun bir yerleşimdir.



Şekil 4: Nokta bulutundan oluşturulan görüntü

4.1.1 Deney Parametrelerinin Seçimi

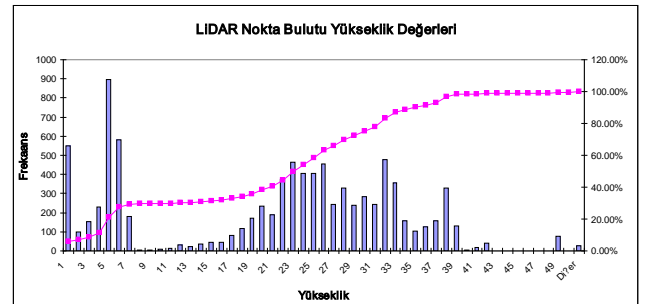
Deneyel olarak silindirik boyutlar ve silindiri içine düşen nokta sayısı aşağıdaki tabloda olduğu gibi seçilmiştir. Burada, küçük binaların çatı alanlarının yaklaşık büyüklüğü ile bina çatılarındaki ortalama nokta yoğunluğu göz önünde tutulmuştur. Ancak, bu değerlerin veri ve koşullara bağlı olarak optimum belirlenmesi çalışmanın halen dışında tutulmakla birlikte, gelecekte ele alınacaktır. Tablo 1'de benzerlik için komşuluk (silindiri tanımlayan çap ve yükseklik) ile tanımlı komşuluk içinde yoğunluğu gösteren deneyel seçimler verilmiştir.

Tablo : Benzerlik Tanımı için parametreler

	Çap (m)	Yükseklik (m)	Nokta sayısı Yoğunluk
1	30	10	10
2	15	5	20
3	8	6	2.5

4.1.2 Nokta Bulutunun Yükseklik Dağılımı

Bina ve bina dışı nokta bulutunun ayrıştırılmasında, noktaların yüksekliğe göre dağılımı histogramı kullanılmaktadır. Buradaki XYZ noktalarının, göreceli yükseklik farkı yaklaşık 60 m'dir (Şekil 5).



Şekil 5: LiDAR Nokta Bulutu Yükseklik Dağılımı Frekansı

4.2 DAPHNE Yazılımının Tanıtılması

Yazılım MATLAB 10 platformu üzerinde geliştirilmiştir.

4.2.1 DAPHNE Kütüphanesi:

DAPHNE Kütüphanesi Dört temel paketten oluşmaktadır.

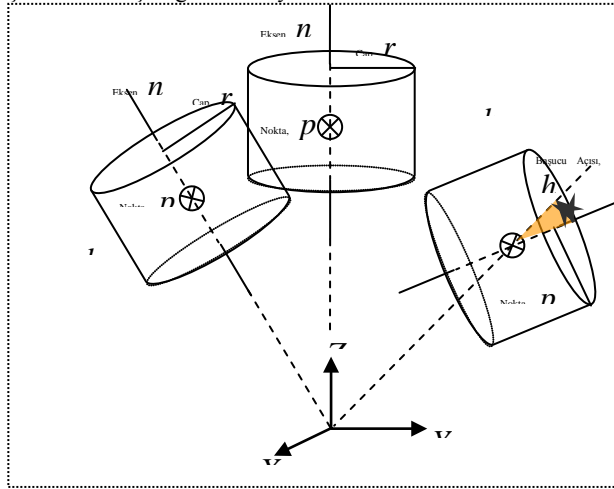
Sentetik LiDAR Verisi Üreten Paket: Bunlardan ilki sentetik LiDAR verisi üreten kütüphanedir. Bu kütüphane belirlenen hata sınırı içinde üç boyutta tanımlı daire, dikdörtgen, elips ya da bu formların karması yüzeyine sahip ve belirlenen

yükseklikte bina ve yapılaşmış alan yaratmaktadır. Sentetik LiDAR verisini üretme amacı yazılımın performansının tanımlı bir veri üzerinde ölçülmesidir.

Alan Büyütme ile Kümeleme Paketi: Bu paket tanımlı sıklık ve komşuluk kriterlerine uygun olarak alan büyütme yaklaşımıyla LiDAR nokta bulutunu kümelemektedir.

Hesaplamalı Geometri Paketi: Alan büyütmede kullanılan silindir ya da dikdörtgen prizma hacmin 3B tanımı, mobilizasyonu ilgili vektör cebri, yüzey belirleme fonksiyonlarından oluşmaktadır. Şekil 6’te komşuluğu tanımlayan silindir 3B uzayda gösterilmektedir.

Şekil 6: Komşuluğu tanımlayan silindir



Çerçeve Çıkarma ve Görüntüleme Paketi: Bu paket, kümelenmiş nokta bulutunun çerçevesi ile sınırını temsil eden basit geometrinin elde edilmesi, bunun 2B/3B görüntülenmesi, basit bina geriçatımının yapılması ve diğer CBS ve web haritaçlığı formatlarına dönüşümü işlevlerine sahiptir.

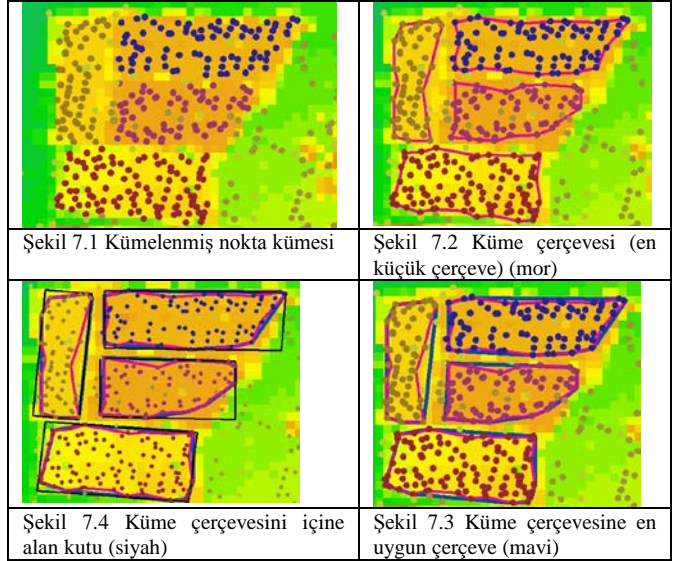
4.2.2 Kullanılan Yardımcı Kütüphane ve Yazılımlar:

Nokta bulutu verisine uygulanan jeodezik dönüşümler için “Geodesy” MATLAB kütüphanesi kullanılmıştır. Bu kütüphanenin araçları DAPHNE içinden çağrılarak jeodezik dönüşümler gerçekleştirilmektedir.

LAS formatlı LiDAR nokta bulutunun alt kümesinin alınmasında “LasTools” fonksiyonları kullanılmıştır.

4.3 DAPHNE Elde Edilen Bina Çerçevesi

DAPHNE ile kümelenen nokta bulutu Şekil 7.1’de sunulmuştur. Kümelerin içinde ve sınırında herhangi bir gruba ayrılmayan LiDAR noktaları mevcuttur. Bunlar bina çatı çerçevesini gösterebileceği gibi kot farkı olan noktalar da olabilir. Şekil 7.2’de kümelerin etrafına en küçük çerçeve geçirilmiş, Şekil 7.3’te ise bu çalışmanın dışında tutulan iç bükey ve dış bükey özelliği dikkate alan en uygun çerçeve gösterilmektedir. Şekil 7.4’te nokta kümesini içine alan minimum kutu görülmektedir.



Oluşturulan basit geometriler Şekil 7’de Google görüntüsü ile eşleştirilmiştir. Bu eşlemede elde edilen geometrinin görüntüdeki binayı büyük oranda temsil ettiği görsel inceleme ile karar verilmiştir.



Şekil 8: Elde edilen bina çerçevesinin görüntü ile eşleştirilmesi

Nokta bulutunun yeterli sıklıkta olmadığı ya da seçilen silindir alanından küçük yüzeyler DAPHNE tarafından belirlenmemektedir ki, bu sezgisel olarak ta doğrudur.

4.4 Tartışma

Önerilen teknik, mekansal komşuluğu dikkate alan DBSCAN ve k-means algortimaları ile karşılaştırılmıştır. DAPHNE her iki yöntemden de iyi sonuç vermektedir. Algoritmalarından DBSCAN, bölge büyütme karakteri ve benzerliğin yoğunluğa dayanması sebebiyle k-means’a göre özellikle homojen veri

alanlarında daha iyi sonuç vermektedir. DAPHNE, komşuluk tanımının hacimsel olması, hacmin uzayda hareketinin hesaplamalı geometri teknikleriyle gerçekleştirilmesi sebebiyle diğer kümeleme tekniklerinden ayrılmaktadır.

Bu çalışmada çerçeve dışında tutulan; doğruluk modeli, benzerlik parametrelerinin veriyi temsil eden bir test bölgesinden otomatik elde edilmesi, bölge büyüme yaklaşımında eğimi değişken ve heterojen yüzeylerden yansıyan LiDAR noktalarının kümelenmesi gibi konuların ele alınacaktır.

DAPHNE, yoğunluğu daha yüksek olan veri kümelerinde daha başarılı sonuç vermekle birlikte hız azalmaktadır. Algoritmanın optimizasyonu ve hızının artırılması ayrı bir çalışmada ele alınabilecektir.

5. SONUÇLAR

LiDAR verisi son 10-15 yıldır genellikle sayısal arazi modeli elde etme amaçlı olmak üzere daha çok kadastral ve topografik uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kadastral ve topografik amaçlı olarak LiDAR verisinden çatı çerçevelerinin elde edilmesi için önerdiğimiz DAPHNE yaklaşımı tanıtılmıştır. DAPHNE, kadastral ve topografik veride tanımına uygun olarak bina çatı çerçevesinin basitleştirilmiş bir geometrisinin oluşturulmasını hedeflemektedir. DAPHNE veri yönelimli, mekansal veri madenciliği ve hesaplamalı geometri altyapısı üzerinde tanımlanmıştır.

DAPHNE ile yapılan uygulamada, yeterli yoğunlukta veri olan bölgelerde görsel analiz ile yapılan incelemeye göre iyi sonuç vermektedir. Doğruluğun nicel olarak ortaya konmasının ardından daha iyi karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilecektir.

DAPHNE, Türkiye'ye ait az, orta ve çok yoğun yapılaşma alanlarında da denenecektir. Buradan elde edilecek sonuçların; vektör veri, hassas ortofoto ve YYM oluşturmada yarar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

BİLGİLENDİRME VE TEŞEKKÜR

Yazıda yer alan görüşler yazara aittir. Uygulamada ABD'ne ait açık kaynak LiDAR verisi kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

Awrangzeb, M., C. Zhang, C.S. Fraser (2012): An Improved Building Detection Technique For Complex Scenes, 2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshops

Demir, N., Baltsavias, E. (2010): Combination of Image and LiDAR Data for Building and Tree Extraction, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 3B – Saint-Mandé, France, September 1-3, 2010

Galvanin, E.A.S., A.P. Dal Poz (2012): Extraction of Building Roof Contours From LiDAR Data Using a Markov-Random-Field-Based Approach, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 50, No. 3, March 2012

Ghosh, S., B. Lohani (2012): Heuristical Feature Extraction From Lidar Data And Their Visualization, ISPRS 2012

Haiyang, Y., Y. Zhang, G. Cheng, X. Ge (2011): Rural Residential Building Extraction from Laser Scanning Data and Aerophotograph Based on Quadtree Segmentation, IGARSS, IEEE Explore

Kraus, K. (2007): Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans, 2nd Ed., de Gruyter

Rottensteiner, F., J.Jansa (2002): Automatic Extraction of Buildings from LiDAR Data and Aerial Images, Symp. On Geospatial Theory, Processing and Applications, Ottawa 2002

Salah, M., J. Trinder, A. Shaker (2010): Evaluation of the Self Organizing Map Classifier for Building Detection from Lidar Data and Multispectral Aerial Images, Spatial Science, 1 Vol. 54, No. 2, December 2009

Sampath, A., J. Shan (2010): Segmentation and Reconstruction of Polyhedral Building Roofs From Aerial Lidar Point Clouds, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 48, No. 3, March 2010

Shan, J., A.Sampath (2009): Building Extraction from LiDAR Point Clouds Based on Clustering Techniques, Topographic Laser Ranging and Scanning, Principles and Processing, CRC Pres

Shen, W., J. Zhang, F. Yuan (2011): A New Algorithm of Building Boundary Extraction Based on LIDAR Data, IGARSS, IEEE Explore

Sohn, G., X.Huang, V.Tao (2009): A Data-Driven Method for Modeling, 3D Building Objects Using a Binary Space Partitioning Tree, Topographic Laser Ranging and Scanning, Principles and Processing, CRC Pres

Torun, A., S.Shekhar (2010): Determining Approximate Horizontal Surfaces from urban LiDAR point cloud (DAPHNE): A Data Oriented Approach, UoM, CS, Report

Xu, J., Y.Wan, F. Yao (2010): A method of 3D Building Boundary Extraction from airborne LIDAR points cloud, IEEE Explore

Wanga, J., C.Zeng, B.Lehrbass (2012): Building Extraction from LiDAR and Aerial Images and its Accuracy Evaluation, IEEE, IGARSS 2012

Wang, O., S.K. Lodha, D.P. Helmbold (2006): A Bayesian Approach to Building Footprint Extraction from Aerial LIDAR Data, Proceedings of the 3. Int. Symp. on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission, Computer Society, IEEE

Wang, Z., L. Wu (2009): Automated Extraction of Building Geometric Features from Raw LiDAR Data, pp 436-39, IGARSS 2009

Zhang, K., J. Yan, S. Chen (2009): A Framework for Automated Construction of Building Models from Aerial LiDAR Measurements, Topographic Laser Ranging and Scanning, Principles and Processing, CRC Pres

Zhang, L., T. Xu, J. Zhang (2012): Building Extraction Based on Multiscale Segmentation, 5th International Congress on Image and Signal Processing (CISP 2012)