

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVA KAYNAKLI LAZER TARAMA VERİLERİNDEN ORMAN MEŞCERE
YÜKSEKLİK HARİTASI ÜRETİMİ VE POTANSİYEL ANALİZİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRAH VOLKAN

MART 2018

BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAVA KAYNAKLI LAZER TARAMA VERİLERİNDEN ORMAN MEŞCERE
YÜKSEKLİK HARİTASI ÜRETİMİ VE POTANSİYEL ANALİZİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emrah VOLKAN

DANIŞMAN: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

ZONGULDAK

Mart 2018

KABUL:

Emrah VOLKAN tarafından hazırlanan “Hava Kaynaklı Lazer Tarama Verilerinden Orman Meşcere Yükseklik Haritası Üretimi ve Potansiyel Analizi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
22/03/2018

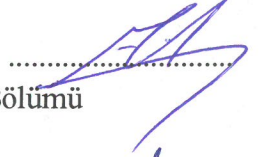
Danışman: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



Üye: Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU

Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üy. Serkan KARAKIŞ

Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



ONAY:

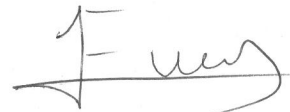
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2018



Doç. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Emrah VOLKAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HAVA KAYNAKLI LAZER TARAMA VERİLERİNDEN ORMAN MEŞCERE YÜKSEKLİK HARİTASI ÜRETİMİ VE POTANSİYEL ANALİZİ

Emrah VOLKAN

Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Umut Güneş SEFERCİK

Mart 2018, 59 sayfa

Son yıllarda, yeryüzündeki konum bilgilerine ulaşılması açısından uzaktan algılama teknolojileri başta haritacılık ve ormancılık olmak üzere bir çok disiplin için vazgeçilmez bir hale gelmiştir. Türkiye koşullarında orman envanteri çalışmalarına yönelik hazırlanan orman amenajmanı planlarının zaman, işgücü ve maliyet açısından optimum şekilde üretilmesi amaçlı uzaktan algılama veri ve yöntemlerinin kullanılması zorunludur. Orman haritalarının yapımında sayısal hava fotoğraflarının kullanılmasının yanısıra gelişen teknolojiye paralel hava kaynaklı lazer tarama verilerinin kullanılması ülkemizde yaygınlaşmamıştır. Fotogrametriye alternatif olan bu yöntemin kullanılmamasının nedeni, kullanılan teknolojinin yerli olmamasından kaynaklıdır. Özellikle maliyet açısından büyük kısıtlar bulunmaktadır. Bu nedenle sorunun çözümüne odaklı, hava kaynaklı lazer tarama teknolojisinin yerli ve milli olarak geliştirilmesi diğer sektörlerde olduğu gibi ormancılık disiplininde de kullanılması oldukça önemlidir.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada tamamen yerli ve milli imkanlarla üretilmiş hava aracı kullanılarak Bülent Ecevit Üniversitesi Merkez Kampüsünde bulunan belirli bir alandaki orman, açık alan ve bina sınıflarını içeren bir test alanında çalışma gerçekleştirilmiştir. Hava kaynaklı lazer tarama nokta bulutları kullanılarak normalleştirilen dijital yüzey modeli bazında 3 boyutlu ormancılığa yönelik yükseklik haritası üretimi ve konum doğruluğu seviyesinin tespiti hedeflenmiştir.

Üretilen haritalarda yatay ve düşey mutlak konum doğruluğu, model bazlı analiz yaklaşımı ile yersel taramadan elde edilen bir referans haritanın kıyaslanması ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme kriteri olarak standart sapma (sz) kullanılmıştır.

Çalışmada elde edilen üç boyutlu dijital yüzey ve arazi modelleri ile normalize dijital yüzey modellerinin çok yüksek kalitede olduğu belirlenmiştir. Normalize dijital yüzey modeli temelinde elde edilen orman meşcere yükseklik haritaları yatayda referansa kıyasla yalnızca 1-2 cm hata içermektedir. Düşeyde ise bu miktar 40 cm seviyesinde olup eğimi düşük ($<\tan(0.1)$) kısımlarda 23 cm'e yükselmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda hava kaynaklı lazer tarama verilerinden elde edilen sonuçların araziye aslına uygun şekilde yansıttığı ve ormancılığa yönelik meşcere planlarının hazırlanmasında meşcere boyuna yönelik verinin üretilmesi açısından kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yersel Lazer Tarama, Hava Kaynaklı Lazer Tarama, Dijital Yüzey Modeli, Kalite, Analiz, Orman Meşcere Yükseklik Haritası

Bilim Kodu: 616.02.04.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PRODUCTION AND POTENTIAL ANALYSIS OF FOREST STAND HEIGHT MAP FROM AIRBORNE LASER SCANING DATA

Emrah VOLKAN

Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Umut Güneş SEFERCİK

March 2018, 59 pages

In recent years remote sensing technologies have become indispensable for many disciplines, especially cartography and forestry, in terms of reaching the position information on the earth. Under the circumstances exist in Turkey, it is must to use remote sensing data and methods in order to produce forest management plans prepared for forest inventory studies in terms of time, labor and cost in an optimum way. In addition to the use of digital aerial photographs in the construction of forest maps, the use of air laser scanners in developing countries has not been widespread in our country. The reason for not being able to use this method, which is an alternative to photogrammetry, is that the technology used is not national and not produced locally. There are significant constraints, especially in terms of cost. For this reason it is very important to use air-borne laser scanning technology developed nationally in our country in the forest discipline as like it is in the other disciplines.

ABSTRACT (continued)

This study is realized in a definite test area in Bülent Ecevit Universities campus including forest area, open area and building classes. In this study, completely domestic and nationally produced drones were used. It is aimed to create a three-dimensional stand height map and location level detection by using an airborne laser scan cloud point to normalize the surface model.

Horizontal and vertical straight line position accuracy in the generated maps was evaluated by comparing the model-based analysis approach with a reference map obtained from the terrestrial scanning. Standard deviation (sd) is used as evaluation criterion.

As a result of the analyzes made, it was concluded that the three-dimensional stand height map obtained by using airborne laser scanning data reflects the situation in the land in a proper way and can be used in forest inventory studies. It has been determined that digital surface models normal to the three-dimensional digital surface and terrain models obtained in the study are of very high quality. The forest floor height maps obtained on the basis of the normalized digital surface model contain only 1-2 cm errors horizontally compared to the reference. On the vertical, this amount is 40 cm and in the parts where slope is low ($<\tan(0.1)$) the amount rises to 23 cm. In the light of these results, it has been seen that the results obtained from airborne laser scanning data reflect the land in a proper way and can be used directly in the formation of the forest stand map.

Keywords: Terrestrial Laser Scanning, Airborne Laser Scanning, Digital Surface Model, Analysis, Forest Stand Height Map

Science Code: 616.02.04.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sırasında bilgi ve tecrübeleri ile alıőmalarına ışık tutan, benden yardımını esirgemeyen, alıőmanın değerlendirmesini birlikte yapma fırsatı veren Sayın Hocam Do. Dr. Umut Gneő SEFERCIK'e, alıőmanın sonulanmasında elinden gelen tm imkanları ve değerli vaktini ayıran sevgili dostum Arő. Gr. Can ATALAY'a, bana ok ihtiyacım olduğu dnemlerde desteğini esirgemeyen kıymetli arkadaőım Emine Bircan'a, bu gnlere gelmemde en byk pay sahibi sevgili aileme, alıőmanın ncesinde ve sırasında maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili eőim, aynı zamanda meslektaőım Sndz Gebedek Volkan'a teőekkrlerimi bor bilirim.



İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | vi |
| TEŞEKKÜR | x |
| İÇİNDEKİLER..... | xii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | xv |
| | |
| BÖLÜM 1 GİRİŞ..... | 1 |
| | |
| 1.1 MOTİVASYON | 1 |
| 1.2 ÇALIŞMANIN LİTERATÜRDEKİ YERİ VE ÖNEMİ..... | 2 |
| 1.3 ÇALIŞMANIN YAPISI | 4 |
| | |
| BÖLÜM 2 LİTERATÜR | 5 |
| | |
| 2.1 UZAKTAN ALGILAMA..... | 5 |
| 2.2 UZAKTAN ALGILAMA İLE MEŞCERE ÜRETİM OLANAKLARI | 6 |
| 2.3 KULLANIM ALANLARI | 7 |
| 2.3.1 Algılama Sistemleri | 8 |
| 2.3.2 Pasif Uzaktan Algılama | 9 |
| 2.3.3 Aktif Uzaktan Algılama | 9 |
| 2.3.1.1 Yersel Lazer Tarama | 10 |
| 2.3.1.2 Hava Kaynaklı Lazer Tarama (LIDAR)..... | 13 |
| 2.4 İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) | 15 |
| 2.4.1. İHA Verilerinin Ormancılıkta Kullanımı..... | 20 |
| 2.4.2 İHA Sistemi İş Akışı | 24 |

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| BÖLÜM 3 ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER..... | 25 |
| 3.1 ÇALIŞMA ALANININ KARAKTERİSTİĞİ | 25 |
| 3.2 VERİLER | 26 |
| 3.3 ÖLÇÜM ALETLERİ..... | 27 |
| | |
| BÖLÜM 4 METODOLOJİ | 31 |
| 4.1 DİJİTAL YÜZEY MODELİ ÜRETİMİ..... | 32 |
| 4.2 DİJİTAL ARAZİ MODELİ ÜRETİMİ | 34 |
| 4.3 nDSM ÜRETİMİ..... | 34 |
| 4.4 MEŞCERE ORTA BOYU HARİTASI ÜRETİMİ VE POTANSİYEL ANALİZİ | 35 |
| | |
| BÖLÜM 5 BULGULAR..... | 39 |
| 5.1 ÜRETİLEN MODELLER..... | 39 |
| 5.1.1 Dijital Yüzey Modelleri | 39 |
| 5.2 YATAY ÖRTÜŞTÜRME | 42 |
| | |
| BÖLÜM 6 SONUÇLAR..... | 47 |
| | |
| KAYNAKLAR..... | 49 |
| ÖZGEÇMİŞ | 59 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>No</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Şekil 2.1 Algılama adımları | 5 |
| Şekil 2.2 Uzaktan algılama sistemleri | 8 |
| Şekil 2.3 Pasif uzaktan algılama sistemleri | 9 |
| Şekil 2.4 Yersel lazer tarayıcı sistem örneği | 10 |
| Şekil 2.5 Yersel Lazer algılayıcısının lokal koordinat sistemi | 11 |
| Şekil 2.6 YLT ve Yer kontrol noktalarının (YKN) konumu | 12 |
| Şekil 2.7 Hava kaynaklı lazer tarama | 14 |
| Şekil 2.8 Havada kalışlarına göre İHA'ların sınıflandırması | 16 |
| Şekil 3.1 Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Kampüsü üzerinde çalışma alanının konumu | 25 |
| Şekil 3.2 Hava Kaynaklı ve Yersel Lazer Taramalar arasındaki ondülasyon farkı | 26 |
| Şekil 3.3 Velodyne VLP-16 cihazı | 28 |
| Şekil 3.4 Velodyne VLP-16 çalışma prensibi | 29 |
| Şekil 3.5 Faro X330 yersel lazer tarayıcı | 29 |
| Şekil 3.6 Faro X-330 ile bina modellemesi için oluşturulmuş nokta bulutu | 30 |
| Şekil 4.1 İzlenen metodoloji | 31 |
| Şekil 4.2 Lazer tarama ve yoğun noktasal bulut edinimi örneği | 33 |
| Şekil 4.3 Renk ölçekli üretilmiş ALS ve TLS dijital yüzey modeli | 34 |
| Şekil 5.1 ALS ve TLS yoğun nokta bulutları | 39 |
| Şekil 5.2 Üretilen ALS ve TLS dijital yüzey modelleri | 40 |
| Şekil 5.3 ALS ve TLS dijital arazi modelleri | 41 |
| Şekil 5.4 ALS ve TLS orman meşcere yükseklik haritaları | 42 |
| Şekil 5.5 ALS meşcere orta boyu haritasının mutlak düşey doğruluk frekans dağılımı | 44 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 5.6 ALS meşcere orta boyu haritasının mutlak düşey doğruluk frekans dağılımı (eğimsiz kısımlar)..... | 45 |
|---|----|



ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>No</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Çizelge 2.1 Uzaktan algılamanın kullanım alanları | 8 |
| Çizelge 2.2 İHA ürünlerinin bazı teknik özellikleri | 20 |
| Çizelge 3.1 VLP-16 Parametreleri | 28 |
| Çizelge 3.2 FARO X-330 Parametreleri | 30 |
| Çizelge 5.1 Planimetrik konum doğruluğu ve öteleme miktarları | 43 |
| Çizelge 5.2 ALS meşcere orta boyu haritasının mutlak düşey doğruluğu | 43 |



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- a : Lorem
 Δ : Delta
 ψ : Roll

KISALTMALAR

- UTM : Universal Transverse Mercator
YKN : Yer Kontrol Noktaları
3B : Üç Boyutlu
GNSS : Küresel Konumlama Sistemi
KOH : Karese Ortalama Hata
RADAR: Radio Detection And Ranging
nDSM : Normalize Dijital Yüzey Modeli
IMU : Atalet Ölçü Birimi
SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
SZ : Standard Sapma
ALS : Hava Kaynaklı Lazer Tarama
DYM : Dijital Yüzey Modeli
EMR : Elektromanyetik Radyasyon
İHA : İnsansız Hava Aracı
INS : Atalet Seyrüsefer Sistemi
TLS : Yersel Lazer Tarayıcı
STLS : Sabit Yersel Lazer Tarayıcı
HKLT : Hava Kaynaklı Lazer Tarama
SYM : Sayısal Yüzey Modeli
SAM : Sayısal Arazi Modeli



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Haritacılık disiplinde, hedef obje ile doğrudan bir temas kurmaksızın bu objeye ilişkin bilgileri (verileri) hava veya uzay kaynaklı algılayıcılardan yararlanarak elde etme teknolojilerinin ortak adı "Uzaktan Algılama" 'dır. Hava kaynaklı lazer tarama ve insansız hava araçları özellikle son yıllarda uzaktan algılamanın vazgeçilmez teknolojileri arasına girmeyi başarmışlardır. Ancak, her iki teknik için de kullanılabilirlik parametrelerine bağlı olarak zaman geçtikçe bir takım olumsuzluklar belirmeye başlamıştır. Bilindiği gibi, yeni teknolojiler ortaya ilk çıktıklarında fiyatları oldukça yüksektir, zamanla rekabet ortamında fiyatta düşüşler yaşanır ve bu teknolojiler finansal gücü yüksek olmayan kullanıcılar arasında da yaygınlaşır. Fakat, hava kaynaklı lazer tarama teknolojisi için aynı durum söz konusu olmamıştır. Bu teknolojinin sağladığı verinin kalitesi tüm uzaktan algılama sistemlerinden daha üst düzeyde olmasına rağmen, sistemin ana unsuru olan hava kaynaklı lazer tarayıcıların satış fiyatlarının gün geçtikçe yükselen bir ivmeyle artması ve taramanın yapılabilmesi için üzerlerinde donanımların yerleştirilebilmesi için delikler vb. açılması gereken uçakların ve helikopterlerin kullanılma zorunluluğu teknolojinin yaygınlaşmasının önüne geçmektedir. Halen, az gelişmiş veya gelişmekte olan pek çok ülke bu teknolojiyi faydalanabilmiş değildir. İnsansız hava araçları ile ilgili en büyük olumsuzluk ise bu teknolojinin bilimsel yönünden çok insanlar tarafından oyuncak gibi algılanıp hobi amaçlı kullanılmasıdır. Amaçsız yapılan uçuşlar neticesinde Ülkeler insansız hava araçlarına ilişkin yaptırımlarını her geçen gün artırmaktadır. Oysaki bu teknoloji akıllı kullanıldığında bilgiye en hızlı ulaşmanın yollarından biridir.

1.1 MOTİVASYON

Günümüzde gelişmiş çok sayıda teknikle sağlanan uzaktan algılama verileri tıptan arkeolojiye, meteorolojiden peyzaja kadar bilimin hemen hemen her alanında yoğun şekilde kullanılmaktadır. İstendiğinde kilometrekarelerce geniş alanlarda bile saniyeler içerisinde elde

edilmesi ve kolay işlenebilir olmaları uzaktan algılama verilerinin her geçen gün cazibesini artırmakta ve buna bağlı olarak kullanım sahalarını genişletmektedir. Dünyada ve Ülkemizde, uzaktan algılama teknolojileri ile elde edilen verilere en çok ihtiyaç duyan meslek disiplinlerinden biri ormancılıktır (Sefercik 2015).

Belirli bir alandaki orman ekosisteminin hem bizatihi kendi varlığını, ve hem de bu ekosistem içinde kendiliğinden oluşan ürün ve hizmetler ile bunlar üzerinde etken olan çevresel faktörleri sayısal olarak saptamak amacıyla yapılan bir dizi ölçme, sayım, gözlem, hesap ve değerlendirme işlerinin bütünü; Orman Envanteri olarak tanımlanmaktadır (Asan 2003).

Meşcere ve plan ünitesi bazındaki orman envanteri genellikle sahibi, sınırları ve amaçları belli olan ormanlarda işletme ve amenajman planlarını düzenleme amacı ile yapılır. Ulusal orman envanteri ise; orman kaynaklarından yararlanmayı ulusal düzeyde planlamak ve bu amaçla uzun vadeli stratejiler geliştirmek amaçları ile gerçekleştirilir (Asan 2000).

Son yıllarda uzaktan algılama verilerinden ormancılık disiplini de oldukça faydalanmaktadır. Ülkemizde de fotogrametrik yöntemle orman amenajman verilerine ilişkin verilerin üretimi sıklıkla kullanılmaktadır. Türkiye ormanlarının yapısı, topografyanın ve diğer etmenler sıralandığında fotogrametrik yöntemin bazı bölgeler açısından uygulanmasında zorluklar yaşanmaktadır. Bu durum farklı veri ve yöntemlerin kullanımının araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda yersel ölçülerinde belirli oranda azaltılması, teknolojiye paralel farklı veri ve yöntemlerin doğruluklarının artması ülke ormancılığında kullanılması ve bilginin ülke ormancılığına kazandırılmasının önemini ortaya koymaktadır. İşte bu noktada önemli bir soru akla gelmektedir; hangi uzaktan algılama yöntemi hangi doğrulukları sağlar ve buna bağlı olarak hangi tip orman envanter çalışmasında hangi tip uzaktan algılama verisi kullanılmalıdır? (Sefercik 2015).

Bu çalışmada, hava kaynaklı lazer tarama (ALS) verileri kullanılarak orman meşcere haritası üretimi ve üretilen haritanın potansiyelinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.2 ÇALIŞMANIN LİTERATÜRDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

UA verileri ile ormancılık, tarım, jeoloji, doğal kaynak, arazi örtüsü tespiti, arazi yönetim planları için altlık oluşturulması ve yorumlama, analiz etme, tespit yapmak için coğrafi bilgi

teknolojilerinden yararlanmak mümkündür (Liu et al. 2006, Rokade et al. 2007, Royer et al. 2011, Hu et al. 2010, Kunwar et al. 2010). Kent gelişimi, kaçak yapıların tespit edilmesi, orman ve doğal yapıların uğradığı zararların tespit edilmesi, afet bilgi sistemleri, kent bilgi sistemleri gibi birçok uygulama alanında elde edilen görüntüler bölgeye ait bir veri tabanı oluşturulması için kullanılabilir (Silvestri and Omri 2008, Tang et al. 2009, Jha et al. 2009, Du et al. 2009, Zhang et al. 2010). Çevresel problemlerin giderek artış gösterdiği günümüzde, sürdürülebilir çevre, sınırlı doğal kaynakların izlenmesi ve gelecek planlaması için konumsal analizlerin CBS ve UA teknolojileri kullanılarak yapılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Elde edilen uzaktan algılama verileri hızla artan bir şekilde, kadastro sınırları, yükseklik modeli ve altyapı gibi vektör biçimindeki CBS verileriyle birlikte kullanarak daha kullanışlı kaynak haritaları üretmekte ve çevresel modeller geliştirmektedirler. Şehir ve bölge planları da kadastro sınırlarını ve altyapı verilerini görüntülerken, uzaktan algılama verilerini altlık olarak kullanarak, mevcut planların halihazırdaki durumunu göz önünde bulundurarak planlarını daha doğru şekilde hazırlamaktadır (Kavzoğlu ve Çölkesen 2011).

UA teknolojileri CBS verileri ile entegre kullanılmasının yanında bu iki teknoloji ormancılık alanında da altlık olarak kullanılarak ormancılığın gelişimi ve orman alanlarının izlenmesi açısından oldukça değerli bilgiler sunmaktadır.

Uzaktan algılama verileri ile orman ağaç yüksekliklerinin belirlenmesi, yoğun orman alanlarında orman altı topoğrafyanın modellenmesinde karşılaşılan sorunlar nedeniyle her zaman sıkıntılı bir konu olmuştur. Pasif algılama prensibi ile çalışan gelişmiş optik sistemlerde (fotogrametri, uzay kaynaklı optik görüntüleme vb.) yüksek mekansal, spektral ve radyometrik çözünürlük olmasına karşın orman ayırma kabiliyeti söz konusu olmadığından orman altı topoğrafya ile ilgili bilgi edinmek hemen hemen imkansızdır. Mono görüntülerde yalnızca ağaç tipi, adeti ve alansal çıkarımlara gidilebilmektedir. Stereo görüntülerde ise ormanlık alanlar, görüntü eşleştirme noktalarının yalnızca ağaçların en üst yüzeylerinden toplanabildiği, sık orman altında eşleştirme noktası bulunamayan düşük korelasyonlu bölgelerdir (Baltsavias and Stallmann 1993). Görüntü geliştirme ve zenginleştirme işlemleri de alansal hesaplamalar için önemli katkılar sunarken orman altındaki veri eksikliği nedeniyle yükseklik boyutunda gereken katkıyı sağlayamamaktadırlar. Orman altı topoğrafya, stereo değerlendirmede, bölgede mevcut yangın yolları, hat tipi sürekli su oluşumlarının yüzeyleri vb. breaklinelara kot basılarak veya buralardan eşleştirme noktası toplanarak enterpolasyona dayalı genellemenin neden olduğu düşük doğrulukla modellenmeye çalışılmaktadır.

Aktif uzaktan algılama yöntemlerinde ise durum farklıdır. Mikrodalga ve lazer sistemler sinyal transferi teknolojisini kullanmakta ve bu sinyallerin değişik oranlarda orman penetrasyon yeteneği bulunmaktadır. Yapay açıklıklı radar (SAR) uydu misyonlarında orman penetrasyon yeteneği dalgaboyuna bağlıdır ve orman altı topoğrafik yapı ancak çok uzun dalgaboyuna sahip bandlarla (P-band, L-band vb.) elde edilebilmektedir. Ancak, SAR sistemlerde dalgaboyu arttıkça mekansal çözünürlük azalmaktadır ve halihazırda Spotlight görüntüleme modlarında yüksek çözünürlükler ($\approx 1m$) sunan TerraSAR-X ve Cosmo-SkyMed gibi devrimsel X-band misyonları daha kısa dalgaboyları kullandıklarından orman penetrasyonu sağlayamamaktadırlar (Roth 2003, Covello et al. 2010). Diğer bir yandan, uzun dalgaboylu SAR misyonları da tekil ağaç bilgisine dayalı orman envanter çalışmalarında yeterli mekansal çözünürlüğe sahip olmadıklarından gerekli bilgi içeriğini sunamazlar.

İşte tam bu noktada ALS, sağladığı yüksek doğruluklu yoğun nokta bulutları sayesinde uzaktan algılamada alternatif bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Koch et al. 2006). Çoklu dönüş prensipli lazer ışınları orman penetrasyon yetenekleri ile orman altı topoğrafya hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadırlar. İlk ve son dönüş sinyallerinin çözümüne dayalı olarak ormanlık alanlardaki ağaç yükseklikleri hesaplanabilmektedir. Meşcere orta boyunun tespitine yönelik meşcere ağaç yüksekliklerinin belirlenmesinde oldukça yüksek doğruluk yüzdelerine ulaşılmaktadır. (Nilsson 1996, Suarez et. al. 2005, Andersen et. al. 2006, Kwak et. al. 2007, Akay vd. 2009). Ancak, gerçeğe en yakın modellemenin yapılması hedeflendiğinde bu yöntemin de kendi içinde bazı zorlukları ve çözüme ihtiyaç duyulan noktaları ortaya çıkmaktadır. Çalışmada, üretim ve değerlendirmenin yanında karşılaşılan ana problemlere ilişkin çözüm önerileri de sunulmuştur.

1.3 ÇALIŞMANIN YAPISI

Çalışma, belirlenen hedefler doğrultusunda altı bölüm halinde oluşturulmuştur. İkinci bölümde, çalışmada kullanılan uzaktan algılama yöntemi ve İHA'ların uzaktan algılamada kullanımını hakkında detaylı bilgi aktarılmıştır. Üçüncü bölümde çalışma alanı, uygulamada kullanılan veriler, ölçü aletleri ve cihazların özelliklerinden ayrıntılı şekilde bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, ana işlem adımlarını içeren özel metodoloji bilgileri verilmiştir. Beşinci bölümde, üretilen dijital yüzey, arazi modelleri ve normalize dijital yüzey modeli temelinde yaratılan orman meşcere yükseklik haritası ve haritanın potansiyel analizi ortaya konmuştur. Çalışma, genel sonucun yer aldığı altıncı bölüm ile tamamlanmıştır.

BÖLÜM 2

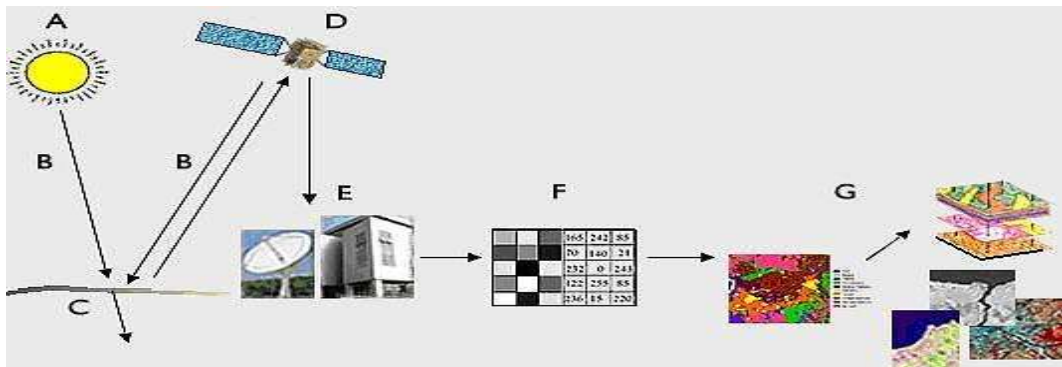
LİTERATÜR

2.1 UZAKTAN ALGILAMA

İnsanın doğayı anlamaya çalışması, iletişimi ve yaşamını idame ettirebilmesi dahil olmak üzere beş duyu organına bağlıdır. Görme, dokunmak, işitmek, koklama ve tat alma durumu cisimlerin temassız ya da temassız olarak algılanması durumudur. Nitekim algılar taklit edilerek çevreyi ayırt etmede yeni teknikler üretilmiştir (Sunar vd. 2011).

Uzaktan Algılama; topoğrafyanın, yer kaynaklarının ve yüzeylerin incelenmesinde fiziksel bir temas olmaksızın algılama ve çözümleme yapabilen bilimsel tekniktir. Çeşitli taşıyıcı platformlara (uydu, insanlı ve insansız hava ve kara araçları vb.) entegre edilmiş, farklı sensörler sayesinde yüzeyden yansıyan enerjinin kayıt edilerek, yorumlanmasıyla sonuç ürün elde edilmektedir (Sefercik 2010).

Algılamanın gerçekleşebilmesi Şekil 2.1 de gösterildiği gibi; enerji kaynağı ya da yansıma, hedef, sensör tarafından kayıt edilebilen enerji ve son olarakta yorumlama ve analiz adımları gerçekleşmiş olması gerekir.



Şekil 2.1 Algılama adımları (URL1)

Uzaktan algılama yöntemleri ve kullanım alanları detaylı olarak devamında açıklanmaktadır.

2.2 UZAKTAN ALGILAMA İLE MEŞCERE ÜRETİM OLANAKLARI

Hem orman amenajmanı, hem silvikültürel çalışmalarda meşcere tespiti önemli bir yer almaktadır (Saatçioğlu 1976, Zimble 2003). Meşcere tespitinde uzun yıllar boyunca yapılan çalışmalarda karşılaşılan sorunların ele alınması ve çözülmesi gerekmiştir.

Meşcere; ağaç türü ve kombinasyonu, kuruluş şekli, büyüme, yaş gibi özelliklerin bazıları ya da hepsi ile çevresinden belirgin olarak ayrılan ve büyüklüğü en az bir hektara tekabül eden orman parçasına denir (Saatçioğlu 1976, Anonim 2008). Meşcere orman çalışmalarının kolaylaştırılması adına kullanılan bir kavramdır.

Ülkemizde geçmişten günümüze içinde meşcere tespitini de barındıran ormancılık faaliyetlerine örnek olarak, envanterin klasik yöntemler ile belirlenmesi, hava fotoğraflarının kullanılması, uydu görüntülerinin analizi, RADAR kullanımı ve son yıllarda LİDAR tekniği kullanımı verilebilir. Ülkemizde 1955 ile 1962 yılları arasında, envanter metodlarının modernize edilmesi nedeni ile hava fotoğrafları kullanımı gündeme gelmiş, fakat bazı teknik eksiklikler olması sebebi ile hayata geçirilememiştir. Fakat 1963 yılı sonrasında bu fotoğrafların kullanılmasına çok daha etkin bir biçimde geçilmiştir (Eraslan 1985).

Klasik envanter çalışmasında kullanılan yöntemlerde meşcere alanında bulunan bir ağaç kütlelerinde önce ağaç kökünden sonra ağacın en üst noktasından alınan doğrultuların arasında kalan açı ile yükseklik belirlenmekte, ve farklı noktalardan alınan benzer verilerle bir alan oluşturularak meşcere alanı kabaca hesaplanmaktaydı. Sonrasında teknolojinin gelişmesi ile görüntülerin bindirilmesi ve referans noktalar yardımı ile bir sonuç ürün elde edilmeye başlanmıştır. Ancak yine de elde edilen sonuç tam anlamıyla meşcere alanının kütlesi ile ilgili sağlıklı bilgi vermemekteydi.

Özellikle 1991'den sonra, meşcere tespiti kızıl ötesi hava fotoğraflarının daha etkin olarak kullanılmasına geçildikten sonra fazlasıyla kolaylaşmıştır. Kızıl ötesi fotoğraflar ayırt edici bilgiler sunmaktadır. Zaman ilerledikçe, meşcere tiplerinin ve meşcere parametrelerinin belirlenmesi gibi işlemlerin kolaylaşması ve amacı ile farklı spektral bant aralıklarına sahip

uydu görüntülerinden faydalanması oldukça etkin hale gelmiştir (Günlü 2013). Uydu görüntüleri veriye ulaşma anlamında da oldukça kolaylık sağlamıştır.

UA verisi ve tekniği kullanılması, orman envanter çalışmaları esnasında iş yükünü minimize etmek ve maliyeti düşürmek açısından oldukça avantajlıdır (Sivrikaya 2011, Yeşil 2002).

Uzaktan algılama verileri kullanılmadan önceki çalışmalarda zaman ve insan gücü kullanımının maliyeti artırmasında önemli rol oynadığı söylenebilir.

Meşcere tiplerinin UA teknolojisi kullanılarak belirlenmesinde spektral özelliklerden yararlanılmasının yanında, doku özelliklerinden de yararlandığı görülmektedir. Lennartz ve Congalton, (2004) ile Kim vd. (2009), buna dair yaptıkları çalışmalarında doku analizinin yapılması ile, meşcere sınıflandırmasında toplam doğruluğun arttığını saptamışlardır.

Bir başka çalışmada ise Özdemir ve Karnieli, (2011), uydu görüntüsünden elde edilen doku ölçütleri ve gövde hacmi, ağaç yapısı gibi ormanın yapısal parametrelerinin arasındaki ilişkiyi korelasyon analizi yaparak incelemişler ve bu yapısal parametrelerin tahmin edilmesi ve haritalanmasında doku özelliklerinin kullanılması için yeterli bir ilişki ve elle tutulur bir doğruluğun gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Bahsi geçen ve bunlara benzeyen çalışmalar incelendiğinde, uzaktan algılama tekniğinin kullanılmasının meşcerenin tespit edilmesi ve parametrelerinin hesaplanması açısından oldukça etkin bir yöntem olduğu görülmektedir. Hem zaman hem de maliyet açısından kullanışlı oluşu UA tekniğini ormancılıkta oldukça öne çıkarmaktadır.

2.3 KULLANIM ALANLARI

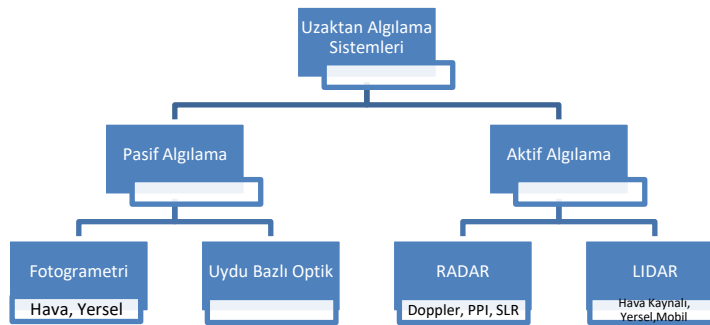
Gün geçtikçe adından söz ettirerek sürekli gelişmeye devam eden UA biliminin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu kullanım alanları çok kapsamlı olmalarının yanı sıra genel başlıklar altında Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Uzaktan algılamanın kullanım alanları

| Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları | |
|---------------------------------------|--|
| Haritacılık Uygulamaları | Orto görüntülerin üretilmesi, Sayısal arazi modellerinin üretilmesi, Yer küre üzerindeki deformasyonların izlenmesi, Topografik harita üretimi |
| Hidrolojik Uygulamalar | Deniz, göl ve akarsu kirliliği inceleme, Su kaynakları yönetimi, Su kalitesi analizi, Sel haritası ve izleme, Gemi atıkları izleme, Sel haritalaması ve izlenmesi, Nehir yataklarının izlenmesi |
| Jeolojik Uygulamalar | Petrol aramaları, Çevresel jeoloji, Jeotermal enerji araştırmaları, Fay hatlarının ve kırıkların haritalanması, Deprem araştırmaları, Maden ve yer küre kaynaklarının araştırılması |
| Ormanlık Uygulamaları | Orman yangını izleme, Orman gelişimi yönetimi, Orman bitki örtüsünün araştırılıp haritalanması, Orman türlerinin belirlenmesi ve haritalanması, Ormansızlaşma ve çölleşmenin izlenmesi |
| Tarım Uygulamaları | Tarımsal alan yönetimi, Tarım ürünlerinin rekolte tayini, Ürün cinsinin belirlenmesi, Tarım faaliyetlerinin düzenlenmesi, Toprak türünün belirlenmesi, Sulama planlanması ve izlenmesi, Organik Ve inorganik maddelerin belirlenmesi |
| Diğer Uygulamalar | Meteoroloji, Ulaşım planlaması, Turizm, Afet ve kriz yönetimi, Savunma ve güvenlik, Çevre planlaması, Kentsel ve bölgesel planlama, Arkeoloji |

2.3.1 Algılama Sistemleri

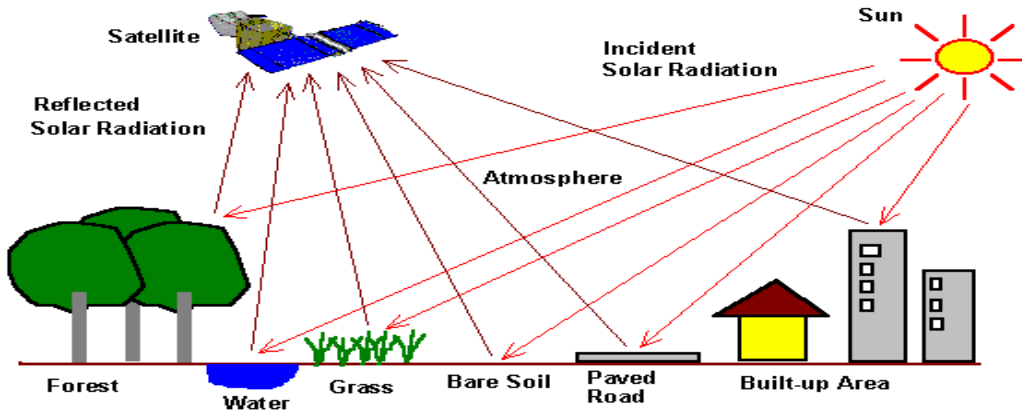
Algılama sistemleri, kullanılan enerjinin kaynağına göre sınıflandırılır ve pasif ve aktif algılama olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Uzaktan algılamada kullanılan bu sistemler, alt sistem ilişkileri ile birlikte Şekil 2.2 de verilmiştir.



Şekil 2.2 Uzaktan algılama sistemleri

2.3.2 Pasif Uzaktan Algılama

Pasif algılayıcılar, kendi enerji kaynaklarından enerji yaymayan, güneş enerjisi gibi doğal kaynaklı elektromanyetik enerjinin yansıtımını algılayan optik, ısı ve mikrodalga algılayıcılar olarak tanımlanır. Şekil 2.3'te bu algılayıcılar tarafından algılanan güneşten alınan enerjinin yansıtılma örneği görülmektedir. Pasif algılayıcılar, hava koşullarına bağımlıdır. Bir enerji kaynağına gerek duydukları için, hava koşulları kötü ya da karanlık olduğunda bu algılayıcılardan alınan görüntüler kullanışlı değildir. Uydu veya hava kaynaklı platformlara entegre optik sensörlerin kullanılması yoluyla gerçekleştirilir.



Şekil 2.3 Pasif uzaktan algılama sistemleri (URL 2).

2.3.3 Aktif Uzaktan Algılama

Aktif Sistemler kendi ürettikleri enerji kaynaklarını kullanırlar. Yapay bir enerji kaynağı tarafından üretilen elektromanyetik dalga sinyallerini hedefe yollar ve enerjinin hedeften saçılımını algırlar. Başka bir deyişle cisme gönderdikleri sinyalin yansıması sonucu cisim hakkında bilgi toplarlar. Aktif algılayıcılar, herhangi bir doğal enerji kaynağına bağımlı olmadıklarından hava koşullarından etkilenmezler. Gece-gündüz algılama yapabilirler. Aktif algılama iki tür sisteme ayrılır. Bunlar Radyo Sinyali Algılama ve Mesafe Tayin (RADAR) sistemi ve Işık Algılama ve Mesafe Tayin (LIDAR) sistemidir. Bu çalışmada LIDAR tekniği ele alınmış olduğundan Yersel ve Hava Kaynaklı olarak sistemlerden bahsedilecektir.

2.3.1.1 Yersel Lazer Tarama

Lazer tarama tekniği, yapay ve doğal nesnelerin topoğrafya üzerindeki 3B konum verisinin elde edilebildiği aktif uzaktan algılama sistemidir. Yersel lazer tarama genellikle kısa sürelerde binlerce noktayla bulunduğu konumun belirli mesafedeki çevresini tasfir edebilme özelliğine sahip motorize bir total station olarak tanımlanmaktadır (Safkan vd. 2014).

Nokta bulutu verilerinin işlenmesi sonucunda konum verileri, 2B ve 3B çizimler, animasyonlar ve katı modeller gibi ürünler elde etmek mümkündür. 3B modeller yardımıyla algılanan nesnelere ait birçok görsel veri de elde edebiliriz (Altuntaş ve Yıldız 2008).

Yersel lazer tarama teknolojisi barındırdığı aletler baz alındığında, kontrol ünitesi, tarama ünitesi (tarayıcı), bağlantı ünitesi ve tripod (üç ayak) ve batarya (güç kaynağı) bileşenlerinden oluşmaktadır.



Şekil 2.4 Yersel lazer tarayıcı sistem örneği (URL 3)

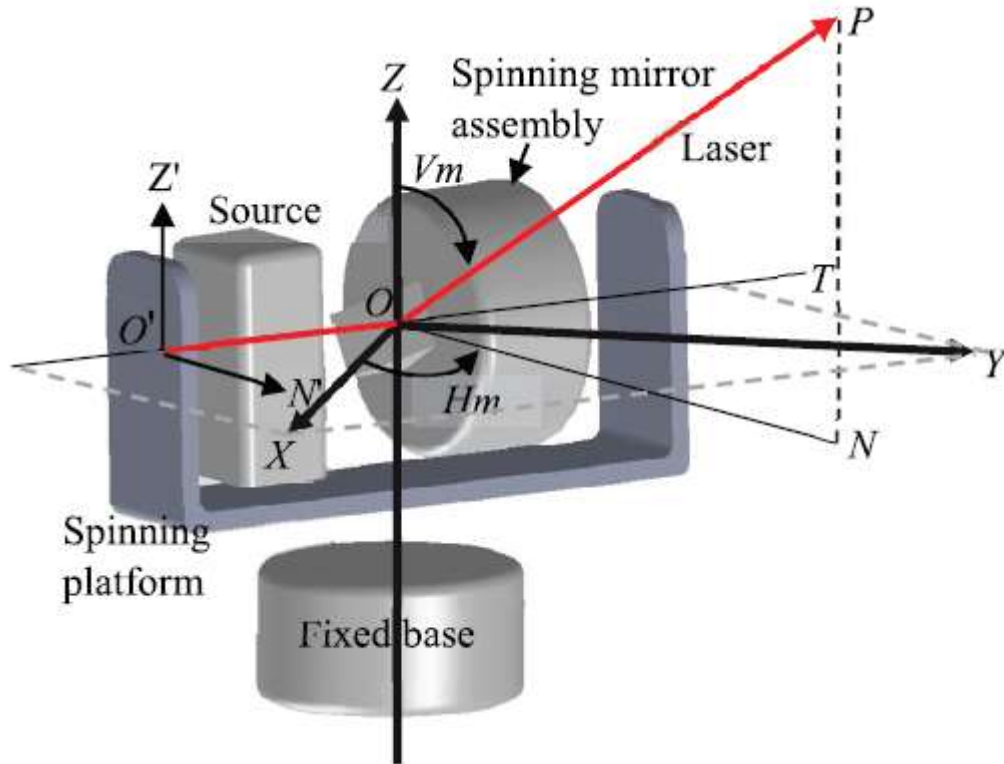
TLS teknolojisinde tarayıcı başlığı; mesafe ölçme sistemi ile Lazer ışını saptırma ünitesi olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır (Karşıdağ 2011).

Algılama sistemi tarafından sistemin kendi lokal koordinat sisteminde ölçülen noktalar algılayıcıya dahil harici bir hafızada depolanmaktadır. Bu kutupsal sistemde X , Y , Z nokta bulutu koordinatlarını, P lazer tarayıcı ve ölçülen nokta arası eğik mesafeyi, r mesafeyi, F algılayıcının ayna dönüşü açısını ve a algılama esnasında tarayıcının açısını ifade etmektedir. Burada kutupsal koordinat sistemi aşağıdaki denklem adımları kullanılarak kartezyen koordinat sistemine dönüştürülür.

$$X = r \cdot \sin F \cdot \cos a$$

$$Y = r \cdot \sin F \cdot \sin a$$

$$Z = r \cdot \cos F$$



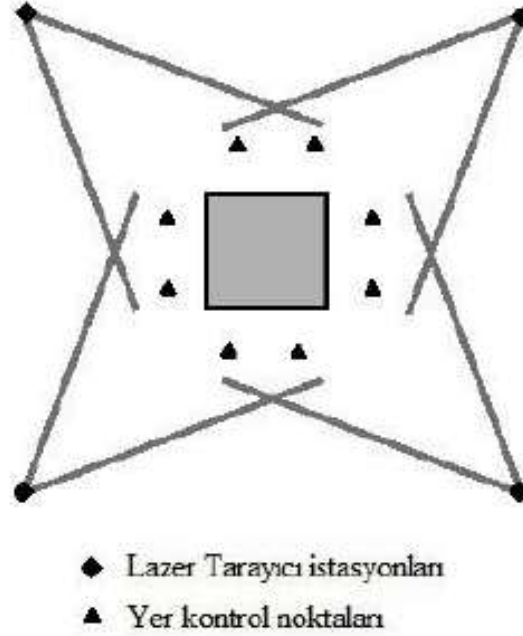
Şekil 2.5 Yersel Lazer algılayıcısının lokal koordinat sistemi (Muralikrishnan vd. 2015).

Yersel lazer ölçmelerinde, alet ile ölçülen nokta arası mesafe, temel büyüklüktür. Burada mesafe ölçümü için çeşitli teknikler kullanılır. Bu teknikler üçgenleme, faz farkı ölçüm metodu ve ışının gidiş-dönüş zamanı ölçüm metodudur.

Üçgenleme ile ölçüm yapan tarayıcılar, aletin bir ucundan nesneye doğru, farklı açı ve lazer noktaları algılama yeteneğine sahip CCD kameralar ile lazer ışını yollar. Nesnenin 3 boyutlu konumu üçgenleme ile elde edilir. Günümüzde oyun konsolları (Xbox Kinect) ve endüstriyel tarayıcılar da (Sick) sıklıkla kullanılmaktadır.

Yersel lazer taramada kullanılan bir çok tarayıcıda dijital kameralar bulunur ve bu kameralar sayesinde objelere ait renkli nokta bulutları elde edilmesi mümkün olmuştur. Bu da nesnelerin seçimi açısından kolaylık sağlamaktadır.

Faz farkı ölçüm metodunda ise hesaplama, uygun dalgaboyuna ayarlanmış olan tarayıcının gönderdiği sinyal ve aldığı sinyal arasındaki faz farkının kullanılması ile yapılır. Lazer ışınının gidiş geliş süresi, basit yol-mesafe prensibine dayanmaktadır. Işının nesneye gönderilip alınma süresinin yarısı sinyal hızı ile birlikte mesafe ölçümünü tayin eder.



Şekil 2.6 YLT ve Yer kontrol noktalarının (YKN) konumu

Yeryüzünde geniş yer kaplayan bir nesnenin tamamının taranabilmesi, değişik açılardan tarama yoluyla mümkün olur (Şekil 2.6). Yapılan bu taramaların yüksek doğrulukla birleştirilebilmesi, istasyonların bindirmelerine bağlı oluşturulmaktadır. Jeodezik hesaplarla algılayıcının konumu tesis edilir. Eğer algılayıcı konumunun yanında algılanan nesnelerin yöneltme açıları ve mesafe bilinirse, algılanan nesnelerin doğrudan konumlandırılması mümkün olmaktadır. Bu nesnelere ait koordinat hassasiyetleri, algılayıcının konumunun

belirlenmesindeki doğruluk ve algılayıcıya ait yöneltme bilinmeyenlerini tespit eden entegre doğruluğu ile ilişkilidir. Şayet algılayıcının istasyon koordinatları ve yöneltme doğrultuları bilinmezse; nesnelere ait lokal olarak oluşturulan nokta bulutu kümeleri birleştirilip, yer kontrol noktaları (YKN) yardımı ile dolaylı olarak hesaplanır. Bu işlemde yer kontrol noktaları referans olarak kabul edilir ve doğruluğu artırır.

2.3.1.2 Hava Kaynaklı Lazer Tarama (LIDAR)

Hava Kaynaklı Lazer Tarama (ALS) olarak da adlandırılan LIDAR, RADAR'dan farklı olarak radyo dalgalarının yerine, lazer atımlarını kullanır. LIDAR'da sonuç ürün olarak ham X, Y ve Z koordinatları elde edilir. LİDAR teknolojisi aslında 1980'lerden bu yana kullanılmasına rağmen günümüzde geomatik uygulamalar için kullanılır hale gelmiştir (Vosselman and Mass 2010). Üç tür LIDAR mevcuttur (Atalay 2017).

*Diferansiyel Emilim LIDAR (DIAL): Bu LIDAR türü atmosferde var olan aerosollerini inceleme maksatlı kullanılır ve çoğunlukla yerseldir (Atalay 2017).

*Doppler LIDAR: Bu LIDAR çeşidi hareket eden nesnelere hızını ölçme amaçlı kullanılır (Atalay 2017).

*LIDAR Altimetrisi: Bu LIDAR türü kaynak ile bir noktanın mesafesini ölçme sebebiyle kullanılıp, genellikle hava platformları kullanılarak topoğrafyayı haritalamak için kullanılır (Atalay 2017).

Bu çalışmada kullanılan teknik LIDAR Altimetrisidir. Bir verici ve alıcıdan oluşan güçlü bir lazer sensörü kullanır. Jeodezik kalitede Küresel Konumlama Sistemi (GNSS) alıcısı ve Atalet Seyrüsefer Sistemi (INS) ya da Atalet Ölçüm Birimi (IMU) olarak adlandırılan ek donanımları vardır. Lazer sensörü (Şekil 2.7) insansız hava aracının altına hassas şekilde monte edilmiştir. Sensörün lazer ışınının pulslarını gönderip alması sayesinde topoğrafya ile arasında kalan mesafe ölçülebilmektedir.



Şekil 2.7 Hava kaynaklı lazer tarama (URL4)

Topoğrafik uygulamalarda lazer tarayıcılar genellikle yakın kızılötesi bölgede yani 0,8 µm ila 1,5 µm aralığında alım yaparlar. Dolayısıyla aktif bir sistem olduklarından günün her saati çalışabilmektedirler. HKLT sistemlerinde şerit halinde lazer pulsları oluşturmak için tarama aynası kullanılmaktadır ve bu aynaların açısına göre şerit genişliği değişir. Sistemde nokta yoğunluğu uçağın ve tarama aynasının dönüş hızlarına bağlıdır. Tarayıcı ile cisim üzerinde bulunan noktalar arasındaki uzaklık kuvvetli bir şekilde demetlenmiş lazer ışınları yardımı ile Denklem 2.1 de gösterildiği gibi bir sinyalin gidiş/dönüşü arasında geçen süre baz alınarak hesaplanmaktadır.

$$R = c \frac{t}{2} \quad (2.1)$$

Algılayıcı ünitenin hassas konumu ve yüksekliği, eş-anlık tarama aynasının açısı ve toplanan mesafe bilgileriyle birlikte yerde bulunan noktaların üç boyutlu konumları hesaplanır.

LIDAR da iş akışı 3 temel aşamadan oluşmaktadır.

1. Veri Toplama: Bu esnada algılayıcılar sürekli olarak konum ve yükseklik bilgisini toplamaktadır. Uçağın konumu diferansiyel GPS ünitesi tarafından belirlenir. Bu ünite gövde ile bütünleşiktir. Uçağın duruşu bütünleşik ataletsel ölçme birimi ile roll, pitch, ve yaw eksenlerinde ölçülmektedir. Veriyi işleme, düzeltme ve kalibrasyon için gerekli bütün veriler GPS zamanı ile kayıt edilmektedir (Atalay 2017).

2. Nokta Bulutu Sınıflandırması ve Yüzey Çıkarımı: Lazer tarama nokta bulutları sınıflandırmak için kullanılan yöntemler; yükseklik farkı, eğim tabanlı (slope based),

morfolojik ve çoklu ölçekleme (multi-scale) olarak ayrılabilir. Bunlardan en fazla kullanılan yöntemlerden “eğim tabanlı” kategorisinde yer alan algoritmalara örnek olarak Peter Axelsson’un 1999 yılında ürettiği “Axelsson algoritması”, ve Vosselman’ın 2000 yılında ürettiği “Vosselman algoritması” ndan bahsedilebilir. Axelsson algoritmasına göre sınıflandırma, kullanıcının tanımladığı eğim eşiği ve minimum mesafe gibi parametrelere bağlıdır (Axelsson 1999). Vosselman (2000) ise yükseklik farkını esas alarak filtreleme methodu üretmiştir. Bu methodda, iki nokta arasında ölçülen kabul edilebilir yükseklik farkı, noktalar arası mesafe fonksiyonu olarak tanımlanır. Kraus ve Pfeifer algoritması (1998) da yükseklik farkından yararlanılma yoluyla nokta bulutu geliştirilmiş bir başka yaklaşımdır. Bu algoritmada lidar nokta verilerini sınıflandırma amacıyla noktaların, yüzeyde olan ve olmayan noktalar olarak ayrılarak enterpolasyon ve filtreleme yöntemi üretilmiştir (Kraus ve Pfeifer, 1998). Enterpolasyon ve filtreleme yoğun nokta bulutlarında ihtiyaç duyulan eliminasyon ve buna bağlı yüksek doğruluk elde edilmesi için oldukça önemlidir.

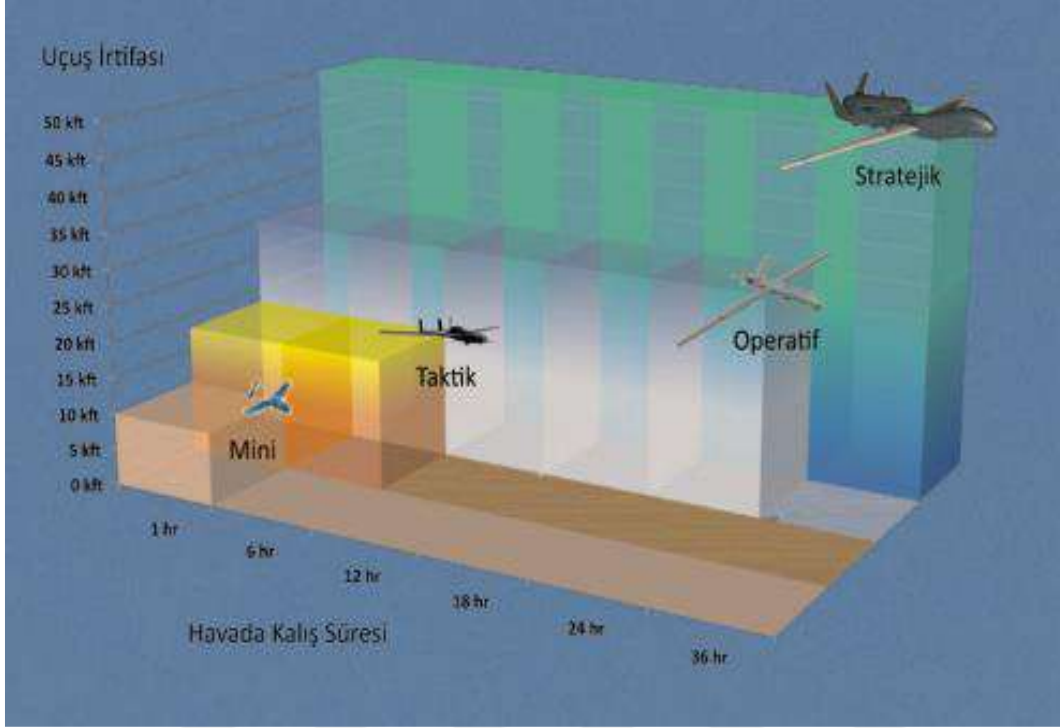
3.3B Görüntüleme: Hava Kaynaklı Lazer Tarama nokta bulutu oluşturularak, verilerin görselleştirilmesi ve buna bağlı olarak alanın farklı dış görünüş tasvirleri irdelenebilmektedir. 3 Boyut, aynı zamanda görsel olarak öznelik çıkarımını göstermektedir. Görselleştirmenin elde edilmesini sağlayan bir çok yazılım mevcuttur.

2.4 İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA)

İHA’lar, içinde herhangi bir canlı bulunmadan, uçabilen araçlar olup, yarı otomatik ya da otomatik şekilde devamlı uçabilme özelliği olan araçlardır (Saripalli 2003). İHA’larda bütünleşik olarak bulunan ve yer ile irtibatı sağlayan otomasyon sistemlerine İnsansız Hava Aracı Sistemleri denilmektedir. İnsansız hava aracı kullanımı ilk olarak I. Dünya Savaşı sıralarında askeri amaçlar için kullanılmak üzere ortaya çıkmıştır. Askeri amaçların yanında haritalama işlemleri için de kullanılmaya başlanmıştır (Remondino ve et al. 2011). Haritacılık amaçlı olarak gerçekleştirilen ve ilk sivil çalışma niteliği taşıyan uygulamayı Przybilla ve Wester-Ebbinghaus (1979) yapmıştır.

İnsansız Hava Araçları farklı sınıflandırmalara tabi tutulmuştur. Bu sınıflandırmalar havada kalma süresi, aracın ağırlığı, ne kadar yükselebildiği ve kullanıldıkları alanlara göre değişmektedir. Genelde sınıflandırma yapılırken havada kalış süresi ile uçuş irtifası

ilişkilendirilir. İnsansız Hava Araçları *Mini*, *Taktik*, *Stratejik* ve *Operatif* olarak 4 gruba ayrılarak sınıflandırılmıştır (Haser 2010) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Havada kalışlarına göre İHA'ların sınıflandırılması (Haser 2010)

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile İHA'lar; askeri uygulamalardan doğanın incelenmesine, arkeolojik araştırmalardan heyelan incelemelerine, radyasyon seviyesi belirlemeden deformasyon analizine, uluslararası sınır kontrolünden orman yangın tespitine ve yerkürenin haritalanması işleminden 3B şehir modelleme işlemine kadar bir çok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Okuyama et al. 2005, Ollero et al. 2006, Niethammer et al. 2011, Chang-chun et al. 2011, Chiabrando et al. 2011, Xiang and Tian 2011, Xiaofeng et al. 2012, Mozas-Calvache et al. 2012, Malet and Bogaard 2012, Yılmaz vd. 2013).

Lidar entegrasyonuna konu olan İnsansız Hava Araçları sivil amaçlar için kullanılmakta olup, bir çok alt branş için tercih edilmektedir. Jeolojik, meteorolojik, topografik gözlemler amacı ile kullanılan İHA'lar, Çevresel ve ekolojik takip amacıyla kullanılan, 3B katı modelleme, röleve çıkarımı, kentsel modelleme, belediyecilik ve coğrafi bilgi sistemleri altlıkları için kullanılan, endüstriyel belgeleme takip amaçlı kullanılan ve tehlikeli bölgelerin haritalanması amacıyla kullanılan İHA'lar vb. birçok alanda İHA'lar Lidar ile entegre olarak kullanılabilir.

Bu doğrultuda İHA kullanımı insanların bilgi elde etme ve analiz yapma gibi konularda hızlanmasına yardımcı olmuştur. Alınan sonuç ürünler yardımı ile haritacılık faaliyeti gösteren insanlar oturdukları yerden gözlem ve yorumlama yapabilir duruma gelmişlerdir.

İHA ve İHAS'lar son zamanlarda akademide ve ticari işlerde objelere ait coğrafi veri elde etme sebebiyle kullanılmaya başlanmıştır. Elde edilen bu veriler, belirli bir koordinat sisteminde, projeksiyon ve datum bilgisi olan mekânsal bilgileri içeren verilerdir. Bunlar uzaktan algılama ya da doğrudan ölçüm yöntemleriyle elde edilen verilerdir (Marshall et al. 2011). Bahse konu verilerin temini için insansız hava aracı sistemleri kullanımı açısından en fazla gelişmeyi uzaktan algılama çalışmaları göstermiştir (Everaerts 2008, Marshall et al. 2011, Chao and Chen 2012).

UA'da sağlanan mekansal veriler sayesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerine altlık oluşturmak daha kolay hale gelmiştir. Oluşturulan bu altlıklar sayesinde ülkemizde belediyeçilikten kamudaki diğer çalışmalara, özel sektör haritacılığına kadar bir çok iş alanında bilgiye kolay ulaşma yolu açılmıştır.

UA çalışmalarında herhangi bir fiziksel temas söz konusu değildir. Bu şekilde temas olmadan yayılan elektromanyetik enerji kaydedilerek işlenir ve analiz edilir. Çalışma prensibinde temas olmadan yansıma ve yayılma özelliği taşıyan elektromanyetik enerjinin kaydedilmesi ile kaydedilen verinin analiz edilme ve aşamalarını içermektedir. Algılayıcının yüzeyden yayılan enerjiyi kaydetmesi için durağan bir platform üzerine sabitlenmesi gerekmektedir. Algılayıcılara entegre platformlar, yer yüzeyine, zeplin, balon, uçak, İHA vb. uçuş kabiliyetine sahip araçların üzerine ya da uzay gemisi, uydu gibi araçlara yerleştirilebilmektedir (CCRS 2013). Yani görüldüğü gibi platformlar sabit ya da hareketli bir çok algılayıcı ile birlikte kullanılabilir. Bu da haritacılık anlamında kolaylaştırıcılık yaratmıştır.

UA çalışmalarında algılayıcı sistemlerin insansız hava aracı sistemleri yardımıyla kullanılması, veri toplanması aşamasında düşük maliyetle yüksek doğruluklu veri elde edilmesi olanağı yaratmaktadır (Wings et al. 2014). Bunun yanı sıra uçak, helikopter vb. havadan veri alımı ile kıyaslandığında insansız hava araçları daha yüksek manevra kabiliyetleri ile ön plana çıkmaktadırlar (Coifman et al. 2004). Bu yüzden İHA'lar kullanıcıya zaman kazandırmaktadır. Buradan İHA kullanımı ile fazla efor sarf etmeden bir uzaktan

kumanda ile işlem yaparcasına daha yüksek doğruluk elde etmenin daha hızlı ve kolay hale geldiği görülmektedir.

İHA kullanılarak elde edilen verilerle uydu görüntülerinden elde edilen veriler kıyaslandığında, İHA verileri uydu görüntülerine nazaran ön plana çıkmaktadır. Uydu görüntülerinin bir çok çalışmada kullanılmaya devam etmesine rağmen, uydu verilerinden elde edilen çözünürlüğün insansız hava araçları verilerinden elde edilen çözünürlük değerlerine hassasiyet anlamında ulaşamadığı görülmektedir. Buna karşın uydu görüntülerinde daha geniş alanlar taranabilirken, İHA teknolojisi ile daha dar alanlar taranmaktadır (Yılmaz vd. 2013). Uydu görüntüleri zaman ve mesafe anlamında ön plana çıkmasına rağmen, hassasiyet sebebiyle İHA teknolojisi harita üretiminde ön plana çıkmaktadır.

İHA kullanımıyla sağlanan veriler fotogrametrik değerlendirmeye tabi tutulduğunda sayısal yükseklik modelleri elde edilmektedir. Bu SYM'ler, raster veya nokta bulutu şeklinde oluşturularak ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilirler. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), içinde topografyanın herhangi bir bölümüne ilişkin konum ve yükseklik bilgisi barındıran, o araziye tüm detaylarıyla yansıtan 3B sayısal bir model olarak tanımlanır. Topoğrafyada ağaç, orman, bina gibi detayları içermeyen, yalnızca yeryüzünü çıplak bir şekilde yansıtan modellere ise Sayısal Arazi Modeli (SAM) denilmektedir (Yurtseven 2008).

Yüksekliği belli olan noktadan alınan fotoğrafların, fotogrametrik yöntemler yardımı ile bindirmeler yapıldığında üç boyutlu değerlendirilmesi mümkündür. Bu sayede topoğrafya üzerindeki nesnelerin bir takım özelliklerine ulaşılabilir. Bahse konu fotogrametrik değerlendirmeler ile harita üretimi yersel ölçmelere oranla belirli bir ekonomiklik yaratır ve zaman anlamında çok daha az bir surede kolaylıkla veri edinimi sağlar. Bu sebeple büyük önem taşımaktadır.

Ortofoto haritalar, hava fotoğraflarının doğrultulması ve topoğrafik farklılıklardan kaynaklanan hataların giderilmesi sonucu elde edilmektedir. Bu haritaların bünyelerinde araziye ait bir görüntüye de sahip olmalarından kaynaklı yersel ölçmelerle elde edilen çizgisel haritalara kıyasla daha fazla bilgiye ulaşılması mümkündür. Bu haritalara ek olarak fotogrametrik yöntemler kullanılarak yüksek hassasiyette eşyükselti eğrili haritalar, SAM

üretimi, bina ve yol gibi yapıların yapımı ve doğal karakteristiklerin tematik ya da çizgisel haritalar şeklinde üretilmesi mümkündür (Yurtseven 2008).

Fotogrametrinin yersel ölçmelere göre haritacılık anlamında iş yükünü bu kadar azaltması ve görsel detayı artırmasının kıyaslandığı bu açıklama göz önünde bulundurulduğunda, LİDAR tekniği buna ek olarak yarattığı yüksek doğruluk sayesinde günümüz haritacılığında sorunların çözümü ve başarının artırılması konusunda oldukça önemlidir.

İHA çalışmalarında bazı firmalar çeşitli İHA'lar üretmiş ve bazı çalışmalar yapmıştır. Yellowscan firması Yellowscan Surveyor İHA ile piyasaya girmiş ve bu model için hassasiyet 4 cm, mutlak doğruluk 5 cm olarak belirtilmiştir. Bataryası dahil ağırlığı 1.6 kg olan cihazın uçuş süresi ise yaklaşık 2 saattir. Bu alet Lüksemburg Belçika arasında ormanlık alanın arkeolojik kazılarında denenmiştir. Yapılan uçuşlar sonrasında bitki örtüsü çıkarımı, sayısal yüzey modeli üretimi, sayısal arazi modeli üretimi ve arkeolojik kalıntı çıkartımı gibi çalışmaların başarılı şekilde yapıldığı görülmüştür.

Başka bir entegre sistem ise Riegl firmasına ait olan RiCopter ürünüdür. Bu ürün 150m-750m aralığında 5-25mm mutlak doğruluk aralığında veri üretebilmektedir. Boyut ve ağırlık olarak genelde aynı olan bu ürünün farklı versiyonları, atım sayısı ve tarama açısı olarak farklılık göstermektedir. Riegl RiCopter ürünüyle yapılan orman envanter çalışması başarılı sonuçlar vermiştir.

Bahsi geçen ürünler dışında piyasada bir çok ürün bulunmaktadır. Bu ürünleri gösteren Çizelge 2.2'deki bilgiler firmaların kendi açıkladıkları ürün bilgileridir.

Çizelge 2.2 İHA ürünlerinin bazı teknik özellikleri

| Riegl Ricopter | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
|--------------------------------------|-------------|-------------------------|----------------|-------------|-------------------|---------|
| VUX-1 | 10mm | 305m | 500.000 | 330° | 227x180x125 mm | 3,6 kg |
| VUX-1 HA | 5mm | 150m | 1.000.000 | 355° | 227x180x125 mm | 3,5 kg |
| VUX-1 LR | 15mm | 530m | 750.000 | 330° | 227x180x125 mm | 3,5 kg |
| VUX-SYS | 10mm | 305m | 350.000 | 230° | 227x180x125 mm | 3,6 kg |
| VQ-480-U | 25mm | 750m | 275.000 | 60° | 350x190x190 mm | 7,5 kg |
| YellowScan | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
| YellowScan Surveyor | 4cm | 100m | 300.000 | 270° | 100 x 150 x 140mm | 1,6 kg |
| YellowScan Mapper | 10cm | 150m | 40.000 | 270° | 172 x 206 x 147mm | 2,1 kg |
| UAV LidarPod | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
| UAV LidarPod | 10mm | kullanılan uav'ye bağlı | 700.000 | bilgi eksik | bilgi eksik | 2,5kg |
| XACTENSE | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
| MAX-8 Utility UAV v1.2 | 2 cm | 120m | 1.300.000 | 30° | 203mm x 284mm | 15 kg |
| Phoenix Lidar System | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
| Scout Series | 55mm | 50m | 300.000 | 360° | 160 x 116 x 116mm | 1,6 kg |
| Alpha AL3-16 | 35mm | 50m | 300.000 | 360° | 150 x 140 x 240mm | 2,5 kg |
| Alpha Series AL3-32 | 25mm | 107m | 700.000 | 360° | 290 x 140 x 220mm | 3,2 kg |
| Ranger Series | 5mm | 1350m | 750.000 | 360° | 308 x 180 x 129mm | 5,3 kg |
| LeddarTech | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
| Vu8 Lidar Sensor | bilgi eksik | 215m | 480.000 | 140° | bilgi eksik | 75 gr |
| Leica Geosystems Lidar Sensors | doğruluk | uzaklık | atım sayısı | açı | boyut | ağırlık |
| Leica DragonEye Oblique LIDAR Sensor | 2.5cm | 1600m | m2'ye 16 nokta | 20° | 560 x 500 x 632mm | 37 kg |

2.4.1 İHA Verilerinin Ormancılıkta Kullanımı

Uzaktan algılama çalışmalarına esas olarak kullanılmak üzere geçmişte balonlar, güvercinler, uçurtmalar, zeplinler, uçaklar ve uydular kullanılmış, gelişen teknoloji ile bu platformlara son yıllarda İnsansız Hava Araçları da eklenmiştir.

İnsansız Hava Aracı (İHA), planlanan bir uçuşa bağlı olarak otomatik ya da yarı otomatik olarak hareket edebilen ya da araç içinde bulunmayan yerdeki bir pilot tarafından uzaktan kumanda yardımıyla uçurulan bir araçtır.

Kullanım amaçlarına göre çeşitli ebat, şekil ve karakterlerde olan İHA platformları, taşıma kapasitesine ve özelliklerine bağlı olarak video, termal ya da kızılötesi kamera sistemleri, multispektral kameralar, LiDAR algılayıcıları ya da bahsi geçen bu teknolojilerin birkaçını birlikte bünyesinde barındıracak şekilde donatılmış olabilir. Bunların dışında barometrik altimetre, navigasyon, uydu sistemi ve pusula sistemlerini de içerebilir. Sistem bu şekilde

entegre ise genelde İnsansız Hava Aracı Sistemi (İHS) olarak adlandırılmaktadır (Aydan vd. 2014).

İHA sistemleri kullanılarak yapılan uçuşlar kısa süreli olmasının yanı sıra sisteme entegre dijital kameralardan elde edilen hava fotoğraflarına ulaşmak oldukça hızlı ve kolaydır. Elde edilen verilerin uygun programlarla işlenmesi sonucu kısa sürede istenilen sonuçlar elde edilmektedir. Ormancılıkta ve doğa korumada İHA birçok uygulamada kullanılabilir. Bu uygulamalar; orman yangını algılama, ihlal ya da suç durumunda yasal kanıt ve kısıtlamalar için gözleme, ormancılık uygulamalarını inceleme ve hasat yerlerini bulma, girilmesinin sakıncalı ve zor olduğu doğal ortamların değişim belirlenmesi ve izlenmesi şeklindedir (Horcher and Visser 2004). Kriz anında İHA kullanımı ile sorunlara çok daha hızlı ulaşılarak çözüme gidilmesi daha kolay olmaktadır. Ormancılık ve doğal alanlarla ilgili yurtdışında İHA'larla yapılan çalışmalardan bazıları sıralanacak olursa;

Orman yangınlarını takip etme ve oluşabilecek yangınlar sonrası durum değerlendirilmesi (Ambrosia et al. 2003, Horcher and Visser 2004) çalışmalarında yangınla ilgili verileri ölçmek için kısa dalga kızılötesi dalga boyları ile veri elde edilmiş ve elde edilen verilerin termal görüntülerle birleştirilmesi ile yangın algılama ve izlemenin daha avantajlı bir hale geldiği görülmüştür.

Bitkilerde biyokütle hesaplanması (Hunt et al. 2005) çalışmasında model uçaklardan elde edilen hava fotoğrafları ile; bitkilerde mahsul biyokütlesinin besin durumunu tahmin etmede düşük maliyetli, yüksek çözünürlüklü dijital fotoğrafçılık değerlendirilmiştir.

Biyokütle miktarı belirlenmek istenen bir meşcerenin bütün biyokütle bileşenlerini ölçmek hem pratik hem de ekonomik olmadığından, bunun yerine birim alan ya da ağaçlara ilişkin biyokütle miktarı örnekleme metodlarıyla tahmin edilmelidir (Alemdağ 1980, Young 1979, Alemdağ 1981, Blankenhorn et al. 1982).

Biyokütle miktarının tahmin edilmesi amacıyla kullanılan klasik yöntemler Birim alan yöntemi, orta ağaç yöntemi ve regresyon yöntemi olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Bu yöntemlerden Birim Alan Yöntemi'nde biyokütle miktarı belirlenmek istenen alandan seçilen örnek alanlarda bulunan tüm ağaçların biyokütle miktarları belirlenerek hektar

değerlerine çevrilmektedir. Orta Ağaç Yöntemi'nde ise örnek alanı temsil eden orta ağaç belirlenerek bu ağaca ilişkin biyokütle miktarı hesaplanıp, örnek alandaki ağaç sayısı ile çarpılarak sonuçlar hektara çevrilmektedir. Bu yöntemlerden tercih edilmezler. Bunun sebebi ilkinin pratik olmayışı, ikincisinin ise doğruluğunun düşük olmasıdır. Regresyon Yöntemi'nde ise ağaçların kök, gövde, dal, yaprak ve kabuklarına ilişkin biyokütle miktarları ayrı birer regresyon modeli kullanılarak, genellikle göğüs çapı veya ağaç boyu ve göğüs çapının fonksiyonu olarak tahmin edilmektedir.

Akdeniz bölgesinde bulunan orman alanlarının irdelenmesi (Dunford et al. 2009), bu çalışmada, 6.8–21.8 cm'lik bir karada, 174 ha'lık bir yüzey araştırması için bir yamaçparaşütü İHA kullanılmıştır. Dunford ve arkadaşları İHA teknolojisinin çok yüksek çözünürlüklü harita ürünleri üretme esnekliğini sağlayabileceği belirtmişlerdir.

Vejetasyon değişimi gözlenmesi uygulaması (Berni 2009) çalışmada ucuz termal ve dar bantlı multispektral görüntüleme sensörleri ile donatılmış helikopter tabanlı bir İHA ile kantitatif uzaktan algılama ürünlerinin üretilebildiği görülmüştür.

Orman yönetimi, yangın algılama ve orman haritalama (Hormigo and Araujo 2013), çalışmada orman yönetim faaliyetlerini desteklemek amacıyla geliştirilen bir mikro-İHA kullanılmış ve ağaç kaplama haritaları, ortofoto mozaikler, ahşap ve mantar hacmi tahmini yapılması üzerine orman karakterizasyonu için kullanılabilen Dijital Yüzey Modelleri belirlenmiştir.

Ağaç yüksekliği ve tepe çapı genişliğinin belirlenmesi (Lisein et al. 2013, Zarco et al. 2014), çalışmasında LİDAR verileri orman envanter verisiyle karşılaştırılmış ve oluşturulan yükseklik modelinin yaprak döken standlar için iyi kalitede olduğu sonucuna varılmıştır.

Arazide meydana gelen zararlarının belirlenmesi işlemi (Pierzchala 2014), çalışması arazinin gördüğü zararların İHA yardımıyla belirlenmesi üzerine yapılmıştır.

Mera alanlarına yönelik sınıflandırma ve değerlendirme işlemleri (Rango et al. 2009; Laliberte et al. 2009, Laliberte et al. 2010), çalışmasında mini-İHA yardımıyla alınan görüntüler değerlendirilmiş ve mevcut İHA teknolojisinin sivil sektör uygulamalarında kullanılabileceği yargısına varılmıştır.

Geniş yapraklı ağaçların bulunduğu ormanlarda devrilmiş ağaçların irdelenmesi işlemi (Inoue et al. 2014), çalışmasında doğu Japonya'da yaprak döken ağaçları incelemek için insansız hava aracı (İHA) 'dan alınan yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları (piksel başına 0.5-1.0 cm) kullanılmıştır. Çalışma sonuçları İHA araştırmalarının orman yapısındaki mekansal ve zamansal varyasyonları izlemeyi ve daha düşük maliyetle çalışmasını mümkün kılacağını göstermektedir.

Kentsel ağaçlara yönelik envanter çalışmasında (Ritter 2014), İHA'ların, uzaktan algılanan veri elde etmek için uygun maliyetli ve güvenilir bir sistem sağlayan kentsel ormancılık için etkili bir araç olduğunu kanıtlamıştır. Söz konusu çalışmada ağaç türleri konusunda yüzde 82 doğruluk elde edilmiştir.

Hassas ormancılıkta, ormancılığın biyolojik, ekolojik, sosyal ve ekonomik bileşenleri için sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla ileri teknoloji ve araçlar kullanılır. Ormanların geniş arazilere sahip olması nedeniyle hassas ormancılıkta, doğruluğu yüksek, tekrarlanabilir, detaylı ve mekansal olarak açık orman envanter karakterizasyonları ile yapısal bilgiler çok önemlidir. Hassas ormancılığın ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayan izleme teknolojisi uzaktan algılamadır. İlk günlerden beri uzaktan algılama, mekansal olarak manzaradaki değişiklikleri açıkça sistematik olarak izlemek için yeni teknolojileri kullanmaktadır. Daha fazla ormanın sadece ahşap ürün gelirlerini değil, aynı zamanda kamu, endüstriyel ve özel arazi sahipleri için çeşitli ekosistem hizmetleri sağlaması beklenen kereste endüstrisinde bu teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Hassas ormancılık uygulamalarında hava lidarı gibi lazer tarama yöntemleri etkili bir şekilde anlatılmıştır, örneğin: orman yüksekliği envanter değerlendirmesinde (Andersen et al. 2006), çoklu kaynak envanteri çalışmalarında (Reutebuch et al. 2005), ekosistem çalışmalarında (Lefsky et al. 2002), ve meşçere değer tahminlerinde (Murphy 2008).

Sulak alanların zamanla değişiminin incelenmesi ve ekolojik değerlendirmeleri (Rafiq 2015) Bu çalışmada Huntington Beach Sulak Alanlarındaki ekolojik ve zamansal değişimleri değerlendirerek Huntington Beach Sulak Alanlarının koruma çabalarını artırmak için spektral tabanlı arazi örtüsü haritalarının oluşturulmasında veri toplama, görüntü işleme ve analizini kapsayan bir İHAS uzaktan algılama metodolojisi sunmaktadır.

Tüm bu çalışmalardan da görüleceği üzere İHA kullanılarak yapılan çalışmalar, tarımsal üretimde üreticiye doğru bilgi sağlanması adına destek olmaktan, tabiata canlı eliyle ya da doğal yollardan gelebilecek zararların önüne geçilmesine kadar çok geniş bir yelpazede insan ve doğa yararına hayat kurtaran sonuçlar elde edilmesine neden olmuştur. Bu yönde çalışmaların yapılmasına devam edilmesi ülkemizde de fazlasıyla ihtiyaç duyulur hale gelmiştir. Bilinçsizce tahrip edilen doğanın kurtarılması ve yaşam alanlarımızın daralmaması adına bu tip çalışmalar oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalar ile orman alanları ve bitki çeşitliliğine yönelik saptamalar, ülkedeki bitki örtüsü çeşitliliği hakkında bilgi vermesi yanında daha fazla korunmasını da sağlamaktadır.

Bunun yanında toprakta oluşan zararların saptanması da tarımsal üretimde oldukça önemlidir. İHA kullanımı ile kriz anlarında acil müdahalenin önü açılmıştır. Olası bir yangına nereden müdahale edileceğinin kestirilmesi kolaylaşmış, yangın sonrasında oluşan kayıp ve zararlara ilişkin sağlıklı veri elde etme olasılığı artmıştır.

2.4.2 İHA Sistemi İş Akışı

Genel olarak işlem süreci aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Platformun mobil hale getirilmesi
2. Veri toplama
3. Veri işleme
4. Bilgi kazanımı
5. Kullanıcılar için veriyi uygun hale getirme (Neitzel and Klonowski 2011).

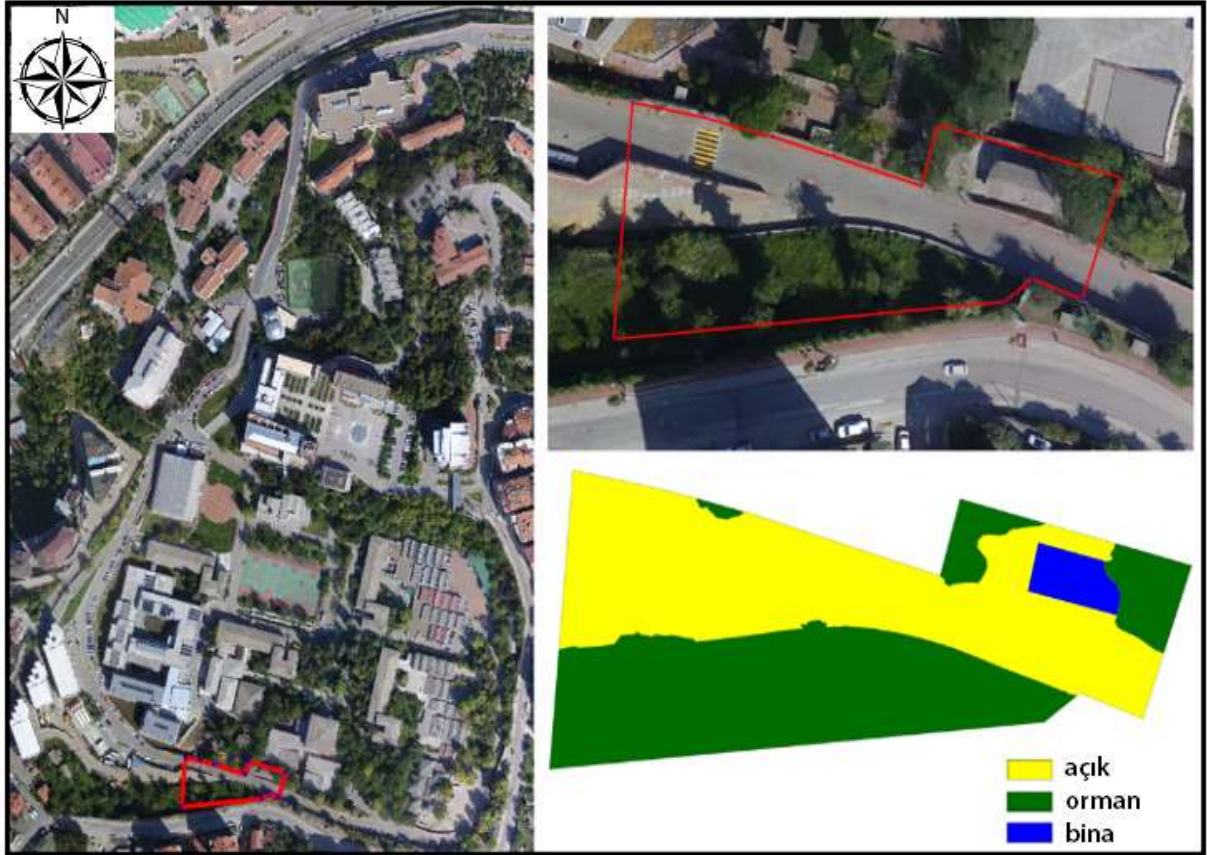
İşlem adımları göz önünde bulundurulduğunda platformun entegre cihazlar ile mobil hale getirilmesi sonrasında uçuş gerçekleştirilir ve veri toplama işlemi başlar. Planlanan belirli bir güzergah ve zaman ile gerçekleşen uçuşun bitimi ile toplanan veriler bazı programlar yardımı ile işlenir ve bilgi kazanımı sağlanmış olur. Elde edilen ham veriler program kullanıcıları tarafından sadeleştirilir ve hataların giderilmesi ile kullanılabilir hale getirilir. Böylece sonuç ürün uygun maliyet ile kısa zamanda kullanıcıya sağlanmış olur.

BÖLÜM 3

ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

3.1 ÇALIŞMA ALANININ KARAKTERİSTİĞİ

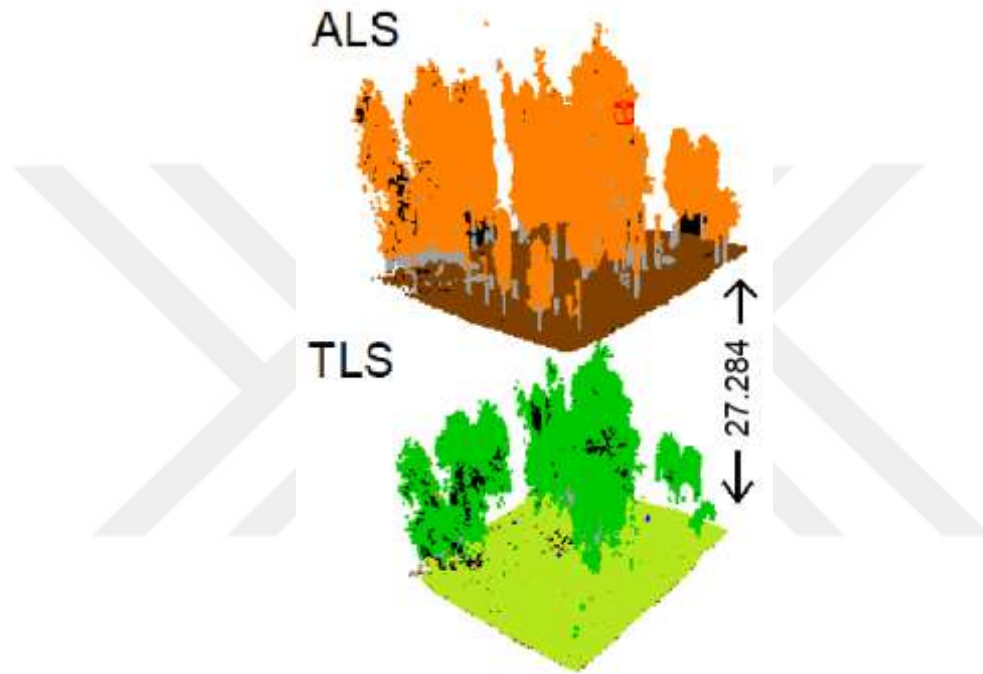
Çalışma alanı Şekil 3.1’de görülebileceği üzere, Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Kampüsü belirlenmiştir. 2200 m² olan test alanında bitki örtüsü, yürüyüş yolu ve bina bulunmaktadır. Verilerin üretiminde ve hesaplanmasında Universal Transverse Mercator (UTM) dilim numarası 3° ve dilim orta meridyeni 33° ITRF koordinat sistemi kullanılmıştır. Ortometrik yükseklik deniz seviyesinden 105 ila 135 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.1 Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Kampüsü üzerinde çalışma alanının konumu

3.2 VERİLER

Lazer tarama verilerinden, orman meşcere yükseklik haritası üretiminin incelendiği bu çalışmada 3B konum bilgisi gerekmektedir. Lazer tarama verileri *.las formatına dönüştürülerek kullanılmıştır. Bu format içeriğinde X,Y,Z koordinatlarının yanı sıra opsiyonel olarak yoğunluk, renk bilgisi ve dönüş bilgisi de içerebilir. Çalışmada kullanılan tarama verilerinde sadece X,Y,Z değerleri bulunmaktadır ve yeterlidir.



Şekil 3.2 Hava Kaynaklı ve Yersel Lazer Taramalar arasındaki ondülasyon farkı

Hava Kaynaklı Lazer Tarama Verisi

Çalışma alanına ait hava kaynaklı lazer tarama verileri 28 Ekim 2017 tarihinde yapılan uçuşla toplanmıştır. Sonuç nokta bulutu oluşturulmuştur. Bölgenin yüksekliği ise ortalama 105-130 m olup lazer tarama hızı 5m/sn'dir. Lidar taramaları Velodyne VLP-16 marka tarayıcıyla gerçekleştirilmiştir. Hava Kaynaklı Lazer tarama verisinde çalışma alanına metrekareye 400 nokta düşmektedir. Çalışma alanının geneli 20 milyondan 1,5 milyona seyreltilmiş nokta bulutu ile modellenmiştir. Dijital Yüzey Modelleri 25 cm aralıklı yaratılmıştır.

Yersel Laser Tarama Verisi

Yersel Laser Tarama nokta bulutları, konumları tam olarak olan harici hedefler kullanılarak çift-frekanslı Küresel Konumlama Uydu Sistemi kullanılarak uzun süreli (> 24 saat) statik ölçmeyle belirlenmiştir. 28 Ekim 2017 tarihinde gerçekleştirilen taramada çalışma alanına düşen nokta sayısı yaklaşık 250 milyondan 11 milyona seyreltilmiştir. Tarama 360° yatayda 360° düşeyde olacak şekilde 20 istasyonla çalışma bölgesini kaplamıştır. Yersel Lazer tarama verisinde metrekareye 10000 nokta düşmektedir. Uygulamada çözünürlük 1 cm'dir.

3.3 ÖLÇÜM ALETLERİ

Bilindiği üzere önceleri bir yersel lazer tarama aleti sabit ve koordinatı bilinen bir nokta üzerine kurulmakta ve tarama işlemi gerçekleştirilmekteydi. Bir tarama tamamlandıktan sonra alet farklı bir gözlem noktasına taşınmakta ve GPS verileri tekrar alınmaktaydı. İşlem yeterli data elde edilene kadar tekrarlanır ve 3 Boyutlu model elde edilirdi. Sonrasında bir bilgisayar destekli çizim yazılım şirketi olan Autodesk literatüre dört farklı Lidar tanımlaması kazandırdı. Sabit yersel lidar (STLS), mobil yersel lidar, yüksek irtifa havadan lidar ve alçak irtifa havadan lidar (Autodesk 2014).

Hava Kaynaklı Lazer Tarama Cihazı

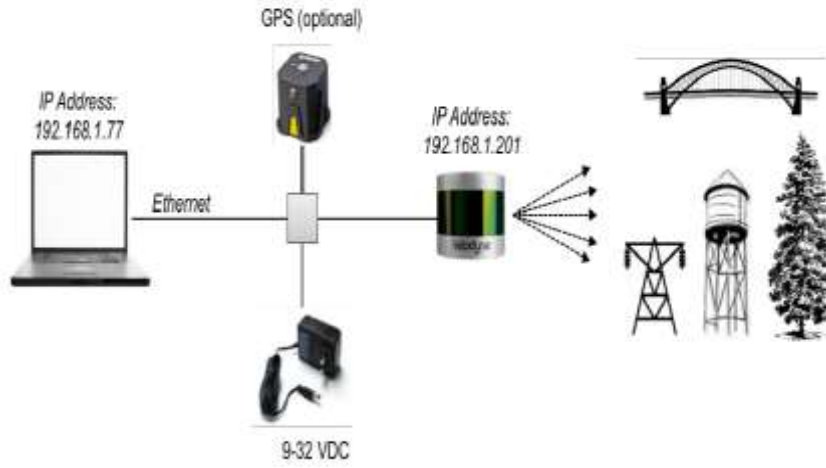
Hava Kaynaklı Lazer tarayıcı üreticisi olarak Şekil 3.3 te verilen Velodyne VLP-16 modeli kullanılmıştır. Cihaz, gerçek zamanlı, 360°, 3B mesafe ve kalibre edilmiş yansıma ölçümleri ve 100 metrelik menzile sahiptir. Çift sinyal dönüşlü olan cihazın görüş alanı düşeyde 30° olup, yatayda 360° dir. Kolay izleme ve yapılandırma için entegre web sunucusu bulunmaktadır. VLP-16 Lazer Tarayıcı 1. sınıf lazere sahiptir ve söz konusu lazerin dalga boyu 903 nm'dir. Cihazın ağırlığı 830 gr, boyutları 103mmX72mm'dir.Cihaza ait parametreler Çizelge 3.1 de verilmiştir. Şekil 3.4 te cihazın çalışma prensibi gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 VLP-16 Parametreleri (URL 5)

| Parametre | VLP-16 |
|--|---|
| Sensör | 16 Kanal 100 Metreye Kadar Ölçüm Aralığı Doğruluk:±3cm Çift Sinyal Dönüşlü Görüş Alanı(Düşey):30°(+15°den -15°ye) Açısal Çözünürlük(Düşey):2° Görüş Alanı(Yatay):360° Açısal Çözünürlük(Yatay):0.1°-0.4° |
| Lazer | 1.Sınıf 903nm Dalgaboyu |
| Mekanik/Elektriksel/Operasyonel | Güç Tüketimi:8W İşletme Voltajı:9-32VDC Ağırlık:830gr(Kablosuz) Boyutlar:103mm çap x 72mm yükseklik Titreşim:5Hz'den 2000Hz'e 36rms Çevresel Koruma:IP67 |
| Verimlilik | Saniyede 300000 üzerinde nokta |



Şekil 3.3 Velodyne VLP-16 cihazı (URL5)



Şekil 3.4 Velodyne VLP-16 çalışma prensibi (URL6)

Yersel Lazer Tarama Cihazı

Dört farklı lidar türünden biri olan eski adı ile sabit yersel lazer tarama, şimdiki yaygın kullanımıyla yersel lazer tarama için kullanılan FARO Yersel Lazer Tarayıcı 2 mm doğrulukla 976000 nokta atmaktadır. Çalışmada referans modelin üretiminde kullanılan yoğun nokta bulutuna sahip yersel lazer tarama verisi FARO tarama cihazıyla elde edilmiştir. Bununla birlikte cihaz yatayda ve dikeyde ise 360°lik bir tarama yapabilmektedir. Bu mesafelerde ölçüm yaparken hassasiyet sadece 1 cm'dir. FARO yersel lazer tarama aleti şekil 3.5'te, bu alet kullanılarak oluşturulan bina modellemesi şekil 3.6'da sunulmuştur. Cihaza ait parametreler çizelge 3.2 de sunulmuştur.



Şekil 3.5 Faro X330 yersel lazer tarayıcı (Derek 2016)



Şekil 3.6 Faro X-330 ile bina modellemesi için oluşturulmuş nokta bulutu (Derek 2016)

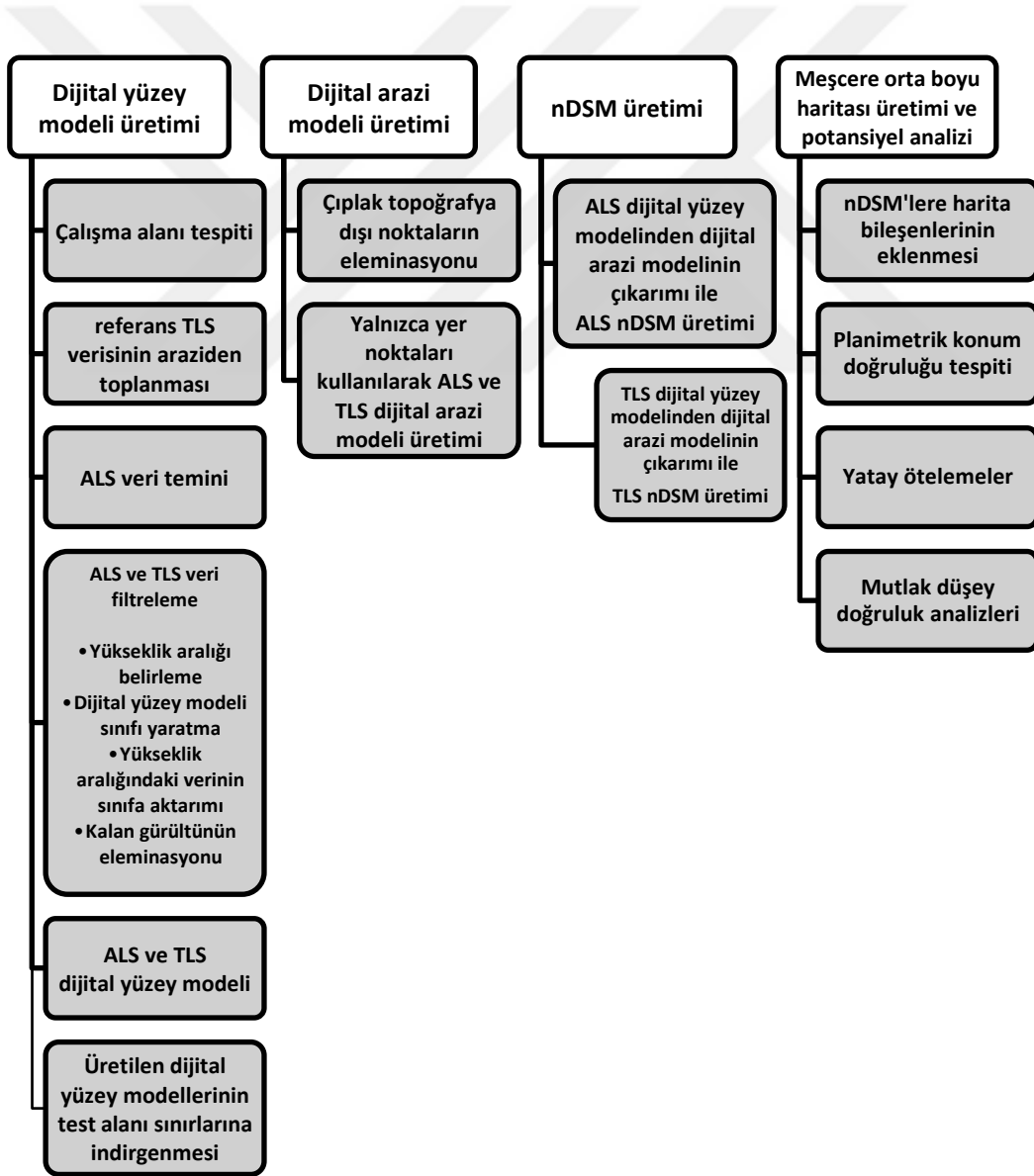
Çizelge 3.2 FARO X-330 Parametreleri

| Parametre | FARO X-330 |
|-----------------------|---|
| Focus3D X 330 Aralığı | 0.6 – 330m |
| Ölçüm Hızı | Saniyede 976,000 noktaya kadar |
| Hız mesafe hatası | ± 2mm |
| | @10m–ham veri: 0.3mm @%90 yans @25m–ham veri:0.3mm @% 90 yans. @10m–ham veri: 0.4mm @% 10 yans. @25m–ham veri: 0.5mm @% 10 yans. |
| Entegre renk kamerası | 70 mil. Piksele kadar 1 |
| Lazer Sınıfı: | Lazer Sınıfı 1 |
| Ağırlık | 5,2 kg |
| Çoklu-Sensör | GPS, Kumpas, Yükseklik Sensörü, Çift Eksen Kompansatör |
| Boyut | 240 x 200 x 100mm |
| Tarayıcı Kontrolü | Dokunmatik Ekran ve WLAN özelliği |

BÖLÜM 4

METODOLOJİ

Uygulama sırasında izlenen metodoloji Şekil 4.1’de şematik olarak yer almaktadır. Ana başlıklar, dijital yüzey ve arazi modellerinin yaratımı, normalize dijital yüzey modellerinin elde edilmesi ve meşcere orta boyu haritasının üretilmesidir.



Şekil 4.1 İzlenen metodoloji

Çalışmada, tarama verilerinin işlenmesi, dijital yeryüzü modellerinin ve üç boyutlu (3B) sayısal yüzey modellerinin elde edilmesi ve doğruluk değerlendirmelerinde Surfer, Terrascan, LISA ve BLUH yazılımları kullanılmıştır. VLP 16 işlenmesi(aktarımı) için Velodyne yazılımı, .las datasına dönüşümü için raw datadan .las datasına dönüşüm yazılımı kullanılmıştır. Bütün üretimlerde ve hesaplamalarda, Universal Transverse Mercator (UTM) dilim numarası 3° ve dilim orta meridyeni 33° ITRF koordinat sistemi kullanılmıştır.

4.1 DİJİTAL YÜZEY MODELİ ÜRETİMİ

Hava Kaynaklı Lazer Tarama verileri, Üniversite Merkez Kampüsünde belirlenmiş ve içinde yürüyüş yolu, orman ve bina olan bir bölge tespit edilmiştir (Şekil 3.1).

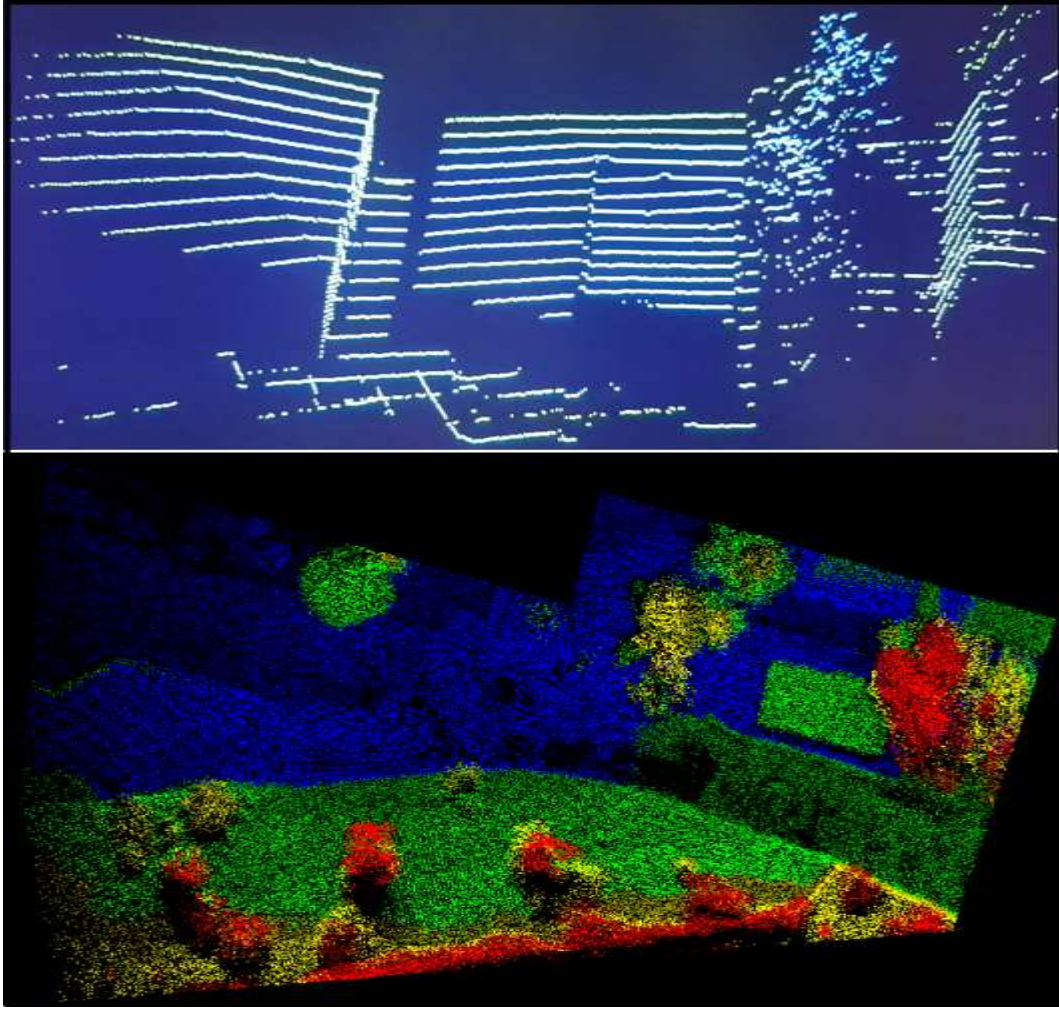
Mutlak dikey doğruluk değerlendirmesinde, doğrulanmış DYM ile referans yer kontrol noktaları arasındaki yükseklik farklarının (SZ) standart sapması ana göstergedir (Eşitlik 4.1).

$$\sigma_{\Delta Z} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Z_i - \mu)^2}{n-1}} \quad (4.1)$$

Burada n, karşılaştırılan nokta sayısını, μ , sapma (yükseklik farklarının aritmetik ortalaması) ve ΔZ , analiz edilen ile referans veriler arasındaki yükseklik farklarını ifade eder.

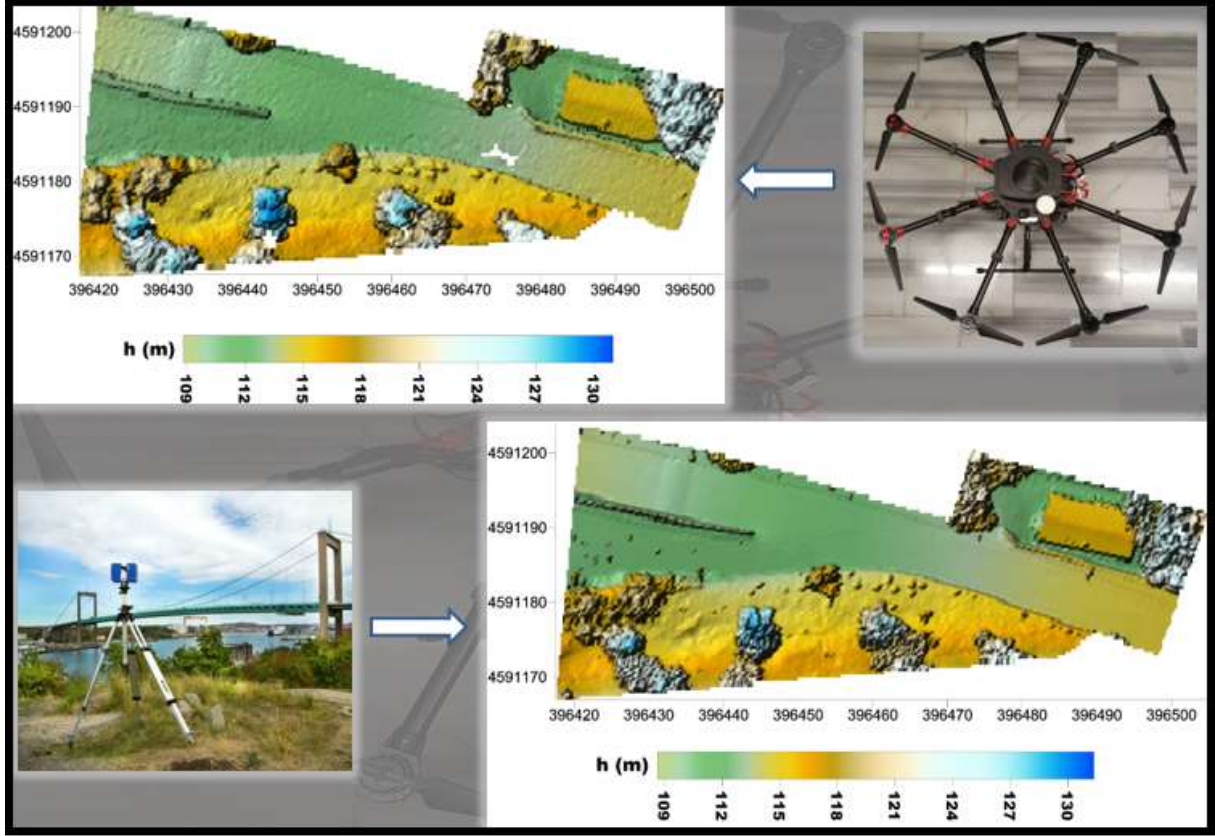
Coğrafi konum belirleme, iletişim, kalkış, iniş ve uçuş emniyetinin doğru geometrisi için birkaç özel tasarım geliştirilmiştir. Uçuşlar planlanan şeritler halinde tamamlanmış ve yoğun nokta bulutları başarıyla elde edilmiştir.

Bir şerit üzerindeki lazer tarama örneği ve mutlak yükseklikle elde edilerek sınıflanmış yoğun noktasal bulut örnekleri Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Bölgede X, Y ve Z koordinatlarıyla 20 milyondan fazla nokta elde edilmiştir.



Şekil 4.2 Lazer tarama ve yoğun noktasal bulut edinimi örneği

Yoğun noktasal buluttaki aykırı değerler, minimum ve maksimum mutlak yükseklik sınırları belirlenerek filtrelenmiştir. Filtreleme işlemleri Lisa yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Bu işlem yapılırken ilk ve son sinyale bağlı olarak oluşan alt ve üst kotlar belirlenerek DYM sınıfı açılmış ve dikey profil kot aralığında kalan noktalar bu sınıfa dahil edilmiştir. Böylece veriler dijital yüzey modeli üretimine hazır hale gelmiştir. Daha sonra, raster DYM, 25 cm çözünürlükle üretilmiştir. Yine bu işlemler için de Lisa yazılımı kullanılmıştır. Üretilen dijital yüzey modeli Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Renk ölçekli üretilmiş ALS ve TLS dijital yüzey modeli

ALS ve TLS dijital yüzey modellerinin karşılaştırılması işlemi için BLUH yazılımı kullanılmıştır. Üretilen dijital yüzey modelleri test alanı sınırlarına indirgenerek nDSM üretimine hazır hale getirilmiştir.

4.2 DİJİTAL ARAZİ MODELİ ÜRETİMİ

ALS ve TLS dijital arazi modeli üretiminde temel esas, topoğrafya dışındaki noktaların dışındaki tüm noktaların çıkarılması ve bir nevi referans yüzey yaratılması amacıyla yapılan eliminasyon işlemidir. Eliminasyon işlemi için BLUH yazılımı kullanılmıştır. Yer noktalarının referans olarak kullanılması sonucu dijital arazi modeli üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem adımı da tamamlandıktan sonra nDSM üretimine geçilmiştir.

4.3 nDSM ÜRETİMİ

3B meşcere yükseklik haritası, DYM ve DAM'lerin diferansiyelinin alınması yani normalleştirilmiş dijital yüzey modelinin (nDSM) hesaplanması ile üretilmiştir. Hesaplama

Eşitlik (4.2)'de verilmiştir. ALS verilerinden elde edilen dijital yüzey, yükseklik modelleri ve nDSM tabanlı meşcere yükseklik haritasının mutlak yatay ve düşey konum doğrulukları, TLS verilerinden elde edilen eş ürünlerle model bazlı kıyaslama yöntemiyle hesaplanmıştır.

$$nDSM = DSM - DEM \quad (4.2)$$

Buradan hareketle nDSM üretimi ile ağaç yüksekliğine ulaşıldığı bilgisi ortaya çıkmıştır.

4.4 MEŞCERE ORTA BOYU HARİTASI ÜRETİMİ VE POTANSİYEL ANALİZİ

Bu çalışmada referans Yersel Lazer Tarama dijital yüzey modeli 25 cm'lik orijinal grid aralıklarına sahiptir. Üretilen DYM'lerde daha detaylı bilgi olduğu gözlenmiştir. Bu, elde edilen veri sayısının oldukça yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Hava Kaynaklı Lazer Taramadan elde edilen modellerin, model bazlı kalite değerlendirmesinin güvenilir olması için bu önemlidir.

Kalite değerlendirmesinde Mutlak Konum Doğrulukları (MKD) temel ölçüt olarak kullanılmıştır. Ancak, bu değerlerin doğru bir şekilde hesaplanması adına nDSM'lere bazı harita bileşenlerinin eklenmesi gerekmektedir. Bu bileşenler, yükseklik, test ve referans modellerin koordinat sistemleri ve her iki modelin GPS ve IMU ölçümlerine bağlı olarak yatay konum belirleme hatalarından kaynaklanan en küçük yatay öteleme esaslı hatalar dengelenmelidir. Çalışmamızda karşılaşılan yatay hatalar, kuvvetle muhtemel HKLT veri setindeki hataların sonucudur. Çalışmada ortak koordinat sistemi, Universal Transverse Mercator (UTM) dilim numarası 3° ve dilim orta meridyeni 33° ITRF olarak belirlenmiştir.

Akabinde planimetrik konum doğruluğu tespiti ALS ve referans TLS arasında tespit edilerek, yatay konum farklılığına dayalı ötelemeler, alan bazlı çapraz korelasyon yöntemi ile giderilmiştir (Baltsavias et al. 2008, Alobeid, Jacobsen and Heipke 2010).

Burada gözlemlenen uyumsuzluklar göz önünde bulundurularak mutlak düşey doğruluk analizi adımına geçilmiştir.

Bir dijital yüzey modelinin düşey doğruluğu farklı ölçütler kullanılarak tanımlanabilir. Kimi uygulamalarda, Karesel Ortalama Hata (KOH) ya da yükseklik farklarının kareleri toplamının standard sapmasının ($RMSE_{\Delta Z}$ veya σ) kullanılması yoluyla test edilen model ve referans modeller (4.3) ve (4.5) denklemleri baz alınarak hesaplanmıştır. Çalışmamızda kullanılan σ , temel değerlendirme kriteri olarak ele alınmıştır.

$$RMSE_{\Delta Z} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Z_i^2}{n}} \quad (4.3)$$

Denklemden n piksel sayısını ifade eder. Yükseklik farklarının karelerinin aritmetik ortalaması şu şekilde verilir:

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta Z_i}{n} \quad (4.4)$$

Yükseklik farklarının kareleri toplamının standart sapması;

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Z_i - \mu)^2}{n - 1}} \quad (4.5)$$

denkleminde olduğu gibi. Denklem (4.5) varyansın karekökünü ifade ettiğinden, denklemin karesini alırsak $\sigma_{\Delta Z}$ ve $RMSE_{\Delta Z}$ arasındaki ilişki, denklem (4.6) gibi olur.

$$\sigma^2 = RMSE_{\Delta Z}^2 - \mu^2 \quad (4.6)$$

Yükseklik farklarının kareleri toplamının standart sapmasına eşit olan MKD, arazi eğimi ile ilişkilidir ve genel olarak arazi eğiminin bir fonksiyonu olarak verilir. Mutlak düşey konum doğruluğu hesaplanmasında (4.6) arazi eğiminden kaynaklı etki de eğim çarpanıyla birlikte hesaplamalara dahil edilmiştir. Denklemden, arazi eğiminin katsayısı b, arazi eğimi ise α ile ifade edilmiştir. MKD analizlerinde kesin sonuç elde edilebilmesi amacıyla iki adımlı bir işlem gerçekleştirilmiştir. İlk adımda, test ve referans DYM'ler arasındaki sistematik sapmalar, ölçek farklılıkları ve düşey öteleme hesaplanması ile belirlenmiştir (Huising and Gomes Pereira 1998, Crombaghs, Bruegelmann and De Min 2000, Wang et al. 2008). İkinci adımda ise, MKD'ler sistematik sapmaların ortadan kaldırılması ile hesaplanmıştır.

$$AZ = \sigma_{\Delta Z} + b \times \tan(\alpha) \quad (4.7)$$

Eşitlikte, üretilen haritanın mutlak düşey konum doğruluğu A_Z , ALS ve TLS haritaları arasındaki yükseklik farklarına ait standart sapma $\sigma_{\Delta Z}$, eğim çarpım faktörü b ve arazi eğimi α olarak adlandırılmıştır.

Mutlak düşey doğruluk eğim dışında dış etkenlere de bağlı olarak değişmektedir. Yaprakların rüzgar gibi doğa olaylarına maruz kalması doğruluğun düşmesine sebep olmaktadır.





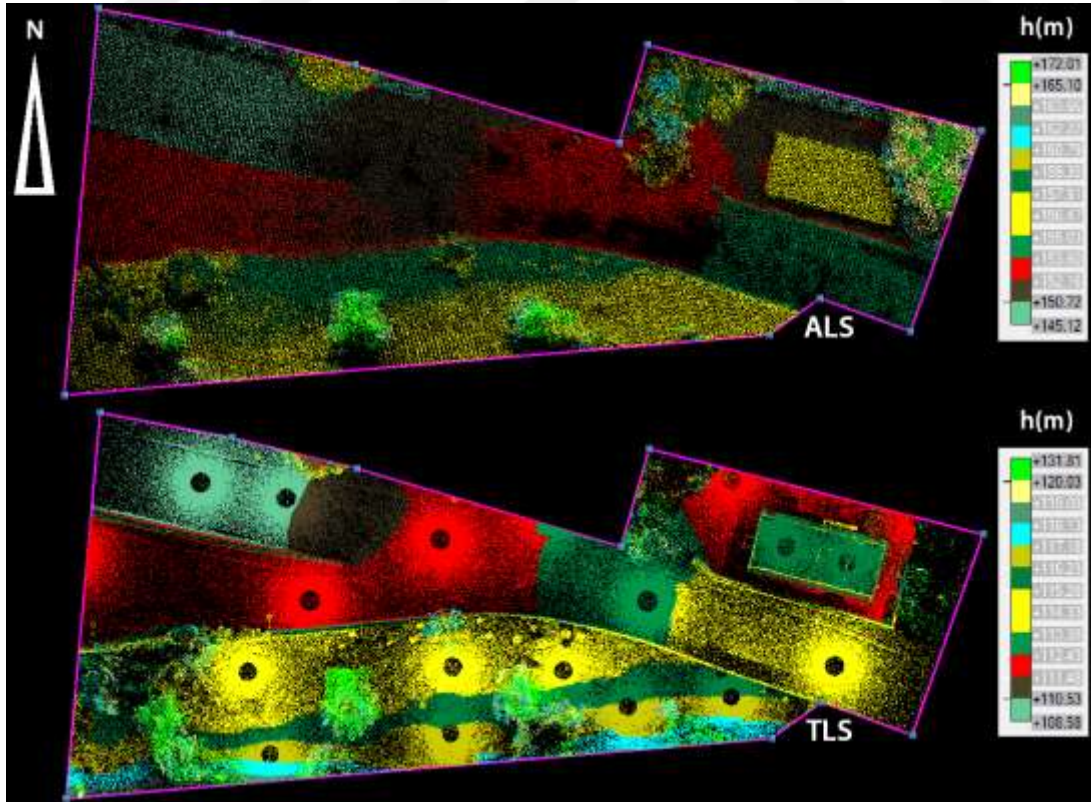
BÖLÜM 5

BULGULAR

5.1 ÜRETİLEN MODELLER

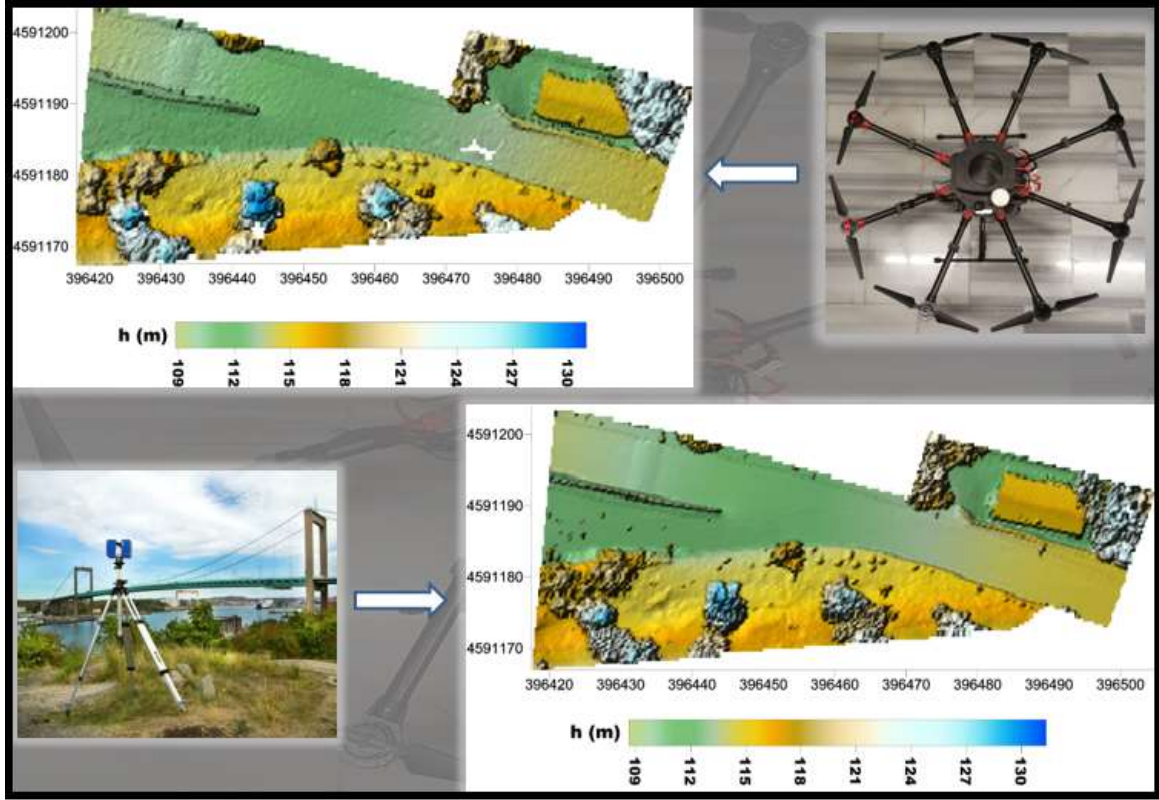
5.1.1 Dijital Yüzey Modelleri

İHA uçuşu ile elde edilen ALS ve arazide istasyon bazlı elde edilen referans TLS ondülasyonu giderilmemiş ham nokta bulutları ve ondülasyonu giderilmiş hallerinden üretilen DYM'ler Şekil 5.1 ve 5.2'de sunulmuştur. Şekil 5.1'de açık şekilde görüldüğü gibi TLS referans nokta bulutlarının her arazi sınıfı için yoğun şekilde elde edilebilmesi için alanda 20 adet istasyondan tarama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.1 ALS ve TLS yoğun nokta bulutları

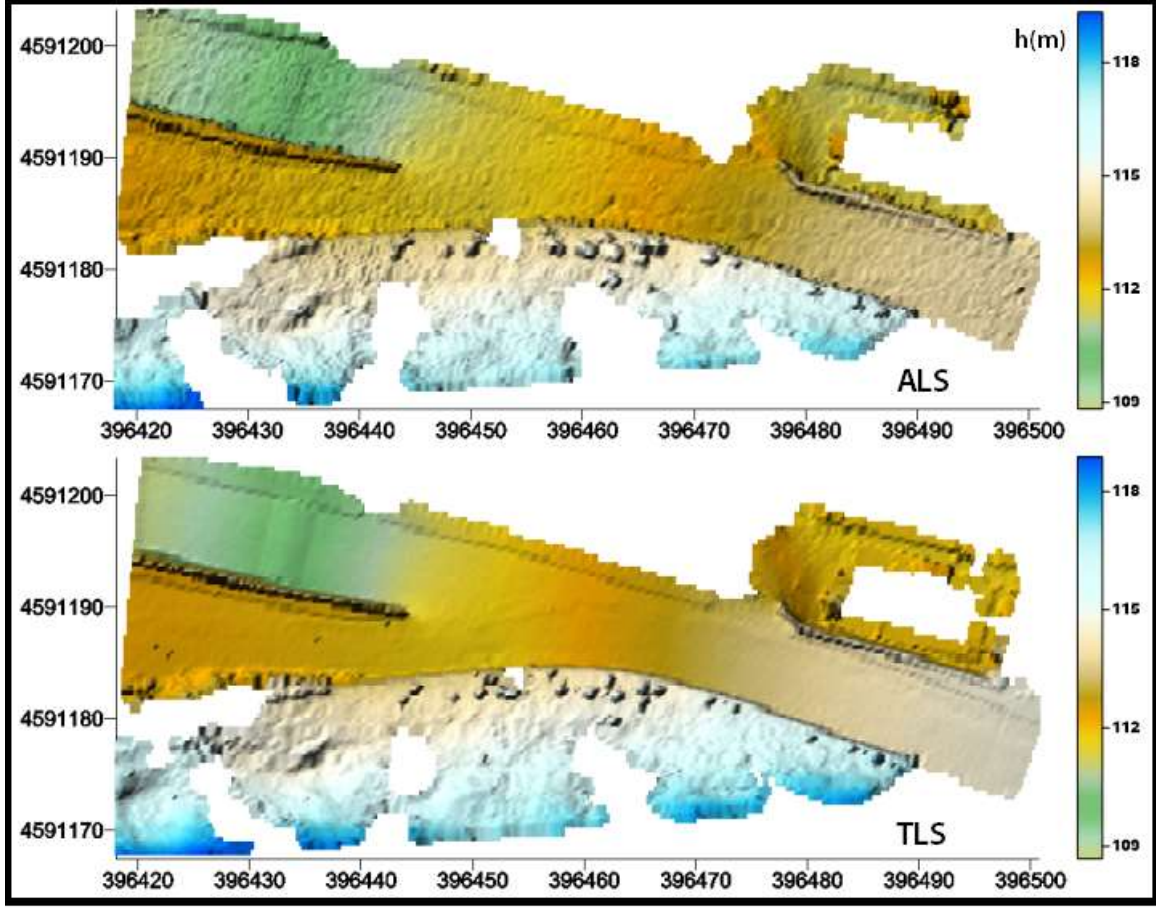
ALS ve TLS modelleri, arazideki her detayın modellerin içerisinde yer alması için nokta yoğunlukları da göz önünde tutularak 25 cm grid aralığında üretilmişlerdir. İkinci bir durum, çalışmanın ana temasını içeren orman meşcere haritalarının orman modelleme yapıldığından yaprak detayı içermesidir. Yaprakların da bağımsız piksellerle ifade edilebilmesi adına 25 cm grid aralığı uygulanmıştır.



Şekil 5.2 Üretilen ALS ve TLS dijital yüzey modelleri

Dijital Arazi Modelleri

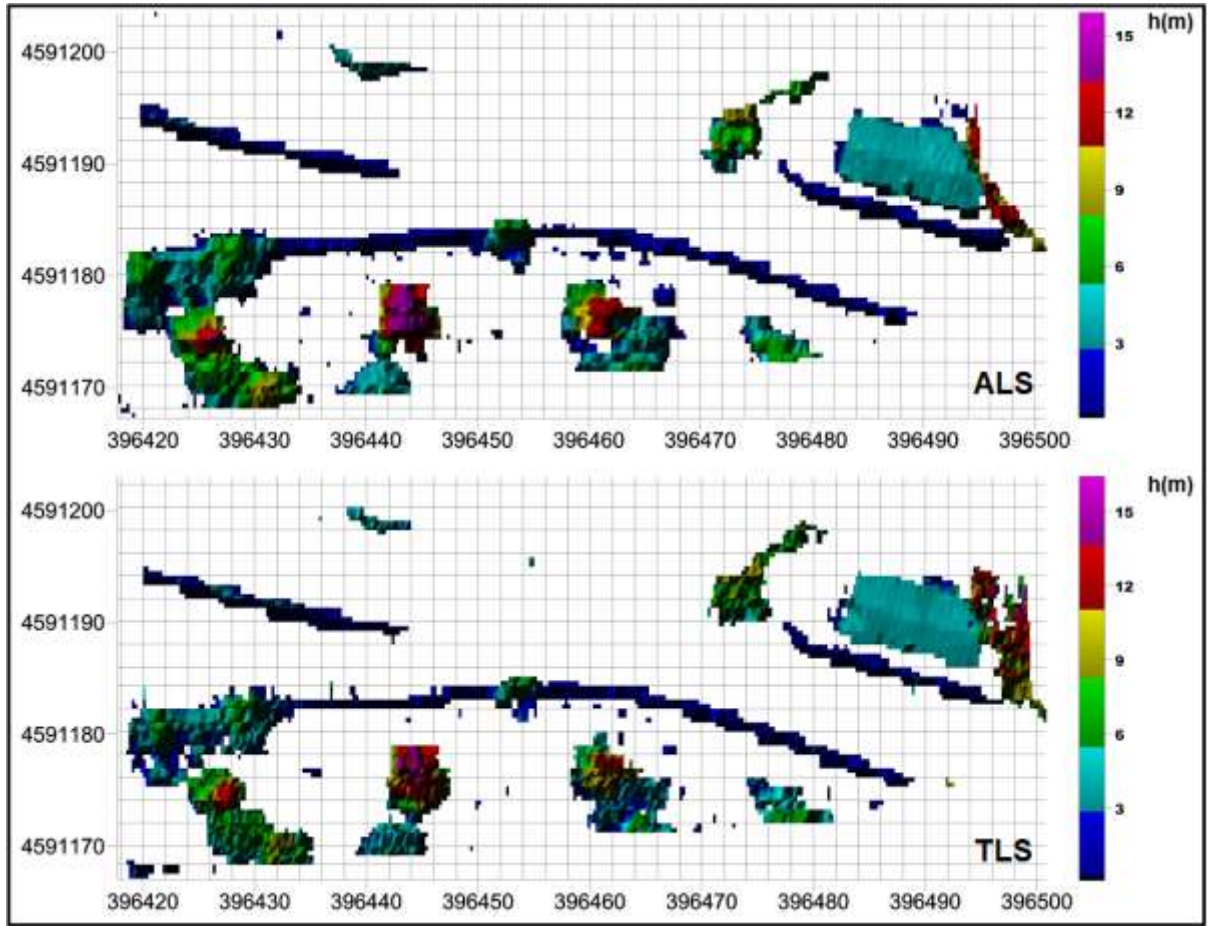
ALS ve TLS dijital arazi modelleri, çalışma alanı üzerinde, çıplak topoğrafya noktaları haricindeki tüm noktaların eliminasyonu sonrasında üretilmiş ve Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Elemine edilen detayların bulunduğu alanlar, modellerde boşluk şeklinde görülmektedir. Modellerin renkli yükseklik skalaları incelendiğinde ALS modelinde yükseklik değerlerinin TLS referansına oldukça yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 5.3 ALS ve TLS dijital arazi modelleri

Normalize Dijital Yüzey Modelleri (nDSM)

Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, normalize dijital yüzey modelleri, meşcerenin üst hattını modelleyen dijital yüzey modellerinden çıplak topoğrafyayı temsil eden dijital arazi modellerinin çıkarımı esasına dayalı olarak üretilmiştir. NDSM'ler direk olarak orman meşcere yüksekliklerini ortaya koymaktadır çünkü artık ağaçların altındaki topoğrafya çekilmiş ve ağacın kendi yüksekliği elde edilmiştir. Meşcere haritaları yükseklik renk skalalı ve koordinat gridli üretilmiş olup, hangi planimetrik konumda ne kadar meşcere yüksekliği olduğu doğrudan harita üzerinden tespit edilebilmekte, başka hiçbir ek işleme gerek duyulmamaktadır.



Şekil 5.4 ALS ve TLS orman meşcere yükseklik haritaları

Şekil 5.4'te bulunan yükseklik skalasında görüldüğü üzere ALS verilerinden üretilen meşcere orta boyu haritaları direk olarak referans TLS verilerinden üretilenler ile uyumludur. İkinci bir görsel yorum, referans TLS'nin her iki modelde 25 cm grid aralıklı üretilmiş olmasına rağmen daha detaylı bir yapıya sahip oluşudur. Bu durum, TLS verilerinin çok daha yoğun bir nokta bulutundan elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Görsel karşılaştırma, doğru ve eksiksiz yorumlama için yeterli değildir. Bu nedenle ilerleyen bölümlerde numerik doğruluk analizleri sonuçları sunulmuştur.

5.2 YATAY ÖRTÜŞTÜRME

Üretilen dijital yüzey ve arazi modellerinden nDSM elde edilmesiyle orman meşcere orta yükseklik haritası üretiminin öncesinde işlemin doğru olarak gerçekleştirilmesi için zorunlu yatay örtüşme adımı alan bazlı çarpaz korelasyon hesabına dayalı olarak tespit edilip öteleme ile giderilen yatay konum farkları Çizelge 5.1'de sunulmuştur.

Çizelge 5.1 Planimetrik konum doğruluğu ve öteleme miktarları

| Referans nDSM | Ötelenen nDSM | ΔX (m) | ΔY (m) |
|---------------|---------------|----------------|----------------|
| TLS | ALS | 0.015 | 0.019 |

Çizelge’de bulunan değerler incelendiğinde ALS nDSM’inin referans TLS nDSM’i ile geometrik uyumunun yüksek olduğu ve planimetrik konum doğruluğunun X yönünde 1.5 cm, Y yönünde ise yaklaşık 2 cm olduğu görülmüştür. Bu durum ALS ile elde edilen verilerin oldukça yüksek bir planimetrik mutlak konum doğruluğuna sahip olduğunu ispatlamaktadır. Çizelgede sunulan yatay konum hataları otomatik yatay öteleme yöntemiyle giderilmiş ve %100 planimetrik örtüşmenin sağlanmasının ardından mutlak düşey doğruluk değerleri hesaplanmış ve Çizelge 5.2’de sunulmuştur.

Çizelge 5.2 ALS meşcere orta boyu haritasının mutlak düşey doğruluğu

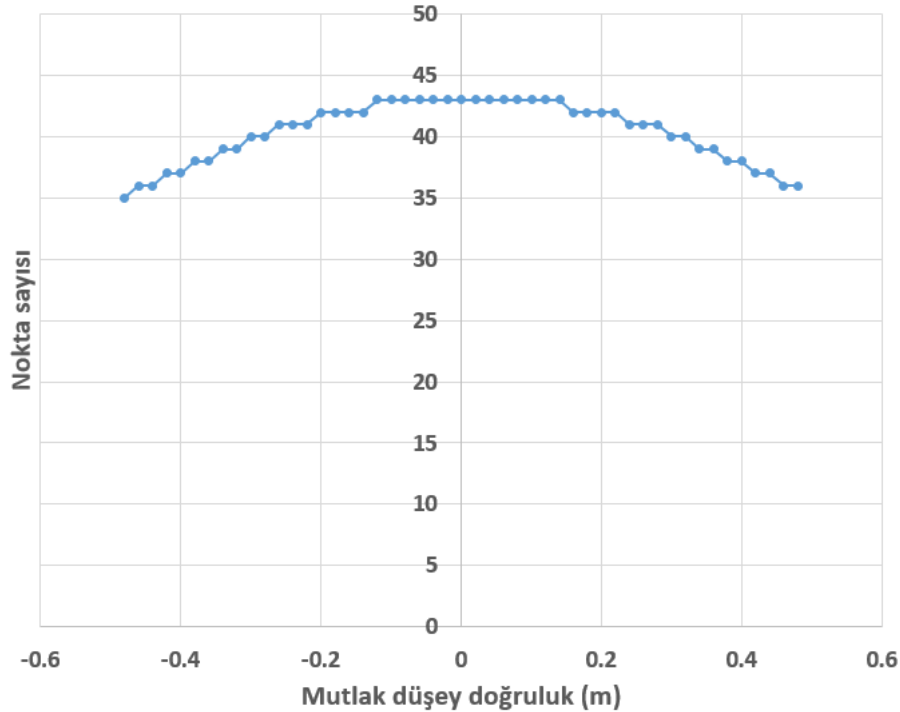
| Referans nDSM | Test edilen nDSM | Doğruluk SZ (m) | Doğruluk SZ (m) | Hariç nokta |
|---------------|------------------|--|---------------------|-------------|
| | | | eğim<tan 0.1 (5.7°) | (%) |
| TLS | ALS | $0.41 + 0.03 \times \tan(\text{eğim})$ | 0.23 | 4.69 |

Çizelgeden de anlaşılacağı gibi ALS verilerinden elde edilen meşcere orta boyu haritasının (Şekil 5.4) mutlak düşey doğruluğu 41 cm olarak tespit edilmiştir. Ek olarak, sonuçların eğime bağlı olarak hafif şekilde değişeceği ve eğim grupları baz alınarak yapılan hesaplamada bu değişimin eğimin tanjant’ı ile 3 cm çarpım faktörü olarak etki göstereceği belirlenmiştir.

Bilindiği gibi, haritacılık disiplinde mobil obje haritalaması yapılmamakta, mobil objelere haritalarda yer verilmemektedir. Çünkü sabit olmayan objenin konumunun haritalarda gösterilmesi hem anlamsız hem de yanıltıcı olacaktır. Ormanlar, vektör haritalarda bu nedenle çizilmemekte ve genel semboller ile ifade edilmektedir. En küçük bir rüzgar etkisi, orman ağaçlarının sallanarak konum değiştirmesine neden olmaktadır. ALS meşcere orta boyu haritasında TLS referansına göre görülen 41 cm düşey konum doğruluğunun da ana sebebi havadan yapılan ALS ve yerden yapılan TLS işlemleri sırasında ağaçların rüzgar etkisi ile sallanmasıdır. Ancak rüzgar etkisi, konumu sınırlı şekilde etkilediğinden ve ağaçların köke yakın kısımlarında etki gösteremediğinden düşey konum doğruluğuna etkisi sınırlı

kalmaktadır. Çizelge 5.2’de rüzgar etkisine yoğun şekilde maruz kalan bölümler yaklaşık %5 olarak tespit edilmiş ve düşey konum doğruluğu hesabında hariç tutulmuşlardır. Zira bu noktalar, ALS ve TLS verileri arasında 1 m olarak uyguladığımız eşik yükseklik farkı değerinin üzerindeki noktalardır.

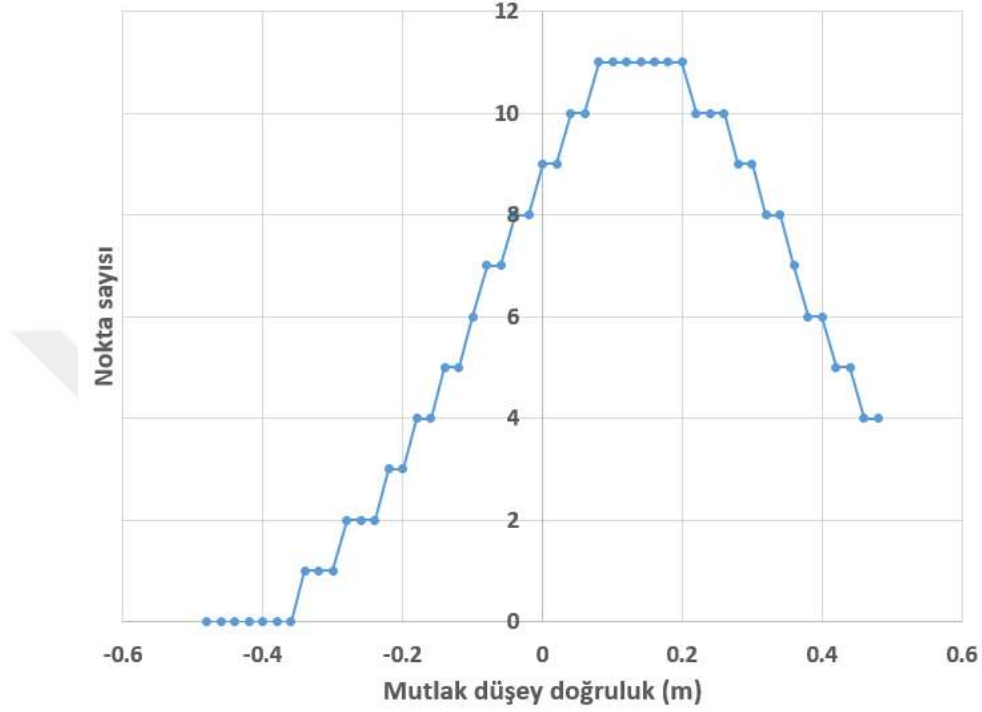
İkinci önemli bir çıkarım ise eğim etkisi olmuştur. Meşcere yapısında eğimin yani ardışık ağaç yapraklarının yükseklikleri arasındaki farka bağlı eğim açısı sertleşmesinin düşey konum doğruluğu üzerinde büyük etkisi olduğu anlaşılmıştır. Eğimi, $\tan(0.1)$ ’den yani yaklaşık 5.7° ’den düşük kısımlarda mutlak düşey doğruluğun 41 cm’den 23 cm’ye yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu durum, eni dar ve boyu yüksek ağaç yapılarında mutlak düşey doğruluğun daha düşük olacağı sonucunu ortaya koymaktadır. Yani aynı işlemin, eni ve boyu birbirine yakın geniş ağaçlar üzerinde uygulanması durumunda daha yüksek mutlak düşey doğruluk elde edilebileceği belirlenmiştir. ALS meşcere orta boyu haritasının düşey konum doğruluğu frekans dağılımı Şekil 5.5’te sunulmuştur.



Şekil 5.5 ALS meşcere orta boyu haritasının mutlak düşey doğruluk frekans dağılımı

Grafikte açık şekilde görüldüğü gibi hesaplamaya dahil noktaların mutlak düşey doğrulukları '0' hata bölgesinde ağırlıklıdır ve yaklaşık simetrik bir dağılım göz konusudur. Bu durum düşeydeki hataların normal dağılım gösterdiğine işaretler. Şekil 5.6’da frekans dağılımının

yaklaşık eğimsiz yani eğim değerinin tan (0.1)'den düşük olduğu bölgeler için durumu sunulmuştur. Yaklaşık eğimsiz olan bu bölümlerde işleme giren piksellerin mutlak düşey doğruluğunun 10 cm değerinde mod oluşturduğu yani ALS haritasının TLS referans haritası ile çok yüksek korelasyon göstermeye başladığı görülmektedir.



Şekil 5.6 ALS meşcere orta boyu haritasının mutlak düşey doğruluk frekans dağılımı (eğimsiz kısımlar)



BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Bu çalışma ile orman penetrasyon yeteneğine sahip hava kaynaklı lazer tarama donanımlı bir insansız hava aracından elde edilen ilk verilerle meşcere parametrelerinden biri olan meşcere boyuna ilişkin verinin üretimi ve bu haritanın üç boyutlu konum doğruluğu seviyesinin tespiti hedeflenmiştir. Çalışma, Bülent Ecevit Üniversitesi Merkez Kampüsü içerisinde yer alan ve orman, açık alan ve bina sınıflarını içeren bir test alanında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hava kaynaklı lazer tarama verilerinden dijital yüzey ve arazi modelleri üretilmiş ve bu modellerin diferansiyelinden normalize dijital yüzey modeline dayalı meşcere yükseklik haritası elde edilmiştir. Üretilen haritanın doğruluğu, model bazlı analiz yaklaşımıyla, yersel lazer taramadan elde edilen bir harita ile kıyaslama ile kanıtlanmıştır.

Görsel ve standart sapma göstergesine dayalı istatistiksel yaklaşımlardan elde edilen sonuçlar ışığında, alçak irtifadan elde edilmiş olmasının da avantajı ile insansız hava aracı hava kaynaklı lazer tarama verilerinden elde edilen üç boyutlu hem dijital yüzey ve arazi modellerinin hem de normalize dijital yüzey modellerinin çok yüksek kaliteye sahip olduğu belirlenmiştir. Normalize dijital yüzey modeli temelinde elde edilen orman meşcere yükseklik haritaları yatayda referansa kıyasla yalnızca 1-2 cm hata içermektedir. Düşeyde ise bu miktar 40 cm seviyesinde olup eğimi düşük ($<\tan(0.1)$) kısımlarda 23 cm'e yükselmektedir. Orman gibi mobil obje içeren yapılarda elde edilen bu sonuçlar oldukça kaliteli verileri işaret etmektedir. Referansa göre düşey hataların frekans dağılımına bakıldığında çoğu karşılaştırma noktasının '0' hata düzeyinde olduğu görülmüştür.

Tüm bu üretim ve hesaplamaların ardından çalışmanın genel çıkarımı, hava kaynaklı lazer tarama verilerinden üretilen meşcere yükseklik haritalarının arazideki durumu aslına uygun şekilde yansıttığı ve orman envanter çalışmalarında direk olarak kullanılabilir veriler olduğudur.



KAYNAKLAR

- Akay A E, Oğuz H, Karas I R, Aruga K** (2009) Using LiDAR Technology in Forestry Activities. *Environ Monit Assess.* 151:117–125.
- Alemdağ İ Ş** (1980) Manual of Data Collection and Processing for the Development of Forest Biomass Relationships, Petawawa National Forest Institute, Canadian Forest Service, Information Report PI-X-4, 38 p.
- Alemdağ İ Ş** (1989) Aboveground-Mass Equations For Six Hardwood Species From Natural Stands of The Research, Forest at Petawawa, Petawawa National Forest Institute, Canadian Forest Service, Information Report PI-X-6, 9 p.
- Altuntaş C ve Yıldız F** (2008) “Yersel Lazer Tarayıcı Ölçme Prensipleri ve Nokta Bulutlarının Birleştirilmesi”, Jeodezi, *Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 98 p.
- Ambrosia V G, Wegener S S, Sullivan D V, Buechel S W, Dunagan S E, Brass J A, Stoneburner J and Schoenung S M** (2003) Demonstrating UAV-Acquire Dreal-Time Thermal Data Overfires. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing* 69 (4): 391-402.
- Andersen H E, Reutebuch S E and Mc Gaughey R J** (2006) A Rigorous Assessment of Tree Height Measurements Obtained Using Airborne LIDAR and Conventional Field Methods. *Can. J. Remote Sensing*, 32 (5): 355–366.
- Anonim** (2008) Orman Amenajman Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Autodesk** (2014) *Laser Scanning Infrastructure Assets: New Capacities, New Opportunities.*
- Asan Ü** (2000) Türkiye İçin Uygun Ulusal Orman Envanteri Modellinin Belirlenmesi. *Orman Bakanlığı Bülteni*, Ankara, 2: 18-28.
- Asan Ü** (2003) Orman Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, (yayınlanmamış ders notları) İstanbul.
- Atalay C** (2017) Hava kaynaklı lazer tarama nokta bulutlarından üretilen dijital yüzey modellerinin 3B konum doğruluğu üzerinde yaygın enterpolasyon metodlarının etki analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Zonguldak. 132 s.
- Aydan U, Şenkal E, Çömert R ve Tuncer S** (2014) İnsansız Hava Aracı İle Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi, 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, İstanbul.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Berni J, Zarco-Tejada P J, Suárez L and Fereres E** (2009) Thermal And Narrow Band Multispectral Remote Sensing For Vegetation Monitoring From An Unmanned Aerial Vehicle, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3): 722-738.
- Blankenhorn P R, Bowersox T W and Weyers R E** (1982) Energy Relationships For Selected Cultural Investments, *Forest Science*, 28 (3) (1982) 459-469. Günel, A.(1981).
- Ccrs**, (2013) *Fundamentals of Remote Sensing Tutorial* [Online], <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>, [Ziyaret tarihi: 12.12 2013].
- Chang-Chun L, Guang-sheng Z, Tian-jie L and A-du G** (2011) Quickimage-processing method of UAV without control points data in earthquake disaster area. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 21: 523-528.
- Chiabrando F, Nex F, Piatti D and Rinaudo F** (2011) UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy). *Journal of Archaeologica Science* 38: 697-710.
- Chao H and Chen Y Q** (2012) *Remote Sensing and Actuation Using Unmanned Vehicles*, Wiley, ISBN: 9781118377185.
- Coifman B, McCord M, Mishalani R G and Redmill K** (2004) Surface transportation surveillance from unmanned aerial vehicles. In Proc. Of the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Covello F, Battazza F, Coletta A, Lopinto E, Fiorentino C, Pietranera L, Valentini G, and Zofolli S** (2010) Cosmo-SkyMed an existing opportunity for observing the earth, *Journal of Geodynamics*, 49(3-4), pp. 171-180, doi: 10.1016/j.jog.2010.01.001.
- Crombaghs M J E, Bruegelmann R and De Min E J** (2000) On the Adjustment of Overlapping Strips of Laser Altimeter Height Data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33 (B3/1): 230–237.
- Çetin N, Efendioğlu M ve Zık T** (1992) Türkiye’de orman amenajmanının dünü ve bugünü, ormancılığımızda orman amenajmanının dünü, bugünü ve geleceğine ilişkin genel görüşme. 16-19 Kasım, Ankara, *Bildiriler Kitabı*, 17-28.
- Derek A W** (2016) Quantifying Aerial LiDAR Accuracy of LOAM for Civil Engineering Applications, *Master Thesis*, Department of Civil Engineering, Brigham Young University, April 2016, 83 p.
- Du P J, Liu P and Luo Y** (2009) Urban thermal environment simulation and prediction based on remote sensing and GIS, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1-5, 2357-2360.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dunford R, Michel K, Gagnage M, Piegay H and Tremelo M L** (2009) Potential and Constraints of Unmanned Aerial Vehicle Technology for the Characterization of Mediterranean Riparian Forest, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 30, no. 19, 4915-4935.
- Eraslan İ** (1982) Orman Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fak. Yay. No: 3010/318, 585 s.
- Eraslan İ** (1985) “Türkiye’de Orman Amenajmanı’nın 128 Yıllık Tarihsel Gelişimi”, *İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Sayı 1, s. 15- 19, İstanbul.
- Everaerts J** (2008) The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping, The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, July 3-11 2008, Beijing, China, 1187-1192.
- Genç M, Kasarcı E ve Kaya C** (2012) “Meşçere Kuruluşu Araştırmaları Üzerine Silvikültürel Bir Değerlendirme”, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13(2):291-303.
- Günlü A, Ercanlı İ, Başkent E Z ve Şenyurt M** (2013) “Quickbird ve Landsat 7 ETM+ uydu görüntüleri kullanılarak Ayancık – Göldağ kayın (*Fagus orientalis* Lipsky) meşçerelerinde hacim tahmini”, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, SDU Faculty of Forestry Journal, 14:24-30.
- Haser A B** (2010) Bu insansız hava aracından daha önce yapmamış mıydık?, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Aralık sayısı.
- Horcher A and Visser R J M** (2004) Unmanned Aerial Vehicles: Applications for Natural Resource Management and Monitoring.- COFE (Council on Forest Engineering) Annual Meeting 2004, Proceedings (=http://www.cnr.vt.edu/ifo/VT%20 Andy%20 COFE% 202004%20Drone%20Paper1.pdf) 5 p.
- Hormigo T and Araújo J** (2013) A Micro-UAV System For Forest Management, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and SpATIAL Information Sciences*, Rostock, Germany, 211-216.
- Hu G Y, Dong Z B, Wei Z H and Lu J F** (2010) Land use and land cover change monitoring in the Zoige Wetland by remote sensing, *6th International Symposium on Digital Earth: Data Processing and Applications*, SPIE 7841.
- Huising E J and Gomes Pereira L M** (1998) Errors and Accuracy Estimates of Laser Data Acquired by Various Laser Scanning Systems for Topographic Applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 53 (5): 245-261.
- Hunt E R, Cavigelli M, Daugherty C S T, McMurtrey III J and Walthall C L** (2005) Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. *Precision Agriculture* 6: 359–378.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Inoue T, Nagai S, Yamashita S, Fadaei H, Ishii R, Okabe K, Taki H, Honda Y, Kajiwara K and Suzuki R** (2014) Unmanned Aerial Survey of Fallen Trees in a Deciduous Broadleaved Forest in Eastern Japan, *PlosOne*, 9: 10.
- İnan M** (2004) Orman varlığının saptanmasında uzaktan algılama verileri. *Doktora Tezi*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 142 s.,
- Jacobsen K** (2003) DEM Generation from Satellite Data. *Paper presented in EARSeL Workshop*, 5–7 Haziran 2003, Gent, Belçika, 273–276.
- Jacobsen K** (2012) Characteristics of Nearly World Wide Available Digital Height Models. *10th Seminar on Remote Sensing and GIS Applications in Forest Engineering*, 15-18 Ekim 2012, Curitiba, Brezilya, 8 s.
- Jha R K, Karnataka H C and Pant D N** (2009) Forest land use planning for Thanu range, Dehradun forest division, Uttaranchal, *Range Management and Agroforestry*, 30(1), 72-77.
- Juan C, Suarez C J, Ontiveros C, Smith S and Snape S** (2005) Use of Airborne Lidar and aerial Photography in The Estimation of Individual Tree Heights in Forestry. *Computers & Geosciences*, 31: 253–262.
- Kavzoğlu T ve Çölkesen İ** (2011) “Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları”, *Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı*, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul.
- Kim M, Madden M and Warner T A** (2009) “Forest Type Mapping Using Object-Specific Texture Measures from Multispectral Ikonos Imagery: Segmentation Quality and Image Classification Issues”, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(7): 819-829.
- Koch B, Heyder U and Weinacker H** (2006) Detection of individual tree crowns in airborne lidar data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 2006, 72(4): 357–363.
- Köse S** (1986) Orman işletmelerinin planlanmasında yöneylem araştırması yararlanma olanakları, *Doktora Tezi*, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon. 142 s.
- Köse S ve Başkent E Z** (1993) Coğrafi bilgi sistemlerinin ormancılığımızdaki önemi. Orman Bakanlığı, *I. Ormancılık Şurası*, OGM, Ankara, 195-204.
- Kunwar P, Kachhwaha T S, Kumar A, Agrawal A K, Singh A N and Mendiratta N** (2010) Use of high-resolution IKONOS data and GIS technique for transformation of landuse/landcover for sustainable development, *Current Science*, 98(2): 204-212.
- Kwak D, Lee W, Lee J, Biging G S and Gong P** (2007) Detection of Individual Trees and Estimation of Tree Height Using Lidar Data. *Journal For. Res*, 12:425–434.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Laliberte A S and Rango A** (2009) Textureandscale İn Object-Based Analysis Of Sub-Decimeter Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery. *IEEE Transactions On Geoscienceand Remote Sensing*, 47(3):761–770.
- Laliberte A S, Herrick J E, Rango A and Winters C** (2010) Acquisition, Ortho Rectification, And Object-Based Classification Of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) İmagery For Rangeland Monitoring. *Photogrammetric Engineering Remote Sensing*, 76(6): 661-672.
- Lefsky M A, Cohen W B, Parker G G and Harding D J** (2002) lidar remote sensing for ecosystem studies. *Bioscience*, 52(1): 19-30.
- Lennartz S P and Congalton R G** (2004) “Classifying and Mapping Forest Cover Types Using Ikonos Imagery in the Northeastern United States”, *ASPRS Annual Conference Proceedings*, Denver, Colorado, May.
- Lisein J, Pierrot-Deseilligny M, Bonnet S and Lejeune P** (2013) A Photogrammetric work flow For The Creation of A Forest Canopy Height Model From Small Unmanned Aerial System İmagery. *Forests* 4(4): 922-944.
- Liu X, Zhu W Q, Yang X Q and Pan Y Z** (2006) Modeling of population density based on GIS and RS, 2006 *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1(8): 1431-1434.
- Malet J P and Bogaard T A** (2012) Integration of technologies for landslide monitoring and quantitative hazard assessment. *Engineering Geology* 128: 1.
- Marshall D M, Barnhart R K, Hottman S B, Shappee E and Most M T** (2011) *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, Taylor & Francis, ISBN: 9781439835203.
- Mozas-Calvache A T, Pérez-García J L, Cardenal-Escarcena F J, Mata-Castro E and Delgado-García J** (2012) Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial Platforms. *Journal of Archaeological Science* 39: 521-530.
- Murphy G E** (2008) Determining Stand Value and Log Product Yields Using Terrestrial Lidar And Optimal Bucking: A Case Study. *Journal of Forestry* 106(6): 317-324.
- Musaoğlu N** (1999) Elektro-optik ve aktif mikrodalga algılayıcılardan elde edilen uydu verilerinden orman alanlarında meşcere tiplerinin ve yetiştirme ortamı birimlerinin belirlenme olanakları. *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. 111s.
- Neitzel F and Klonowski J** (2011) Mobile 3d Mapping With A Low-Cost Uav System, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Niethammer U, James M R, Rothmund S, Travelletti J and Joswig M** (2012) UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering Geology*, 128: 2-11.
- Nilsson M** (1996) Estimation of Tree Heights and Stand Volume Using Airborne Lidar System. *Remote Sensing. Environ.* 56:1-7.
- Okuyama S, Torii T, Nawa Y, Kinoshita I, Suzuki A, Shibuya M and Miyazaki N** (2011) Development of a remote radiation monitoring system using unmanned helicopter. *International Congress Series*, 1276: 422–423.
- Ollero A, Martinez-de-Dios J R and Merino L** (2006) Unmanned aerial vehicles as tools for forest-fire fighting. *Forest Ecology and Management*, 234: S263.
- Özdemir İ and Karnieli A** (2011) “Predicting Forest Structural Parameters Using the Image Texture Derived from WorldView-2 Multispectral Imagery in a Dryland Forest, Israel”, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13: 701-710.
- Pierzchala M, Talbot B and Astrup R** (2014) Estimating Soil Displacement From Timber Extraction Trails In Steep Terrain: Application Of An Unmanned Aircraft For 3D Modelling, *Forests*, 5(6): 1212-1223.
- Przybilla H and Wester-Ebbinghaus W** (1979) Bildflugmitferngelenktem Kleinflugzeug, *Bildmessung und Luftbildwesen* 47(5): 137-142.
- Rafiq T** (2015) A Temporal and Ecological Analysis of the Huntington Beach Wetlands Thorough an Unmanned Aerial System Remote Sensing Perspective, *Master of Art in Geography*, California State University.
- Rango A, Laliberte A, Herrick J E, Winters C, Havstad K, Steele C and Browning D** (2009) Unmanned Aerial Vehicle Based Remote Sensing For Rangeland Assessment, Monitoring, And Management, *Journal of Applied Remote Sensing*, 3(1): 033542-033542.
- Remondino F, Barazzetti L, Nex F, Scaioni M and Sarazzi D** (2011) UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1): C22.
- Reutebuch S E Andersen R J and McGaughey H E** (2005) Light detection and ranging (LIDAR): An emerging tool for multiple resource inventory. *Jour. For. Sept.* pp 286-292.
- Ritter A B** (2014) Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Urban Tree Inventories, A Thesis Presented to The Graduate School of Clemson University. 60 p.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Rokade V M, Kundal P and Joshi A K** (2007) Groundwater potential modelling through remote sensing and GIS: A case study from Rajura Taluka, Chandrapur district, Maharashtra. *Journal of the Geological Society of India*, 69(5): 943-948.
- Roth A** (2003) TerraSAR-X: A new perspective for scientific use of high resolution spaceborne SAR data. *2nd GRSS/ISPRS Joint Workshop on Data Fusion and Remote Sensing over Urban Areas*, Berlin, 22–23 May 2003.
- Royer P D, Cobb N S, Clifford M J, Huang C Y, Breshears D D, Adams H D and Villegas J C** (2011) Extreme climatic event-triggered overstorey vegetation loss increases understorey solar input regionally: primary and secondary ecological implications, *Journal of Ecology*, 99(3): 714-723.
- Saatçioğlu F** (1976) *Silvikültür I* (Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri), İÜ Orman Fakültesi Yayını, No.2187/222, İstanbul.
- Safkan S, Hamarat H, Duran Z, Aydar U ve Çelik M** (2014) “Yersel Lazer Tarama Yönteminin Mimari Belgelemede Kullanılması” *UZALCBS 2014*, 14-17 Ekim 2014 İstanbul.
- Saripalli S, Montgomery J F and Sukhatme G S** (2003) Visually guided landing of an unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 19(3): 371-380.
- Sefercik U G** (2010) Generation and Evaluation of DEMs Derived by TerraSAR-X InSAR Images. *Doktora Tezi*, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Anabilim Dalı, Zonguldak, 225 s.
- Sefercik U G** (2015) *Mikrodalga Algılama Sistemleri Ders Notları*. BEÜ 2014-2015 Eğitim Öğretim Yılı Bahar Dönemi Lisans Dersi, Zonguldak, Türkiye, 15 s.
- Sefercik U G, Glennie C, Singhania A and Hauser D** (2015) “Area-based quality control of airborne laser scanning 3D models for different land classes using terrestrial laser scanning: sample survey in Houston, USA”, *International Journal of Remote Sensing*, 36(23): 5916-5934.
- Silvestri S and Omri M** (2008) A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: formulation and validation. *International Journal of Remote Sensing*, 29(4), 975-989.
- Sivrikaya F** (2011) “The importance of spatial accuracy in characterizing stand types using remotely sensed data”, *African Journal of Biotechnology*, 10(66):14891-14906.
- Sunar F, Özkan C ve Osmanođlu B** (2011) *Uzaktan Algılama*, Anadolu Üni. Yayınları 978-975-06-0995-4.
- Tang A P, Ran C, Wang L F, Gai L H and Dai M** (2009) Intelligent digital system in urban natural hazard mitigation, *World Congress on Software Engineering*, 2: 355-359.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Ün C** (2006) “İstanbul İli Orman Kaynaklarında Meydana Gelen Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Ve Cbs İle Belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi. 114 s.
- Vosselman G and Dijkman S** (2001) “3D Building Model Reconstruction From Point Clouds and Ground Plans”, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, (34).
- Wang Z, Shu R, Xu W, Pu H and Yao B** (2008) Analysis and Recovery of Systematic Errors in Airborne Laser System. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII (B1): 289–294.
- Wing M G, Burnett S, Johnson S, Akay A E and Sessions J** (2014) A Low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. *International Journal of Remote Sensing Applications* 4(3): 113-120.
- Xiang H and Tian L** (2011) Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). *Biosystems Engineering* 108: 174-190.
- Xiaofeng L, Zhongren P, Liye Z and Li L** (2012) Unmanned Aerial Vehicle Route Planning for Traffic Information Collection. *Journal of Transportation System Engineering & IT*, 12(1): 91-97.
- Yeşil A, Musaoğlu N, Kaya Ş, Coşkun G, Asan Ü and Örmeci C** (2002) “Statistical modelling and stand type forest mapping selected area around Istanbul using Landsat-TM and Spot data”, *International Symposium on Remote Sensing and Integrated Technologies*, Istanbul, Turkey, Proceeding. 2002 20-22 October, 291–300.
- Yılmaz V, Akar A, Akar Ö, Güngör O, Karlı F ve Gökalp E** (2013) İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*, KTÜ, Trabzon.
- Young H E** (1979) Forest Biomass as a Renewable Source of Energy: Inventory, Productivity and Availability, *UNITAR Conference on Long Term Energy Resources*, Montreal, Quebec, Canada, November 26- December 7, 18 p.
- Yurtseven H** (2008) Yazılım Fotogrametrisi İle Orman Alanlarına Yönelik Coğrafi Verilerin Elde Edilmesi, *MSc, Master Thesis*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Istanbul University. 140 s.
- Zarco-Tejada P J, Diaz-Varela R, Angileria C, Loudjania V P** (2014). Tree Height Quantification Using Very High Resolution Imagery Acquired From An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Automatic 3D Photoreconstruction Methods, *European Journal of Agronomy*, 55: 89-99.
- Zhang X C, Kang T J, Wang H Y and Sun Y** (2010) Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(2): 145-150.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Zimble D A, Evans D L, Carison G C, Parker R C, Grado S C and Gerard P D (2003)
“Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne lidar”, *Remote Sensing of Environment*, 87(2-3):171-182.

URL-1 <http://www.ciragharita.com.tr/?page_id=30>, Ziyaret tarihi: 21.04.2017.

URL-2 <<https://www.haritaonline.blogspot.com.tr/2015/05/uzaktan-argilama-nerelerde-kullanlr.html>>, Ziyaret tarihi: 20.04.2012

URL-3 <<http://www.egetelgraf.com/tarihi-yapilara-3-boyutlu-koruma>>, Ziyaret tarihi: 21.04.2017.

URL-4 <<http://www.yellowscan.fr/event/yellowscan-surveyor-demo>> Ziyaret tarihi: 21.04.2017.

URL-5 <<http://www.velodynelidar.com/vlp-16.html>> Ziyaret tarihi: 20.04.2012

URL-6 <<https://haritaonline.blogspot.com.tr/2015/05/aktif-ve-pasif-argilayclar.html>>, Ziyaret tarihi: 20.04.2012

URL-7 <aves.istanbul.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=24&USER=1347>, Ziyaret tarihi: 20.04.2012

URL-8 <www.ogm.gov.tr, Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Başkanlığı (AMENAJMAN)>, Ziyaret tarihi: 19.04.2012



ÖZGEÇMİŞ

Emrah VOLKAN 1986'da İstanbul'un Kartal ilçesinde doğdu. İlk ve orta eğitimini Pendik ilçesinde tamamladı. Kartal Süper Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2006 yılında o zamanki adıyla Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2012 yılında mezun olduktan sonra bir süre özel sektörde çalışmış, 2014 yılında Kartal Belediyesi Plan ve Proje Müdürlüğünde çalışmaya başlamıştır.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Yukarı mah. Belediye cad. No:6 Kartal Belediyesi Kartal-İstanbul

Tel: (+90) 537 251 48 45

E-posta: emrahvolkan@gmail.com