



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**HEYELAN ENVANTER BİLGİLERİNİN TOPLANMASINA
YÖNELİK MCBS VE İHA GÖRÜNTÜ ENTEGRASYONU
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ozan ÖZTÜRK

**Danışman
Doç.Dr. Selçuk REİS**

Aksaray, 2016

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132306402 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Ozan ÖZTÜRK", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "HEYELAN ENVANTER BİLGİLERİNİN TOPLANMASINA YÖNELİK MCBS VE İHA ENTEGRASYONU OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Selçuk REİS
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Naci YASTIKLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi: 13 Haziran 2016

Savunma Tarihi: 1 Temmuz 2016

ÖNSÖZ

Afetlerin insan ve çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması amacıyla, envanter bilgilerinin belli standartlarda hızlı, hassas ve güncel olarak toplanarak duyarlılık, tehlike ve risk çalışmalarının yapılarak afet yönetiminde kullanılması ve birveri tabanında bir araya getirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında afet türlerinden heyelan seçilerek, heyelan envanter bilgilerinin toplanmasında bir coğrafi veri modeli oluşturulmuştur. Bu çerçevede ulusal ve uluslararası heyelan envanter veri tabanlarında kullanılan envanter bilgileri standartları incelenmiş ve ortak bir heyelan envanter formatı oluşturulmuştur. Heyelan envanter bilgilerinin toplanmasında Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS) ve İnsansız Hava Araçları (İHA) yöntemleri kullanılmıştır. Grafik ve grafik olmayan heyelan envanter bilgileri toplanarak üretilen bilgiler hız, doğruluk faktörleri açısından incelenmiştir. Tezde heyelanlarla envanter bilgileri ile ilgili ortaya konulan standartlar ve modellemeler ulusal ve uluslararası bazda katkı sağlayabilecek nitelik ve değerdedir.

Ozan ÖZTÜRK

Aksaray, Haziran 2016

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Ozan ÖZTÜRK

İmza

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendirerek destekleyen ve tezin her aşamasında yapıcı eleştirileriyle katkı sağlayan danışman hocam sayın Doç. Dr. Selçuk REİS'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmaların her aşamasında her türlü yardım ve desteklerini eksik etmeyen Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK'e,

Tez çalışmam sırasında bölümümüzün her türlü imkânından yararlanmamı sağlayan başta bölüm başkanımız olmak üzere Harita Mühendisliği Bölümü'nün tümdeğerli öğretim üyelerine,

Tezin farklı dönemlerinde yardımlarını gördüğüm değerli mesai arkadaşlarım Arş. Gör. B. Baha BİLGİLİOğLU'na, Arş. Gör. S. Sefa BİLGİLİOğLU'e, Arş. Gör. Hacer BİLGİLİOğLU'na, Arş. Gör. A. Tarık Torun'a, Arş. Gör. Cemil GEZGİN'e, Arazi çalışmaları ve veri toplama sırasında sağladıkları destek ve göstermiş oldukları yakın ilgileri için DSİ Trabzon Bölge Müdürlüğü çalışanlarına,

Bugüne kadar sonsuz sabırları, güvenleri, maddi-manevi yönden destekleri ile her zaman yanımda olan, sevgilerini esirgemeyen annem Nevin ÖZTÜRK'e, babam Galib ÖZTÜRK'e ve kardeşim Kaan Öztürk'e, teşekkür etmeyi borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	ii
DOĞRULUK BEYANI	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. TEMEL KAVRAMLAR	4
2.1 Doğal Afetler.....	4
2.2 Doğal Afet Yönetimi.....	5
2.2.1 Afet envanter bilgileri	6
2.2.2 Afet yönetiminde afet envanter bilgilerinin önemi	7
2.3 Heyelanlar	8
2.3.1 Heyelan envanter bilgileri	9
2.3.2 Heyelan envanter bilgileri için veri toplama yöntemleri.....	11
2.4 Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri	12
2.4.1 MCBS afetlerde kullanımı	13
2.4.2 Android sistemler	13
3. İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ	16
3.1 İHA Teknolojisinin Gelişimi.....	16
3.2 İHA'ların Sınıflandırılması	19
3.3 İHA Avantaj ve Dezavantajları	23
3.4 İHA Sistemleri ile Veri Toplama.....	25
3.4.1 Geleneksel fotogrametrik yaklaşım.....	25
3.4.2 İHA ile elde edilen verilerin bilgisayarlı görme (computer vision) teknolojisiyle değerlendirilmesi	29
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR	34

4.1 Heyelan Envanter Bilgileri İçin Standartlar	34
4.2 Heyelan Envanter Coğrafi Veri Modeli Oluşturulması	40
4.3 Çalışma Bölgesi	41
4.4 Kullanılan Araç ve Yazılımlar	42
4.5 İHA İle Heyelan Envanter Bilgilerinin Toplanması	44
4.5.1 Uçuş planlaması	44
4.5.2 Yer Kontrol noktalarının tesisi	44
4.5.3 Uçuş İşlemi	46
4.5.4 Fotogrametrik Değerlendirme	47
4.5.4.1 Eşlemenoktalarının çıkarımı	47
4.5.4.2 Yoğun nokta bulutunun oluşturulması	48
4.5.4.3 Sayısal yüzey modeli üretilmesi (YM)	49
4.5.4.4 Sayısal Yükseklik Modeli üretilmesi (SYM).....	50
4.5.4.5 Ortofoto üretilmesi	51
4.5.5 Ortofoto hata miktarlarının değerlendirilmesi	52
4.5.6 Heyelan alanına ait envanter bilgilerinin toplanması.....	53
4.5.6.1 Görsel Yorumlama	56
4.6 MBCS ile Heyelan Envanter Bilgilerinin Toplanması.....	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ.....	78

ÖZET

HEYELAN ENVANTER BİLGİLERİNİN TOPLANMASINA YÖNELİK MCBS VE İHA ENTEGRASYONU OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de doğal afet olaylarında her geçen yıl artış meydana gelmektedir. Gün geçtikçe afet tehlikesi ve riski altındaki bölgeler afet türüne bağlı olarak değişmekte ve genişlemektedir. Bu durum, doğal afetlerden daha fazla insan, taşınır ve taşınmaz malların zarar görmesine neden olmaktadır. Doğal afet zararlarının azaltılması veya kontrol altında tutulması, yeni teknolojilerden yararlanarak etkili veri toplama ve değerlendirme yöntemlerinin geliştirilmesine ve afet yönetiminde kullanılmasına bağlıdır. Bu bağlamda, İnsansız Hava Araçlarının (İHA) anlık veri toplama kapasiteleri afet yönetiminde değerlendirilerek, arama, kurtarma, hasar tespit ve envanter çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülmesi sağlanabilir. Ayrıca anlık İHA görüntüleriyle, afetin etkisiyle girilemeyen ve ulaşılamayan yerlerle ilgili veriler elde edilebilir. Bu sayede, Afet anı müdahale çalışmalarında can ve mal kayıpları azaltılabilir.

Afet öncesi planlama çalışmalarına yönelik envanter oluşturma, arama-kurtarma ve hasar tespiti gibi çalışmalarda yüksek doğrulukta konumsal verilere ihtiyaç vardır. Bu tür verilerin hızlı ve güncel olarak toplanabilmesi de ancak mobil sistemlerden yararlanması ile mümkündür. Bu kapsamda Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS) ve İHA gibi teknolojilerin entegre edilerek araziden doğrudan hızlı ve güncel konumsal veri toplayacak şekilde yeni yaklaşımlar ortaya konulmalıdır. Çünkü klasik ölçme yöntemleriyle afet meydana gelen bölgelere her zaman girilemediği gibi bu alanların hızlı bir şekilde ölçülmesi de mümkün olamamaktadır. Ayrıca uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarına da afet anında istenilen zamanda ulaşmak zor veya maliyetli olabilmektedir. Bu nedenle, hızlı veri toplama ve uygun maliyet özelliklerinden dolayı İHA’ların afet anında ve/veya hemen sonrasında kullanılması öne çıkmaktadır. İHA’lar kullanım esnekliği, planlı/plansız uçabilme esnekliği, anlık koordinatlı fotoğraf çekebilme, video çekebilme, ortofoto ve 3B modeli üretme gibi birçok fonksiyonu kolay ve hızlı bir şekilde sağlaması yönüyle afet yönetiminde diğer görüntü alma araçlarına göre daha etkindir.

Bu tez çalışması kapsamında, MCBS ile İHA entegrasyonu gerçekleştirilerek heyelanlara yönelik hızlı ve düşük maliyetli envanter bilgisi toplayacak bir mobil heyelan envanter bilgi toplama modeli (MHETM) tasarlanmıştır. Pilot bir heyelan bölgesinde, İHA ile elde edilen görüntüler kullanılarak üretilen grafik bilgilerle MCBS ile araziden toplanan sözel veriler modelde entegre edilmiştir. İHA görüntüleri kullanılarak üretilen nokta bulutu yoğunluklarının heyelan çalışmalarında kullanılabilirlikleri, konum doğrulukları, maliyet ve hız açısından değerlendirilmiştir. Bu tez çalışması sonucunda İHA-MCBS entegrasyonu ile heyelan envanter bilgilerinin yüksek doğrulukta, hızlı ve ekonomik olarak toplandığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS), İnsansız Hava Araçları (İHA), Fotogrametri, Heyelan Envanter Bilgileri.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF MGIS AND UAV INTEGRATION FACILITIES TOWARDS COLLECTING LANDSLIDE INVENTORY INFORMATIONS

The occurrence of natural disasters is increasing every year in our country as well as in the world. The area that below the danger and disaster risk are changing and expanding day by day depending on the type of disaster. In this case, more people and movable and immovable property being damaged due to natural disasters. Reducing or keeping under the control the damages of natural disasters is depends on the improvement of efficient data collection and analyzing methods by using new Technologies and usage of this methods in natural disaster management. In this regard, by using instant data collection capacities of the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in disaster management, search and rescue missions, damage assessment and inventory works can be achieved effectively. Furthermore, data of the areas that cannot be entered with the impact of disasters and previously inaccessible can be obtained by using the instant UAV images. In this way, loss of life and properties can be reduced in the disaster response operations.

For pre-disaster planning, such as create inventory, search and rescue and damage assessment studies are needed highly accurate spatial data. Such data can be collected as quickly as possible and to date only benefit from the mobile system. In this context, new approaches should be put on by integrating technologies such as Mobile Geographic Information Systems (MGIS) and UAV which is collecting spatial data quickly and simply from land. Because, it is not always possible to enter these areas to measure quickly by using classical measuring methods. Besides, satellite images and aerial photographs can be difficult to achieve and costly at the time of disaster. Therefore, due to the properties such as fast and cost-effective data collection of the UAVs stands the using immediately at the disaster and/or after the disaster. UAVs usage flexibility, flexibility of the planned/unplanned flying, to be able to take immediate coordinated photo, shooting video, many functions such as generating a 3D model and orthophoto with the easy and fast way is making UAVs more effective than other image-making tools in the disaster management.

In this study, fast and low-cost mobile landslide inventory data collection model (MLICM) is designed to collect inventory information by using UAV integration with MCBS. In a local landslide area, graphic information which obtained from images by using UAV are integrated in the model with the non-graphic data collected from the field by using MCBS. Availability of the density point clouds which obtained from images by using UAV for usage in landslide, position accuracy is evaluated in terms of cost and speed. As a result of this study, it is shown that Landslides inventory information can be collected at high accuracy, quickly and economically by using UAV-MGIS.

KeyWords: Mobile Geographic Information Systems (MGIS), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Photogrammetry, Landslide inventory informations.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Afetlerden etkilenen afetzede sayıları	5
Şekil 2.2: Afet Döngüsü	6
Şekil 2.3: Türkiye’de son 50 yılda meydana gelen heyelan sayısının illere göre dağılımı	8
Şekil 3.1: Havada kalış bazlı İHA sınıflandırması	20
Şekil 3.2: İHA platform yapısı	25
Şekil 3.3: Hava fotoğrafları çekimi.	26
Şekil 3.4: Klasik fotogrametri.....	26
Şekil 3.5: Bir fotoğrafın iç yöneltme elemanları	27
Şekil 3.6: Stereo resimler için yöneltme yöntemleri	28
Şekil 3.7: Demet dengelemesi işlemi için temel veri akışı.....	29
Şekil 3.8: Computer Vision Yaklaşımı.....	31
Şekil 3.9: Nesne Tanımlama.....	32
Şekil 3.10: SYM ortofoto ilişkisi.....	33
Şekil 4.1: Mobil Heyelan Envanter Toplama Modeli (MHETM).	40
Şekil 4.2: Çalışma Bölgesi.....	41
Şekil 4.3: Fındıkoba heyelanı	42
Şekil 4.4: İBOTIX X6 tipi İHA.	43
Şekil 4.5: Sony A7R fotoğraf makinesi.....	43
Şekil 4.6: Yer kontrol noktalarının dağılımı.....	45
Şekil 4.7: Yer Kontrol Noktasının Koordinat değerlerinin CORS/RTK İle Belirlenmesi.	46
Şekil 4.8: Heyelan bölgesinden fotoğrafların kapsama alanları.....	47

Şekil 4.9: A.Düşük seviye (22,738 nokta) eşleme noktası yoğunluğu, B. Ortaseviye (123,383 nokta) eşleme noktası yoğunluğu.	48
Şekil 4.10: A. düşük seviye nokta bulutu sıklığı, B. orta seviyede nokta bulutu sıklığı.....	49
Şekil 4.11: Oluşturulan yüzey modelleri; A: Düşük Düzey, B: Orta Düzey.	50
Şekil 4.12: Oluşturulan Sayısal Yükseklik Modelleri; A: Düşük Düzey, B: Orta Düzey Üretim Tipi	51
Şekil 4.13: A. Düşük seviye ortofoto harita, B. Orta seviye ortofoto harita.	52
Şekil 4.14: Heyelan aynasının sayısallaştırılması.....	54
Şekil 4.15: Heyelanların boyutsal özelliklerinden bazıları.....	55
Şekil 4.16: Görsel yorumlama ile heyelanın genel özellikleri.....	56
Şekil 4.17: Heyelanın sınıflandırılması.	57
Şekil 4.18: Görsel yorumlama, a. Morfolojik özellikler ve deformasyonun gözlemlenmesi, b. Bitki örtüsü değişimi.....	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: Bazı ülkelere göre toplanan heyelan envanter bilgileri.	10
Çizelge 3.1: İHA sınıflandırılması (UAV Association).	20
Çizelge3.2: İHA Sınıflandırılması.	21
Çizelge 3.3: İHA'ların Artı ve Eksileri.	22
Çizelge 3.4: Konumlandırma durumuna göre sınıflandırma	22
Çizelge 3.5: Hava fotogrametrisiile bilgisayarlı karşılaştırılması	30
Çizelge 4.1: Heyelan envanter standart verileri.	35
Çizelge 4.1 (Devam): Heyelan envanter standart verileri.	36
Çizelge 4.2: Heyelan aynasının alım teknikleri.	38
Çizelge 4.2 (Devam): Heyelan aynasının alım teknikleri.	39
Çizelge 4.3: İHA ile çekilen fotoğraf bilgileri.	47
Çizelge 4.4: YKN ve GPS/INS üretilen ortofoto hata miktarı.	53
Çizelge 4.5: Heyelanların boyutsal özellikleri.	55
Çizelge 4.6: İHA ile veri üretim süresi.	59
Çizelge 4.7: MCBS ile heyelan bölgesinden toplanması gereken sözel bilgiler.	60

KISALTMALAR DİZİNİ

3B	3 Boyutlu
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Position System
INS	İnertial Navigation System
İHA	İnsansız Hava Aracı
LIDAR	Light Detection and Ranging
MCBS	Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri
MHETM	Mobil Heyelan Envanter Toplama Modeli
MTA	Maden Teknik Ve Arama Genel Müdürlüğü
RTK	Real Time Kinematic
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SIFT	Scale Variant Feature Transform
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
YKN	Yer Kontrol Noktası
YM	Sayısal Yüzey Modeli
YÖA	Yer Örnekleme Aralığı

SİMGELER DİZİNİ

aa	Ay
c_k	Odak Uzaklığı
cm	Santimetre
cm/pix	Piksel Boyutu
dk	Dakika
dm	Desimetre
gg	Gün
gr	Gram
h_g	Uçuş Yüksekliği
hg	Uçuş Yüksekliği
kg	Kilogram
km	Kilometre
km²	Kilometrekare
m	Metre
m²	Metrekare
m³	Metreküp
mm	Milimetre
nokta/m²	Mektrekare Başına Düşen Nokta Sayısı
sa	Saat
sn	Saniye
ss	Saat
x₀,y₀, z₀	İzdüşüm Merkezinin Konumu
yy	Yıl
yy.	Yüz Yıl
μ	Mikron
ω, φ, κ	Dönüklük Açıları

1. GİRİŞ

Afet, yerel kapasitenin üstünde, ulusal veya uluslararası yardım gerektiren, tahmin edilemeyen ve aniden meydana gelen, büyük zararlar ile insan ölümlerine neden olan biyolojik, meteorolojik, hidrolojik, iklimsel ve jeolojik olayların sonuçları olarak tanımlanmaktadır (Şahin 2003, Sipahioğlu 2003, Hoyois vd. 2006, Akıncı vd. 2010). 2013 yılında dünya genelinde meydana gelen 330 doğal afet olayından 96,5 milyonun üzerinde insanın etkilendiği, 21.610 insanın hayatını kaybettiği ve 156,7 milyar dolar ekonomik zararın olduğu rapor edilmiştir (Guha-Sapir vd., 2013).

Afet etkilerinin en aza indirilmesi amacıyla yapılan zarar azaltma çalışmaları son yıllarda üzerinde en çok çalışılan ve kaynak aktarılan konuların başında gelmektedir. Günümüzde zarar azaltmanın temelini ise "Risk Belirleme" ve "Planlama" kavramları oluşturmaktadır (Safeland 2010, Bilgilioğlu 2014). Afet riski altındaki bölgelerin belirlenmesi ve buna göre uygun planların hazırlanması, afetlerle ilgili doğru ve güncel öncül bilgilerin (envanter bilgileri) bulunmasına bağlıdır. Bu çerçevede, deprem, heyelan sel vb. afet türleri için risk belirleme ve planlama çalışmaları için gereksinim duyulan konumsal bilgiler belirlenmelidir. Bu bilgiler afet anında veya hemen sonrasında toplanarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında paydaşlara sunulması gerekmektedir. Doğal afet türleri içerisinde heyelanlar, zararlarının azaltılması amacıyla yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere en fazla envanter bilgilerine gereksinim duyulan afet türlerinden biridir. Çünkü, heyelan duyarlılık ve risk analizlerinin doğru yapılabilmesi için mutlaka geçmişe yönelik envanter bilgilerine gereksinim duyulmaktadır.

Heyelanlar, depremler gibi sıkça görülen doğal afet türüdür ve tüm Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de can ve mal kayıplarına neden olan doğal afetlerin başında gelmektedir. Ülkemizde meydana gelen doğal afetler incelendiğinde, heyelanların %45'lik oranla en sık gerçekleşen doğal afet olduğunu görülmektedir. Ülkemizde, tüm iller heyelandan belirli derecelerde etkilendiği bilinmektedir (Gökçe vd., 2008).

Ülkemizde heyelan kaynaklı zararların azaltılması için heyelanların mekânsal dağılımı ile heyelanların daha iyi anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi için Maden Teknik Ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 1997 yılında “Türkiye Heyelan Envanter Haritası” projesine başlanmıştır. CBS ortamında heyelan envanter haritaları üretilerek MTA web sayfasında, Yerbilimleri Portalı altında web sunucusuna yüklenerek yasal uyarılar kapsamında tüm kullanıcılara sunulmuştur (KGM, 2015).

Benzer olarak, Avrupa Birliği tarafından gerçekleştirilen “SafeLand EU-FP7” projesi kapsamında yürütülen Avrupa Birliği üye ülkeleri (22 ülke), Avrupa Birliği’ne aday ülkeler (Türkiye hariç), olası aday ülkeler ve serbest ticaret anlaşması olan ülkeler arasında heyelan envanter standartlarının belirlenmesinde yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve standartlar dahilinde ortak heyelan envanter veri tabanı oluşturulmuştur (SafeLand, 2010).

Afetlere yönelik veri tabanlarının oluşturulmasında temel sorunlardan birisi, afet bölgesinden gerekli olan konuma dayalı afet bilgilerinin (bina, yol, heyelan aynası, sel sınırları, vb.)toplanmasıdır. Zira, afet anında veya hemen sonrasında toplanması gereken bu tür bilgiler, afetin etkisiyle girilemeyen veya girilmesi riskli olan alanların oluşması ile ölçülememektedir. Nitekim, heyelan yerlerinin (konumsal) belirlenmesinde; topoğrafik analizler, hava fotoğraflarının yorumlamaları, klasik ölçü yöntemleriyle (elektronik uzaklık ölçer, GNSS gibi) saha çalışmaları, basılı veya sayısal harita arşiv raporları klasik yöntemler olarak adlandırılırken, LIDAR (Light Detection And Ranging) uygulamaları, İnsansız hava Araçları (İHA) ve uydu görüntüleri (yüksek veya orta çözünürlük) kullanılması yeni veya güncel yöntemler olarak tanımlanmaktadır (Nichol vd., 2006).

Heyelan hareketlerinin görüntülenmesi heyelan çalışmaları için oldukça büyük öneme sahiptir. Klasik ölçme yöntemleri ile heyelanların gözlemlenmesi yoğun arazi çalışması gerektirmektedir (Hervas vd., 2003). Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, el GPS (Global Position System) araçları ile afete maruz kalmış bölgeden hızlı ve hassas veri üretebilme kapasitesine sahip değildirler (Tralli vd.,2003). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte İHA’lardan anlık olarak görüntü elde edilebilmesi, mobil haritalama kapasitesi, esnekliği, konumsal hassasiyeti, anlık müdahale ve hızlı olmasından dolayı bahsedilen yöntemlere göre afet çalışmalarında İHA’lar ön plana çıkmaktadır (Neto 2012, Wang vd. 2013, Colomina ve Molina 2014).

İHA'lar meteorolojik, çevresel, hidrolojik ve insan kaynaklı afetlerde konumsal bilginin elde edilmesinde kullanımı her geçen gün yaygınlaşmasıyla afet sonrası çalışmalara altlık olabilecek 3 boyutlu (3B) arazi modelleri, ortofoto vb. fotogrametrik veriler üretebilmektedir (Adams, 2011). Günümüzde, İHA ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin değerlendirilmesinde Bilgisayarlı Görme (Computer Vision) yaklaşımları ve buna bağlı algoritmalar kullanılmaktadır. Otomatik çalışma prensibine bağlı bu yaklaşımlar ise uzman personel gereksinimini azaltarak, değerlendirmeyi yapan kişiye bağlı hata oranını en aza indirmektedir. İHA'lardan çekilen görüntüler üzerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM)'leri doğrudan heyelan alanlarının karakteristik özelliklerini yansıtabilmektedir ve SYM üzerinden eş yükseklik eğrileri, baki, eğim ve eğrilik gibi arazi analizlerinin yapılmasına da imkân vermektedir (Zeybek, 2016).

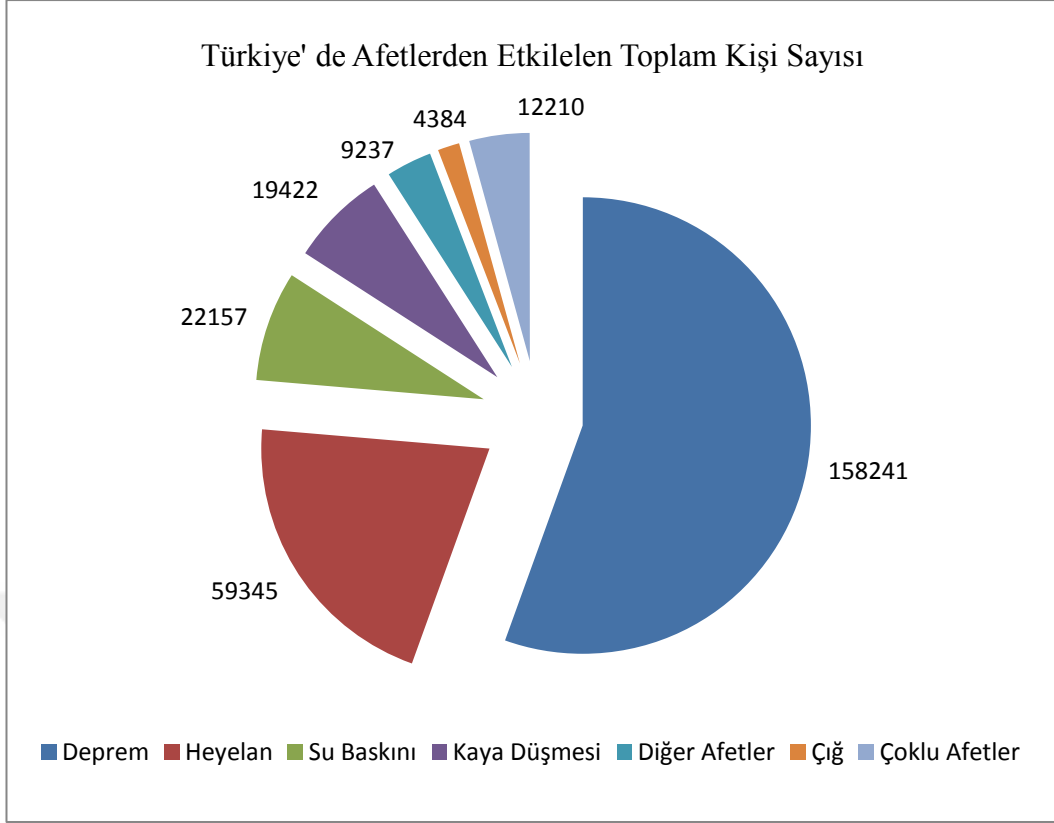
Heyelan bilgilerinin, zarar tespiti, duyarlılık analizleri, risk belirleme gibi çalışmalarda kullanılmak üzere ilgililere sunulması için Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında ortak bir veri tabanı içerisinde tutulması önemlidir. Bunun için afetin meydana gelme zamanı, türü vb. heyelan envanter bilgileri hızlı ve hassas biçimde afet anında veya hemen sonrasında afet bölgesinden toplanması gerekmektedir. Bu kapsamda, Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS)'nin heyelan envanter çalışmalarında kullanılması hem afet anı müdahale hem de afet sonrası değerlendirme çalışmaları için katkı sağlayabilir. MCBS'nin afet çalışmalarında kullanılmasıyla, afet çalışmalarının ihtiyaç duyduğu gerçek zamanlı çalışma prensibi gerçekleştirilebilecektir ve kullanıcının veri tabanında güncelleme yapmasıyla birlikte hız ve yüksek doğrulukta veri toplanabilecektir (Yomralıoğlu ve Döner 2005, Dalgın 2015).

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1 Doğal Afetler

Deprem, dev dalgalar, volkanik patlamalar, toprak kaymaları, tropikal siklonlar, hortum, sel baskını, kuraklık, çevre kirlenmesi, ormanların yok edilmesi, çölleşme vb. doğal olaylar sonucu oluşan afetlere “doğal afet” denir (Gülkan, 2003). Başka bir ifadeyle, insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları olumsuz etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi olanak ve kaynaklarını kullanarak üstesinden gelemeyeceği, doğal, teknolojik veya insan kökenli olaylar ve doğuran sonuçlar şeklinde tarif edilirler (AGS, 2007).

Ülkemiz, sahip olduğu jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel yapısı nedeniyle dünya ölçeğinde doğal afetlerden en fazla etkilenen ülkeler arasındadır. Yıkıcı etkileri açısından değerlendirildiğinde ilk sırayı alan depremden sonra heyelan, taşkın, kaya düşmesi ve çığ ülkemizde sık yaşanan afet türleridir. Son 60 yıllık afet kayıtlarına bakıldığında; doğal afetlerin ülkemizde neden olduğu doğrudan ve dolaylı ekonomik kayıpların, Gayri Safi Milli Hasılanın % 3’ü kadar olduğu görülmektedir (AFAD, 2015). Ayrıca, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yürütülen jeolojik etüt ve hasar tespit çalışmaları sonucunda afetlerden etkilenen afetzede sayıları dikkate alındığında (Şekil 2.1); depremlerden 158.241, heyelanlardan 59.345, su baskınlarından 22.157, kaya düşmelerinden 19.422 ve çığlardan ise 4.384 ailenin etkilendiği belirlenmiştir. Zarar bazında depremlerin %55, heyelanların %21, su baskınlarının %8, kaya düşmesi %7, çığ ise %2’ lik bir orana sahiptir (TMMOB, 2011).



Şekil 2.1: Afetlerden etkilenen afetzede sayıları (TMMOB, 2011).

2.2 Doğal Afet Yönetimi

Afet Yönetimi; Afetlerin önlenmesi ve zararların azaltılması amacıyla, bir afet olayının zarar azaltma, hazırlıklı olma, olaya müdahale ve iyileştirme gibi aşamalarda yapılması gereken faaliyetlerin planlanması için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, kaynaklarının bu ortak amaç doğrultusunda kullanılmasını gerektiren çok kapsamlı bir yönetim şeklidir (Kadioğlu ve Özdamar 2006, Reis 2011). Kısaca etkin bir afet yönetimi çalışması, afet öncesi ve sonrası ihtiyaç duyulan tüm çalışmaları kapsamaktadır.

Afet yönetimi, çok kapsamlı ve karmaşık bir süreç olup pek çok farklı disiplin tarafından farklı anlama gelmektedir. Bu yönetim süreci, yer bilimleri açısından değerlendirildiğinde bölge planlama ve erken uyarı anlamında meteoroloji, CBS, uzaktan algılama ve topografya gibi konuları içerir. Şekil 2.2’de gösterildiği gibi, afet yönetim süreci, devam eden bir süreçtir ve bir afetten diğer afete kadar geçen süreyi kapsamaktadır (Kadioğlu ve Özdamar 2005, AİGM 2004, Reis 2008, Türk 2013).



Şekil 2.2: Afet Döngüsü (AFAD, 2013).

Afet yönetiminin hazırlık aşamasında, araştırmacıların ve karar vericilerin her zaman hassas, güvenilir ve istenildiği anda kullanılabilen geçmişe ait afetleri tanımlayan afet bilgilerine ihtiyacı vardır. Başka bir ifadeyle afet envanter bilgileri doğrudan hazırlık ve zarar azaltma çalışmalarlarıyla ilişkilidir. Böylece, kriz yönetimi aşamasında bu gereksinim ön plana çıkmakta ve afet yönetimi çalışmalarına girdi olarak kabul edilen afet envanter bilgileri için veri tabanı gereksinimi oluşmaktadır (URL-1). Bu veritabanları ulusal ölçekte doğru konumsal planlama, önleme ve iyileştirme çalışmaları için önemli bir araç olarak kullanılabilir (Kamac, 2015).

2.2.1 Afet envanter bilgileri

Türk Dil Kurumuna göre envanter: “Bir ticaret kuruluşunun para, mal ve diğer varlıklarıyla genel olarak borçlu ve alacaklı durumlarını, nicelikleri ve değerleriyle ayrıntılı olarak gösterme” olarak tanımlanmıştır (URL-2). Afet envanteri ise, afet anında hizmet verecek kuruluşların elinde bulunan malzeme, kaynak ve imkânların stok durumunu yönetmesini sağlamaya yarayan demirbaş listesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bu terim aynı zamanda afetlerin yol açtığı zarar ve kayıpların listeleri için de kullanılmaktadır (AFAD, 2014).

Doğal afetlerin etkilerini düşürmek amacıyla afet yönetiminin ihtiyaç duyduğu altlıklardan biri afet envanter bilgileridir. Afet envanter bilgilerinin bir arada tutulduğu afet veri tabanları ile ülkelerin afet profilleri ortaya konulmaktadır. Başka bir ifadeyle, afet envanterleri planlamalar ve risk yönetimi çalışmalarının vazgeçilmez unsurudur. Afet verileri arşiv, veri tabanı veya envanter şeklinde bir araya getirilerek meydana geldikleri ülkelerde afetlerin boyutlarını ortaya koymaktadır (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2008). Afet envanter bilgileri, afetin

yeri, boyutu, türü, aktivitesi, afet bölgesinde meydana gelen etki ve afetin tetikleyici parametrelerinden oluşmaktadır (Peševski, 2015).

2.2.2 Afet yönetiminde afet envanter bilgilerinin önemi

Envanter, günümüzde doğal afetlerin anlaşılması ve yorumlanması için Dünya çapında birçok veri tabanında farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Vos 2011). Birleşmiş Milletler çatısı altında kurulan “GRIP” (Global Risk İdentification), 1980 yılında Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’ne dahil edilen “CRED” (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) en yaygın bilinen afet envanter veri tabanlarıdır. Bu veri tabanları 20 yy. başından günümüze kadar doğal ve teknolojik afetleri içeren her türlü bir bilgi ve kaynakları sunmaktadır. 1994 yılında birkaç akademisyen ve araştırmacı tarafından Latin Amerika’da oluşturulan “DesInventar” (Sistema de Inventario de Desastres), standart envanter bilgileri (etkilenen insan ve yaralanması sayısı) vb. bilgilerin toplanması ile birlikte ekonomik, alt yapı, sosyal zararları gibi bilgileri toplamaya başlamıştır. DesInventar yaklaşımı Kuzey Afrika, Güney Asya ve Okyanusya’da birçok ülkede kullanılmaya başlanmıştır. DesInventar 16 ülke tarafından kullanılan bir veri tabanı olup, kayıp insan sayısı, taşınır/taşınmaz zararı, ekonomik kayıp vb. bilgileri içermektedir (URL-3). Ülkemizde de ODTÜ (Orta Doğu Teknik Üniversitesi) ile AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) işbirliği ile başlatılan “Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB)” afetlerle ilgili her türlü raporlar, afiş, kitap, poster vb. kaynaklara kolayca ulaşılabilecek veri tabanı oluşturulmuştur.

Bir ülkedeki afet verilerinin çok iyi kaydedilmesi mevcut afete karşı yapılacak işler için şart olduğu gibi gelecek afetler içinde gereklidir. Bu amaçla, afet bilgilerinin çok hassas bir biçimde toplanması ve afet duyarlılık, tehlike ve risk çalışmalarında kullanılabilirliği uygun olarak değerlendirilerek bilgiye dönüştürülmesi gerekir (Akdur, 2000). Bu kapsamda, veri tabanları gibi güncellenebilen sistematik bilgiye sahip olmak için geliştirilen teknolojiler birçok ülkede kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojilerden biri olan CBS ise bu bilgilerin kullanılması ve farklı analizlerin elde edilmesinde yardımcı olmaktadır. Böylece, Afet envanter kullanılarak CBS ile afetlerle mekânsal ilişkiler kurulabilmekte ve sorgular yapılabilmektedir (Kadıoğlu, 2008). Ayrıca afet envanter bilgileri, üniversiteler, kamu kurum ve kuruluşları, karar vericiler ve yerel yönetimler için son derece önemli bilgiler içermektedir. Bu doğrultuda, afetlerden toplanacak envanter bilgileri, afete eğilimli alanların

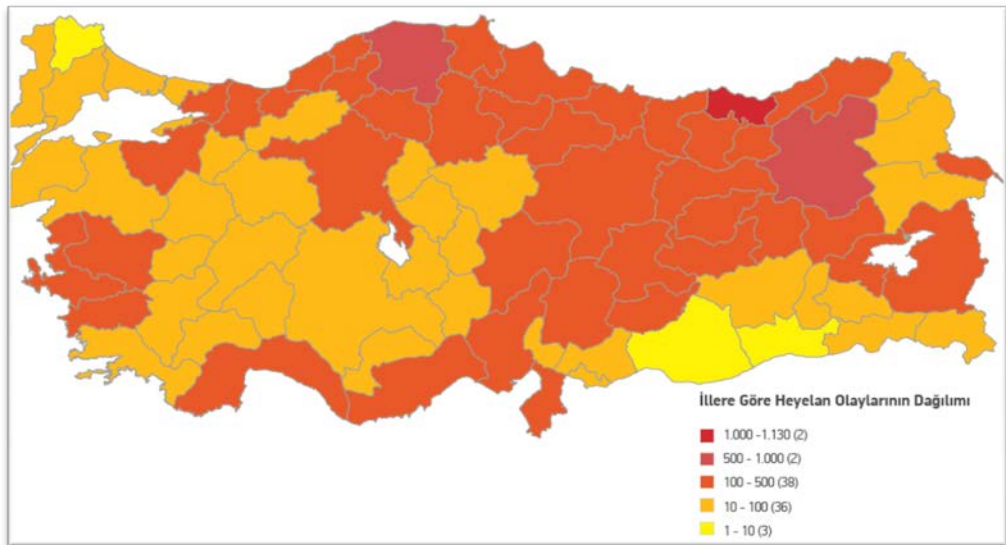
belirlenmesi ve daha doğru arazi planlaması için büyük önem taşımaktadır (Jacobs, 2015).

2.3 Heyelanlar

Heyelan terminolojisi ve heyelan aktivitelerinin yorumlanması yerbilimi, mühendislik, toprak bilimi ve diğer bilimlere göre değişmektedir. Basit bir ifadeyle heyelan, kaya, toprak veya her ikisinin yer çekimi etkisiyle aşağı doğru kaymasıdır (Crawford, 2014). Kütle hareketleri anlamında da kullanılan heyelanlar, bir yamaçtaki kaya, toprak veya moloz türü malzemelerin çeşitli nedenlerden ötürü yerçekimi etkisi ile yamaç aşağı yöndeki hareketi olarak tanımlanmaktadır (Varnes, 1978).

Heyelanlar, jeolojik, jeomorfolojik, meteorolojik süreçler ve etkiler ile gelişebildiği gibi insan etkisi ile de tetiklenebilmektedir. Örneğin, hızlı bir artış süreci içerisindeki nüfus yoğunluğu, beraberinde yeni yerleşim ve yaşam alanlarına gereksinim duyulmasını getirmektedir. Bunun sonucunda da taşkın, deprem, heyelan gibi doğal afetlerin etkin olabilmekte ve tehlike yaratabilecek alanlarda yerleşimler gelişebilmekte ve/veya yeni yerler oluşturulabilmektedir (Alkeveli, 2009).

Türkiye’de, ölüm, ekonomik kayıplar ve çevresel etkiler bakımından en önemli doğal afet türlerinden biri heyelanlardır. Ülkemizde, her yıl heyelan kaynaklı birçok yapı zarar görmekte ve buna bağlı olarak insan ve hayvan ölümleri, tarım alanlarının yok olması, yollar göçmesi vb. zararlar meydana gelmektedir (Duman, 2006) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Türkiye’de son 50 yılda meydana gelen heyelan sayısının illere göre dağılımı (Gökçe vd., 2008).

2.3.1 Heyelan envanter bilgileri

Heyelan envanter bilgileri literatürde, heyelan envanter haritaları şeklinde de tanımlanmaktadır. Heyelan envanter bilgileri, heyelan yeri, heyelan türleri, aktivite özellikleri, heyelanları tekrar görülme sıklığı ve istatistik dağılımı gibi bilgileri içermektedir (Guzzetti vd., 2012). Heyelan envanter bilgileri sadece bilimsel çalışmalar değil aynı zamanda arazi yönetimi ve planlama çalışmaları doğrudan altlık oluşturmaktadır (Pellicani, 2014).

Heyelan envanter bilgileri farklı amaçlar doğrultusunda hazırlanmaktadır (Brabb, 1991). Bunlar;

1. Kütle hareketlerinin yeryüzü üzerindeki etkilerini ve değişimini incelemek ve ortaya koymak.
2. Yerel, bölgesel veya ülke ölçeğinde heyelan oluşumlarının yerlerini göstermek ve dokümantasyonunu oluşturmak.
3. Heyelan tehlike ve risk değerlendirmelerine temel teşkil edecek bilgileri içerecek şekilde bir altlık oluşturmak.
4. Heyelanların jeomorfolojik ve jeolojik özelliklerle ilgili olacak şekilde mekansal dağılımını, türlerini ve aktivitesini göstermek.

Çizelge 2.4' de Avustralya (AU), Almanya (DE), Slovenya (SI), İtalya (IT), Fransa (FR), Avusturya (AT), Amerika Birleşik Devletleri (US) ve Türkiye (TR) gibi ülkelerde konumsal olmayan ne tür verilerin toplandığı ve envanter kayıtlarının toplanması aşamasında kullanılan standart formlarda hangi soruların cevaplandığı bilgileri verilmiştir (OFAT vd.1997, AGS 2000, JTC-12008, Safeland 2010).

Çizelge 2.1: Bazı ülkelere göre toplanan heyelan envanter bilgileri (Bilgilioğlu, 2014).

Ülkeler		AT	DE	SI	IT	FR	AU	US		TR
								Oregon	Washington	
Genel Bilgiler	Nerede	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Ne Zaman	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Ne	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Neden	x	x		x	x	x	x		x
	Kim	x	x		x	x	x	x	x	x
	Kayıt Edilme Zamanı	x	x				x		x	x
Heyelan Koşulları	Aktivasyonu	x	x	x	x	x	x			
	Geometrisi	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Yamaç Pozisyonu	x	x		x					
	Bölge Tanımı	x					x			x
	Yamaç Bakışı	x	x		x					x
	Yamaç Eğimi	x	x							x
Genel Jeolojisi		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ayrıntılı Jeoloji	Jeolojik/ Tektonik Birim	x	x		x	x	x			
	Litoloji	x	x		x	x	x			x
	Tabakalanma Yapısı	x			x				x	
	Ayrışma	x			x					x
	Jeoteknik Özellikler	x	x		x		x	x		x
	Jeoteknik Parametreler	x					x			
	Kaya Kütle Yapısı	x			x					x
	Çatlak Boşlukları	x			x				x	x
	Süreksizlikler				x				x	x
Arazi Kullanımı/ Örtüsü		x						x	x	x
Hidrojeoloji		x			x					
Yağmur ile ilişkisi		x			x		x			x
Kütle Hareketi Sınıfı		x								x
Sınıflandırma	Tipi	x	x		x	x		x	x	x
	Kütle Hızı	x			x					
	Malzeme	x	x		x					x
	Su İçeriği	x			x					
Sebepler		x	x		x	x				x
Hasar		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Altyapı ya Etkisi		x	x						x	
İyileştirici Önlemler		x		x	x	x				x
Önlem Maliyetleri ve Soruşturmalar			x	x						

AT: Avusturya, DE: Almanya, SI: Slovenya, IT: İtalya, FR: Fransa, AU: Avusturya, US: Amerika Birleşik Devletleri, TR: Türkiye

Heyelan envanter bilgilerinin kalitesi, güvenilirliği ve bütünlüğü, tamamıyla toplanması gereken heyelan envanter bilgileriyle ilişkilidir. Bununla birlikte, bir heyelan envanter haritasının sözü edilen bu özelliklerinin ortaya konulması, son derece güç bir süreç olup, herhangi bir standart da bulunmamaktadır (Galli vd. 2008, Guzzetti 2012). Genel olarak özetlendiğinde bir heyelan envanterinin güvenilirliğini etkileyen temel parametreler:

- Kullanılan hava fotoğrafı ve/veya uydu görüntülerinin çözünürlüğü, zamanı ve kalitesi,
- Altlık olarak kullanılacak ve heyelanlar hakkında bilgi edinilecek haritanın ölçeği ve kalitesi,
- Yorumlamalarda kullanılacak aletsel ekipman (stereoskop veya 3B görsel ekipman) kalitesi ve yetenekleri, yorumlamayı yapan kişilerin bilgi ve tecrübesi olarak sınıflandırılabilir (Galli vd. 2008, Alkeveli ve Ercanoğlu2011, Aksoy ve Ercanoğlu 2012, Guzzetti vd. 2012).

2.3.2 Heyelan envanter bilgileri için veri toplama yöntemleri

Heyelan envanter bilgilerinin oluşturulmasında literatürde kabul görmüş birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlar arasında sıklıkla kullanılanlar aşağıda özetlenmiştir (Guzzetti vd. 2000, Nichol vd. 2006, Galli vd. 2008, Van Westen vd. 2008, Alkeveli ve Ercanoğlu 2011, Guzzetti vd. 2012).

- SYM analizleri,
- Hava fotoğrafı yorumlamaları,
- Saha çalışmaları/yerinde jeomorfolojik analizler,
- Basılı veya sayısal harita arşivleri,
- LIDAR uygulamaları
- Uydu görüntülerinin kullanılması
- İnsansız Hava Araçları
- Ulusal veya bölgesel gazeteler

Heyelan envanter bilgilerinin oluşturulmasında kullanılan bu yöntemlerden ilk dört sıradakiler “klasik” veya “geleneksel” olarak değerlendirilmekteyken, LIDAR ve optik/pasif veya radar/aktif uydu görüntülerinin kullanılması da “yeni” ve “güncel” yöntemler olarak tanımlanmaktadır (Nichol vd., 2006). Bununla birlikte, heyelan envanter bilgilerinin oluşturulmasında, çoğunlukla hava fotoğrafı yorumlamaları, arazide doğrudan yapılan saha çalışmaları (jeomorfolojik analizler) veya bu iki

yöntemin bir arada kullanılması dünyada en çok kabul gören ve sıklıkla kullanılan yöntemler olarak ortaya çıkmaktadır (Guzzetti vd. 2000, AFAD 2015).

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte heyelanlarının görüntülenmesinde yönelik yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir. Yenilikçi hava taşıtları, yüksek çözünürlüklü lazer tarayıcılar ve gelişmiş jeofiziksel yöntemler heyelanların görüntülenmesi için kullanılan güncel yöntemlerden birkaçını oluşturmaktadır. İlerlemiş sensör tipleri ve metotlar sayesinde, potansiyel risk alanlarının anlaşılması ve risk durumunun düşürülmesi için yapılan çalışmaların kalitesini ve çeşitliliğinin önemli ölçüde artırmaya yardım edebilir.

2.4 Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS'nin giderek artan kullanımı sonucunda güncel ve doğru veriyi ekonomik olarak elde etme ihtiyacı ve bu ihtiyaçla birleşen teknolojik ilerlemeler, CBS'nin gezici olarak kullanılmasına olanak sağlayan "Mobil Coğrafi Bilgi Sistemleri (MCBS)"nin ortaya çıkmasını sağlamıştır. MCBS; yazılım ve donanım entegrasyonu, CBS fonksiyonlarının taşınabilir platformlar üzerinde gerçekleştirilmesine imkân sağlayan gezici bir sistemdir (Dinçyılmaz, 2009). MCBS, grafik ve öznitelik verilerinin toplanması, saklanması, güncellenmesi, analizi ve sunumunu destekler. Bir MCBS'nin potansiyel kullanıcılarına sağladığı önemli avantajlar, aşağıda genel başlıklar altında özet olarak verilmiştir (Yomralıoğlu ve Döner 2005, ESRI 2007): Bu sistemlerle,

- GPS ve sayısal fotoğraf makinesi ile yapılan entegrasyonla objelerin konumları belirlenip, resimleri de sisteme girilebilir (özellikle bir afet ya da acil durumlarda büyük yarar sağlayacaktır),
- Sahada hızlı, doğru ve ekonomik olarak dinamik veri toplanabilir,
- Toplanan veriler herhangi bir yere (merkeze) kablosuz iletişim aracılığıyla anında gönderilebilir,
- İnternet üzerinden on-line sunulan harita servislerine ulaşım, kullanılabilir,
- CBS veritabanları için kullanımı kolay, yazım hatalarını en aza indiren, eksik bilgi toplanmasını önleyen ve toplanan bilgilerin daha sonra bilgisayara girilmesine gerek kalmaksızın doğrudan sayısal olarak kullanılmasına olanak sağlayan formlar oluşturulabilir,

- Sahada daha önceden oluşturulmuş olan bir CBS uygulaması hemen tüm fonksiyonları ile kullanılabilir, CBS konum analizleri yapılabilir.

MCBS uygulamaları için kullanılacak taşınabilir bilgisayarlar; PDA tabanlı akıllı telefonlar, Android tabanlı akıllı telefonlar (Google), İOS tabanlı akıllı telefonlar (Apple), PDA/Cep Bilgisayarı (Pocket PC), tablet bilgisayarlar, Notebook (Dizüstü Bilgisayarlar), olarak sıralanabilir. Android uygulamaları Google tarafından açık kaynak kodlu sistemler olarak tasarlanmıştır. Washington Üniversitesinde çevre ve afet yönetimi sürdürülebilirliği açısından verilerin toplanması ve güncellenmesi işlemlerinde Android tabanlı sistemler kullanılmaktadır (Lwin, 2011).

2.4.1 MCBS afetlerde kullanımı

Kentlerde meydana gelebilecek acil durum ya da afet olaylarının can ve mal kayıplarının en aza indirgenmesi, ekonomik kayıpların azaltılması, sosyal yaşamın aksandan devam ettirilmesi için stratejik olarak yönetilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte kente ait her türlü verinin hızlı bir şekilde toplanması, değerlendirilmesi ve etkin kararların hızlı bir şekilde alınması gerekmektedir (Nişancı vd., 2010).

Geleneksel veri toplama yöntemleri ile toplanan envanter bilgilerinin veri tabanlarına giriş işlemleri zor ve zaman alıcıdır. Ayrıca, girişi yapılmayan veya sayısal formata dönüştürülmeden doğrudan kâğıt altlıklar üzerinden gerçekleştirilen kayıt işlemlerinin sonrasında istenildiği anda hızlı ve doğru bir şekilde sorgulama ve güncelleştirme imkânı mümkün değildir (Lwin, 2011).

Mobil yazılımlar vasıtasıyla, afet öncesi ve sonrası sahadan online ve/veya offline veriler (heyelan, su baskını, kaya düşmesi bölgesi, afete maruz bölge, hasarlı binalar, geçici barınma alanları, enkaz döküm alanları, malzeme dağıtım noktaları vb.) toplanabilmekte ve merkezi veritabanına kaydedilmektedir (URL-4).

2.4.2 Android sistemler

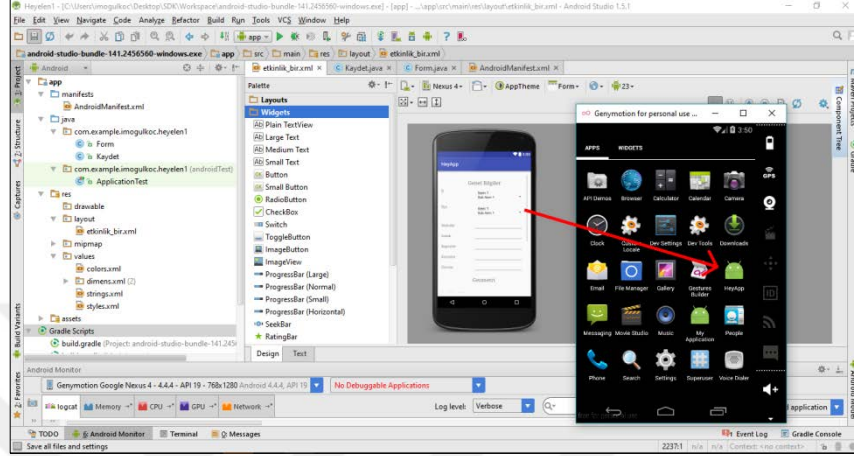
Android, Linux çekirdeğini kullanan bir işletim sistemidir. Google, Open Handset Alliance ve özgür yazılım toplulukları tarafından geliştirilmektedir. Temel olarak dokunmatik ekranlar için tasarlanan Android, düşük maliyetli ve kişiselleştirilebilen işletim sistemi arayan yüksek teknolojiye sahip cihazlar arasında da popülerdir.

Android platformunun genel mimarisi (URL-5);

- Linux çekirdeği,
- Kütüphaneler,

- Android çalışma zamanı (runtime)
- Uygulama geliştirme çatısı,
- Uygulamalar, olmak üzere 5 gruptan oluşur.

Android uygulamaları geliştirmek için gerekli olan tüm araçların içerisinde barındıran Android Studio arayüzü bulunmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Anroid studio ADT arayüzü.

Uygulama tasarlarken gereksinim duyabileceğimiz görsel öğeler Google tarafından sağlanmaktadır. Android SDK ile gelen ve layout dosyalarında kullanacağımız temel öğeleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (URL-6).

- TextView

Metin değerlerini ekranda göstermek için kullanılır.

- EditText

Kullanıcıdan alınacak metin ya da numara gibi girdileri kaynak kod tarafına iletmek için kullanılır. HTML'deki input benzeri bir davranış gösterir. Kullanıcı giriş yaparken gireceği değere göre klavye tipi seçilebilir.

- Button

Düğme oluşturmak için Button öğesi kullanılabilir. Kullanıcı düğmeye bastığında kod içerisinde oluşturulan bir dinleyici içindeki kod çalıştırılarak düğmeye bir eylem atanabilir.

- TableLayout

TableLayout, kendisine ait bileşenleri satır ve sütun şeklinde tutan layout stildir. Böylece bileşenler arasında hizalama sıkıntısı olmayacaktır.

- Spinner

Kullanıcının karşısına çoktan seçmeli bir menü getirmek için kullanılır. Select HTML etiketiyle karşılaştırılabilir. Kullanıcı Spinner ögesine bastığında karşısına geliştiricinin belirlediği bir menü açılır ve burada seçim yapması beklenir. Yapılan seçimin cevabı kaynak kod içerisinde bir Listener yardımıyla alınır.

- ScrollView

Ekranı sığmayan bileşenler olduğu durumda kullanılarak ekranın aşağı yukarı hareketini sağlar.



3. İNSANSIZ HAVA ARACI SİSTEMLERİ

İnsansız Hava Araçları, boş veya pilotsuz motorlu havasal araçlar olarak tanımlanmaktadır (Blyenburgh, 1999). İHA'ların kontrol mekanizması uzaktan, yarı otomatik, otomatik veya bunların birkaçının birleşiminden oluşmaktadır. İHA'lar diğer hava araçlarıyla karşılaştırıldığında, en önemli fark İHA'larda fiziksel olarak pilotun bulunmamasıdır (Everaerts 2008, Wing 2014). Geçmiş yıllarda İHA'lar öncelikli olarak askeri amaç ve uygulamalar için kullanılmaktaydı. İnsansız araştırma, keşif, gözleme askeri uygulamaların başında gelmekteydi (Ebbinghaus, 1979).

Son yıllarda, dijital fotogrametri çalışmalarında dijital kameraların entegre edildiği İHA'lar tarafından elde edilen görüntüler üzerinden üretilen kartografik verilerin kullanımı önemli ölçüde yaygınlaşmıştır. Bu kapsamda İHA fotogrametrisi, İHA görüntüleri vb. terminolojileri ortaya çıkmasına neden olmuştur (Rock 2011, Watts 2012, Ruzgiené 2015). Ayrıca, RPV (Remotely Piloted Vehicle), ROA (Remotely Operated Aircraft), RPA (Remotely Piloted Aircraft), UAVS (Unmanned Aerial Vehicle Systems) ve UAV (Unmanned Aerial Vehicle) şeklinde literatürde tanımlanmalar türetilmiştir (Bendea2008, Eisenbeis2009, Siebert 2014).

3.1 İHA Teknolojisinin Gelişimi

İHA'lar ilk olarak Wright kardeşlerin 1916 yılında ürettikleri Hewitt-Sperry otomatik uçağı ve yine aynı yıl İngiliz Profesör Low'un ürettiği 'Aerial Target' uçağı ile doğmuştur. 1933 yılında İngiliz kraliyet hava kuvvetleri adına üretilen ve kullanılan 'Queen Bee' uçağı ile gelişimine askeri amaçlı olarak devam etmiştir (Colomino ve Molina,2014). İHA kullanılarak İlk hava fotoğrafı alımı 1955 yılında askeri amaçlı keşif uçuşu ile gerçekleştirilmiştir (Newcome, 2004). 1970 yıllarına gelindiğinde ise araştırma grupları tarafından insansız hava aracının sivil haritacılıkta kullanım potansiyeli araştırmaya başlanmıştır. Navigasyon ve sensör entegre edilmiş radyo kontrol platformları ile alçak yükseklikten yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilmiş fakat akademik gruplar tarafından ilgi çekici gelmemiştir. Bunu o yıllardaki

konuyla ilgili limitli yayın ve konferans sayısını göz önünde bulundurduğumuzda açıkça görmekteyiz. 1980 yılında Wester-Ebbinghaus ilk fotogrametrik amaçlı ilk model helikopter uçuşunu gerçekleştirmiştir (Eisenbeiss vd., 2004). Başlangıçta potansiyel faydaları çok geç görülen İHA sistemleri, 2000'li yılların başından itibaren hızla yayılmış, sistemlerin sayısı ve çeşitleri artarken aynı zamanda kabiliyetleri de oldukça gelişmiş sivil ve askeri alanda yeni bir anlayış getirmiştir (Karaağaç, 2016). Böylelikle, İHA son yıllarda bilinen askeri ve sivil alanlarda kullanımı büyük önem kazanmıştır (Ayaz vd., 2012).

Nagai, (2004)'de LIDAR sistemi ve GPS/INS'li CCD kamera donatılmış İHA ile sayısal yüzey modeli üretmiştir. Bu sistemde 100 kg taşıma kapasitesine sahip helikopter kullanılmıştır. Benzer helikopterler Mini-İHA olarak sınıflandırılabilir fakat bu helikopter 330 kg olmasından dolayı mini ve orta boyuttaki İHA sınıfına girmemektedir. Mesafe ve yükseklik baz alındığında helikopterler mini veya yakın menzilli İHA olarak tanımlanabilir. Bu platform ayrıca 3 km yarıçapında olup 1 saat uçuş süresi ve deniz seviyesinden 2,000 m uçuş yüksekliğine çıkabilmektedir.

Altan vd., (2004) 4 Mega-Piksel kameralı, 2.5 m çaplı, 8 m³ hacimli, içerisinde kontrol ve denge mekanizması olan ve uzaktan kontrol edilebilen bir balon tasarlanmışlardır. Topotech şirketi orta formatlı kamera taşıyabilen benzer bir balon tasarlamıştır (Fotinopoulos, 2004).

Jang vd., (2004) tapınak ve antik kuleleri modellemek için pervaneli bir helikopter tasarlamışlardır. Bu helikoptere zaman ve maliyet açısından ekonomik olmayacak yüksek kamera sehpası ve merdiven bağlantısı eklemiştir. Helikopter ile tapınağın tüm detaylarını kapsayacak şekilde görüntüler elde edilmiştir.

Everaerts vd., (2004) ile Fransaer vd., (2004) uzaktan algılama için uzun menzilli uçuş kapasitesine sahip "Pegasus" adlı İHA'yı tasarlamışlardır. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisi kullandığı için bu sistem uzun süreli uçuş gerçekleştirebilmektedir. Sabit kanatlı İHA'ların ilk örneği denilebilir.

Çin Ölçme ve Haritalama Akademisi, sabit kanatlı, Mini-İHA geliştirmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, binaların 3B modellerinin yeniden oluşturulmasıdır. Fakat rüzgar gibi çevresel koşullardan dolayı aracın kontrolünde ve önceden belirlenen noktalardan görüntü alımında zorluklar yaşanmıştır. Buna bağlı olarak, stereo görüntülerin kullanılması mümkün olmamıştır (Jizhou vd., 2004).

Bu yılları takiben İHA'lar birçok disiplin ve amaç doğrultusunda kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Araştırmacı gruplar, pervaneli ve sabit kanatlı

İHA'larının doğal kaynak yönetimi ve görüntülenmesi (Horcher ve Visser, 2004),trafik görüntüleme (Haarbrink ve Koers 2006, Puri 2004), (Kise vd. 2005, Rovira-Más, vd. 2005), araç takibi (Kaaniche vd., 2005), bitki örtüsü görüntülenmesi (Sugiuravd., 2005), orman yangınlarının görüntülenmesi (Zhouvd., 2005),araç kazaları (Haarbrink ve Koers, 2006), büyük çaptaki kentsel ve varoş bölgelerin görüntülenmesi (Spatalasvd., 2006), Katrina Kasırgası sonrası etkilenen binaların görüntülenmesi (Pratt vd., 2006), hiperspektral İHA görüntülerinin sınıflandırılması (Laliberte vd., 2007) ve hasat tahmini (Reidelstuerz vd., 2007), nehirlerin görüntülenmesi (Masahiko, 2007), arkeolojik alanların haritalanması (Bendeavd. 2007, Patias vd. 2007) gibi alanlarda inceleme çalışmalarına odaklanmıştır.

Choi vd., (2008) acil yardım çalışmalarında hızlı haritalama imkanı sunabilecek akılcı ve esnek sistem geliştirilmesini amaçlayan İHA projesi Kore hükümeti tarafından desteklenmiştir. Coppa vd., (2008) ise gerçek uçuşa geçilmeden önce mevcut tehlikelerin ve arazinin durumunun önceden incelendiği uçuş simülasyonları kullanılmaya başlanmıştır.

Suzuki vd., (2008)'de RTK (Real Time Kinematic)/GPS teknolojisi ile yaptıkları gerçek tehlike bölgesinin haritalarının üretilmesinde video ve görüntülerin fotogrametrik değerlendirme yöntemlerine göre üretilmesini amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiş ve görüntülerden ortofoto haritalar üretilmesi ve koordinatlı bu görüntüleri CBS veri tabanına kaydedilmesi işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği sonucuna varmıştır.

2009 yılından itibaren İHA'ların afet çalışmalarındaki kullanılabilirliği üzerine olan çalışmalarda bir artış meydana geldiği görülmüştür. Son yıllarda ise İHA'ların hız ve doğrulukları, kamera sistemlerine bağlı olarak irdelenmeye başlanmıştır. Marenchino, (2009) afet sonrası hızlı harita üretimi amaçlı yürüttüğü bir çalışma gerçekleştirmiştir. Otomatik olarak uçuş kapasitesine sahip kullanılan İHA dijital ve fotogrametrik sensörler ile gerçekleştirilmiştir. Elektronik sistemler yardımıyla otomatik görüntü çıkarımı gerçekleştirilmiş, bu görüntüler üzerinde Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve ortofoto harita üretilmiştir. Sayısal görüntüler üzerinde fotogrametrik işlemler gerçekleştirilerek ve üretilen SAM (Sayısal Arazi Modeli) ve ortofoto kombinasyonları gerçekleştirilerek mesafe ölçümleri, hacim hesaplamaları, zarar bölgesine acil müdahale çalışmaları gerçekleştirmiştir.

Gomez-Lahoz ve Gonzalez-Aguilera, (2009), İspanya'da arkeolojik yerleşim yerlerini balon ile görüntülenmesini, Niethammer vd., (2009), heyelan hareketlerinin

görüntülenmesinde açık kaynak kodlu İHA kullanımını incelemiştir. 2009 L'Aquila ve 2010 Haiti depremlerinden sonra İHA ile afet bölgesinin görüntülerin elde edilmiştir ve afet yönetim çalışmalarına dahil edilebilir sonucuna varılmıştır (Quaritsch vd. 2010, Huber 2010).

Niethammer vd., (2010), yüksek çözünürlüklü heyelan görüntülerinin elde edilmesi ve heyelanların izlenmesi, Chou ve ark. 2010, afet yönetimi ve görüntülenmesi, Chiabrande vd., (2011), geniş ölçekte arkeolojik alanların görüntülenmesi, Naidoo vd., (2011), arama ve kurtarma operasyonlarının yönetilmesi, Manyoky vd., (2011), kadastro çalışmalarındaki yeterliliği, Rau vd., (2011), heyelanların haritalanması, Maza vd., (2011), afet yönetimi ve sivil halk güvenliği, Neto vd., (2012), afet çalışmalarındaki senaryolarda kullanılması, Chikwanha vd., (2012), arama kurtarma operasyonlarının gerçekleştirilmesi, Wing vd., (2014), orman alanlarda yüzeylerin çıkarılması, Döner vd., (2014), haritalama çalışmalarında kullanılması, Mase vd., (2015), geniş ölçekli afet çalışmalarında iletişim sağlaması, Akgül vd., (2016), yüksek hassasiyetli sayısal yükseklik modeli üretilmesi ve ormancılık alanlarında kullanılması çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir.

3.2 İHA'ların Sınıflandırılması

İHA sistemleri kurumlar, kuruluşlar ve ülkeler tarafından farklı yaklaşımlar türetilerek sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaların temelini, nitel ve nicel sınıflandırma yaklaşımları oluşturmaktadır (Haser, 2010).

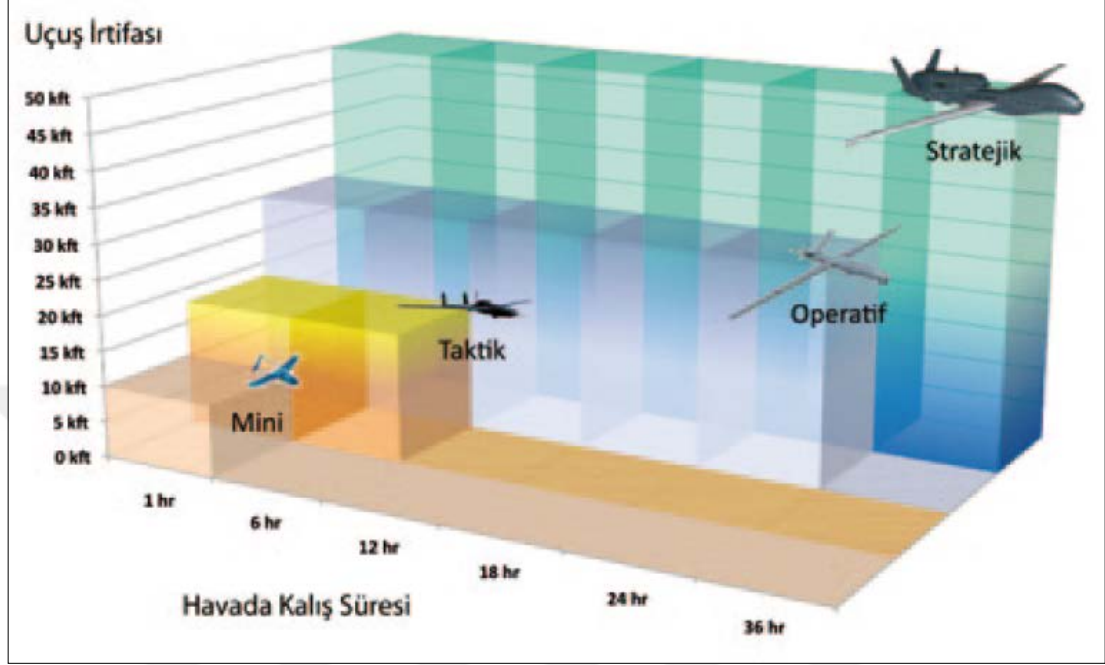
- **Nitel sınıflandırma yaklaşımı**

Sistem kabiliyetlerinin nitel olarak değerlendirildiği bir başka sınıflandırma sisteminde, İHA'ların yaptıkları görevler ayırt edici özellik olarak tanımlanır. Pilot/operatörün yönetiminde veya otonom olarak işletilen ve göreve göre taşınan faydalı yük, görev süresi ve yakıt miktarıyla birlikte hava aracının kalkış ağırlığına etki eder. Bu sınıflandırmada görevler öncelikle sivil ve askeri olarak temel iki gruba ayrılır.

- **Nicel sınıflandırma yaklaşımı**

Nicel sınıflandırma yaklaşımı, havada kalış süresinin ve görev yapılan irtifanın baz alındığı sınıflandırmadır. Böyle bir sınıflandırmada öncelikli belirleyici görev irtifasıdır. Bu irtifaya tırmanma süresi ve görev süresi toplam havada kalış süresini, bu süre de gerekli olan yakıt miktarını belirler. İrtifa ve görev süresi arttıkça, yakıt tüketimindeki artışa bağlı olarak hava aracının kalkış ağırlığı da artar. Bu

sınıflandırma yaklaşımı farklı kaynak ve kurumlar tarafından farklı şekillerde ele alınabilir. Yaygın bir sınıflandırmada azami havada kalış süresi ile uçuş irtifası ilişkilendirilir ve İHA Sistemleri Mini, Taktik, Operatif ve Stratejik ana gruplarına ayrılır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Havada kalış bazlı İHA sınıflandırması (Haser, 2010).

İHA'lar, International UAV Community (UAV Association), tarafından kullanım türüne göre 3 farklı kategoriye ayrılmıştır (Çizelge 3.1). Hava araçlarının her bir tipolojisi performans ve özelliklerine göre alt gruplara ayrılmıştır. Bu özellikler menzil, maksimum çıkış yüksekliği, uçuş süresi, kütle ve ağırlıktan oluşmaktadır.

Çizelge 3.1: İHA sınıflandırılması (UAV Association).

İHA KATEGORİLERİ 1:	Kısaltma	Menzil (km)	Çıkış Yüksekliği (m)	Havada Kalış Süresi (Saat)	Kütle (Kg)
Micro	μ(Micro)	< 10	250	1	<5
Mini	Mini	< 10	150 - 300	<2	150
Yakın Resim	CR	10-30	3000	2-4	150
Kısa Mesafe	SR	30-70	3000	3-6	200
Orta Mesafe	MR	70-200	5000	6-10	1250
Orta Dayanıklı Derinlikli	MRE	> 500	8000	10-18	1250
Düşük Dayanıklı Derinlikli	LADP	> 250	50 - 9000	0.5-1	350
Düşük Dayanıklı Uzun Derinlikli	LALE	> 500	3000	24	30
Orta Yükseklik Uzun Dayanıklı	MALE	> 500	14000	24-48	1500

Eisenbeis (2009)'da İHA'ların detaylı bir şekilde sınıflandırmasını incelemiş ve farklı yaklaşımlar geliştirmiştir. İHA'lar, sabit kanatlı ve pervaneli İHA'ları, havadan hafif başka bir ifadeyle havada kalma yeteneğine sahip İHA'ları, ölümcül İHA'ları, tuzak ve amaç İHA'ları, pilotlu hava araçlarına alternatif İHA'ları, pilotsuz savaş İHA'ları terimlerini kapsamaktadır. Ayrıca, güç kaynağı olup olmaması, havadan hafif veya ağır, esneklik, kanatlı veya pervaneli olma özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Pervaneli İHA'ları, dikey kalkış ve iniş yapabilmekte, tek, çift ve çok motorlu sistemler olarak sınıflandırılabilir.

Çizelge3.2: İHA Sınıflandırılması (Eisenbeis,2009).

	Havadan Daha Hafif	Havadan Daha Ağır		
		Esnek Kanat	Sabit Kanat	Döner Kanat/ Pervane
Güçsüz	Balon	Asılı Planör	Planör	Rotor Kite
		Paraşüt		
		Uçurtma		
Güçlü	Uçak	Paraşüt	Pervane	Tek Motorlu
			Jet Motorlu Uçak	Orta Eksenli
				4 Pervaneli Helikopter
				Çok Motorlu

Dört pervaneli İHA'ları düşük taşıma kapasitesinden dolayı düşük maliyetli sistemlerle donatılmıştır. Bu sistemler, küçük boyutu ve çevik hareket edebilirliği ile manevra kabiliyeti düşük alanlarda bile çalışma imkanı sağlamaktadır (Hoffmann vd., 2004). Fakat bu sistemler çevresel koşullardan daha fazla etkilendiği için çok küçük alanlarda kullanımı sınırlıdır. Çok motorlu sistemlerde ağırlık ve genişlik olarak 4 pervaneli motorlara benzemesine rağmen daha fazla taşıma kapasitesine sahiptir, daha dayanıklı ve güvenli uçuş imkanı sunmaktadır (Niethammer vd. 2009, Vito 2009).

Sabit kanatlı, güç kaynağı bulunmayan İHA'ları rüzgara karşı değil, rüzgarı kullanarak iniş ve kalkış işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bunun aksine pervaneli ve motorlu İHA'lar ise rüzgara karşı uçarak diğer sistemin eksiklerini tamamlamaktadır. Güç kaynağı bulunmayan balon ve planörlerin, pervaneli ve sabit kanatlı İHA'lardan farkı, halat yardımıyla kontrol edilmeleridir. Dolayısıyla uçuş yüksekliğinde kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Bahsedilen sistemler karşılaştırıldığında güç kaynaklı hava araçları yükselme ve havada daha fazla kapasitesinden dolayı pervane

ve sabit kanatlı platformlara göre ön plana çıkmaktadır. İHA'ları düşük seviye (0), orta seviye (+), yüksek seviye (++) olmak üzere 3 farklı tipte karşılaştırmak mümkündür.

Çizelge 3.3: İHA'ların Artı ve Eksileri (Eisenbeis, 2009).

Uçak Türü	Mesafe	Havada Kalış Süresi	Hava ve Kanat Bağımlılığı	Manevra Kapasitesi
Balon	0	++	0	0
Uçak	++	++	0	+
Planör / Uçurtma	+	0	0	0
Sabit Kanatlı Planör	++	+	+	+
Pervane / Jet Motor	++	++	+	+
Pervaneli Uçurtma	++	+	0	+
Tek Motorlu Helikopter	+	+	+	++
Ortak Eksenli	+	++	+	++
4 Motorlu Helikopter	0	0	0	++
Çok Motorlu Helikopter	+	+	+	++

İHA Sistemlerinin konumlandırma durumuna göre sınıflandırma OM-class, M-class ve L-class olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Eisenbeis, 2009).

Çizelge 3.4: Konumlandırma durumuna göre sınıflandırma (Eisenbeis,2009).

Referanslandırma	Gerçek Zamanlı Çalışma	Hassasiyet	İHA Tipi
Sonradan	0	Düşük Doğruluk (m)	OM Sınıf
Sonradan/Anlık	+	Orta Doğruluk (dm- m)	M-L Sınıf
Sonradan/Anlık	+	Yüksek Doğruluk (cm)	M-L Sınıf

OM-Class tipi İHA'ları düşük maliyete, araştırma ve test amaçlı çalışmalar için yüksek potansiyele sahiptir. Bu tür İHA'ları uçuş planlaması fonksiyonu bulundurması ve desteklemesinden dolayı fotogrametrik ölçümler için paha biçilemez araçlardır. Sistemin temelinde otomatik sabit uçuş, beni takip et, eve dönüş ve anahtar noktaların izlenmesi şeklinde yöntemler geliştirilmiş ve bu yöntemler de uçuş planlarının en verimli şekilde hazırlanmasını sağlamıştır. En yaygın olarak

bilinen OM-Class tipi İHA'ları mikrokopterlerdir. M-Class tipi İHA'lar ticari uygulamalar için oluşturulmuştur ve sistemin taşıma kapasitesi 5 kg ile sınırlıdır. Bu sistemlerin çoğu düşük maliyetli GPS/INS benzeri navigasyon sistemleriyle donatılmış ve önceden tanımlanmış veya tamamen otomatik uçuş yapabilme kapasitesine sahiptirler. Helikopter, 4 pervaneli ve multikopter olarak sınıflandırılmaktadırlar. OM ve M-Sınıfı İHA'larıyla karşılaştırıldığında taşıma miktarına bağlı olarak diğerlerine göre daha fazla kapasiteye sahiptir. Yakıt olarak benzin kullandıkları için 240 dakikaya kadar uçuş gerçekleştirebilmektedir. (Eisenbeis,2009).

3.3 İHA Avantaj ve Dezavantajları

Günümüz teknolojisinde, uydulardan elde edilen görüntülere ait çözünürlük değerleri İHA kullanımıyla elde edilen görüntü çözünürlüklerindeki yüksek hassasiyete ulaşamamıştır. İHA' lar ile elde edilen görüntüler yardımıyla gerçekleştirilen ölçümler hassasiyet bakımından büyük ölçüde yersel tekniklerle yarışabilecek seviyededir. Bu bakımdan İHA'lar yersel ölçüm tekniklerine uygun bir alternatiflerdir. İHA teknolojisi uydu görüntülerine oranla daha dar alanlardan veri alımını sağlarken, uydu görüntüleri daha geniş alanları kapsayan görüntüleri sağlamaktadır (Yılmaz vd., 2014). Bu durumun aksine, lokal olarak sunmuş olduğu zamansal ve mekânsal çözünürlük ve bununla beraber sunmuş olduğu çalışma esnekliğinden dolayı uydu verilerine oranla bir takım üstünlükleri bulunmaktadır (Akgül, 2016). Ayrıca, İHA sistemleri diğer havasal sistemlerle karşılaştırıldığında en büyük avantajı insan yaşamını tehlikeye atmaması ve ulaşamayacak alanlar olmaksızın yüksek risk durumlarında kullanılabilmesidir (Changchun vd., 2010). Özellikle, doğal afet bölgeleri, dağlık ve volkanik alanlar, kaza alanları, sel, kasırga, deprem ve çöl bölgeleri örnek olarak verilebilir.

İHA'lar, klasik hava fotogrametrisinde kullanılan uçakların tersineobjeye yakın ve düşük yüksekliklerde uçuş imkânı sunmaktadır. Ulaşımın zor olduğu ve insanlı hava araçlarının kullanılamayacağı bazı durumlarda İHA'lar tek alternatif yöntem olarak tercih edilmektedir. Objelerin çise ve bulutlu hava koşullarında bulutların altında kalması, klasik havasal araçlarda büyüksorun teşkil etmekte ve bu nedenle sadece belirli dönemlerde uçuşlar yapılabilmektedir. Buna karşılık, İHA'lar ile bu durumlarda da veri çıkarımı sağlanabilmektedir (Eisenbeis 2009,Chou 2010, Neto 2012).

Ticari şirketlerin İHA üretimine geçmesiyle İHA fiyatlarında düşüşler olmuş ve proje maliyetlerinin azalmasıyla İHA kullanımı yaygınlık göstermeye başlamıştır (Bendea vd. 2008, Sauebier., 2011). Klasik hava fotogrametrisinde elde edilen görüntüler küçük çaplı uygulamalarda kullanıldığında gereksiz veri hacmine ve maliyete neden olmaktadır. İHA'ların kullanılmasıyla birlikte proje sınırları net bir şekilde belirlenmiş, veri hacmi ve maliyette tasarruf sağlanmıştır. Yersel fotogrametri uygulamaları uzun süreli bir çalışma aralığında tamamlanabilmektedir. İHA'ları yersel fotogrametrideki hassasiyeti sağlamak ve çalışmalarını kısa sürede tamamlayabilmesi açısından yersel fotogrametriye alternatif hale gelmiştir(Eisenbeis, 2009).

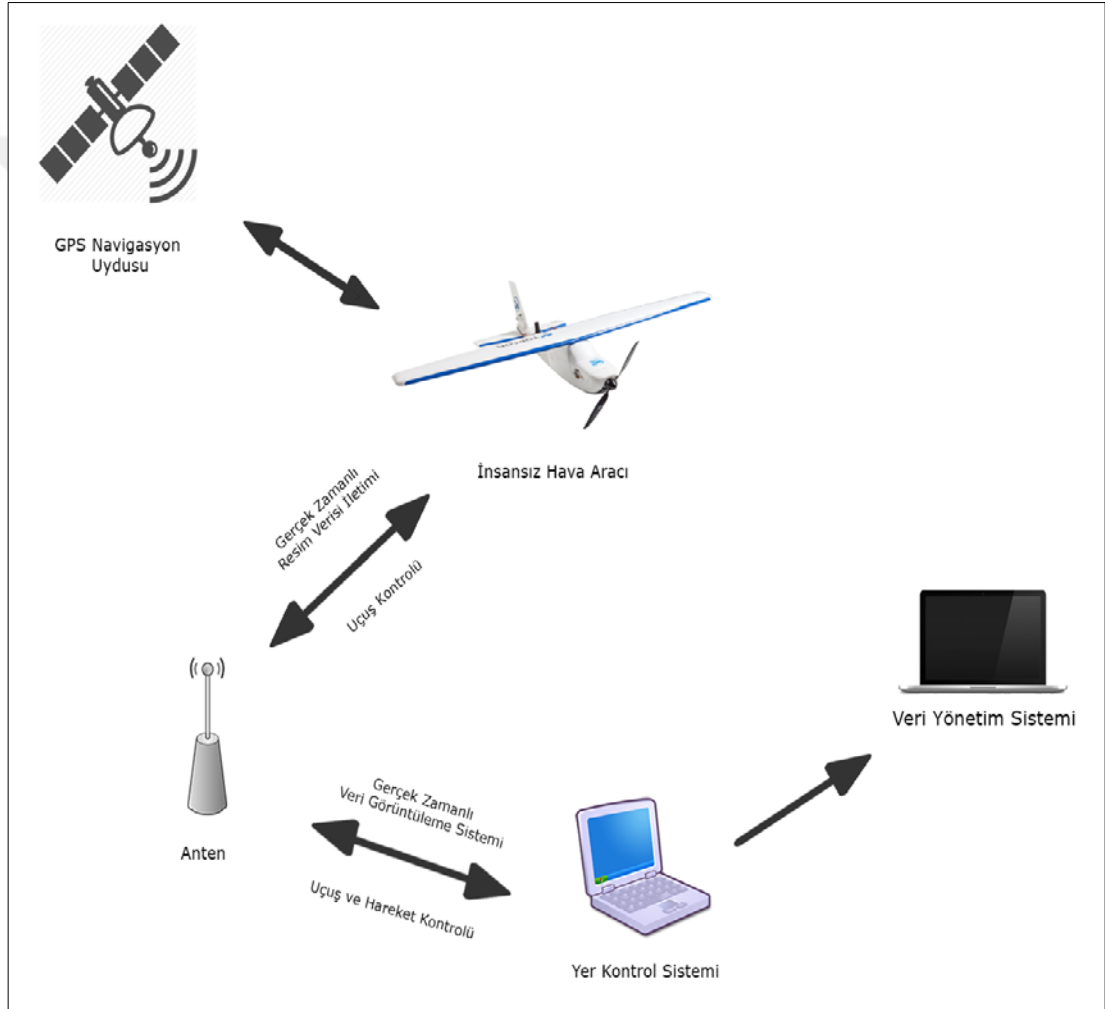
İHA görüntüleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturma ve objenin 3B modellenmesi çalışmalarında kullanılabilir. Fotogrametrik işlemler yapılarak görüntülerin yeniden düzenlenmesiyle birlikte mozaik görüntüler ve ortofoto haritalar üretilebilmekte, bu haritalar üzerinden çizim ve görüntü yorumlama işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Eisenbeis, 2009, Neitzel vd. 2011, Manyaky vd. 2011, Tahar vd. 2011, Udin vd. 2012, Döner vd. 2014). Bu üretimlerin temelini oluşturan verilerin doğruluğu, haritacılık veya başka uygulama alanlarında yeterli kapasiteye sahiptir (Heiarbrink vd.2008, Ahmad vd. 2010, Yılmaz vd. 2014, Carroscosa., 2014, Avdan vd. 2014, Akgül vd. 2015, Ruzgiene vd. 2015).

GPS/INS sistemlerinin İHA'lara entegre edilmesiyle birlikte uçağın iniş-kalkış süreli otomatik olarak gerçekleştirilebilmekte ve yüksek hasiyette uçuş yapılabilir. Ayrıca uçuş öncesi bindirme oranlarına bağlı olarak çekilecek fotoğraf sayısı hesaplanabilmekte, buna bağlı olarak uçuş planları önceden tasarlanabilmekte ve elde edilecek verilerin doğruluğu belirlenebilmektedir (Eisenbeis, 2009).

Özellikle düşük maliyetli İHA'ları sınırlı ağırlıkta ve büyüklükte olduklarından dolayı küçük veya orta formattaki amatör kameralar entegre edilebilmiştir. Büyük formattaki amatör kameralarla karşılaştırıldığında belirli bir bölgeyi tamamen kapsayacak şekilde daha fazla fotoğraf çekimi yapılmaktadır. Başka bir ifadeyle, İHA'ların birçok avantajına rağmen çok geniş alanların haritalanması için birkaç uçuş işlemi gerçekleştirilmeli ve bu uçuş işlemleri sonunda çok fazla görüntü kaydedilmesi gerekmektedir (Eisenbeis, 2009, Turner vd. 2014). Ayrıca taşıma kapasitesinin sınırlı olması düşük ağırlıkta navigasyon ünitesinin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bunun yanında düşük güç bataryalarının kullanılması uçuş süresini kısaltmakta ve sınırlı yüksekliğe ulaşma imkânı vermektedir (Eisenbeis, 2009).

3.4 İHA Sistemleri İle Veri Toplama

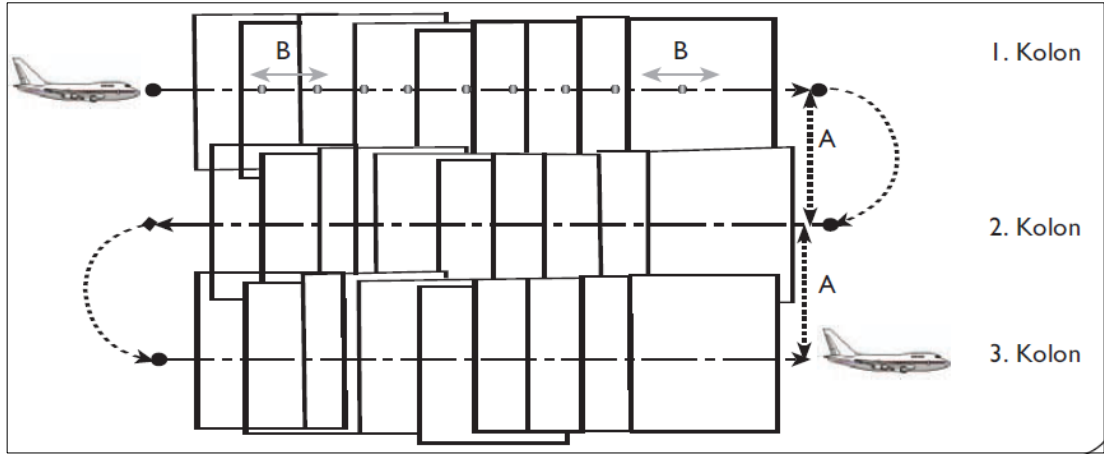
İHA platformu, insansız uçuş platformu, veri işleme ve analiz sistemi, yer kontrol istasyonu vb. bileşenlerden oluşmaktadır (Şekil 3.2). Veri işleme ve analiz sistemlerinde görüntü işleme, konumlandırma, tematik bilgiler çıkarma ve haritalama için kullanılmaktadır. Yer kontrol istasyonunda ana olarak uçuş kontrol sistemi ve kablosuz bağlantı sistemleri yer almaktadır. İHA'nın uçuş kontrol ekipmanı vasıtasıyla gerçek zamanlı olarak uçağın uçuş yüksekliği ve konumu kontrol edilmekte ve yönetilmektedir.



Şekil 3.2: İHA platform yapısı (Changchun vd., 2010.)

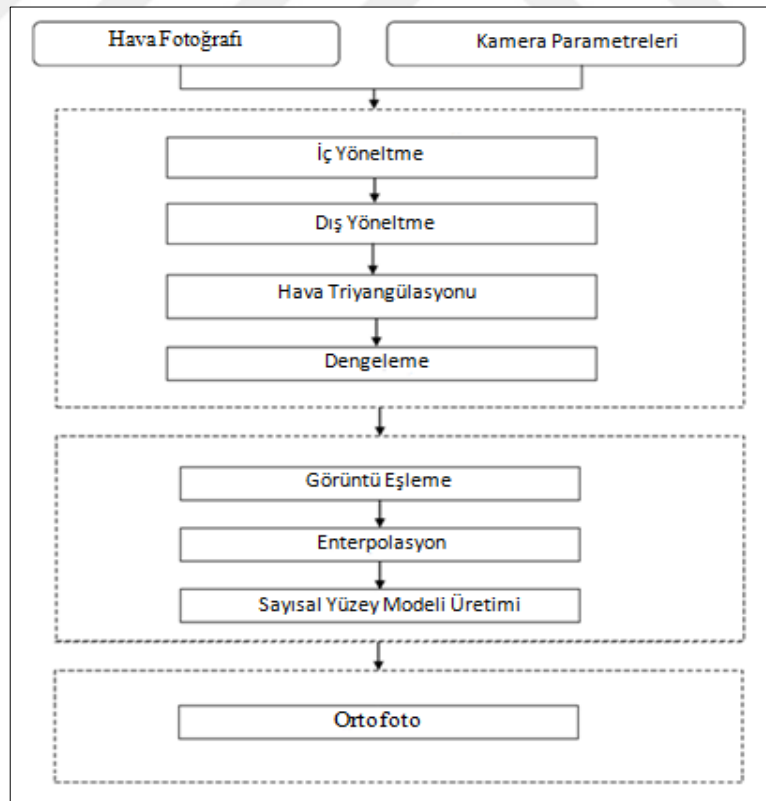
3.4.1 Geleneksel fotogrametrik yaklaşım

Hava fotoğrafı çekilmeden önce uçuş planı yapılmakta ve uçaktaki navigasyon sistemine söz konusu plan yüklenmektedir. Uçak hava fotoğrafı çekimini bu plana göre yürütmektedir (URL-7)(Şekil 3.3).

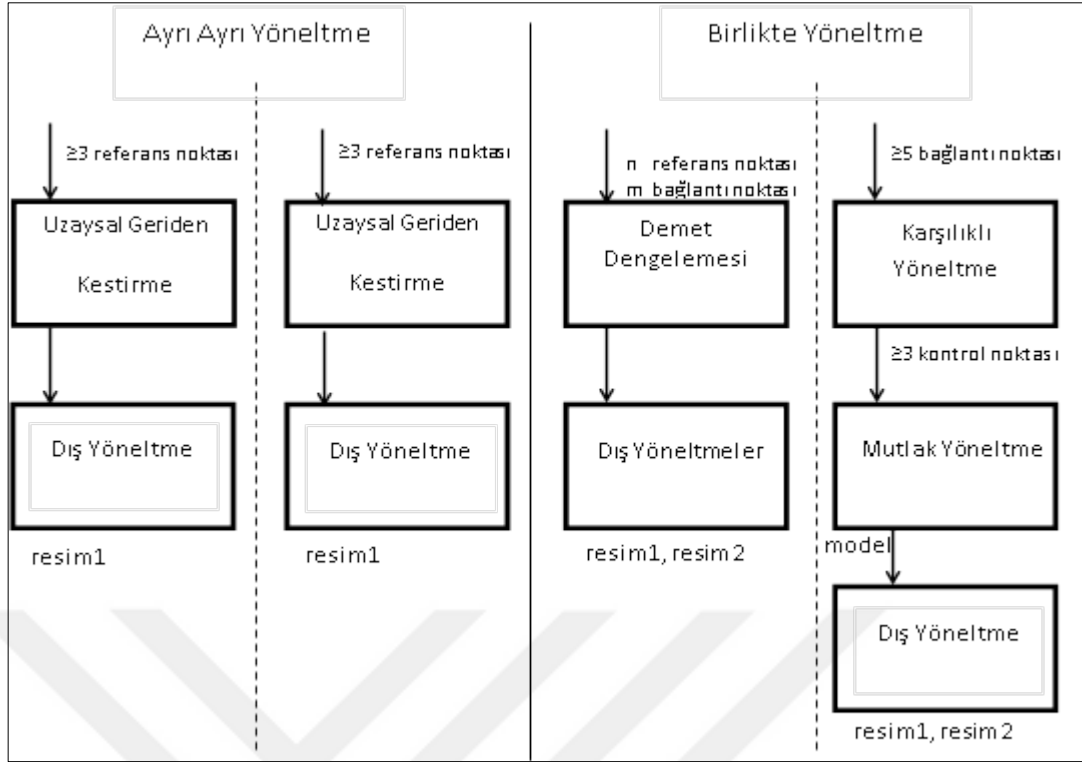


Şekil 3.3: Hava fotoğrafları çekimi (Yaşayan vd., 2011).

Bindirilmiş fotoğrafların ortak bölmesine model, bir dizi halinde çekilen fotoğraf topluluğuna kolon, bir kolondaki ard arda gelen iki fotoğrafın ortak alanına boyuna veya ileri bindirme, yan yana iki kolonun ortak bindirme alanına enine veya yan bindirme denir. Bindirme oranları % (yüzde) ile ifade edilir. Şekil 3.3’de gösterilen B baz uzunluğunu, A ise kolonlar arası uzaklığı temsil etmektedir (Yaşayan vd., 2011). Elde edilen hava fotoğraflarının değerlendirilmesinde hava fotogrametrisinde klasik (geleneksel) yaklaşım Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Klasik fotogrametri (Bhandari vd., 2015).

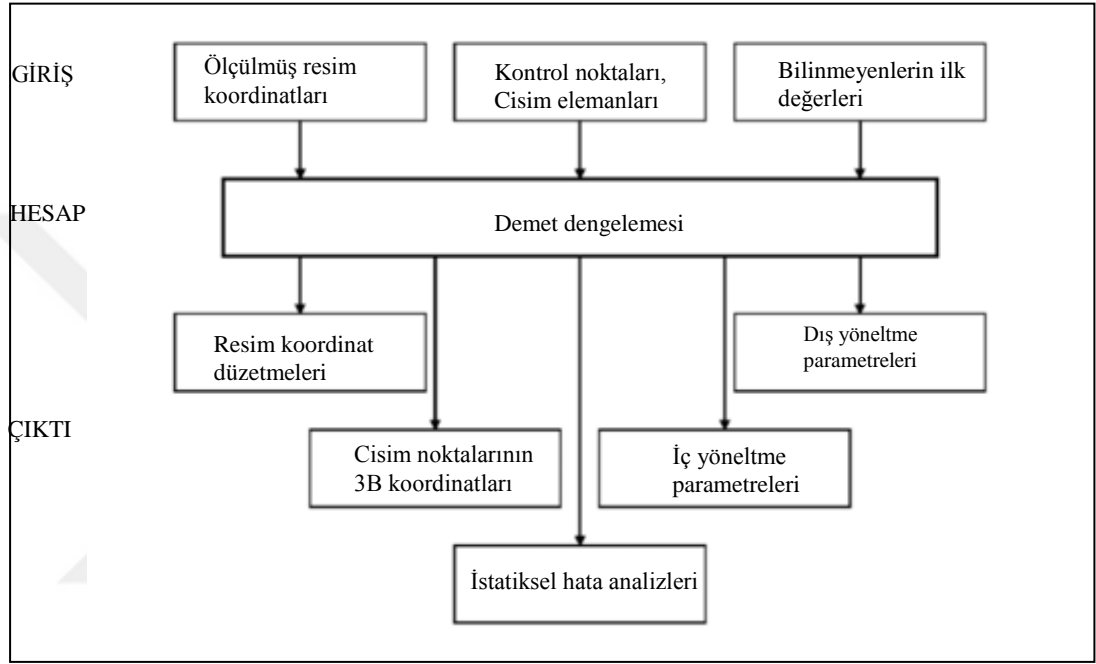


Şekil 3.6: Stereo resimler için yöneltilme yöntemleri (Luhmann, 2006).

Birlikte yöneltilme yönteminde stereo çiftin dış yöneltilme elemanları iki şekilde çözülebilir. Tek adımlı çözümde demet dengelemesi yöntemi kullanılır. Her iki resim için yöneltilme elemanları, referans ve bağlantı noktalarının resim koordinatları kullanılarak tek adımda eş zamanlı olarak çözülür. Diğer çözüm yöntemi ise iki işlem adımında gerçekleştirilir. Bu işlem adımlarınakarşılıklı ve mutlak yöneltilme denir. Karşılıklı yöneltilme ile her 2görüntüden elde edilen ışın demetleri resim çekim anındaki konumlarına getirilir. Bu aşamada resim kapsamı içinde bulunan bilgilere dayanarak her iki resimdeki eşlenik ışın çiftinin kesiştirilmesi sağlanır. Karşılıklı yöneltilme sonucunda bir uzay model elde edilir. Bu uzay modelinin ölçeği, konumu ve yöneltilmesi belirsizdir.

Mutlak yöneltilme ile modelin cisim koordinat sistemi ile ilişkisi kurulur. Burada amaç referans noktaları kullanılarak stereo modelin döndürülmesi, ötelenmesi ve ölçeklendirilmesidir. Klasik fotogrametride 7 bilinmeyen bu aşamada uzay benzerlik dönüşümü ile çözülür. Mutlak yöneltilme parametrelerinin çözümlenebilmesi için cisim (arazi) ve model koordinatları arasında en az 7 denklem oluşturulmalıdır. Bu denklemlerin kurulmasında cisim uzayında koordinatları bilinen ful kontrol noktası, planimetrik nokta ya da yükseklik noktası biçiminde olabilecek referans noktaları kullanılır.

Resim koordinatları ve ilgili izdüşüm merkezleri birer uzaysal ışın demeti tanımlar. Demet dengelemesiyle tüm resimler için tüm ışın destelerinin dış yöneltme elemanları, bağlantı noktalarının 3B koordinatları ve ek model parametreleriyle birlikte doğruluk ve güvenilirlikle ilgili istatikselsel bilgi eş zamanlı olarak hesaplanır. Bu işlemdeki ilk veriler, kontrol noktalarının resim ve cisim koordinatları ile birlikte bağlantı noktalarının resim koordinatlarından oluşur. Şekil 3.7 demet dengelemesi işlemi için temel veri akışını göstermektedir (Luhman, 2006).



Şekil 3.7: Demet dengelemesi işlemi için temel veri akışı (Luhman,2006).

3.4.2 İHA ile elde edilen verilerin bilgisayarlı görme (computer vision) teknolojisiyle değerlendirilmesi

İHA'lardan elde edilen görüntüler için standart bir iş akışı yoktur. Ancak, bu görüntüler klasik fotogrametrik yazılımlar veya bilgisayar destekli görüntü işleme teknikleri ile değerlendirilebilir. Bu her iki sistem de sayısal fotogrametridir. Ancak, Bu yöntemlerin fotogrametik temelini aynı olmasına rağmen bilgisayar destekli görüntü işleme tekniklerinde farklı algoritmalar kullanılması, verilerin değerlendirilmesinde yeni bir bakış açısı ortaya çıkarmıştır.

Günümüzde, İHA'lardan yüksek çözünürlüklü sayısal görüntüler elde edilmektedir. Bu yoğun görüntülerin değerlendirmesi klasik fotogrametrik yaklaşımlı yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmesi oldukça zor ve zaman alıcı bir işittir. Bu amaçla, yoğun veri kümelerinin işleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi için bilgisayarlı görme (computer vision) teknikleri İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak

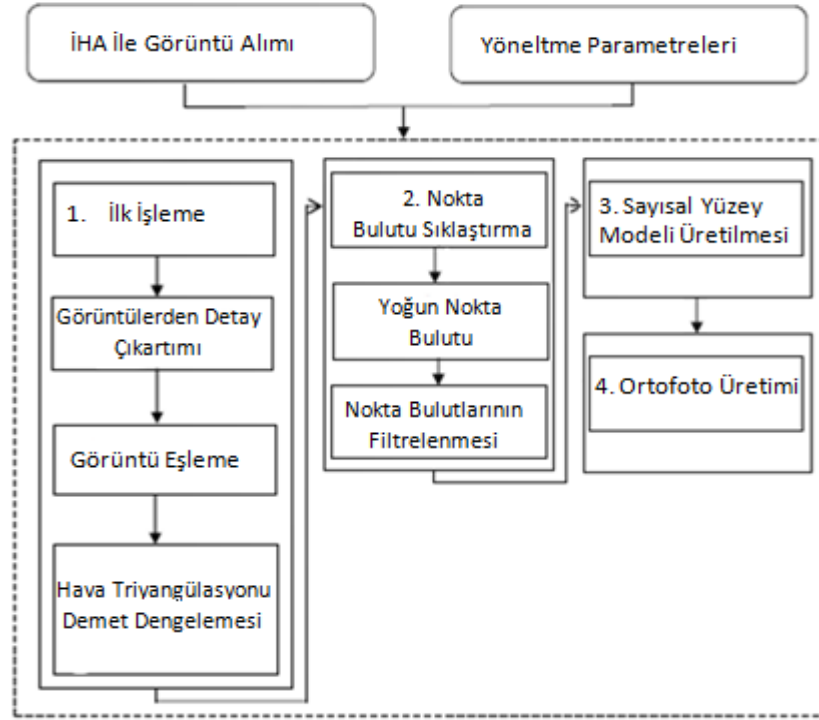
kullanılmaya başlanmıştır. Çizelge 3.5’de klasik hava fotogrametrisi araçları ile İHA’lardan elde edilen görüntülerin fotogrametrik değerlendirilmesi karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.5:Hava fotogrametrisi ile bilgisayarlı karşılaştırılması (Bhandari vd., 2015).

Yöntem	Klasik Hava Fotogrametrisi	İHA
Veri Çıkarımı	Elle/Yardımlı	Elle/Yardımlı/Otomatik
Hava Aracı	Fotogrametrik Amaçlı Özel Üretilmiş Uçak	Belirli Taşıma Kapasitesine Sahip Küçük İnsansız Uçak
GPS/INS Konfigürasyonu	cm-dm	cm-10m
Görüntü Çözünürlüğü	cm-mm	mm-m
Ölçme Alanı	km ²	m ² -km ²
Uçuş Yüksekliği	100m-10km	m-km
Veri İşleme İş Akışı	Standart Fotogrametrik İş Akışı	Standart Yok
En Önemli Avantajı	Görüntü Kalitesi	Gerçek Zamanlı Çalışmalarda Yüksek Zamansal Çözünürlük

Bilgisayarlı görme teknolojilerinin avantajları sağladıkları yüksek hız ve doğruluğun yanı sıra getirdikleri minimum operatör emeğidir. Görüntü işleme yöntemleri sayesinde, ana ve zor aşama olan ortak alanların belirlenip stereo modelin oluşturulması için gereken ve operatörün görsel aktivitelerine dayanan elle yapılan işlemler yarı otomatik veya otomatik hale getirilmektedir (Yaşayan, 2011).

Günümüzde, geliştirilen ticari amaçlı yazılımlar iç yöneltme ve dış yöneltme aşamalarını gerçekleştirme için kendilerine özgü algoritmaları gerçekleştirmiştir ve böylece görüntüler büyük bir başarı ile geometrik olarak düzeltilerek yönlendirilmektedir (Bhandari, 2015).



Şekil 3.8: Computer Vision Yaklaşımı (Bhandari,2015).

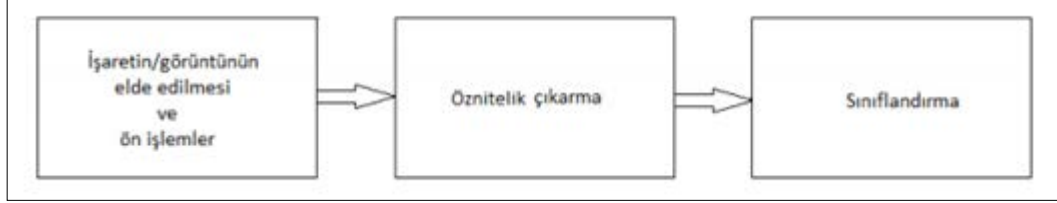
İHA görüntülerinin bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlarla değerlendirilmesi için öncelikle programlara iç ve dış yönelme parametreleri tanımlanmış İHA görüntüleri yüklenerek başlanmaktadır. İlk işleme, nokta bulutu oluşturulması, SYM üretilmesi, ortofoto üretilmesi şeklinde devam eden işlemler olarak sıralanabilir.

Bilgisayarlı görme uygulamalarında görüntülerdeki bağlantı noktalarının çıkarılmasında nesne tanıma algoritmalarına sıklıkla yer verilir. Nesne tanıma, medikal görüntü işlemede tanı koyma, savunma sanayinde, güvenlik veya hedef tanıma gibi amaçlarla birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Jain 1989, Zhou vd. 2009). Kullanılacak nesne tanıma yöntemini, kullanım amacı belirleyecektir. Nesne tanıma görünüş tabanlı veya öznitelik tabanlı olarak yapılabilmektedir (URL-8).

Görünüş tabanlı nesne tanımda, nesneye ait şablon veya model olarak belirlenmiş bir resim kullanılır. Bu tür tanımlar sabit koşullar altında başarılıdır. Aynı nesne farklı resimlerde, bakış açısındaki farklılıklardan veya kısmi olarak görünümünün engellenmiş olmasından, hatta sadece aydınlanma farklılıklarından dolayı tamamen farklı bir nesne gibi algılanabilir (Çetin, 2011).

Öznitelik tabanlı nesne tanıma yöntemleri ise, nesnenin global veya bölgesel özniteliklerinin kullanımına göre kendi içinde ayrılır (Ma Yi vd., 2004). Değişken koşulların varlığı ve en önemli zorlayıcı faktör olan nesnenin başka nesnelere

tarafından engellenmiş olma durumu sebepleriyle, bölgesel özniteliklerden faydalanarak tanıma işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Böylece nesnelere bütününden bağımsız olarak aranabilir olmuştur (Çetin, 2011).



Şekil 3.9: Nesne Tanımlama (Çetin, 2011).

Lowe ve ark. (2004) algoritması nesnelere bölgesel özniteliklerinin ölçekten bağımsız olarak çıkarılmasında kullanılan bir yöntemdir. Çıkarılan bu öznitelikler nesnenin ölçeği ve yöneliminden bağımsız olduğundan gerçek resimlerde, farklı açılardan görünen nesne veya ortamları eşleştirme amacıyla kullanılabilir (Lowe vd., 2004).

Algoritma dört ana adımdan oluşur (Lowe vd., 2004). Bunlar;

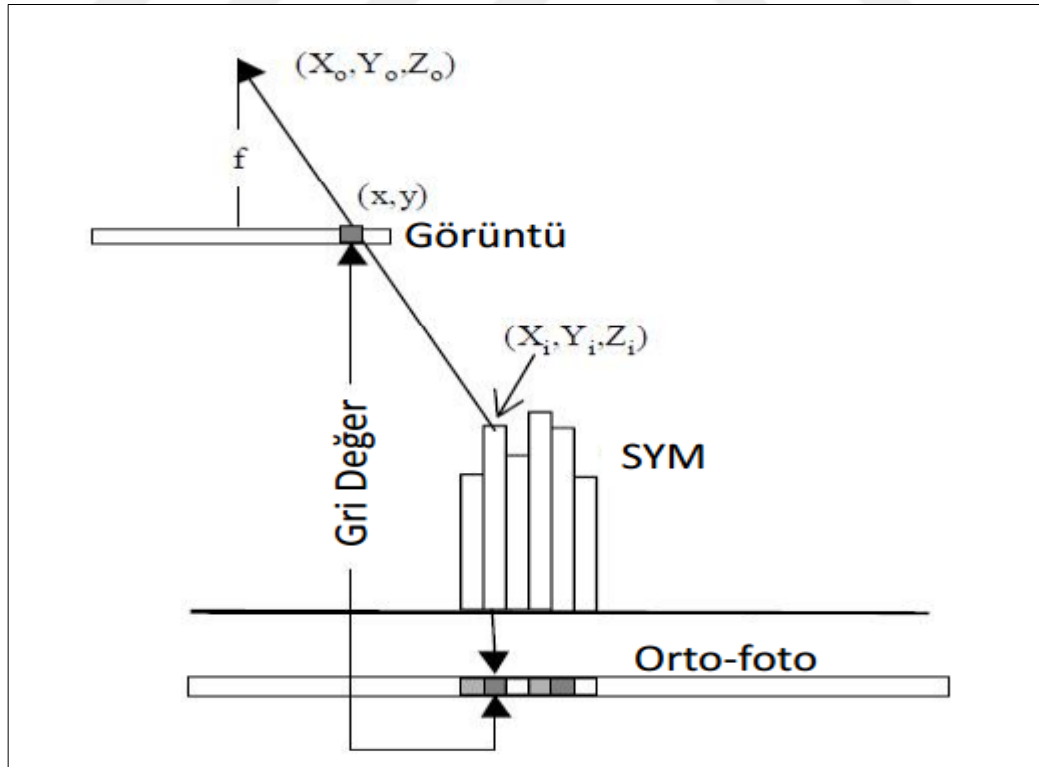
- Ölçek uzayı uçdeğer kestirimi,
- Anahtar nokta konumlandırma,
- Anahtar noktalara bağımsız yönelimler atanması,
- Bölgesel resim tanımlayıcı vektörler oluşturma.

Stereo görüntü eşleme, görüntü çiftindeki eşlenik piksellerin bulunması için yıllardır kullanılan bir yaklaşımdır. Görüntü eşleme işlemi sonrasında, görüntü alımında kullanılan kameranın iç ve dış yönelme elemanları kullanılarak eşlenen pikselin 3 boyutlu koordinatları hesaplanmaktadır. Buradaki temel sorun problemin karmaşık olması, eşleme işleminin başarısının birçok faktöre bağlı olmasıdır. Yaşanan sorunların çözümü için gerek fotogrametri gerekse bilgisayarlı görselleştirme ("computer vision") alanında birçok yöntem önerilmiştir. Bu kapsamda kullanılan en bilinen yaklaşımSGM (Semi Global Matching)'dir (Yastıklı, 2014).

Yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak çok sık nokta bulutu üretilmekte, üretilen sayısal yüzey modelinin sıklığı stereo görüntülerin yer örnekleme (GSD) aralığına eşit olabilmektedir (Yastıklı, 2012). Bu yöntemle, stereo görüntülerdeki renk, ton, ölçek değişimleri ya da görüntülerdeki tekrarlı yapı özelliği gösteren çim alanları, ağaçlık alanlar, ormanlık alanlar ve kentsel alanlarda da görüntü eşleme işlemi başarı ile gerçekleştirilebilmektedir (Haala, 2013).

Oluşturulan SYM üzerinden ortofoto görüntüler üretilebilmesi için görüntülere ortorektifikasyon işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ortorektifikasyon işlemi gerçekleştirilerek görüntü verisi doğru mesafe, pozisyon, açı, alan ölçümü yapmak mümkündür. Ortorektifikasyonun temel amacı yüzeydeki topografik farklılıklardan oluşan kaymaların düzeltilmesidir. Hassas olmayan SYM ile elde edilen yükseklik bilgisi kullanılarak yapılan ortorektifikasyon işlemi üretilen ortofoto haritanın doğruluğunu oldukça düşürmektedir. Ayrıca, günümüzde kullanılan bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar aracılığıyla görüntülerdeki yansılardan kaynaklı bozulmalar düzeltilmektedir (Düzgün, 2010).

Ortofoto üretiminde piksel piksel bölümlenmiş boş bir grid yapı tanımlanmaktadır. Bu grid üzerindeki her bir pikselin orta noktasının arazi koordinat sistemindeki koordinatları bilinmektedir. Sayısal yükseklik modeli üzerinden bu orta noktaların yükseklik değerleri temin edilir ve izdüşüm denklemleri kullanılarak fotoğraf koordinat sistemine geçiş yapılır. Hesaplanan fotoğraf koordinatlarından piksel koordinatları hesaplanır. Piksel koordinatları genellikle resimdeki piksellere karşılık gelmez, dolayısıyla her bir piksel bölümlenmesi için yeniden örnekleme yöntemlerinden biri uygulanır ve ortofoto harita elde edilir (Yastıklı, 2009)



Şekil 3.10: SYM ortofoto ilişkisi (Düzgün, 2010).

4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1 Heyelan Envanter Bilgileri İçin Standartlar

Heyelanlardan kaynaklı afetlerin önlenmesi için heyelanların alansal dağılımlarını, tiplerini ve aktivitelerini ortaya koyan bilgilerin vekaritaların üretilmesi gerekmektedir. Heyelan envanter bilgilerinde heyelanların tiplerinin, coğrafi konumunun, özelliklerinin ve eğer biliniyorsa oluşum zamanları gibi bilgilerin belirtilmesi gerekmektedir.

Heyelan envanter bilgilerinin oluşturabilmesi için envanter bilgilerinin belirli bir standartta ve sistematikte toplanıp bir veri tabanı içerisinde yer alması gerekmektedir. Ülkemizde Envanter bilgileri AFAD tarafından toplanmakta ve raporlanmaktadır. Bu bilgilerin toplanması için oluşturulmuş standart bir form mevcuttur. Fakat bu form üzerindeki veriler (Çizelge 2.1.) diğer ülkeler ile karşılaştırılarak değerlendirildiğinde, heyelan çalışmaları için gerekli olan bazı bilgilerin formda bulunmadığı görülmüştür. Örneğin bu formda heyelanların olduğu bölgeye ait grafik bilgiler/koordinat değerleri (heyelan Aynası gibi) için sistematik bir şekilde veri toplama alanı açılmamıştır. Arşiv bilgileri incelendiğinde envanter çalışması için özellikle grafik bilgilerin kadastro paftaları, halihazır haritalar gibi altlıklar üzerine işaretlendikleri görülmüştür.

Ülkemizde heyelan envanter bilgileri kapsamında toplanılan mevcut konumsal bilgiler diğer ülkelerle karşılaştırılmıştır. Böylece, Türkiye için uluslararası standartlarla uyumlu bir heyelan envanter bilgi bankasının oluşturulabilmesi amacıyla veri tipleri belirlenmiştir. Ülkemizde heyelan envanter çalışmalarında kullanılabilecek veri tipleri; Avusturya Jeomekanik Birliği Prensipler (AGS, 2000, 2007), JTC-1 Prensipleri (Fell vd., 2008), UNESCO tarafından gerçekleştirilen Dünya Heyelan Envanteri (WP/WLI, 1993), Avrupa Birliği Ortak Araştırma Merkezi (Joint Resarch Center) tarafından 25 Avrupa ülkesi ve 13 üye olmayan ülke tarafından yapılmış çalışma (Safeland, 2010) ve Bölüm 2.5.1'de incelenmiştir. Avustralya, Almanya, Slovenya, İtalya, Fransa, Avusturya ve ABD ülkelerinin uygulamakta olduğu standartlar dikkate alınarak, ülkemize özgü heyelan envanteri

için veri tipleri belirlenmiştir. Buna göre, Çizelge 3.2.'de ülkemiz için heyelan envanter çalışmalarında toplanması gerektiği düşünülen veriler ve veri tipleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Heyelan envanter standart verileri.

N	Veri Adı	Veri Tipi	Açıklama
1	Heyelan Numarası (ID)	number	Heyelanları Tanımlayan Numaralar
2	Pafta İndeksi	text	1/25000 Topografik Pafta İndeksi
3	İli	text	TUCBS -Adres Veri Teması
4	İlçesi	text	TUCBS -Adres Veri Teması
5	Köyü	text	TUCBS -Adres Veri Teması
6	Mahallesi	text	TUCBS-Adres Veri Teması
7	Düzenleme Tarihi	date/time	Heyelanın Meydana Geliş Tarihi Ve Saati (Gg.Aa.Yy/Ss.Dd)
8	Genel Hane Sayısı	number	Bölgede Bulunan Genel Hane(TÜİK)
9	Genel Nüfus Sayısı	number	Bölgede Bulunan Genel Nüfus (TÜİK)
10	Etkilenen Bina Sayısı	number	Heyelan Bölgesinin Maddi Hasarlı Bina Sayısı
11	Etkilenen İnsan Sayısı	number	Heyelan Bölgesinde Meydana Gelen Ölen ve Yaralanan İnsan Sayısı
12	Heyelan Koordinatı Kuzey	number	Heyelan Taç Noktasının Kuzey Grid Pozisyonu
13	Heyelan Koordinatı Güney	number	Heyelan Taç Noktasının Güney Grid Pozisyonu
14	Hareket Türü	text	Kütle Hareketi Tipinin Varnes (1984)' E Göre Heyelan Sınıfı
15	Mevki Açıklaması	text	Diğer Çalışanlar İçin Mevki Açıklaması
16	Kayıt Eden Kişi	number	Heyelanı Kayıt Eden Yetkili Sicil No
17	Alansal Büyüklüğü	number	Heyelan Aynasının Alanı (M ²)
18	Heyelan Aynası	number	Heyelan Aynası Sınır Koordinatları (X1, Y1;X2, Y2.....;Xn, Yn;.....;X1, Y1)
19	Kayan Malzemenin Genişliği (Wd)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))
20	Kayma Yüzeyinin Genişliği (Wr)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))
21	Toplam Uzunluk (L)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))

Çizelge 4.1 (Devam): Heyelan envanter standart verileri.

21	Kayan Malzemenin Uzunluğu (Ld)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))
22	Kayma Malzemenin Uzunluğu (Lr)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))
23	Kayan Malzemenin Derinliği (Dd)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))
24	Kayma Yüzeyinin Derinliği (Dr)	number	Heyelanları Tanımlayan Geometrik İlişkiler (WP/WLI (1993))
25	Heyelan Aktivite Özellikleri	number	Aktif (1), Duraklamış (2), Yeniden Aktif Olan (3), Aktif Olmayan (4), Eski (5), Durağan (6), Kalıntı (7) Heyelanlar (WP/WLI (1993))
26	Heyelanların Aktivite Yayılım Özellikleri	number	Hareket Boyunca Genişleyen (1), Gerileyen (2), Büyüyen (3), Küçülen (4), Gizlenmiş (5), İlerleyen (6), Kanatlar Boyunca Genişleyen (7) Heyelanlar (WP/WLI (1993)
27	Heyelan Aktivite Türleri	number	Karmaşık (1), Bileşik (2), İlerleyen (3), Tekil (4), Çoklu (5) Heyelanlar (WP/WLI (1993))
28	Bölgesel Jeoloji Durumu	text	Bölgenin Jeolojik Yapısı (TUCBS)
29	İncelenen Alan Jeoloji Durumu	text	Heyelan Bölgesinin Jeolojik Yapısı(TUCBS)
30	Arazi Kullanımı Özellikleri	text	Heyelan Bölgesinin Arazi Kullanım Cinsi (TUCBS)
31	İklimsel Özellikleri	text	Bölgenin İklimsel Özelliklerinin Tanımı
32	Denizden Yüksekliği	number	İncelenen Bölgenin Denizden Yüksekliği
33	Yamaç Şekli	number	İçbükey (1), Dışbükey (2), Karma(3)
34	Kayan Malzeme Cinsi	text	Kayan malzemenin cinsi
35	Kayıt Tarihi	date/time	Heyelanın Kayıt Altına Alış Tarihi Ve Saati (Gg.Aa.Yy/Ss.Dd)
36	Sebepleri (İnsan, Doğal)	1\2	Meydana Gelen Heyelanın Oluşma Sebebinin İnsan Kaynaklı (1) Doğal Kaynaklı (Yağmur, Deprem)(2)
37	Ekonomik Zararları	text	Meydana Gelen Heyelanın Açtığı Zararlar (Altyapı, Üst Yapı, Tren ve Karayolu)
38	Soruşturmalar	text	Heyelan Bölgesinde Yapılan Soruşturmalar
39	Önlemler	text	Heyelan Sonrası Oluşabilecek Tehlikeler İçin Yapılması Gereken Önlemler

Heyelan envanter haritalarında, heyelan aynasının belirlenmesine yönelik çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Daha önceki Avrupa Birliği tarafından yürütülen Safeland 2010 (ITC, 2011) incelenerek heyelan aynasının alım tekniklerini ve açıklamalarını gösteren Çizelge 4.2 hazırlanmıştır. Heyelanların görüntülenmesinde kullanılacak yöntem amaçlanan doğruluk seviyesi, konumsal çözünürlük, zamansal çözünürlük vb. faktörlere göre değerlendirilip seçilebilir.



Çizelge 4.2: Heyelan aynasının alım teknikleri.

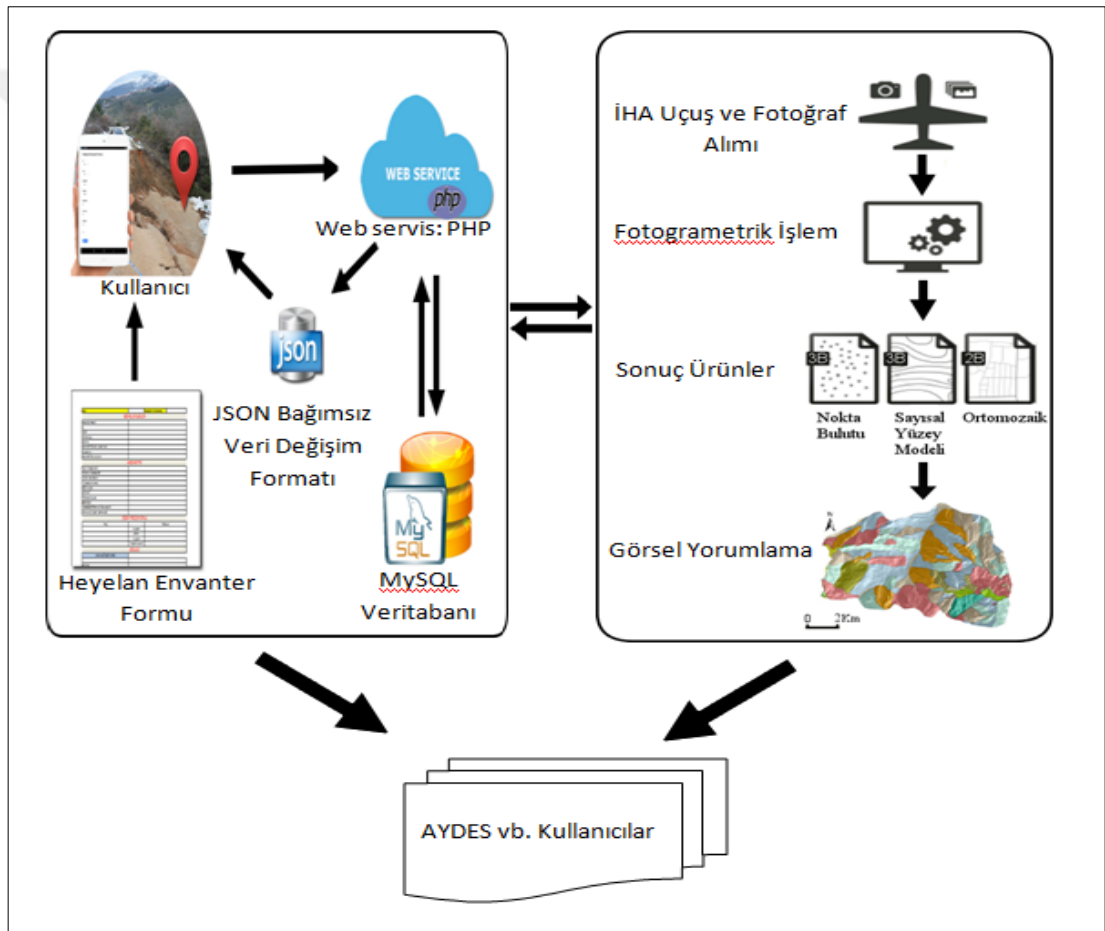
Yöntem	Platform	Analiz Methodu	Veri Üretimi	Doğruluk Seviyesi	Kapsama Alanı	Konumsal Çözünürlük	Zamansal Çözünürlük	Gelişmişlik Seviyesi(1-5)	Avantajları	Dezavantajları
Yakın Resim Fotogrametrisi İle YüzeY Oluşturma	Yersel, Düşük Yükseklikte Havasal	Yakın Resim Fotogrametrisi Sym Üretimi	Dikey Doformasyon, Yüzeylerde Yerdeğıştirme Miktarı	cm	Belirli Bir Bölge İle Sınırlı Havasal Olarak 1 km Düşük Yükseklik	10-50 cm	Yılda Bir	3	Yüzeylerin Yer Değıştirme Miktarını Ölçen Programlardan Birisi, Nispeden Düşük Maliyet	Görüntü Derinliklerine Bağlı Homojen Olmayan Doğruluk
Yersel Fotoğraflar İle Yer Değışim Ölçümleri	Yersel	Yersel Fotoğrafların Dijital Görüntü Korelasyonu	Yakın- Gerçek Zamanlı 3B Yerdeğıştirme Miktarı	cm	1 km Mesafe, Yerel	cm	Uygun Hava Koşullarında Saatte Bir	4	Düşük Maliyette Yüksek Doğrulukta Yerdeğıştirme Miktarı	Hava Koşulları Uygun Olduğu Durumlarda Kullanılabilirlik
Yersel Videolar İle Yer Değışim Ölçümleri	Yersel	İmage Velocimetry, Görsel Yorumlama	Tarihsel Bozulmalar, Hız Tahminleri	dm	10 m-1 km, Yerel	cm-m	Saniyede 24 Resim Karesi	2	Gerçek Zamanlı Görüntüleme	Erken Uyarı Çalışmaları İçin Gerekli Garantiyi Sağlamaması
Video Kutupsal Ölçme Yöntemi	Yersel	İmage Velocimetry	3B Yerdeğıştirme Miktarı	mm	10 m-1 km, Yerel	1-2 m	Saniyede 24 Resim Karesi	2	Milimetre Seviyesinde Yerdeğıştirme Miktarı	Bir Kurulumda Maksimum 500 m Mesafe Ölçümü
Havasal Streo Fotogrametri	Havasal	Çok Zamanlı SYM Strefotogrametrik Üretimi	Dikey Yerdeğıştirme Miktarı Ve Hacim	1000 m ³ Hacim ve dm Deformasyon	5-25 km ² , Yerel	0,2-5 m, SAM Doğruluğu	1930 Yılında Beri On Yıllık Ara	4	Tarihsel Görüntüler İçin Düşük Maliyet	Tarihsel Görüntülerin Zamansal Çözünürlüğü Yüksek
Havasal Fotogrametri İle Yer Değıştirme Ölçümleri	Havasal	Havasal Fotoğrafların Dijital Görüntü Korelasyonu	Yatay Yerdeğıştirme Miktarı	m	5-25 km ² , Yerel	Piksel altı	1930 Yılında Beri On Yıllık Ara	3	Tarihsel Görüntüler İçin Düşük Maliyet	Hareketler Kolay Anlaşılır Değil

Çizelge 4.2 (Devam): Heyelan aynasının alım teknikleri.

Görüntü Yorumlama	Havasal	Görüntü Yorumlama	Heyelan Alanları, Heyelanların Miktarı, Heyelan Tipleri	m, dm	5-25 km ² , yerel, bölgesel	25-30 cm	1990 yılında beri sıklıkla	3	Heyelan Envanterlerinin Oluşturmasında Kullanılabilir Method	Zaman Alıcı
İha Fotogrametrisi	Havasal	Fotogrametrik Analiz Ve Görüntü Yorumlama	Yüzey Özellikleri, Yatay Yerdeğiştirme, Deformasyon	m yerdeğiştirme ve SYM, cm yüzey özellikleri	5-25 km ² , yerel	5-10 cm	ihtiyaç duyulduğu her anda	3	Düşük Maliyet, Yüksek Çözünürlüklü Görüntü	Düşük Maliyetli Üretilen İhalar İçin Yer Kontrol Noktası Gerekebilir
Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması	Uydu	Piksel Ve Objeye Tabanlı Sınıflandırma	Heyelan Alanları Yer Değiştirme Miktarı	m-10m	60-100 km ²	> 8 m	1-25 gün	2-4	Geniş Alanlar İçin Düşük Maliyet	Piksel Tabanlı Sınıflandırma Tekil Heyelanlarda Yetersiz, Objeye Tabanlı Karakterler Belirsiz
Dijital Total Station Ölçümleri	Yersel	Tekrarlı Nokta	3 Boyutlu Koordinat, 3 Boyutlu Yerdeğiştirme	cm,mm	maksimum 5 km, belirli bir bölge	0.01-1 nokta/m ²	ihtiyaç duyulduğu her anda	5	Yüzeylerin Yer Değiştirme Miktarını Ölçen Programlardan Birisi, Nispeden Düşük Maliyet	Düşük Alan Ölçüm Alanı Kapasitesi
Lidar	Yersel, Havasal	Değişim Analizi Görüntü Yorumlama	3 Boyutlu Milyon Nokta Sayısı	cm-dm	1,5-6 km	10-30 nokta /m ²	ihtiyaç duyulduğu her anda	3-4	Bitki Örtüsü Çıkarımında Başarı	Maliyet, Hava Koşullarından Etkilenme
Sar (X, C, L, Multi Band)	Yersel, Uydu, Havasal	İnterferometri	Yer Değişim Miktarı	mm-m	Bölgesel-Kıtasal	1 mm-10 m	11-35 gün	3-5	Hızlı Veri İşleme	Atmosferik Koşullardan Etkilenme, Maliyet

4.2 Heyelan Envanter Coğrafi Veri Modeli Oluşturulması

Bu tez çalışması kapsamında afet öncesi, anında veya sonrasındaki çalışmalar için oldukça önemli olan heyelan envanter bilgilerinin toplanmasına ve sunulmasına yönelik bir coğrafi veri modeli geliştirilmiştir. Heyelan bölgesinden envanter bilgilerinin en hızlı ve doğru biçimde toplanmasını sağlamak amacıyla MCBS ve İHA sistemlerinin, heyelan envanter standartlarında belirlenen heyelan numarası (ID) ortak veri formatı seçilerek entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında tasarlanan Mobil Heyelan Envanter Toplama Modeli'nin (MHETM) genel mimarisi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Mobil Heyelan Envanter Toplama Modeli (MHETM).

MCBS uygulamasının geliştirilmesi için android tabanlı akıllı telefon kullanılarak ara yüz geliştirilmiştir ve toplanacak heyelan envanter bilgilerinin saklanması ve güncellenmesi için MySQL veri tabanı kullanılmıştır. Belirlenen heyelan envanter

bilgileri standartları doğrultusunda MCBS uygulaması ile toplanması gereken envanter bilgileri saha çalışmaları ile başarılı bir şekilde toplanmıştır.

İHA sistemleri ile heyelan bölgesinde elde edilen fotoğraflara fotogrametrik değerlendirme uygulanarak sayısal yükseklik modeli, sayısal yüzey modeli ve ortofoto harita üretilmiştir. Bu veriler üzerinden sayısallaştırma ve görsel yorumlama teknikleri kullanılarak belirlenen standartlar doğrultusunda heyelan envanter bilgileri üretilmiştir.

4.3 Çalışma Bölgesi

Çalışma alanı olarak Trabzon ili Of ilçesinin güneyinde bulunan Fındıkoba Mahallesi'nde 08.02.2016 tarihinde meydana gelmiş bir heyelan bölgesi ($40^{\circ}51'33''$ - $40^{\circ}51'36''$ kuzey enlemi ve $40^{\circ}16'40''$ - $40^{\circ}16'45''$ doğu boylamı) seçilmiştir. Yaklaşık olarak 3000 m^2 alanı kapsayan bu bölge Of-Çaykara karayolunun ana hattı üzerinde bulunan bir bölgedir. Şekil 4.2'de Trabzon ilinin Türkiye'deki konumu, Trabzon ili ve komşu illeri, çalışma alanının Trabzon merkez yerleşkesindeki konumu gösterilmiştir. Şekil 4.3'de 08 Şubat 2016 tarihinde meydana gelmiş olan ve bu tez çalışması kapsamında belirlenen Fındıkoba heyelanı gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Çalışma Bölgesi.



Şekil 4.3: Fındıkoba heyelanı

4.4 Kullanılan Araç ve Yazılımlar

Bu tez kapsamında otomatik ve yarı otomatik uçuş yeteneğine sahip Devlet Su İşleri–Trabzon Bölge Müdürlüğü Envanteri’nde bulunan IBOTIX firmasının ürettiği IBOTİX X6 isimli insansız hava aracı kullanılmıştır. Hazırlanan uçuş planına göre uçuş, otomatik veya uzaktan kontrollü biçimde gerçekleştirilmekte ve belirlenen aralık ve güzergâha göre çalışma alanına ait fotoğraflar çekilmektedir (Şekil 4.4). IBOTİX X6 İHA’sının genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- 1.05 m kanat genişliği,
- Karbon malzeme platform,
- 2.555 gr ağırlık,
- 2.500 kg taşıma kapasitesi,
- 90 km/sa hıza çıkabilme kapasitesi,
- 30 dakika uçuş kapasitesi.



Şekil 4.4: İBOTİX X6 tipi İHA.

Fotoğraf çekim işlemi aracın altına yerleştirilen 32MP çözünürlüklü SonyA7R dijital kamera ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.5). Fotoğraf makinesine ait teknik bilgiler:

- 7360 x 4912 çözünürlük,
- 300 dpi yatay ve dikey çözünürlük,
- 36 Megapixel CMOS,
- 1/1000 sn denklanşör hızı,
- İSO 500,
- 28 mm odak uzaklığı.



Şekil 4.5: Sony A7R fotoğraf makinesi.

Bu tez kapsamında İHA ile elde edilen fotoğrafların fotogrametrik değerlendirilmesi için sayısal Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca, fotogrametrik

ürünlerden heyelan envanter bilgilerinin toplanması için de ArcGIS yazılımı kullanılmıştır.

4.5 İHA İle Heyelan Envanter Bilgilerinin Toplanması

4.5.1 Uçuş planlaması

İnsansız hava aracı ile veri toplama işlemine geçilmeden önce araziye ait uçuş yüksekliğinin belirlenmesi gerekmektedir. En uygun uçuş yüksekliğinin belirlenebilmesi için üretilecek sonuç ürünün yer örnekleme aralığının belirlenmiştir. Yer örnekleme aralığı bir pikselin arazideki karşılığını ifade etmektedir. Bu tez kapsamında yer örnekleme aralığı 2 cm ve yer örnekleme aralığındaki uçuş yüksekliği ise 100 m belirlenmiştir. Yer örnekleme aralığı (YÖA) yükseklik ilişkisi Eşitlik 4.1’de gösterilmiştir.

$$YÖA = \frac{h_g \cdot CCD}{c_k} \quad (4.1)$$

Burada ;

h_g = Uçuş yüksekliğini,

c_k = Odak uzaklığını,

CCD= Piksel genişliğini, ifade etmektedir.

4.5.2 Yer Kontrol noktalarının tesisi

İHA’ya entegre edilmiş GPS/INS alıcısı ile dış yöneltme elemanları belirlenmiş fotoğrafların dengelenebilmesi için heyelan bölgesini sınırlarını kapsayacak biçimde 10 adet yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmiştir. YKN fotogrametrik değerlendirme aşamasında net görüntülenebilmesi için 50cm x 50cm boyutlarında tasarlanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6: Yer kontrol noktalarının dağılımı.

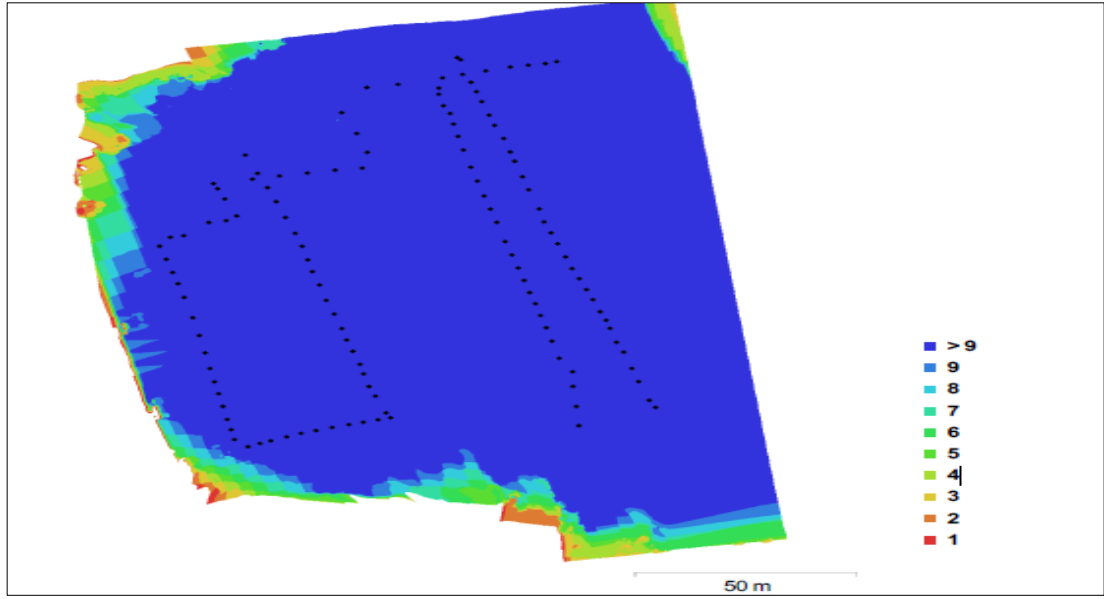
YKN ölçme işlemi CORS/RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.7). Bu yöntemin çalışma prensibi, kontrol merkezlerinde bulunan sunucular (server) tüm istasyonlardan gelen anlık verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapmakta ve DGPS/RTK düzeltme verileri hesaplamaktadır. Söz konusu düzeltme verileri ise arazide bulunan gezici alıcılara GPRS üzerinden aktarılmaktadır. Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısı ise RTK verisini kullanarak 1-10 santimetre doğrulukta konum belirlemektedir.



Şekil 4.7: Yer Kontrol Noktasının Koordinat değerlerinin CORS/RTK İle Belirlenmesi.

4.5.3 Uçuş İşlemi

Uzaktan yönlendirme yöntemiyle 100m yükseklikten, oldukça yüksek enine ve boyuna bindirme oranına sahip 127 adet fotoğraf çekilmiştir. Şekil 4.8’ de noktasal olarak fotoğraf çekim noktaları ve 1 ile 9 aralığında fotoğraf boyutuna göre bölümlenmiş alanlarda her bir alanın kaç adet fotoğrafta yer aldığı farklı renk tonlarında gösterilmektedir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Heyelan bölgesinden fotoğrafların kapsama alanları.

4.5.4 Fotogrametrik Değerlendirme

Bu tez çalışmasında İHA'lerden elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin değerlendirilmesinde Bilgisayarlı Görme (CV) tabanlı AgisoftPhotoscan yazılımı kullanılmıştır. Yazılımın temel girdi parametresi, kamera kalibrasyon bilgileri, İHA'lara entegre edilmiş GPS/INS alıcısı ile belirlenmiş dış yöneltme parametreleri ve arazi çalışmalarıyla ölçme işlemleri gerçekleştirilmiş yer kontrol noktalarıdır. İHA ile gerçekleştirilen yaklaşık 8 dakikalık uçuş işlemi sonucunda 127 adet fotoğraf çekilmiştir. İHA ile elde edilen fotoğrafların bilgileri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

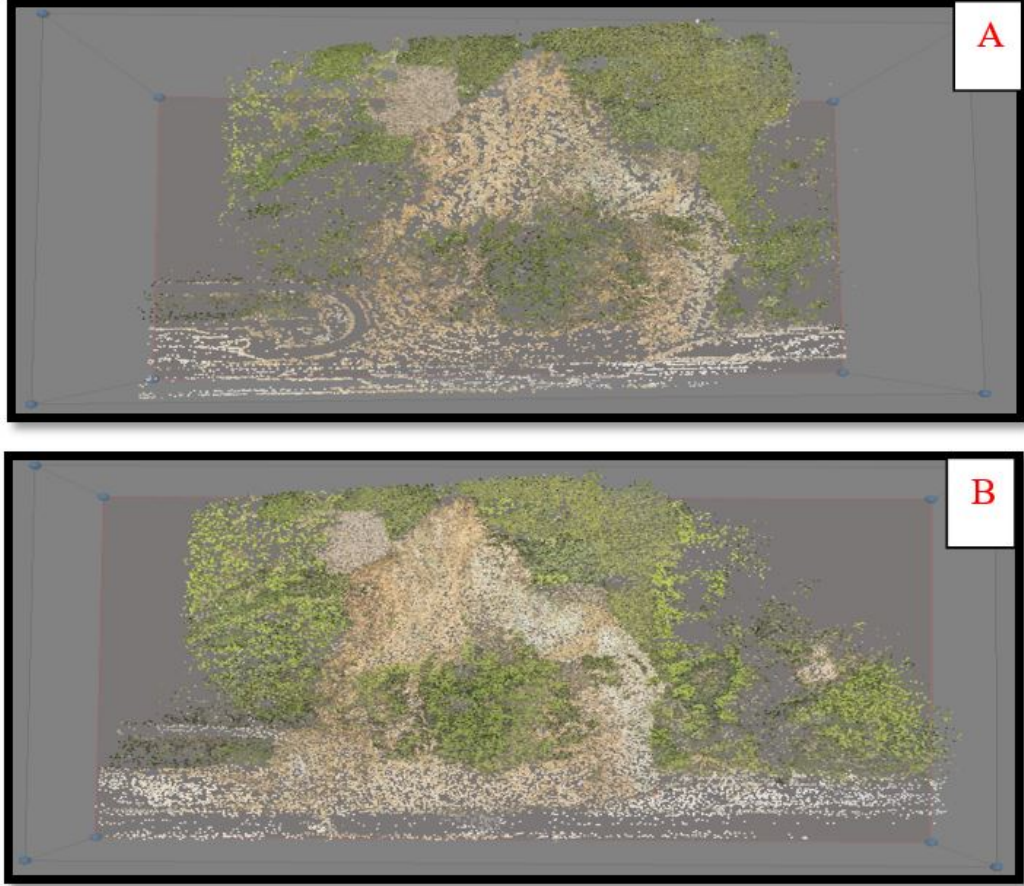
Çizelge 4.3: İHA ile çekilen fotoğraf bilgileri.

Özellikler		Detaylar
Piksel Genişliği	X- Yönü	4.76 μ
	Y- Yönü	4.76 μ
Görüntülerin Bindirme Oranı	Enine	90%
	Boyuna	60%
Çözünürlük		7360X4912
Kamera Kalibrasyon Parametreleri	Odak Uzaklığı	28 mm
	Fx	5564.32
	Fy	5557.17

4.5.4.1 Eşlemenoktalarının çıkarımı

Yoğun görüntülerin işlenmesinde üst üste gelen fotoğraflarda benzer objelerin eşleştirilmesi amacıyla farklı algoritmalar geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan

yazılım, SIFT algoritmasını kullanarak fotoğrafın boyutundan, fotoğrafın alındığı kameranın bakış açısından, fotoğrafın alındığı ortamın ışık koşullarından, fotoğrafın nesnelere açısından bağımsız olarak eşleme işlemini başarabilmektedir. Bu tez çalışmasında 127 fotoğraf üzerinden düşük ve orta seviyede Şekil4.10'da 2 farklı üretim tipinde bağlantı noktası çıkarımı gerçekleştirilmiştir.



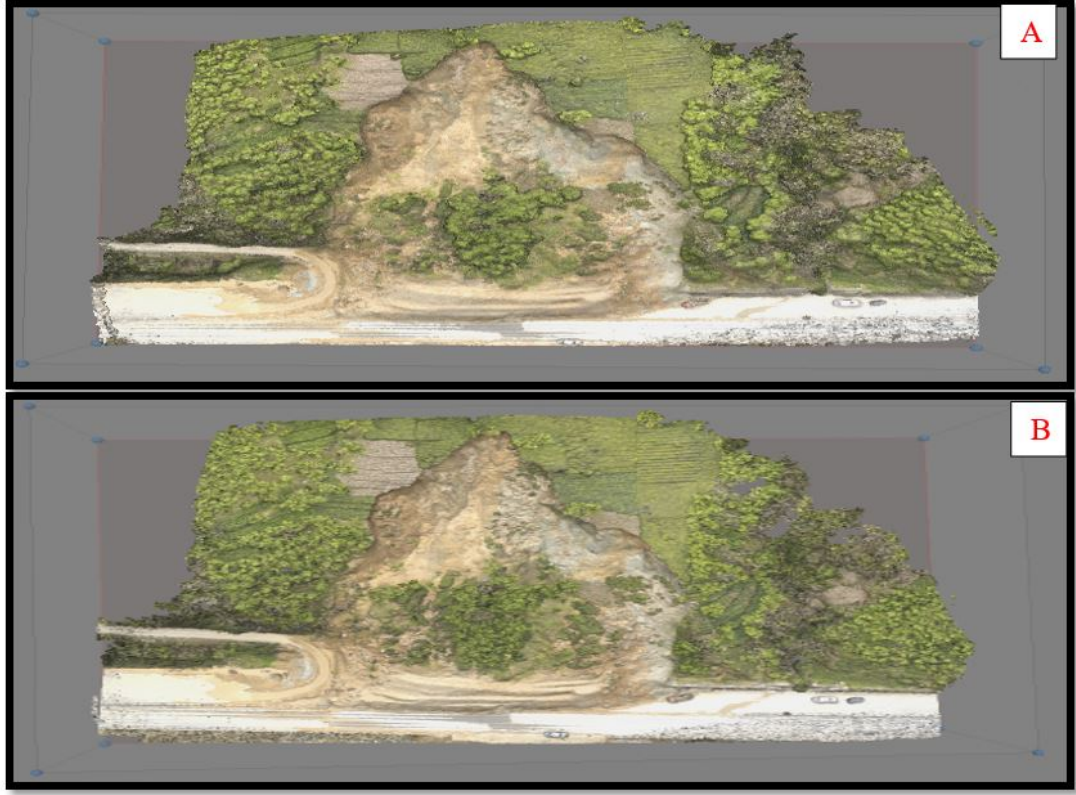
Şekil 4.9: A.Düşük seviye (22,738 nokta) eşleme noktası yoğunluğu, B. Ortaseviye (123,383 nokta) eşleme noktası yoğunluğu.

Bu bağlantı noktalarının dengeleme işlemi gerçekleştirilerek fotoğrafların dönüklükleri ve birbirlerine göre konumları hesaplanmıştır. Bu işlemlerden sonra YKN'ler çalışmaya tanıtılarak dağınık yapıdaki bağlantı noktalarının uzaydaki konumları kestirilir. Daha sonra dengeleme işlemi tekrarlanarak iç yöneltme ve dengeleme parametreleri sistemde güncellenmiştir.

4.5.4.2 Yoğun nokta bulutunun oluşturulması

İHA'lardan elde edilen görüntüler üzerinden çok yüksek yoğunlukta nokta verisi üretilebilmektedir. Bu nokta bulutları kullanılarak arazi doğrudan gözlemlenebilmekte ve yorumlanabilmektedir. Bu kapsamda, görüntü eşleme işlemi gerçekleştirildikten sonra oluşturulan bağlantı noktaları kullanılarak projeksiyon

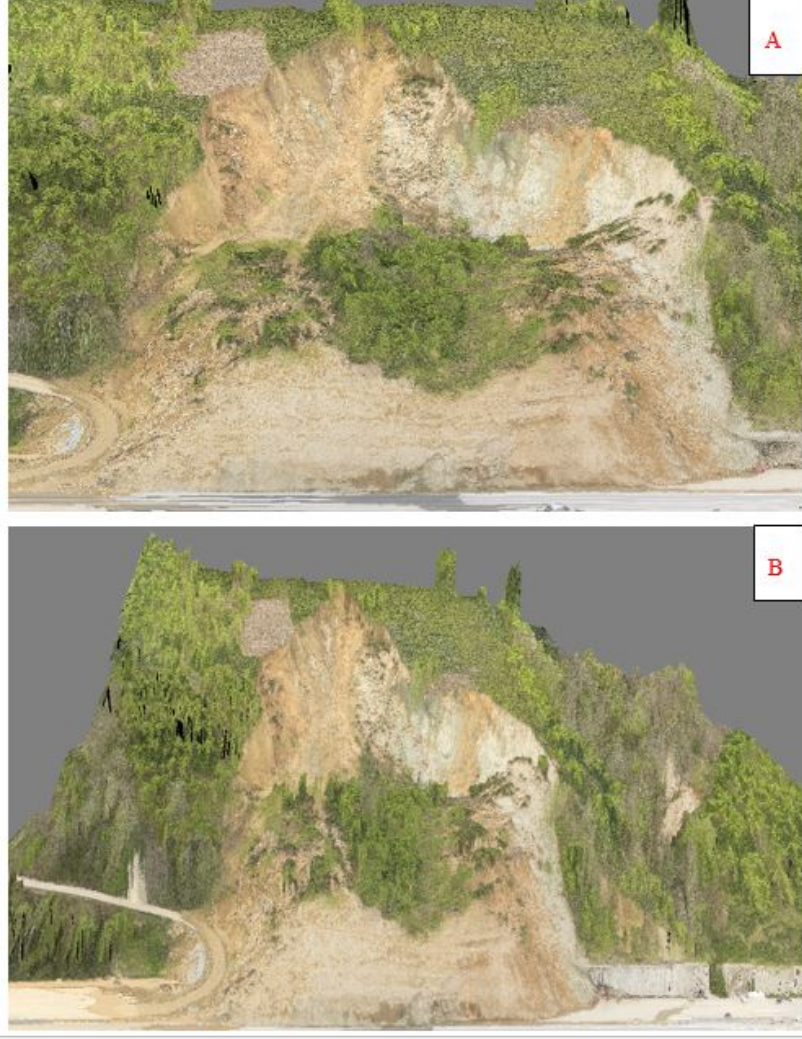
koordinat sisteminde farklı kombinasyonlarda yoğun nokta bulutu verisi üretilmiştir. Şekil 4.10'da düşük seviyede 1.205.467 sayıda nokta bulutu, b'de ise orta seviyede 19.326.931 sayısında nokta bulutu oluşturulmuştur.



Şekil 4.10: A. düşük seviye nokta bulutu sıklığı, B. orta seviyede nokta bulutu sıklığı.

4.5.4.3 Sayısal yüzey modeli üretilmesi (YM)

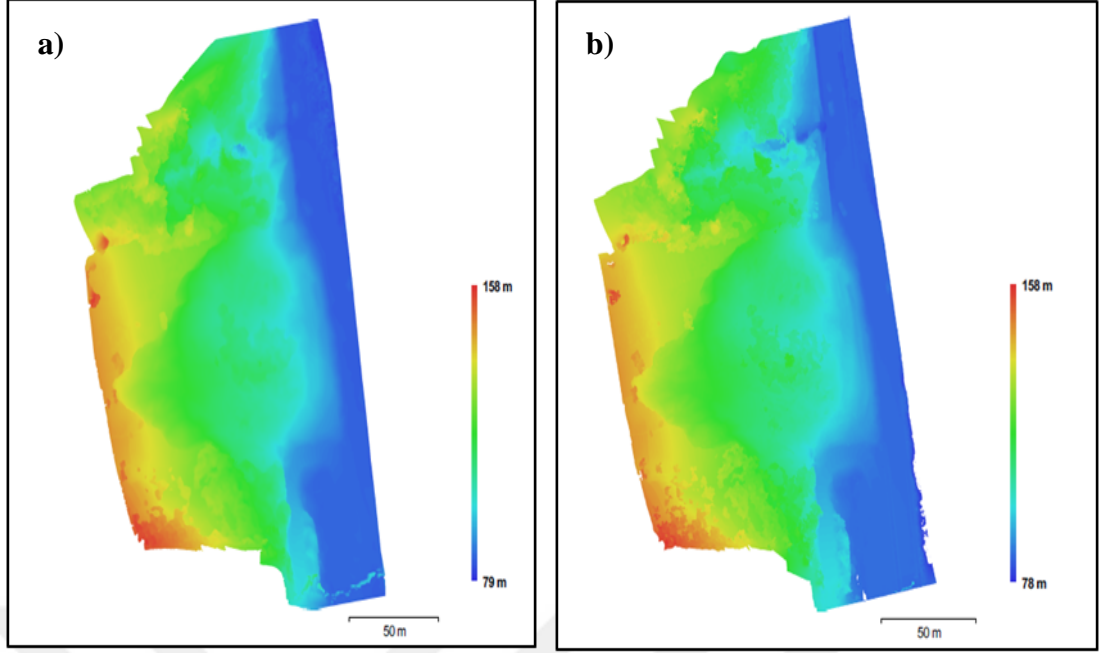
Heyelan bölgelerindeki deformasyonların görüntülenmesi ve yorumlanabilmesi için YM'lerin kullanılması, heyelan envanter bilgilerinin toplanmasından, heyelan hasar tespit çalışmalarına kadar önemli bir araçtır. Bu tez çalışması kapsamında düşük ve orta düzeyde üretim tipinde iki farklı YM oluşturulmuştur (Şekil 4.11). Ayrıca, YM'ler üzerinden görsel yorumlama ile heyelana ait güvenilir bilgiler elde edilmiştir.



Şekil 4.11: Oluşturulan yüzey modelleri; A: Düşük Düzey, B: Orta Düzey.

4.5.4.4 Sayısal Yükseklik Modeli üretilmesi (SYM)

Görüntü eşleme veya görüntü korelasyonu aşamalarında noktalar tam dağılım göstermemektedir. Görüntüdeki bütün pikseller seçilse bile boşluklar oluşmaktadır. Bu nedenle enterpolasyon işlemi yapılarak yüzey uydurma gerçekleştirilmiş olmalıdır. Bu kapsamda kullanılan Agisoft Photoscan yazılımı karşılıklı noktaların bulunması ve enterpolasyon işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Şekil 4.12’de düşük seviyede hazırlanan 19,9 cm/pix değerinde 25 nokta/m² aralığında SYM, b’de ise orta seviyede hazırlanan 5,03 cm/pix değerinde 39 nokta/m² aralığında SYM gösterilmiştir.

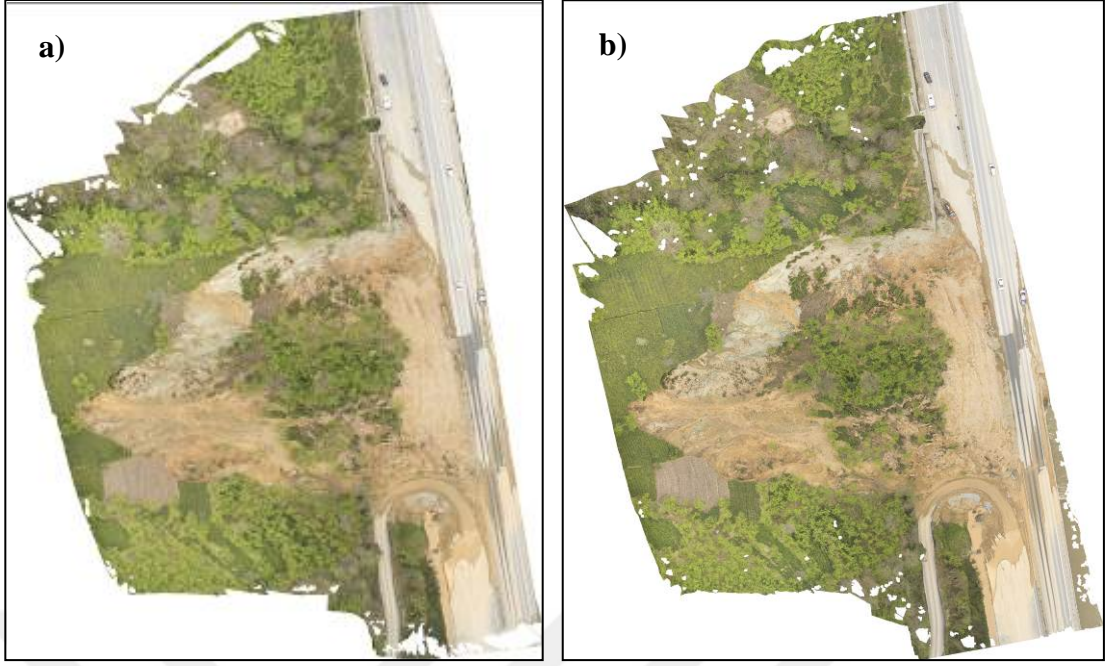


Şekil 4.12: Oluşturulan Sayısal Yükseklik Modelleri; A: Düşük Düzey, B: Orta Düzey Üretim Tipi

4.5.4.5 Ortofoto üretilmesi

Yazılımlara girdi verisi olarak kullanılan fotoğraflara önceki aşamalarda yapılan geometrik düzeltmeler ve görüntü eşleme işlemleri gerçekleşikten sonra mozaiklenerek bütün bir ortomozaik haline dönüştürülebilmektedir. Bu amaçla, Agisoft Photoscan yazılımı görüntülerdeki bozuklukların giderilmesi için otomatik olarak ortorektifikasyon ve renksel düzeltme yaparak ortofoto üretmektedir.

Bu tez çalışmasında kapsamında, saha çalışmaları ile koordinatları belirlenmiş yer kontrol noktaları kullanılarak 2 cm çözünürlüklü orta ve düşük seviye üretim tipinde 2 adet ortofoto ve doğrudan GPS/INS verileri kullanılarak orta ve düşük seviye üretim tipinde 2 adet ortofoto harita üretilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: A. Düşük seviye ortofoto harita, B. Orta seviye ortofoto harita.

4.5.5 Ortofoto hata miktarlarının değerlendirilmesi

Bu tez çalışmasında, IBOTIX X6 insansız hava aracına monte edilen dijital kamera ile Fındıkoba Heyelanı'na ait fotoğraflar çekilmiş ve ortofoto harita üretilmiştir. Afet bölgesine tesis edilen yer kontrol noktaları ile İHA'nın GPS'i yardımıyla üretilen ortofoto haritaların konum hassasiyetleri karşılaştırılmıştır. CORS/RTK ile elde edilen koordinatlar kesin değerler kabul edilmek üzere, kontrol noktalarının CORS alıcısı ile ölçülen koordinatları ile ortofotodan ölçülen koordinatların farkları hesaplanmıştır. Bu farklar kullanılarak hesaplanan konum hataları Agisoft Photoscan yazılımında üretilen 2 cm çözünürlüklü düşük ve orta düzeyde ortofoto haritanın X, Y, Z yönlerindeki hata miktarları Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Değerlendirme sonucunda doğrudan GPS/INS verisi kullanılarak üretilen ortofoto konumsal hassasiyeti düşük seviyede 1,5–1,7 m ve düşeyde 2–3 m, orta seviyede ise 1,3–1,6 m ve düşeyde 2-3 m tespit edilmiştir. Yer kontrol noktaları kullanılarak ortofoto haritaların konumsal hassasiyeti düşük seviyede yatayda 3–4 cm ve düşeyde 4–5 m, orta seviyede yatayda 2–3 cm ve düşeyde 3–4 cm tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4: YKN ve GPS/INS üretilen ortofoto hata miktarı.

GPS/INS	DÜŞÜK			ORTA		
YKN	DX(m)	DY(m)	DZ(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
1	-2,354	-0,153	-3,221	-0,584	-0,055	-2,578
2	-2,236	-0,508	-2,846	0,279	-0,376	-2,365
3	-1,645	-1,802	-1,510	2,355	-1,802	-1,510
4	-2,902	-1,687	-1,929	2,072	-1,505	-1,773
5	1,930	-1,697	-2,077	1,851	-1,485	-1,892
6	1,003	-1,607	-2,052	1,864	-1,413	-1,847
9	1,003	-1,934	-4,007	0,636	-1,282	-3,424
HATA(m)	1,655	1,4917	2,647	1,584	1,282	2,280
YKN	DÜŞÜK			ORTA		
YKN	DX(m)	DY(m)	DZ(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
3	0,040	0,031	0,033	0,026	0,025	0,041
7	-0,014	-0,027	-0,040	-0,028	-0,019	-0,031
8	0,022	0,030	0,035	0,009	0,016	0,027
10	0,047	0,041	-0,053	0,041	0,032	-0,051
HATA(m)	0,033	0,032676	0,041	0,028	0,024	0,039

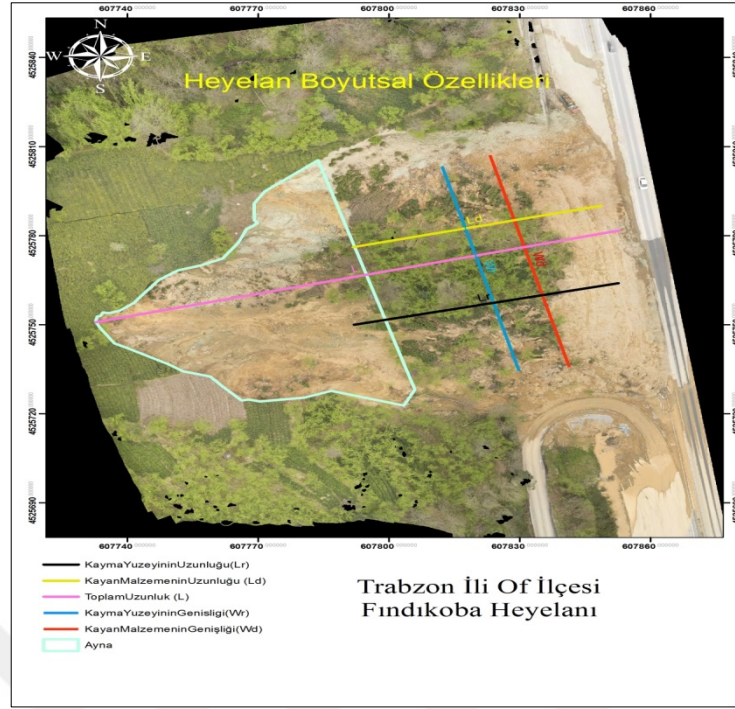
4.5.6 Heyelan alanına ait envanter bilgilerinin toplanması

İHA ile elde edilen ortofoto üzerinden heyelan aynası sınırları, kayan malzeme genişliği ve uzunluğu gibi envanter bilgileri toplanmıştır. Heyelan envanter haritalarının konumsal bilgisini oluşturan heyelan aynasının sınırı ArcGIS yazılımı ile sayısallaştırılarak üretilmiştir. Heyelanın konumsal olarak tanımlanabilmesi için taç noktasının koordinatları yatay 607732,843, düşey 4525751,728 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14). Ayrıca önemli heyelan envanter bilgisi olan heyelan aynasının alanı 3161,11 m²olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.14: Heyelan aynasının sayısallaştırılması.

Heyelan Bölgesine ait boyutsal envanter bilgileri ise ortofoto haritalar üzerinde sayısallaştırma işlemi yapılarak üretilmiştir. Bu amaçla, heyelanların geometrik bağlantılar ile tanımlanmasında bu tez çalışması kapsamında ArcGIS yazılımı kullanılarak ortofoto üzerinden kayan malzemenin genişliği (W_d), kayma yüzeyinin genişliği (W_r), toplam uzunluk (L), kayan malzemenin uzunluğu (L_d), kayma yüzeyinin uzunluğu (L_r) envanter bilgileri üretilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Heyelanların boyutsal özelliklerinden bazıları.

Heyelanların boyutsal özelliklerin diğerleri kayan malzemenin derinliği (Dd) ve kayma yüzeyinin derinliği (Dr) AgisoftPhotoscan yazılımında üretilen 3 boyutlu model üzerinden hesaplanmıştır. Heyelanların boyutsal özelliklerinin tamamı Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

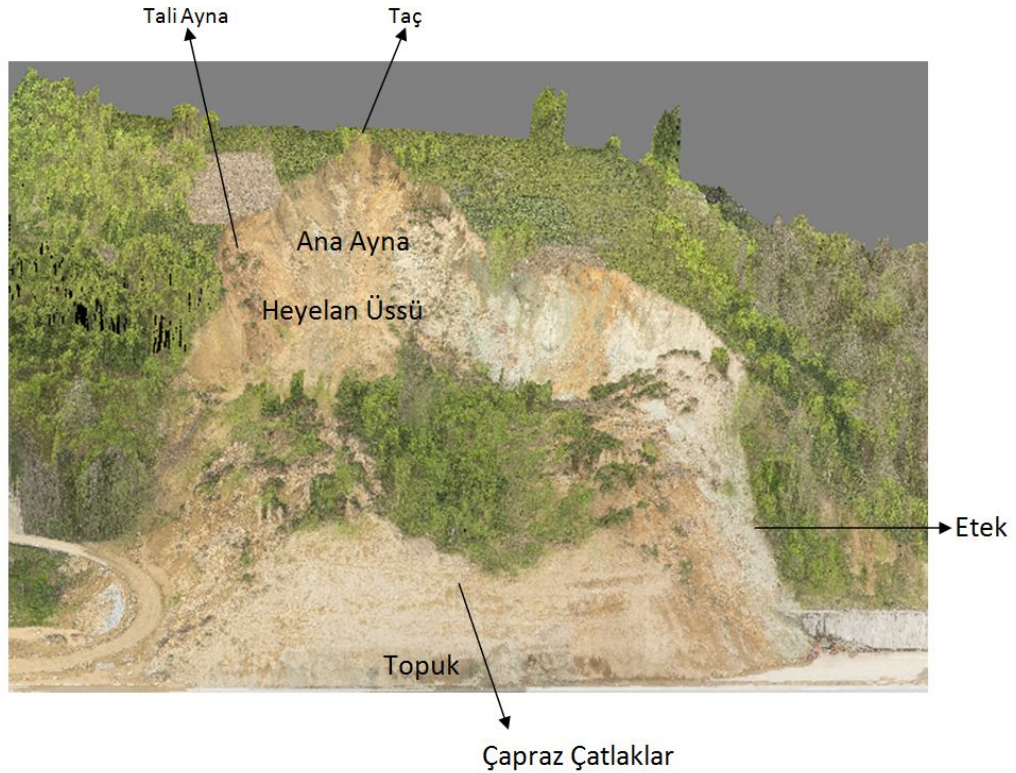
Çizelge 4.5: Heyelanların boyutsal özellikleri.

Özellik	Uzunluk (m)
Kayan malzemenin Genişliği (WD) (m)	71,43
Kayma Yüzeyinin Genişliği (Wr)	71,8
Toplam Uzunluk (L)	125,8
Kayan Malzemenin Uzunluğu (Ld)	59,11
Kayma Yüzeyinin Genişliği (Lr)	62,78
Kayan Malzemenin Derinliği (Dd)	11,23
Kayma Yüzeyinin Derinliği (Dr)	19,48

4.5.6.1 Görsel Yorumlama

Heyelan envanter bilgilerinden bazıları geometrik işlemlerle elde edilemediği durumlarda ortofoto görüntülerinin görsel yorumlanmasını gerektirebilir. Ortofoto görüntüler kullanılarak heyelanların yerlerine ilişkin yorum yapılabilmesi ve envanter bilgilerinin toplanabilmesi doğrudan kullanılan görüntünün çözünürlüğüne bağlıdır. Bu tez çalışması kapsamında İHA ile üretilen 5cm/piksel aralığındaki 3 boyutlu sayısal yüzey modelleri kullanılarak mevcut heyelan bölgesine ait yorumlar kolaylıkla yapılabilmiştir ve heyelan envanter bilgileri üretilmiştir.

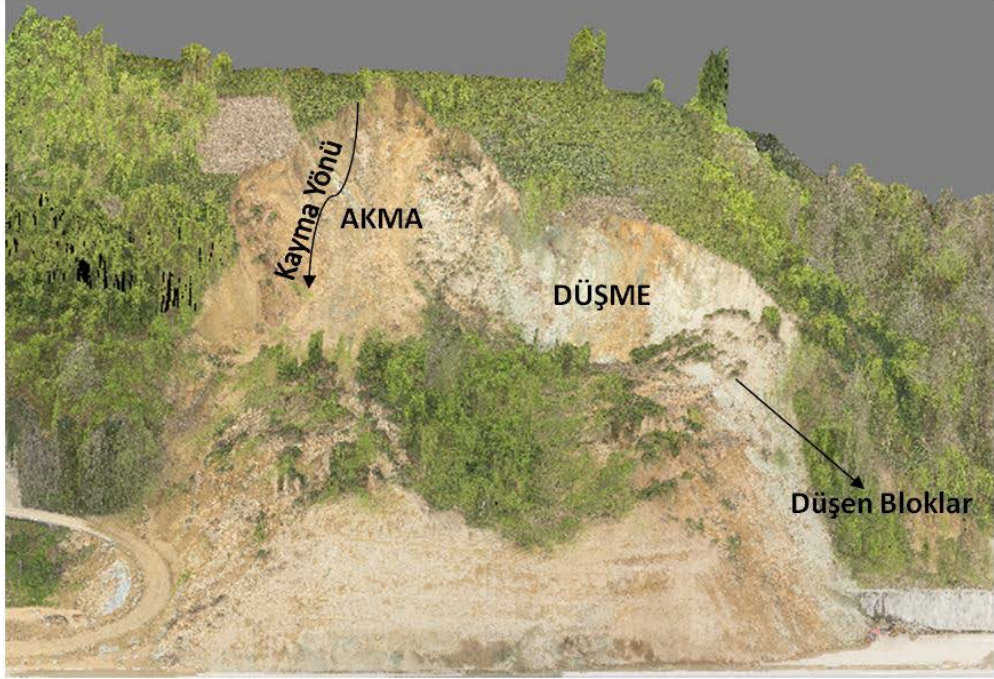
Sayısal yüzey modeli üzerinden heyelanların kütleli özellikleri net bir şekilde görülebilmekte ve taç, ana ayna, tepe, heyelan üst kesimi, tali ayna, ana kütle, heyelan eteği, heyelan üst kesimi, heyelan uç noktası, topuk, kayma yüzeyi, çöküntü vb. kütleli özellikler yorumlanabilmektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16: Görsel yorumlama ile heyelanın genel özellikleri.

Heyelanların aktivite yayılım özellikleri, aktivite türleri ve her bir heyelanda kendine özgü başka bir yapıda gelişmektedir. Bu özelliklerin belirlenmesi için UNESCO tarafından gerçekleştirilen WP/WLI (1993) projesi kapsamında belirlenen standartlar

kullanılarak YM üzerinden yorumlanarak yapılabilmektedir ve heyelanların kendine özgü özellikleri belirlenebilmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Heyelanın sınıflandırılması.

Heyelanların iklim koşullarına ve tipine göre yüzeyde çok karakteristik iz bırakmaları ve buna bağlı olarak gelişen yüzey şekilleri (morfoloji) oluşturmaları, heyelanların tanımlanmasında belirleyici faktörlerdir. Ayrıca, bitki örtüsündeki değişim miktarı veya başka bir ifadeyle heyelan yüzeyindeki deformasyon heyelanların en önemli özellikleri arasındadır. Morfolojik veriler ve bitki örtüsündeki değişiklik ortofoto üzerinde ayırt edilebilmektedir. Heyelan bölgesindeki kaya, deformasyon, yükseklik değişimleri vb. jeolojik yapısal verileri yoğun arazi çalışması gerektirmeden ofis çalışmalarında net bir şekilde görülebilmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: Görsel yorumlama, a. Morfolojik özellikler ve deformasyonun gözlemlenmesi, b. Bitki örtüsü değişimi.

Konuma dayalı heyelan envanter bilgilerinin arazi çalışmalarından ofis çalışmalarına kadar geçen süre düşük, ve orta seviyede veri değerlendirme formatında Çizelge 4.6' de gösterilmiştir. Ortofoto ve 3 boyutlu arazi modelleri üretim aşamaları incelendiğinde düşük seviye ile orta seviye üretim tipi arasında saatlere varan farklar ortaya çıkmaktadır. Heyelan envanter bilgilerinin üretimi, ortofoto konum doğruluğu (Çizelge 4.4) ve görsel yorumlama açılarından değerlendirildiğinde düşük seviye veri üretiminin yeterli olduğu gözlemlenmiştir. Bu çerçevede, İHA'lar ile düşük seviyede veri işleme yöntemi heyelan çalışmalarında hız ve maliyet açısından fayda sağlayabilmektedir. Buna karşılık, daha yüksek seviye veri işleme tipi seçilmesi durumunda ise yüksek seviyede bilgisayar donanımı gerektirmekte ve maliyet açısından olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 4.6: İHA ile veri üretim süresi.

Faaliyet Adı	Düşük Seviye (dk)	Orta Seviye (dk)	Yetkili
Uçuş Planlaması	15	15	Heyelan Saha Ekibi
YKN Tesis	60	60	
Uçuş	8	8	
Görüntülerden Bağlantı Noktalarının Çıkarılması ve Eşlenmesi	18	24	Haritacı Uzman Görüşü
Nokta Bulutu Üretilmesi	3	22	
3 Boyutlu Modellerin Üretilmesi	11	93	
SYM Üretilmesi	5	8	
Ortomozaik Üretilmesi	2	14	
Heyelanların Envanter Bilgilerin Konumsal Özelliklerinin Çıkarılması	60	60	Jeolok Uzman Görüşü
Heyelan Envanter Bilgilerinin Yorumlama ile Üretilmesi	45	45	
Toplam Süre	227	349	

4.6 MBCS ile Heyelan Envanter Bilgilerinin Toplanması

Heyelan envanter bilgilerinin bir kısmı yüksek çözünürlüklü görüntülerle toplanabilirken, bazı konumsal bilgiler ise doğrudan arazi üzerinden sözel veri (Çizelge 4.7) şeklinde girilmesi gerekir. Bu amaçla araziden veri toplamanın en pratik yolu mobil CBS platformudur. Bu tezde sözel veri toplamak amacıyla, android

sistemler üzerinde çalışan ve MySQL veritabanını kullanan bir mobil CBS uygulaması geliştirilmiştir.

Çizelge 4.7: MCBS ile heyelan bölgesinden toplanması gereken sözel bilgiler.

N	Veri Adı	N	Veri Adı
1	Heyelan Numarası (ID)	12	Mevki Açıklaması
2	İli	13	Kayıt Eden Kişi
3	İlçesi	14	Kayan Malzeme Cinsi
4	Köyü	15	Kayıt Tarihi
5	Mahallesi	16	Sebepleri (İnsan, Doğal)
6	Düzenleme Tarihi	17	Ekonomik Zararları
7	Genel Hane Sayısı	18	Soruşturmalar
8	Etkilenen Bina Sayısı	19	Önlemler
9	Etkilenen İnsan Sayısı	20	Eğilimli Bölge mi?
10	Heyelan Koordinatı Kuzey	21	Düşünceler
11	Heyelan Koordinatı Güney	22	Fotoğraf

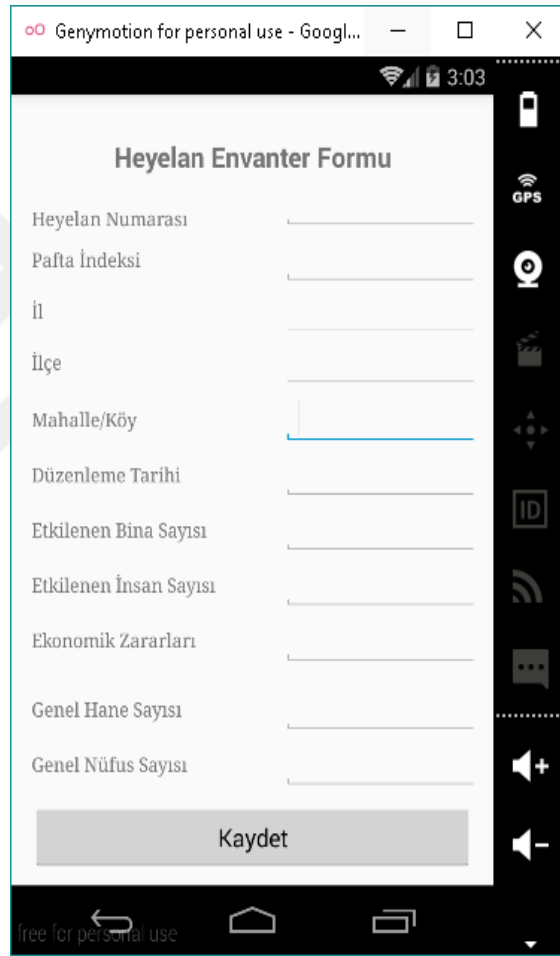
Bir MySQL veritabanı ve bir Android uygulaması doğrudan iletişim kuramamaktadır. Bu nedenle, PHP internet servisleri aracı görev alarak, Android uygulaması ve uzak bir veritabanı (MySQL) birbirine bağlantısı sağlanmaktadır. Yeni bir kullanıcı kaydı, giriş ve uygulamasında JSON veri ayrıştırması, android uygulamasına izin vermek için PHP üzerinde basit bir web hizmetini oluşturacaktır.

Kullanıcı, bu bilgileri doldurup gönderdiğinde, PHP web servisine bilgi geçecektir. Web servisi MySQLveritabanına bağlanacaktır. "Kullanıcılar" tablo bulunduğunda android cihazdan gönderilen bilgiler MySQL veritabanında yeni bir satır olarak eklenir.

Uygulama ve web sunucusu arasındaki veri iletişim için HTTP protokolü kullanılmıştır, HTTP, sunucu ve istemci arasındaki iletişimi tanımlayan bir protokoldür. Bulunan bir programdan belirtilen bir URL'e veri göndermek için POST yöntemini kullanılır. Sunucu kısmı iki uzak sunuculardan oluşmuştur: Web sunucusu ve veritabanı sunucusu. Kullanılan web sunucusu Apache'dir PHP script'leri dağıtmak için internette en yaygın sunucu'dur. Kullanılan veritabanı sunucusu MySQL'dir.

Android uygulamaları, farklı yazılım geliştirme araçları kullanılarak geliştirilebilir. Ücretsiz yazılımlardan Android Studio, Eclipse veya Netbeans kullanılarak yazılım geliştirme sağlanabilir. Bu tez çalışması kapsamında Android Studio kullanılmıştır.

Bir Android uygulaması geliştirirken uygulamanın, hangi izinleri istediğini, hangi servisleri kullanacağı bilgisini öğrendiği ve uygulamaya ait ayarların bulunduğu uygulama projesinin ana dizininde bulunan “AndroidManifest” olarak isimlendirilmiş, XML formatında bir dosyadır. Manifest etiketinin altında application tanımlaması ile uygulamanın özellikleri tanımlanabilir [EK-1].



Şekil 4.19: Anroid heyelan envanter formu.

Android uygulamasında bir aktivite oluşturulurken heyelan envanter form işlemlerinin yapıldığı Ek-2, kontrollerin konumlandırılması ve özelliklerin belirleneceği uzantılı arayüz Ek-3 ve Ek-4 dosyaları oluşturulur.

Web hizmetinin sağlandığı sunucuda oluşturulan bir web servisi desteği ile Android uygulamasının haberleştirilmesi sağlanmıştır. Bu web servisi kayıt işlemi sırasında

sunucunun, IP adresi, kullanıcı adı ve parola bilgisinin doğruluğunu kontrol eder. Kontrol işleminden başarıyla geçtikten sonra veriler veritabanına kaydedilir.

Heyelan envanter bilgilerini kaydetmek için; il, ilçe, mahalle, sokak, raportör, raportör kurumu gibi bilgileri girilip kaydet tuşuna basıldığında, bilgilerin kaydedildiğini gösteren ekran açılacaktır.

The image displays two screenshots of the 'Heyelan Envanter Formu' application. The left screenshot shows the form with the following data: Heyelan Numarası: 1, Pafta İndeksi: (empty), İl: Trabzon, İlçe: Of, Mahalle/Köy: Findikoba, Düzenleme Tarihi: 14.04.2016, Etkilenen Bina Sayısı: 1, Etkilenen İnsan Sayısı: 5, Ekonomik Zararları: Karayolu 300m, Elektrik Hattı, Genel Hane Sayısı: 60, Genel Nüfus Sayısı: 192. The right screenshot shows the same form with a dropdown menu open for the 'Mahalle/Köy' field, listing options: Maçka, Of, Sürmene, Şalpazarı, Tonya, Vakfıkebir, and Yomra. A 'Kaydet' button is visible at the bottom of both screens.

Şekil 4.20: Envanter bilgileri giriş işlemleri ve kayıt işlemleri.

Verileri kaydetmek için android uygulama bu bilgileri PHP web servisine gönderecek ve web servisi bir SQL sorgusu yapacaktır. Web servisi JSON veri formatında yanıt oluşturacak ve JSON yanıtı Android uygulama tarafından çevrilecektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Afet yönetiminde risk, tehlike ve değerlendirme çalışmalarının yürütülebilmesi için yerleşim yerlerinin can ve mal kayıplarına göre zarar görebilirlik olasılıkları ortaya konulması gerekmektedir. Bu kapsamda, bilimsel faktörler ve buna bağlı olarak konuma dayalı ve istatistikî verilere önemli ölçüde ihtiyaç vardır. Bu veriler bir veri tabanında tutularak kullanıcılar tarafından sürekli güncellenebilmelidir. Bu kapsamda, verilerin toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi, sorgulaması ve güncellemesi için CBS önemli bir araç haline gelmiştir. Özellikle MCBS doğrudan araziden konumsal veri toplama ve veri tabanlarına entegrasyonunda öne çıkmaktadır. Afet yönetiminde afet envanter bilgilerinin hızlı ve doğru bir şekilde araziden toplanarak CBS ortamında analiz edilmesi de oldukça önemlidir. MCBS ve İHA görüntülerinden alınan verilerin bütünleştirilmesi sayesinde ise afet envanter bilgilerinin kısa sürede ve ekonomik olarak toplanmasını mümkün olabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında insansız hava aracı kullanılarak elde edilen ortofoto haritanın heyelan envanterine yönelik veri toplama çalışmalarında konum kullanılabilirliği doğruluğu açısından irdelenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre YKN kullanılarak üretilen ortofoto haritanın doğruluğu yatayda yaklaşık 3-4 cm ve düşeyde yine 4-5 cm civarında elde edilmiştir. Ayrıca doğrudan GPS/INS verileri ile üretilen ortofoto hata miktarı yatayda 1,5-1,7 m, düşeyde 2-3 m civarında elde edilmiştir. Hesaplanan bu doğruluk, heyelan envanter bilgilerinin ortofoto haritaları üzerinden sayısallaştırılarak alınması için oldukça yüksek bir değerdir. Bu kapsamda, afet öncesi, anında veya sonrası çalışmalar için İHA kullanımı önemli bir veri toplama aracı haline gelmiştir. Bununla birlikte, heyelan alanından İHA görüntüleri haricinde alınması gereken diğer envanter bilgileri MCBS uygulaması ile toplanmıştır. Bu tür verilerde yine hızlı ve başarılı şekilde bir coğrafi veri tabanına aktarılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen heyelan envanter bilgilerinin kullanılması özellikle heyelan hasar tespit ve değerlendirme çalışmalarını gerçekleştiren kamu, kurum ve kuruluşlar için bilgi paylaşımını önemli ölçüde kolaylaştıracaktır. Böylece, heyelan envanter bilgilerinin toplanmasında saha çalışmalarından hızlı bir şekilde veri girişi

gerçekleştirilerek etkili bir şekilde verilerin sorgulanması, güncellenmesi ve çalışmaların daha kısa sürede tamamlanması sağlanabilecektir.

İHA görüntüleri ile oluşturulan ortofoto harita ve 3 boyutlu modeller üzerinden yorumlar yapılarak heyelanların yüzeyde bıraktıkları karakteristik izler, morfolojisi ve bitki örtüsündeki deformasyon saha çalışmalarında belirlenme zorunluluğu ortadan kalkacaktır. Böylece, heyelan bölgesinin tamamını kapsayacak şekilde ofis çalışmaları ile gereksinim duyulan konumsal veriler kolaylıkla belirlenebilecektir.

Günümüzde İHA veri toplama bir çok disiplin için yeni bir sistemdir. İHA görüntülerinin CBS ortamına entegre edilmesi ile sürdürülebilir afet yönetimi gerçekleştirilebilir. İHA ile istenildiği anda afet bölgesinin hızlı, esnek ve yüksek doğrulukta konumsal bilgiler toplanabilir. Ayrıca afet yönetimi kapsamında İHA'ların kullanılmasının diğer veri toplama yöntemleri (uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, vb.) karşılaştırıldığında, İHA'ların olumsuz meteorolojik koşullardan etkilenmeden küçük ve orta büyüklükteki alanlarda ortofoto vb. veri üretebilmesi önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Afet çalışmalarında en önemli sorun ulaşılması zor alanların gerçek zamanlı olarak görüntülenmesidir. Bu tez çalışması kapsamında yer kontrol noktalarına gerek kalmaksızın GPS/INS verileri kullanılarak üretilen ortofoto haritanın doğruluğu afet arama ve kurtarma çalışmaları için yeterli doğruluktadır ve afet bölgesinin mevcut durumunu yaklaşık olarak ortaya koymaktadır. Nitekim, GPS/IMU takılı İHA'lar ile bu doğruluğu daha da artırmak mümkündür. Ayrıca, İHA'ların zamansal çözünürlüğünün yüksek ve maliyet açısından avantajlı yapısı olması afetlerin tekrarlı/zamansal ölçme olanağını artırmaktadır. Bu durum, her hangi bir afet türünün zamansal yer değiştirme miktarının tespit edilmesinde kullanılmasını sağlamaktadır.

İHA görüntülerinin Bilgisayarlı Görme (CV) yöntemiyle değerlendirilmesiyle yoğun nokta bulutu oluşturulabilmektedir. Bu tez çalışmasında üretilen SYM ve YM'de m^2 başına düşen nokta bulutu sayısı diğer fotogrametrik yöntemler ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür. Bu kapsamda, İHA görüntüleri ile arazinin 3 boyutlu modelleri yüksek çözünürlüklü olarak üretilmektedir.

İHA'lar yüksek çözünürlükle birlikte sundukları yüksek doğruluk, afet yönetiminin birçok aşamasında rahatlıkla kullanılabilmesini ortaya koymaktadır. Özellikle, İHA'ların kullanım esnekliği afet bölgesine intikal süresini hızlandırmakta ve

konumsal veri toplama ve değerlendirme işlemlerini diğer veri toplama yöntemlerine göre daha etkin bir şekilde yerine getirebilmektedir. Bu nedenle, kurumsal bazda İHA'lerden faydalanmak amacıyla, koordineli bir şekilde belirlenecek bölge/il bazında İHA ve ekipman bulundurarak afet yönetimine katkı sağlanabilir.



KAYNAKLAR

- Adams, S. M. ve Friedland, C. J., 2011. A survey of unmanned aerial vehicle (UAV) usage for imagery collection in disaster research and management. publisher not identified.
- AFAD açıklamalı terimler sözlüğü, 2014, Ankara.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı., 2015. Kütle Hareketleri Temel Kılavuz, Heyelan Kaya Düşmesi Tanımlama, Ankara.
- Ahmad, A. ve Samad, A. M., 2010. Aerial mapping using high resolution digital camera and unmanned aerial vehicle for Geographical Information System. In Signal Processing and Its Applications (CSPA), 2010 6th International Colloquium on (pp. 1-6). IEEE.
- AİGM, DRM., 2004. Belediyeler İçin Sismik Mikro Bölgeleme El Kitabı. DRM ve AİGM, Ankara.
- Akdur, R. 2000. Afetler ve Afetlerde Sağlık Hizmetleri. Türkiye Sorunlarına Çözüm Konferansları-III. 21. Yüzyılda Türkiye, 25-27.
- Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S., Öztürk, T., 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları, Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 66(1): 104-118. DOI: 10.17099/jffiu.23976
- Akıncı H., Doğan S., Kılıçoğlu C. ve Keçeci S.B., 2010. Samsun İl Merkezinin Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2(3), 13-27.
- Aksoy, B. ve Ercanoğlu, M., 2012. Landslide identification and classification by object- based image analysis and fuzzy logic: An example from the Azdavay region (Kastamonu, Turkey). Computers & Geosciences, 38, 87-98.
- Alkan, R.M., Maktav, D., Kalkan, Y. ve Erdogan, C., 2003: A Mobile GISApplication at the Estuary Haliç (The Golden Horn) in _stanbul, Turkey. Department of Geodesy & Photogrametry Enginnering, ITU, Turkey.
- Alkeveli, T. ve Ercanoğlu, M., 2011. Assessment of ASTER satellite images in landslide inventory mapping: Yenice-Gök-çebey (Western Black Sea Region, Turkey). Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 70, 607-617.
- Alkeveli, T., 2009. ASTER Uydu verilerinin heyelan envanter haritalarına yönelik kullanımının araştırılması: Yenice-Gökçebey (Batı Karadeniz Bölgesi), Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

- Altan, M. O., Celikoyan, T. M., Kemper, G. ve Toz, G., 2004. Balloon photogrammetry for cultural heritage In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XX ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV-B5, 964-968.
- Australian Geomechanics Society (AGS), 2007. Guideline for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning, Australian Geomechanics, Vol. 42, No. 1, pp. 13-36.
- AGS (Australian Geomechanics Society), 2000. Landslide risk management concepts and guidelines. Sub-committee on landslide risk management, Australian Geomechanics, March 2000, pp. 49-92.
- AGS (Australian Geomechanics Society), 2007. Guideline for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning, Australian Geomechanics, Vol. 42, No. 1, pp. 13-36.
- Avdan, U., Şenkal, E., Çömert, R. ve Tuncer, S., 2014. İnsansız Hava Aracı İle Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi, 5. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı., 2008. Türkiyede afetlerin mekânsal dağılımı
- Bendea, H. F., Chiabrando, F., Tonolo, F. G. ve Marenchino, D., 2007. Mapping of archaeological areas using a low-cost UAV the Augusta Bagiennorum Test site, In: XXI International Symposium, Athens, Greece.
- Bendea, H., Boccardo, P., Dequal, S., Giulio Tonolo, F., Marenchino, D., ve Piras, M., 2008. Low cost UAV for post-disaster assessment. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37(Part B), 1373-1379.
- Bhandari, B., Oli, U., Pudasaini, U. ve Panta, N., 2015. Generation Of High Resolution DSM Using UAV Images, FIG Working Week 2015 From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World, 17-21 May 2015, Sofia, Bulgaria.
- Bilgilioğlu, S., 2014. Ulusal heyelan haritaları için coğrafi veri modelinin geliştirilmesi ve afet yönetiminde kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Blyenburgh, P. V. 1999. UAV's-current situation and considerations for the way forward. Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications Report, Belgium.
- Brabb, E., 1991. The world landslide problem. Episodes, 14(i): 52-61.
- Changchun, L., Li, S., Hai-Bo, W. ve Tianjie, L., 2010. The research on unmanned aerial vehicle remote sensing and its applications. In Advanced Computer

- Control (ICACC), 2010 2nd International Conference on (Vol. 2, pp. 644-647). IEEE.
- Chiabrando, F., Nex, F., Piatti, D. ve Rinaudo, F., 2011. UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy). *Journal of Archaeological Science*, 38(3), 697-710
- Chikwanha, A., Motepe, S., ve Stopforth, R., 2012. Survey and requirements for search and rescue ground and air vehicles for mining applications. In *Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)*, 2012 19th International Conference (pp. 105-109). IEEE.
- Choi, K., Lee, I., Shin, S. W. ve Ahn, K., 2008. A Project Overview for the Development of a Light and Flexible Rapid Mapping System for Emergency Response, In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B1*, 915-920.
- Chou, T. Y., Yeh, M. L., Chen, Y. C. ve Chen, Y. H., 2010. Disaster monitoring and management by the unmanned aerial vehicle technology.
- Colomina, I., & Molina, P., 2014. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97
- Coppa, U., Guarnieri, A., Pirotti, F. ve Vettore, A., 2008. Accuracy Enhancement of Unmanned Helicopter Positioning with Low Cost System, In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B5*, 843-849.
- Crawford, M. M., 2014. Kentucky Geological Survey landslide inventory: From design to application, *Kentucky Geological Survey Information Circle*, 31, 18.
- Cruden, D. M., 1993. The multilingual landslide glossary. *The International Geotechnical Societies UNESCO Working Party for World Landslide Inventory*, 5.
- Çetin, F. H., 2011. Bir görüntüdeki nesnenin bir başka görüntüde bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dalğın, S., Doğru ve A. Ö., 2015. Mobil Sensörlerin Afet Anında Kullanım Alanları, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2528.
- Dinçyılmaz, A., 2009. Altyapı bilgi sistemlerinde mobil CBS uygulamaları, İSKİ Altyapı Bilgi Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Institute of Science and Technology.

- Döner, F., Özdemir, S. ve Ceylan, M., İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı., 2014. 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Duman, T. Y., Çan, T., Gökçeoğlu, C., Nefeslioğlu, H. A. ve Sönmez, H., 2006. Application of logistic regression for landslide susceptibility zoning of Cekmece Area, İstanbul, Türkiye. *Environmental Geology*, 51, 241-256.
- Düzgün, Ş., 2010. Uzaktan algılamaya giriş ders notları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Eisenbeis, H., 2009. UAV photogrammetry. Zurich, Switzerland:: ETH.
- Eisenbeiss, H. ve Sauerbier, M., 2011. Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications, *The Photogrammetric Record*, 26(136), 400-421.
- 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*, 37, 1187-1192.
- Everaerts, J., Lewyckyj, N., ve Fransaer, D. (2004). Pegasus: design of a stratospheric long endurance UAV system for remote sensing. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35(Part B).
- Fell R., Corominas J., Bonnard Ch., Cascini L., Leroi E., Savage WZ., 2008 (on behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Eng Geol* 102:85–98
- Fotinopoulos, V., 2004. Balloon photogrammetry for archaeological surveys. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XX ISPRS Congress, Istanbul, Turkey (Vol. 35, p. B5)*.
- Fransaer, D., Lewyckyj, N., F., V. ve J., E., 2004. Pegasus : Business Model for a Stratospheric long Endurance Uav System for Remote Sensing, In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV, Part B2, 625-629*.
- Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F. ve Reichenbach, P., 2008. Comparing landslide inventory maps. *Geomorp-hology* 94, 268-289.
- Gomez-Lahoz, J., ve Gonzalez-Aguilera, D., 2009. Recovering traditions in the digital era: the use of blimps for modelling the archaeological cultural heritage. *Journal of archaeological science*, 36(1), 100-109.
- Gökçe, O., Özden, Ş. ve Demir, A., 2008. Türkiye’de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

- Guha-Sapir, D., Ve Hoyois Ph., ve Below R., 2013. Annual Disaster Statistical Review 2013: The Numbers and Trends.
- Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., ve Carrara, A., 2000. Comparing landslide maps: A case study in the upper Tiber River Basin, central Italy. *Environmental management*, 25(3), 247-263.
- Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M. ve Chang, K.T., 2012. Landslide inventory maps: new tools for and old problem. *Earth-Science Reviews*, 112, 42-66.
- Gülkan, P., Balamir, M. ve Yakut, A., 2003. Afet yönetiminin stratejik ilkeleri: Türkiye ve dünyadaki politikalara genel bakış. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, 30-32.
- Haala, N., 2013. The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. In: Fritsch, D. (Ed.): *Photogrammetric Week '13*, Wichmann, Berlin/Offenbach, 271-284.
- Haarbrink, R. B. ve Koers, E., 2006. Helicopter UAV for photogrammetry and rapid response, In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Workshop of Inter-Commission WG I/V, Autonomous Navigation*, Antwerp, Belgium.
- Haarbrink, R. B., ve H. Eisenbeiss. 2008. Accurate DSM production from unmanned helicopter systems, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci* 37: 1259-1264.
- Haser, A.B., 2010. Bu insansız hava aracından daha önce yapmamış mıydık?, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Aralık sayısı.
- Hervás, J., Barredo, J. I., Rosin, P. L., Pasuto, A., Mantovani, F., ve Silvano, S., 2003. Monitoring landslides from optical remotely sensed imagery: the case history of Tessina landslide, Italy. *Geomorphology*, 54(1), 63-75.
- Hirschmüller, H., 2008. Stereo processing by semi-global matching and mutual information. *IEEE TPAMI* 30(2), pp. 328–341.
- Hoffmann, G. M., Rajnarayan, D. G., Waslander, S. L., Dostal, D., Jang, J. S. ve Tomlin, C. J., 2004. The Stanford Testbed Of Autonomous Rotorcraft For Multi Agent Control (Starmac), in *23rd Digital Avionics System Conference*, 12.E.4- 121-10.
- Holmgren, D. E., 2004. An invitation to 3-d vision: from images to geometric models. *The Photogrammetric Record*, 19(108), 415-416.
- Horcher, A. ve Visser, R. J. M., 2004. Unmanned Aerial Vehicles: Applications for Natural Resource Management and Monitoring, In: *Council on Forest Engineering Annual Meeting*, Hot Springs (AR), USA.

- Hoyois, P., Below, R., Scheuren, J-M. ve Guha-Sapir.D, 2006. Annual disaster statistical rewiw numbers and trends.univeriste catholique de louvain-brussels-belgium. brussels.
- Huber, M., 2010. "Evergreen supports UAV team mapping Haitian Relief." Aviation International News. March 2010.
- Huber, M., 2010. Evergreen supports UAV team mapping Haitian Relief.Aviation International News, Landslide inventories in Europe and policy recommendations for their interoperability and harmonization, Publications Office.
- International UAV Community, 2006. Referenced UAV systems. UAV SYSTEMS: Global Perspective 2006, pp.171. www.uvsinfo.com
- Jacobs, L., Dewitte, O., Poesen, J., Delvaux, D., Thiery, W. ve Kervyn, M., 2015. The Rwenzori Mountains, a landslide-prone region?. Landslides, 1-18.
- Jain, A. K., 1989. Fundamentals of digital image processing, Prentice Hall.
- Jang, H. S., Lee, J. C., Kim, M. S., Kang, I. J. ve Kim, C. K., 2004. Construction of national cultural heritage management system using rc helicopter photographic syrveying system, In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV, Part B5, 473-478.
- Jizhou, W., Zongjian, L. ve Chengming, L., 2004. Reconstruction of buildings from a single UAV image, In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV, Part B8, 940-943.
- JTC-1, 2008. Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning, for land use planning. Engineering Geology 103, 85-98.
- Kaaniche, K., Champion, B., Pegard, C. ve Vasseur, P., 2005. A vision algorithm for dynamic detection of moving vehicles with a UAV, In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1878-1883.
- Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., 2005. Afet Yönetiminin Temel İlkeleri. T. C. İçişleri Bakanlığı Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA), Ankara.
- Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., 2006. Afet Yönetiminin Temel İlkeleri. JICA Türkiye Ofisi Yayınları, No.1, s 10, Ankara.
- Kadıoğlu, M., 2008. Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 1-34, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara
- Karaağaç, Cengiz, 2016. Uçan robotlar: geleceğin askeri harekât ortamında insansız hava aracı sistemleri.

- KGM ve Ulaştırma Denizcilik Haberleşme Bakanlığı, 2015. Heyelan tanımlama ve veri oluşturma kılavuzu, Ankara
- Kise, M., Rovira-Más, F. ve Zhang, Q., 2005. A stereovision-based crop row detection method for tractor-automated guidance, In: *Biosystems Eng*, 90, 357-367.
- Komac, M., & Hribernik, K., 2015. Slovenian national landslide database as a basis for statistical assessment of landslide phenomena in Slovenia. *Geomorphology*, 249, 94-102.
- L. Newcome, *Unmanned Aviation: A Brief History of UAV's* (American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, 2004)
- Laliberte, A. S., Winters, C. ve Rango, A. 2007. Acquisition, orthorectification, and classification of hyperspatial UAV imagery. In *Fourth Annual Symposium: Research Insights in Semiarid Scosystems*, RISE, University of Arizona, Tucson.
- Lowe, D. G., 2004. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International journal of computer vision*, 60(2), 91-110.
- Luhmann, T., 2006. *Close range photogrammetry principles methods and applications*, Whittles Publishing, Cilt 1, 201-283, Wittles.
- Lwin, K. K., & Murayama, Y., 2011. Web-based GIS system for real-time field data collection using a personal mobile phone. *Journal of Geographic Information System*, 3(4), 382.
- Ma Yi vd., *An invitation to 3-D vision: from images to geometric models*, Springer Verlag, 2004.
- Manyoky, M., Theiler, P., Steudler, D. ve Eisenbeiss, H., 2011. Unmanned aerial vehicle in cadastral applications, *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3822, 57.
- Marenchino, D., 2009. Low-cost UAV for the environmental emergency management, *Photogrammetric procedures for rapid mapping activities*.
- Masahiko, N., 2007. UAV borne mapping system for river environment, In: *28th Asian Association of Remote Sensing Conference*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Maza, I., Caballero, F., Capitán, J., Martínez-de-Dios, J. R. ve Ollero, A., 2011. Experimental results in multi-UAV coordination for disaster management and civil security applications, *Journal of intelligent & robotic systems*, 61(1-4), 563-585.
- Mesas-Carrascosa, F. J., Notario-García, M. D., de Larriva, J. E. M., de la Orden, M. S., & Porras, A. G. F., 2014. Validation of measurements of land plot area using UAV imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 33, 270-279.

- Michel, K., Yves, E., 2002. Digital Photogrammetry, Taylor & Francis, London
- Nagai, M., Shibasaki, R., Manandhar, D. ve Zhao, H., 2004. Development of digital surface and feature extraction by integrating laser scanner and CCD sensor with IMU, In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XX ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV-B5, 655-659.
- Naidoo, Y., Stopforth, R. ve Bright, G., 2011. Development of an UAV for search & rescue applications, In AFRICON, 2011 (pp. 1-6). IEEE.
- Neitzel, F., Klonowski, J., Siebert, S. ve Deshbach, J. P., 2011. Mobile 3D mapping with a low-cost UAV system on example of a landfill survey. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38(1/C22).
- Neto, J. M. M., da Paixão, R. A., Rodrigues, L. R. L., Moreira, E. M., dos Santos, J. C. J. ve Rosa, P. F. F. 2012. A surveillance task for a UAV in a natural disaster scenario. In Industrial Electronics (ISIE), 2012 IEEE International Symposium on (pp. 1516-1522). IEEE.
- Nichol, J.E., Shaker, A. ve Wong, M.-S., 2006. Application of high-resolution stereo satellite images to detailed landslide hazard assessment. Geomorphology, Volume 76, Issues 1–2, 5, 68–75.
- Niethammer, U., Rothmund, S. ve Joswig, M., 2009. UAV-based remote sensing of the slow moving landslide Super-Sauze, In: Landslide processes, Ed.: CERIG Editions, Strasbourg, 69-74.
- Niethammer, U., Rothmund, S., James, M. R., Travelletti, J. ve Joswig, M., 2010. UAV-based remote sensing of landslides. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38(Part 5), 496-501.
- Niranjan, S., Gupta, G., Sharma, N., Mangal, M. ve Singh, V., 2007. Initial Efforts toward Mission-specific Imaging Surveys from Aerial Exploring Platforms: UAV, In: GIS development, Map World Forum, Hyderabad, India.
- Nişancı, R., Yıldırım, V., ve Çolak, H. E., 2010. Coğrafi Bilgi Sistem Uygulamaları, Bilim Teknik Dergisi, 9: 58-63.
- OFAT, OFEE, OFEFP, 1997. prise en compte des dangers dus aux mouvements de terrain dans le cadre des activités de l'aménagement du territoire. OCFIM, Berne, p 42
- Patias, P., Saatsoglou-Paliadeli, C., Georgoula, O., Pateraki, M., Stamnas, A. ve Kyriakou, N., 2007. Photogrammetric documentation and digital representation of the macedonian palace in Vergina-Aegeae, In: CIPA, XXI International CIPA Symposium, Athens, Greece.
- Pellicani, R., Van Westen, C. J. ve Spilotro, G., 2014. Assessing landslide exposure in areas with limited landslide information. Landslides, 11(3), 463-480.

- Peševski, I., Jovanovski, M., Papić, J. B. ve Abolmasov, B., 2015. Model for GIS landslide database establishment and operation in Republic of Macedonia. *Geologica Macedonica*, 29(1), pp-75.
- Pratt, K., Murphy, R. R., Stover, S., & Griffin, C. (2006). Requirements for semi-autonomous flight in miniature uavs for structural inspection. AUVSI's Unmanned Systems North America. Orlando, Florida, Association for Unmanned Vehicle Systems International.
- Pratt, K. S., 2007. Analysis of vtol mav use during rescue and recovery operations following hurricane katrina
- Puri, A., 2004. A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance, Internal Report, Department of Computer Science and Engineering, University of South Florida, Tampa, FL, USA, p. 29.
- Quaritsch, M., Kruggl, K., Wischounig-Strucl, D., Bhattacharya, S., Shah, M. ve Rinner, B. 2010. Networked UAVs as aerial sensor network for disaster management applications. *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 127(3), 56-63.
- Rau, J. Y., Jhan, J. P., Lo, C. F. ve Lin, Y. S., 2011. Landslide mapping using imagery acquired by a fixed-wing UAV, In Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g), p: 6.
- Reis, S, Analyzing Land Use/Land Cover Changes Using Remote Sensing and GIS in Rize, North-East Turkey, "Sensors ", 8 (10), (2008), s.p.6188-6202
- Rock, G., Ries, J. B., ve Udelhoven, T., 2011. Sensitivity analysis of UAV-photogrammetry for creating digital elevation models (DEM). In Proceedings of Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics.
- Rovira-Más, F., Zhang, Q. ve Reid, J. F., 2005. Creation of three-dimensional crop maps based on aerial stereoimages, In: *Biosystems Eng*, 90, 251-259.
- Ruzgienė, B., Berteška, T., Gečyte, S., Jakubauskienė, E. ve Aksamitauskas, V. Č., 2015. The surface modelling based on uav photogrammetry and qualitative estimation, *Measurement*, 73, 619-627.
- SAFELAND, 2010. Living with landslide risk in Europe: Assessment, effects of global change, and risk management strategies, Grant Agreement Project No.: 226479, 7th Framework Programme of the European Commission.
- Sauerbier, M., Siegrist, E., Eisenbeiss, H., ve Demir, N., 2011. The practical application of UAV-based photogrammetry under economic aspects. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1).
- Siebert, S. ve Teizer, J., 2014. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. *Automation in Construction*, 41, 1-14.

- Sipahioğlu, Ő., 2003. Cođrafya Mufredat Programlarında Doğal Afetlerin Yeri ve değerlendirilmesi. (Türk Cođrafya Kurumu Cođrafya Kurultayı Bildiriler Kitabı), s.96-101. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Spatalas, S., Tsioukas, V. ve Daniil, M., 2006. The use of remote controlled helicopter for the recording of large scale urban and suburban sites, In: Culture of Representation, Xanthi, Greece.
- Sugiura, R., Noguchi, N., ve Ishii, K., 2005. Remote-sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter. Biosystems engineering,90(4), 369-379.
- Suzuki, T., Miyoshi, D., Meguro, J. I., Amano, Y., Hashizume, T., Sato, K. ve Takiguchi, J. I. 2008. Real-time hazard map generation using small unmanned aerial vehicle. In SICE Annual Conference, 2008 pp: 443-44). IEEE.
- Şahin, C., 2003. Türkiye’de Cođrafya Öğretimi, Sorunları ve Çözüm Önerileri. (İkinci Baskı) Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- Tahar, K. N., Ahmad, A., Wan Mohd Akib, W. A. A. ve Udin, W. S., 2011. Unmanned aerial vehicle technology for large scale mapping. In International Symposium & Exhibition on Geoinformation (ISG) pp: 27-29.
- TMMOB, 2011. Deprem ve Deprem Yönetimi Raporu, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No : 107
- Turner, D., Lucieer, A. ve Wallace, L., 2014. Direct georeferencing of ultrahigh-resolution UAV imagery. Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, 52(5), 2738-2745.
- TÜBİTAK, 2009. Rize İline (TR904) Ait Heyelan Risk Bölgeleri ve Uygun Yerleşim Alanlarının Coğrafi Bilgi Teknolojileri İle Belirlenmesi (Proje Yürütücüsü: Yrd. Doç. Dr. Selçuk Reis), 106Y018 Nolu 1001 Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projesi, Ankara, 151s
- Türk, T., 2013. Doğal Afet Yönetiminde İnsansız Hava Araçları’nın (İHA) Kullanılması. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB 2013), 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.
- Udin, W. S., Hassan, A. F., Ahmad, A. ve Tahar, K. N., 2012. Digital Terrain Model extraction using digital aerial imagery of Unmanned Aerial Vehicle. In Signal Processing and its Applications (CSPA), 2012 IEEE 8th International Colloquium on (pp. 272-275). IEEE.
- Van Blyenburgh, P., 1999. UAVs: and Overview, In: Air & Space Europe, I, 5/6, 43-47.
- Van Den Eeckhaut, M., Hervás, J. ve Montanarella, L., 2013. Landslide Databases in Europe: Analysis and Recommendations for Interoperability and Harmonisation. In Landslide Science and Practice (pp. 35-42). Springer Berlin Heidelberg.

- Varnes D.J., 1978. Slope movements: type and processes, In landslides and engineering practice (Ed R.L. Schuster and R.J. Krizek) Transportation research board, national academy of sciences, special report 12-33.
- Vito, 2009. Vito, UAV Flights corporate website, Adres: <http://isprs.vgt.vito.be/uav/Testflights.html>, (erişim tarihi: Haziran 2016).
- Wang, G., Joyce, J., Phillips, D., Shrestha, R. ve Carter, W., 2013. Delineating and defining the boundaries of an active landslide in the rainforest of Puerto Rico using a combination of airborne and terrestrial LIDAR data. *Landslides*,10(4), 503-513.
- Wester-Ebbinghaus, W., 1980. Aerial Photography by radio controlled model helicopter, In: *The Photogrammetric Record*, 10, 55, 85-92.
- Wing, M. G., Burnett, J., Johnson, S., Akay, A. E. ve 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.
- Yastıklı, N., 2009. Ortofoto Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yastıklı, N. ve Bayraktar H., 2012. Yoğun Görüntü Eşleme Algoritmaları ile Üretilen Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretiminde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi.
- Yastıklı, N. ve Bayraktar, H., 2014. Yoğun Görüntü Eşleme Algoritmaları İle Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi, 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Yastıklı, N., 2010. Fotogrametrinin Temelleri Ders Notları, YTÜ.
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011. Fotogrametri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karslı, F. ve Gökalp, E., 2014. İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul
- Yılmaztürk, F., 2008. Yapı elemanlarının dinamik testlerinde yer değiştirmelerin izlenebilmesi için videogrametrik bir sistem tasarımı , Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T. ve Döner, F. 2005. Mobil GIS: Gezici Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulamaları, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 93(2), 30-37.
- Zeybek, M., Şanlıoğlu İ., Özdemir A. ve James R. M., 2016. Investigations Of Using The High Resolution Data Derived From The Un-Manned Aerial Vehicle For

Landslide Monitoring, Heyelanların İzlenmesinde İnsansız Hava Araçlarından Elde Edilen Yüksek Çözünürlüklü Verilerin Kullanılması Üzerine Araştırmalar, Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'16), 2-4 Mart 2016, Karabük, Türkiye.

Zhou, G., Li, C. ve Cheng, P., 2005. Unmanned aerial vehicle (UAV) real-time video registration for forest fire monitoring, In: IEEE International, Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1803-1806.

Zhou, H., Yuan, Y. ve Shi, C., 2009. Object tracking using SIFT features and mean shift, Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol.113, No.3, pp.345-352.

URL-1 <<https://www.afad.gov.tr/tr/IcerikDetay.aspx?ID=318&IcerikID=3096>> alındığı tarih: 20.05.2016

URL2<http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.574c84b9c54bd1.18186758> alındığı tarih: 30.05.2016.

URL-3<www.desinventar.org> alındığı tarih: 22.05.2016

URL4<<http://irevolution.net/2012/02/26/mobiletechnologiescrisismappingdisasterresponse/09.12.2012>> alındığı tarih: 21.05.2016

URL5<<https://gelecegiyazanlar.turkcell.com.tr>> alındığı tarih: 07.04.2016

URL6<<http://docplayer.biz.tr/721017-Gorsel-komponentler-textview-metin-degerlerini-ekranda-gosterme-icin-kullanilir.html>> alındığı tarih: 26.05.2016

URL7<<http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/EgitimDokumanlari/Bilgi%20Sistemler%20Dairesi%20Ba%C5%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1/CBS%20E%C4%9Fim%20Belgeleri/Fotogrametrik%20%C3%9Cretim.pdf>> alındığı tarih: 22.05.2016

URL8<[http://en.wikipedia.org/wiki/Object_recognition_\(computer_vision\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Object_recognition_(computer_vision))>, alındığı tarih : 11.04.2016.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Ozan ÖZTÜRK
Doğum Tarihi ve Yeri : 1990/Trabzon
E-posta adresi : ozanhm@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği/2013
Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/2016

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi ÖYP Araştırma Görevlisi /2014-

Aksaray Üniversitesi 2547/35. Madde Görevlendirme, ÖYP Arş. Gör. / 2016-halen

EK:1 AndroidManifest.xml

```
<?xmlversion="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifestxmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
package="com.example.imogulkoc.datacollectionapp">

<uses-permissionandroid:name="android.permission.INTERNET"></uses-permission>

<application
android:allowBackup="true"
android:icon="@mipmap/ic_launcher"
android:label="@string/app_name"
android:supportsRtl="true"
android:theme="@style/AppTheme">
<activityandroid:name=".MainActivity">
<intent-filter>
<actionandroid:name="android.intent.action.MAIN" />

<categoryandroid:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
</intent-filter>
</activity>
</application>

</manifest>
```

EK 2: Activity_main.xml

```
<?xmlversion="1.0" encoding="utf-8"?>
<RelativeLayoutxmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
tools:context="com.example.imogulkoc.datacollectionapp.MainActivity">

<ScrollView
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:id="@+id/scrollView"
android:layout_alignParentBottom="true"
android:layout_alignParentEnd="true"
android:layout_gravity="center"
android:fillViewport="false">

<TableLayout
```

```

android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:id="@+id/tableLayout"
android:layout_below="@+id/textView"
android:layout_alignParentStart="true"
android:layout_marginTop="21sp">

<TextView
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Heyelan                               Envanter                               Formu"
android:id="@+id/textView3"
android:textSize="20sp"
android:layout_alignParentTop="true"
android:layout_centerHorizontal="true"
android:textStyle="bold"
android:layout_alignParentEnd="false"
android:layout_alignParentStart="false"
android:gravity="center"
android:layout_marginBottom="5dp" />

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent">

<TextView

android:layout_width="200dp"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Heyelan                               Numarasi"
android:id="@+id/hey_id_title"
android:layout_marginTop="10dp"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif" />

<EditText
android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:id="@+id/hey_id" />
</TableRow>

```

```

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Pafta"
android:id="@+id/pindex_title"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif"
/>
<EditText
android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_column="1"
android:id="@+id/pindeks"
/>
</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent">

<TextViewandroid:text="İl"
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_alignParentLeft="true"
android:id="@+id/il_title"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif"
/>

<EditText
android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_column="1"
android:id="@+id/il"
/>

```

```

</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content">
<TextView

android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="İlçe"
android:id="@+id/ilce_title"
android:textSize="14sp"

android:layout_marginBottom="20sp"
android:textIsSelectable="false"
android:typeface="serif" />

<EditText
android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_column="1"
android:id="@+id/ilce" />

</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView

android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Mahalle/Köy"
android:id="@+id/mah_koy_title"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif" />

<EditText
android:layout_width="200sp"

```

```

android:layout_height="wrap_content"
android:id="@+id/mah_koy" />
<requestFocus/>
</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView

android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Düzenleme" Tarihi"
android:id="@+id/tarih_title"
android:textSize="14sp"

android:typeface="serif" />

<EditText
android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:id="@+id/tarih" />
</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView

android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Etkilenen" Bina Sayısı "
android:id="@+id/bina_say_title"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif" />

<EditText

```

```

android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"

android:id="@+id/bina_say" />
</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView

android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Etkilenen           İnsan           Sayısı"
android:id="@+id/insan_say_title"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif" />

<EditText
android:layout_width="200dp"
android:layout_height="wrap_content"

android:id="@+id/insan_say" />
</TableRow>
<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView

android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Ekonomik           Zararları"
android:id="@+id/eko_zarar_title"
android:textSize="14sp"

android:typeface="serif" />

<EditText

```

```

android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"

android:id="@+id/eko_zarar" />
</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
android:layout_marginTop="10sp">

<TextView
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Genel Hane Sayısı"
android:id="@+id/hane_say_title"
android:textSize="14sp"
android:typeface="serif" />

<EditText

android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_column="1"
android:id="@+id/hane_say" />
</TableRow>

<TableRow
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:text="Genel Nüfus Sayısı"
android:id="@+id/nufus_title"
android:textSize="14sp"

```

```

android:typeface="serif" />

<EditText
android:layout_width="200sp"
android:layout_height="wrap_content"
android:layout_column="1"
android:id="@+id/nufus" />
</TableRow>

<Button
android:layout_width="wrap_content"
android:layout_height="wrap_content"
android:id="@+id/bn"
android:layout_alignParentBottom="true"
android:layout_alignEnd="@+id/scrollView"
android:layout_alignParentStart="true"
android:layout_marginTop="10sp"
android:layout_marginBottom="30sp"
android:text="Kaydet" />

</TableLayout>

</ScrollView>

</RelativeLayout>

```

Ek-3 Insert.java

```

package com.example.imogulkoc.heyelen1;

import android.app.Activity;
import android.os.Bundle;
import android.util.Log;
import android.view.Menu;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.EditText;
import android.widget.Spinner;
import android.widget.Toast;

import org.apache.http.HttpEntity;
import org.apache.http.HttpResponse;
import org.apache.http.NameValuePair;

```

```

import org.apache.http.client.HttpClient;
import org.apache.http.client.entity.UrlEncodedFormEntity;
import org.apache.http.client.methods.HttpPost;
import org.apache.http.impl.client.DefaultHttpClient;
import org.apache.http.message.BasicNameValuePair;
import org.json.JSONObject;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.InputStream;
import java.io.InputStreamReader;
import java.util.ArrayList;

public class insert extends Activity {

    String il;
    String ilce;
    String mahalle;
    String sokak;
    String raportor;
    String kurum;
    String unvan;
    String tac_yuk;
    String top_yuk;
    String yat_gen;
    String yuk_fark;
    InputStream is = null;
    String result = null;
    String line = null;
    int code;

    @Override

    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);

        final Spinner e_il = (Spinner) findViewById(R.id.spinner);
        final Spinner e_ilce = (Spinner) findViewById(R.id.spinner2);
        final EditText e_mahalle = (EditText) findViewById(R.id.editText1);
        final EditText e_sokak = (EditText) findViewById(R.id.editText2);
        final EditText e_raportor = (EditText) findViewById(R.id.editText3);
        final EditText e_kurum = (EditText) findViewById(R.id.editText4);
        final EditText e_unvan = (EditText) findViewById(R.id.editText5);
        final EditText e_tac_yuk = (EditText) findViewById(R.id.editText6);
        final EditText e_top_yuk = (EditText) findViewById(R.id.editText7);
        final EditText e_yat_gen = (EditText) findViewById(R.id.editText8);
        final EditText e_yuk_fark = (EditText) findViewById(R.id.editText9);
        final Button insert = (Button) findViewById(R.id.button1);

        insert.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {

            @Override
            public void onClick(View v) {

                il = e_il.getSelectedItem().toString();
                ilce = e_ilce.getSelectedItem().toString();
                mahalle = e_mahalle.getText().toString();
                sokak = e_sokak.getText().toString();

```

```

raportor = e_raportor.getText().toString();
kurum = e_kurum.getText().toString();
unvan = e_unvan.getText().toString();
tac_yuk = e_tac_yuk.getText().toString();
top_yuk = e_top_yuk.getText().toString();
yat_gen = e_yat_gen.getText().toString();
yuk_fark = e_yuk_fark.getText().toString();

        insert();

    }
});

}

private void insert() {

    ArrayList<NameValuePair> nameValuePairs = new ArrayList<NameValuePair>();
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("il", il));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("ilce", ilce));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("mahalle", mahalle));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("sokak", sokak));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("raportor", raportor));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("kurum", kurum));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("unvan", unvan));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("tac_yuk", tac_yuk));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("top_yuk", top_yuk));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("yat_gen", yat_gen));
    nameValuePairs.add(new BasicNameValuePair("yuk_fark", yuk_fark));

    try {
        HttpClient httpClient = new DefaultHttpClient();
        HttpPost httpPost = new HttpPost("http://127.0.0.1/heyapp/insert.php");
        httpPost.setEntity(new UrlEncodedFormEntity(nameValuePairs));
        HttpResponse response = httpClient.execute(httpPost);
        HttpEntity entity = response.getEntity();
        is = entity.getContent();
        Log.e("pass 1", "connection success");

        } catch (Exception e) {
            Log.e("Fail 1", e.toString());
            Toast.makeText(getApplicationContext(), "Invalid IP Adress",
                Toast.LENGTH_LONG).show();

        }

    try {
        BufferedReader reader = new BufferedReader(
new InputStreamReader(is, "iso-8859-1"), 8);
        StringBuilder sb = new StringBuilder();
        while ((line = reader.readLine()) != null) {
            sb.append(line + "\n");
        }

        is.close();
        result = sb.toString();
        Log.e("pass 2", "connection success");
    } catch (Exception e) {
        Log.e("Fail 2", e.toString());
    }
}

```

```

    }
    try {

        JSONObject json_data = new JSONObject(result);
        code = (json_data.getInt("code"));

        if (code == 1) {

            Toast.makeText(getApplicationContext(), "Inserted Successfully",
                Toast.LENGTH_LONG).show();
        }
        } catch (Exception e) {
            Log.e("Fail 3", e.toString());
        }
    }

    @Override
    public boolean onCreateOptionsMenu(Menu menu) {
        getMenuInflater().inflate(R.menu.activity_main, menu);
        return true;
    }
}

```

Ek-4: Activity_main.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"

    android:paddingLeft="16sp"
    android:paddingRight="16sp"
    tools:context=".MainActivity">

    <ScrollView
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:id="@+id/scrollView"
        android:layout_alignParentBottom="true"
        android:layout_alignParentEnd="true"
        android:layout_gravity="center"
        android:fillViewport="false">

    <TableLayout
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:id="@+id/tableLayout"
        android:layout_below="@+id/textView"
        android:layout_alignParentStart="true"
        android:layout_marginTop="21sp">

    <TextView

```

```

        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Genel Bilgiler"
        android:id="@+id/genel"
        android:textSize="21sp"

        android:gravity="center_horizontal"
        android:layout_marginBottom="10sp"
        android:typeface="serif" />
<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent">

</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent">

<TextView android:text="@string/il_secimi"

        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_alignParentLeft="true"
        android:id="@+id/il"
        android:textSize="14sp"
        android:typeface="serif" />

<Spinner
    android:id="@+id/spinner"
    android:layout_width="0sp"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_alignParentRight="true"
    android:layout_toRightOf="@+id/il"
    android:layout_column="1"></Spinner>

</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content">

<TextView

        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="İlçe"
        android:id="@+id/ilce"
        android:textSize="14sp"

        android:layout_marginBottom="20sp"
        android:textIsSelectable="false"
        android:typeface="serif" />

<Spinner
    android:id="@+id/spinner2"
    android:layout_width="0sp"
    android:layout_height="wrap_content"

```

```

        android:layout_alignParentRight="true"
        android:layout_toRightOf="@+id/il"
        android:layout_column="1"></Spinner>
</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Mahalle"
    android:id="@+id/mahalle"
    android:textSize="14sp"
    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200sp"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/editText1" />
<requestFocus />
</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Sokak"
    android:id="@+id/sokak"
    android:textSize="14sp"

    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200sp"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:id="@+id/editText2" />
</TableRow>
<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Raportör"
    android:id="@+id/roportor"
    android:textSize="14sp"
    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200sp"
    android:layout_height="wrap_content"

```

```

        android:id="@+id/editText3" />
</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Kurumu"
    android:id="@+id/kurum"
    android:textSize="14sp"
    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200dp"
    android:layout_height="wrap_content"

    android:id="@+id/editText4" />
</TableRow>
<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Ünvanı"
    android:id="@+id/unvan"
    android:textSize="14sp"
    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200sp"
    android:layout_height="wrap_content"

    android:id="@+id/editText5" />
</TableRow>

<TableLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginTop="20sp"
    android:layout_alignTop="@+id/scrollView"
    android:layout_alignParentStart="false">

<TextView
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Geometri"
    android:id="@+id/geometri"
    android:textSize="21sp"
    android:layout_column="0"
    android:gravity="center_horizontal"

```

```

        android:layout_marginBottom="10sp"
        android:typeface="serif" />
<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="fill_parent">

</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:layout_marginTop="10sp">

<TextView
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Taç Yüksekliği (m)"
    android:id="@+id/tac_yuk"
    android:textSize="14sp"
    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200sp"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_column="2"
    android:id="@+id/editText6" />

</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:text="Topuk Yüksekliği(m)"
    android:id="@+id/top_yuk"
    android:textSize="14sp"
    android:typeface="serif" />

<EditText
    android:layout_width="200sp"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_column="2"
    android:id="@+id/editText7"
/>

</TableRow>

<TableRow
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="wrap_content"
>
<TextView
    android:layout_width="wrap_content"

```

```

        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Yatay Genişlik (m)"
        android:id="@+id/yat_gen"
        android:textSize="14sp"

        android:typeface="serif" />
<EditText
        android:layout_width="200sp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_column="2"
        android:id="@+id/editText8"
    />
</TableRow>
<TableRow
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="wrap_content"
    >
<TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Yükseklik Farkı (m)"
        android:id="@+id/yuk_fark"
        android:textSize="14sp"

        android:typeface="serif" />
<EditText
        android:layout_width="200sp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_column="2"
        android:id="@+id/editText9"
    />
</TableRow>
</TableLayout>
<Button
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="@string/Kaydet"
        android:id="@+id/button1"
        android:layout_alignParentBottom="true"
        android:layout_alignEnd="@+id/scrollView"
        android:layout_alignParentStart="true"
        android:layout_marginTop="10sp"
        android:layout_marginBottom="30sp" />
</TableLayout>
</ScrollView>
</RelativeLayout>

```