



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANARAK MADEN GÖLLERİN
(ÇAN-ÇANAKKALE) ZAMANA BAĞLI ALANSAL DEĞİŞİMİNİN
BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ**

Recep Yavuz TURAN

Coğrafi Bilgi Teknolojileri

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANARAK
MADEN GÖLLERİN (ÇAN-ÇANAKKALE)
ZAMANA BAĞLI ALANSAL DEĞİŞİMİNİN
BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ**

Recep Yavuz TURAN

Coğrafi Bilgi Teknolojileri

Tezin Sunulduğu Tarih: 19/08/2019

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Mehmet Ali YÜCEL

ÇANAKKALE



Recep Yavuz TURAN tarafından Doç. Dr. Mehmet Ali YÜCEL yönetiminde hazırlanan ve **19/08/2019** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**İnsansız Hava Aracı Kullanarak Maden Göllerin (Çan-Çanakkale) Zamana Bağlı Alansal Değişiminin Belirlenmesi ve Modellenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir

JÜRİ

Doç. Dr. Mehmet Ali YÜCEL

.....

Başkan

Prof. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL

.....

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Recep Yavuz TURAN

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Mehmet Ali YÜCEL'e ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme ve sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Recep Yavuz TURAN
anakkale, Ağustos 2019



SİMGELER VE KISALTMALAR

İHA	İnsansız Hava Aracı
ESC	Elektronik Hız Kontrolcüsü
Kg	Kilogram
LiPo	Lityum-Polimer
%	Yüzde oranı
MEMs	Mikro elektromekanik
Kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
GBF	Coğrafi Temel Dosya
DIME	Çift Bağımsız Harita Kodlaması
CAD	Bilgisayar Desteli Tasarım
VTOL	Dikey İniş Kalkış
DoF	Serbestlik Derecesi
IMU	Eylemsizlik Ölçüm Ünitesi
mm	Milimetre
GPS	Küresel Konumlama Sistemi
mAh	Miliamper Saat
RC	Uzaktan Kumandalı
MP	Megapiksel
HUD	Başucu Göstergesi
SfM	Hareketten Yapı yöntemi
SGM	Yarı Küresel Eşleme yöntemi
MLC	En Çok Benzerlik Sınıflandırma
YKN	Yer Kontrol Noktası
RAM	Rastgele Erişimli Bellek
HDD	Sabit Disk Sürücüsü

ÖZET

İNSANSIZ HAVA ARACI KULLANARAK MADEN GÖLLERİNİN (ÇAN- ÇANAKKALE) ZAMANA BAĞLI ALANSAL DEĞİŞİMİNİN BELİRLENMESİ VE MODELLENMESİ

Recep Yavuz TURAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Mehmet Ali YÜCEL

19/08/2019, 81

Bu çalışma, Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Çan kömür havzasındaki Etili ve Comaklı açık kömür ocaklarındaki maden göllerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı insansız hava aracı (İHA) kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden maden göllerinin üç boyutlu (3B) modellerini oluşturmak ve göller üzerinde meydana gelen antropojenik ve meteorolojik etkilerden kaynaklanan alansal değişimleri tespit etmektir. Kasım 2014, Ekim 2015 ve Kasım 2016 tarihlerinde DJI F550 İHA kullanılarak 30-100 m irtifada gerçekleştirilen uçuşlarda 12 megapikselli kamera kullanılarak görüntüler elde edilmiştir. Her uçuşta 109 ila 820 fotoğraf çekilerek yirmi altı uçuş tamamlanmıştır. Görüntülerin 3B modellemesi SfM algoritmasını kullanan Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Görüntü eşleştirme, coğrafi referanslama, sayısal yükseklik modellemesi, ortomozaik, 3B nokta bulutu ve 3B sayısal arazi modeli oluşturmayı içeren programın iş akışı, maden göllerinin 3B arazi modelini oluşturmak için kullanılmıştır. Maden göllerinin alanları, ArcGIS yazılımının sayısallaştırma ve sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hesaplanmış ve bu iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır. Maden göllerinde yapılan İHA çalışması ile antropojenik ve meteorolojik etkilerin neden olduğu topografyadaki değişiklikler hızlı ve hassas bir şekilde tespit edilmiştir. Ayrıca İHA kullanımının bu tür etkileri görselleştirmek için etkili bir yöntem olduğu saptanmıştır.

Anahtar sözcükler: İnsansız Hava Aracı, Maden Gölü, Coğrafi Bilgi Sistemi, Zamansal Değişim, Sayısal Arazi Modeli

ABSTRACT

AREAL CHANGE DETECTION AND MODELING OF MINE LAKES (ÇAN- ÇANAKKALE) USING UNMANNED AIR VEHICLE

Recep Yavuz TURAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Geographical Information Technologies

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ali YÜCEL

19/08/2019, 81

This study covers mine lakes on the Etili and Comakli open pit coal mine sites, those located within the Can Coal Basin (Northwestern Turkey). The aim of our study was to create 3D models of mine lakes from high resolution images obtained by using UAV and to determine areal changes due to anthropogenic and meteorological effects on lakes during the study period.

In November 2014, October 2015 and November 2016, the DJI F550 UAV was flown at 30-100 m altitude and images acquired using a 12 megapixel camera. Twenty-six flights were completed, with at each flight acquiring between 109 and 820 images. 3D modeling from UAV images was carried out with Agisoft Photoscan software that uses structure from motion algorithm. The workflow of the software, including image matching, georeferencing, digital elevation modeling, orthomosaics, 3D point cloud and 3D textured model creation, was used to construct our 3D terrain model of mine lakes. Area of mine lakes was calculated using digitization and classification methods within the ArcGIS package and results of these two methods were compared. Topographical changes caused by anthropogenic and meteorological effects on mine lakes were determined rapidly and precisely. It has also proved to be an effective method for visualizing such effects in the short term.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Mine Lake, Geographical Information System, Change Detection, Digital Terrain Model.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1
1.1. İnsansız Hava Araçları	1
1.2. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması	2
1.3. Coğrafi Bilgi Sistemi Nedir?.....	4
1.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Kullanılan Veri Tipleri.....	5
1.4.1. Vektör Veri Tipi	6
1.4.1.1. Nokta Veri Tipi	6
1.4.1.2. Çizgi Veri Tipi	6
1.4.1.3. Alan (Poligon) Veri Tipi.....	7
1.4.2. Raster Veri Tipi	8
1.5. Uzaktan Algılama ve İHA Teknolojisi	10
1.6. İHA Görüntülerinin İşlenmesinde Kullanılan Algoritmalar	11
1.7. Maden Ocakları ve Asit Maden Gölleri	13
1.8. Çalışma Sahası	15
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	19
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1. İnsansız Hava Aracı Sistemi	21
3.1.1. Gövde	21
3.1.2. Motor	21
3.1.3. Pervane	22
3.1.4. Elektronik Hız Denetleyicisi	22
3.1.5. Uçuş Kontrol Kartı	22

3.1.6. GPS Modülü	24
3.1.7. Telemetri.....	24
3.1.8. Kumanda.....	25
3.1.9. Pil.....	25
3.1.10. Kamera	26
3.2. Uyduya Dayalı Küresel Navigasyon Sistemi (GNSS).....	27
3.3. Uçuş Kontrol Yazılımı	29
3.3.1. Program Ana Menüsü.....	30
3.3.2. Baş Ucu Göstergesi (HUD).....	30
3.3.3. Harita Alanı	31
3.3.4. Kontrol ve Durum Alanı.....	32
3.3.5. Uçuş Planı Menüsü.....	33
3.3.6. Ayarlar Menüsü	36
3.4. Görüntü İşleme Yazılımı.....	36
3.4.1. Program yapısı.....	36
3.4.2. Görüntü İşleme Menüsü	37
3.5. ArcGIS Programı	39
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	40
4.1. Yer Kontrol Noktası (YKN) Yer Seçimi	40
4.2. İHA Fotoğraflarının Elde Edilmesi	43
4.3. İHA Görüntülerinin İşlenmesi.....	48
4.5. Göllerin Alanlarının Hesaplanması.....	56
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Döner kanatlı drone örnekleri (Quadsforfun, 2019).....	3
Şekil 1.2. Sabit kanatlı drone örnekleri.....	3
Şekil 1.3. Coğrafi Veri Katmanı örnekleri.....	4
Şekil 1.4. Dr John Snow'un yapmış olduğu harita (Notch, 2010).....	5
Şekil 1.5. Vektör veri tipi örneği	6
Şekil 1.6. Çizgi Veri Tipi.....	7
Şekil 1.7. Poligon Veri Tipi.....	7
Şekil 1.8. Nokta, çizgi ve poligon ile gösterilen coğrafi veri örnekleri.....	8
Şekil 1.9. Raster veri örneği.....	8
Şekil 1.10. Vektör ve raster veri örneği (Azevea,2014)	9
Şekil 1.11. Raster çözünürlük örneği.....	9
Şekil 1.12. SGM gösterimi	11
Şekil 1.14. a) Yerbulduru haritası, b) Etili sahası, c) E2 gölü fotoğrafı, d) Çomaklı sahası	16
Şekil 1.15. E2 gölünün zaman içindeki değişimi.....	16
Şekil 1.16. E4 gölünün zaman içindeki değişimi.....	17
Şekil 1.17. E5 gölünün zaman içindeki değişimi.....	17
Şekil 3.1. DJI F550 gövde	21
Şekil 3.2. MT2216 900KV motor	21
Şekil 3.3. İHA Sisteminde kullanılan pervanlar	22
Şekil 3.4. Elektronik Hız Denetleyicisi	22
Şekil 3.5. APM uçuş kontrol kartı	23
Şekil 3.6. APM GPS modülü	24
Şekil 3.7. APM Pixhawk Telemetry Sistemi	24
Şekil 3.8. Kumanda.....	25
Şekil 3.9. LiPo Pil	25
Şekil 3.10. GoPro Hero 3 Black Edition.....	26
Şekil 3.11. Usturlap (Kaçar ve Bir, 2012)	27
Şekil 3.12. Pierre De Maricourt pusulası 1269 (Wiki,2019)	27
Şekil 3.13. Dünyanın ilk gemi navigasyon cihazı XN-5(1969) (UNOOSA, n.d.)	28
Şekil 3.14. Kore Havayolları 007 nolu uçuşu gerçekleştiren BOEING 747 (ADST,2019)	29
Şekil 3.15. Mission Planner Programı Ana Ekran Görüntüsü	29
Şekil 3.16. Mission Planner Programı Menüsü	30
Şekil 3.17. HUD ekranı.....	31
Şekil 3.18. Mission Planner harita alanı	32
Şekil 3.19. Kontrol ve durum alanı sekme örnekleri	33
Şekil 3.20. Uçuş planı sayfası	33
Şekil 3.21. Uçuş planlama ekranı uygulama menüsü	34
Şekil 3.22. Otomatik uçuş planı hazırlama	35
Şekil 3.23. Mission Planner Ayarlar Sayfası	36
Şekil 3.24. Agisoft Photoscan programı genel görünüş.....	37
Şekil 3.25. Agisoft Photosan Programı Resim İşleme Menüsü.....	38
Şekil 3.26. Agisoft Programı Algoritması	38
Şekil 3.27. ArcGIS programında kullanılan algoritma	39
Şekil 4.1. Yer Kontrol Noktaları.....	40
Şekil 4.2. E4 nolu asit maden gölünde 2015 yılında yapılan İHA çalışması.....	43
Şekil 4.3. Düşme sonrası İHA'da meydana gelen hasar	44
Şekil 4.4. Agisoft algoritmasına göre elde edilen sonuçlar	49

Şekil 4.5. Kasım 2014 yılındaki uçuşlardan elde edilen 3 boyutlu arazi modelleri: a E1 b E2 c E4 d E5 e E6 f E7 g E8 h E9 i C1 j C3 k C2 l C4 (Yücel ve Turan, 2016)	53
Şekil 4.6. Ekim 2015 yılındaki uçuşlardan elde edilen 3 boyutlu arazi modelleri: a E1 b E2 c E4 d E5 e E6 f E7 g E8 h E9 i C1 j C3 ve h C4 (Yücel ve Turan, 2016)	54
Şekil 4.8. E2 göllü; a) Sınıflandırma verisi,, b) Sayısallaştırma ve MLC yöntemi sonuçları	57
Şekil 4.10. ArcGIS programında algortimaya göre örnek çalışmaa) Rasterden Vektöre çevrilmiş very b) Elde edilen alan c) Basitleştirme ve yumuşatma işlemi sonucu d) MLC (kırmızı sınırlar) ve sayısallaştırma (mavi sınırlar) yöntemlerinin sonuçlarının ortofoto üzerinde gösterimi.....	61
Şekil 4.11. E1 gölünün yıllara göre alansal değişimi	63
Şekil 4.12. E1 gölünün yıllara göre alansal değişimi	64
Şekil 4.14. E5 gölünün yıllara göre alansal değişimi	66
Şekil 4.15. E6 gölünün yıllara göre alansal değişimi	67
Şekil 4.16. E7 gölünün yıllara göre alansal değişimi	68
Şekil 4.17. E8 gölünün yıllara göre alansal değişimi	69
Şekil 4.18. E9 gölünün yıllara göre alansal değişimi	70
Şekil 4.19. C1 gölünün yıllara göre alansal değişimi	71
Şekil 4.20. C2 gölünün 2014 yılındaki alanı	72
Şekil 4.21. C3 ve C4 göllerinin yıllara göre alansal değişimi	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Çok pervaneli sabit kanatlı karşılaştırması.....	3
Çizelge 4.1. Maden Göllerinin ve Yer Kontrol Noktaları koordinatları.....	42
Çizelge 4.2. 2014 yılında yapılan İHA çalışması bilgileri.....	45
Çizelge 4.3. 2015 yılında yapılan İHA çalışması bilgileri.....	46
Çizelge 4.4. 2016 yılında yapılan İHA çalışması bilgileri.....	47
Çizelge 4.5. Kullanılan bilgisayarlar	48
Çizelge 4.6. 2014 yılı görüntülerinin işleme süreleri.....	50
Çizelge 4.7. 2015 yılı görüntülerinin işleme süreleri.....	51
Çizelge 4.8. 2016 yılı görüntülerinin işleme süreleri.....	52
Çizelge 4.9. Göllerin Alanları (Worldview-1 ve Pleiades uydu görüntülerinden, m2) (Şanlıyüksel Yücel ve Yücel, 2017)	62
Çizelge 4.10. Göllerin Hesaplanan Alanları ve Değişim miktarları	62



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA) (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) için kullanılan birden fazla terim bulunmaktadır. Örneğin “insansız hava sistemleri” (UAS: Unmanned Aircraft System) Amerikan Federal havacılık dairesi ve Amerikan Savunma dairesi tarafından benimsenmiştir (DOD, 2005). Avrupa Savunma Ajansı ise Uzaktan Kumanda Edilen Hava Sistemleri (RPAS: Remotely Piloted Aircraft Systems) terimini kullanmaktadır (EDA, 2018). Uçan robot kavramını kullansalar da sivillerin en çok kullanmayı tercih ettiği terim ise drone olmuştur.

İHA'ların ilk olarak kullanımı 1849 da Venedik şehrine 200 balonla yapılan saldırı olarak kabul edilmektedir. 1898 de Nikola Tesla uzaktan kumanda sisteminin patentini almıştır. 1917 yılında Amerika'da radyo yönlendirme sistemlerin babası kabul edilen Archibald Low insansız torpido sistemi geliştirmiştir. Uzaktan kumanda ve uçakların başarılı ilk birleşimi Fairey IIIFs isimli İngiliz uçağının testleri olmuştur (Monash,2003). 1937'de ise Walter Good ve kardeşi William, tam fonksiyonel uzaktan kumandalı minyatür uçağı inşa edip uçurmuştur (Storm, 2019).

Daha sonra amatör kullanıcılar ve devlet kurumları drone çalışmalarına devam etmiş ancak İHAlar sivil kullanımda asıl ivmeyi 2000'li yıllardan sonra kazanmıştır. Her ne kadar o zamana kadar yapılan birçok uzaktan kumandalı model uçak bulunmasına rağmen bu cihazların iniş kalkış için piste ihtiyaç duyması, pilotajın zor olması ve olası kaza kırımdan sonraki maliyetlerden dolayı son yıllardaki popülerliğe ulaşmamışlardı. 1999 yılında Draganflyer isimli İHA'nın geliştirilmesi ve Müfettiş Gadget isimli filmde kullanılmasıyla popülerliği artmıştır (Ed Darack,2017).

İHA'ların popülerliğinin en temel sebebi taşınmasıyla kontrolünün çok kolay olması, dikey iniş kalkış yapabilmesi ve en önemlisi havada askıda kalabiliyor olmasıdır. İHA'ların en önemli avantajları:

- İHA sisteminin dengede kalıp uçuşunu sağlayan uçuş kontrol kartları ve üzerlerinde bulunan mikro elektromekanik (MEMs) sensörlerin (jireskop, ivmeölçer, manyetometre vb.) gelişmesi,

- Özellikle lityum-polimer (Li-Po) pillerin enerji kapasitelerinin artması ve fiyatlarının düşmesi;

•Küçük, hafif ama performanslı elektrik motorlarının üretilmesi ve internet üzerinden satışlarla malzeme ulaşımın çok kolaylaşması,

•Artan bilimsel ve hobi araştırmaları ve bu çalışmaların sonuçlarının internetten paylaşılması,

•Teknolojik gelişmelerle faydalı yük olarak kullanılabilen cihazların (kamera, sensör vb.) ebatlarının küçülüp fiyatların azalması,

•Eğlenceli olması gibi temel nedenlerle 2010’lardan sonra iyice ivme kazanan drone teknolojisi bilimsel araştırmalardan taşımacılık sektörüne, güvenlik hizmetlerinden film endüstrisine kadar birçok alanda kullanılmaktadır.

1.2. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması

İHA’lar askeri ve sivil kullanım olarak sınıflandırılmıştır. Askeri ve sivil sınıfların kendi içlerinde sınıflandırmasında da her ülke kendine has sınıflandırma kullanmaktadır. Amerikan Hava Kuvvetleri “menzil, faydalı yük, hız” gibi bileşenlerden oluşan karma bir sınıflandırma kullanmaktadır (UAS CoE,2010). Türkiye Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatnamesinde ise İHA’ları ağırlığına bağlı olarak şu şekilde sınıflandırmıştır:

a) İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olanlar

b) İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olanlar

c) İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olanlar

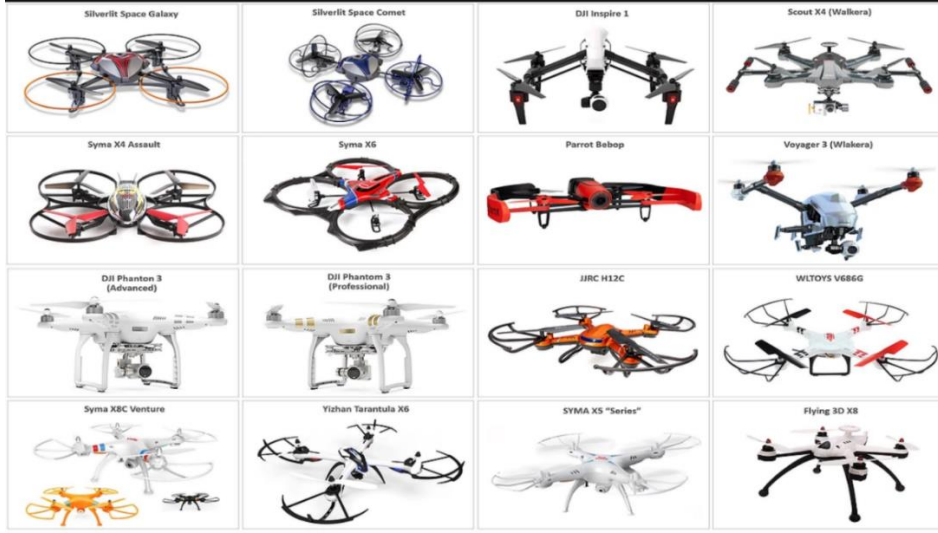
) İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olanlar (SHT-İHA,2016)

Ülkeler, İHA kullanımının katlanarak artmasından sonra peş peşe talimatnameler yayınlayarak İHA kullanımı bir düzene oturtmaya çalışmaktadır. (Kahveci ve ark.,2017)

Resmi bu sınıflandırmaların dışında sivil kullanımda en önemli İHA sınıflandırması Kanat şekline göre yapılmaktadır:

a) Dönen kanatlar – Çok pervaneliler (Dikey Kalkış İniş)

b) Sabit kanatlar (Yatay Kalkış İniş)



Şekil 1.1. Döner kanatlı drone örnekleri (Quadsforfun, 2019)



Şekil 1.2. Sabit kanatlı drone örnekleri

Döner kanatlı-Helikopter ve çok pervaneliler (multikopterler)(Şekil 1.1) ile sabit kanatlı-uçakların (Şekil 1.2) avantaj ve dezavantajları vardır (Çizelge 1.1).

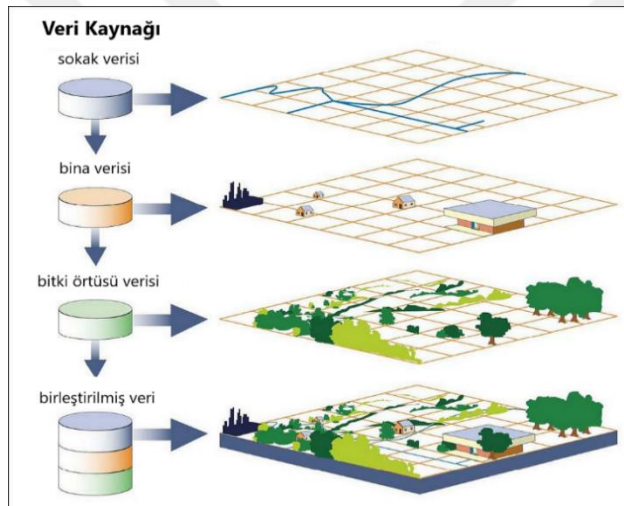
Çizelge 1.1. Çok pervaneli sabit kanatlı karşılaştırması

	Sabit Kanatlı	Çok pervaneli
İniş kalkış	Zor	Kolay
Hız	Hızlıdır	Yavaştır.
Uçuş Süresi	Uzun	Kısa
Taradığı alan	Fazla	Az
Kontrol	Zor	Kolay
Başlangıç Maliyeti	Fazla	Az
Taşınabilirlik	Zor	Kolay
Karmaşıklık	Az	Çok
Yük Taşıma	Fazla	Az
Havada sabit kalma	Yok	Var

Başlangıç maliyeti, taşınabilirlik, kullanım kolaylığı ve en önemlisi iniş kalkış için bir piste veya fırlatma cihazına ihtiyaç duymadan sıkışık alanlarda bile uçuşa başlayıp uçuşu bitire bilmesinden dolayı çok pervaneliler araştırma faaliyetleri için de tercih edilmektedir.

1.3. Coğrafi Bilgi Sistemi Nedir?

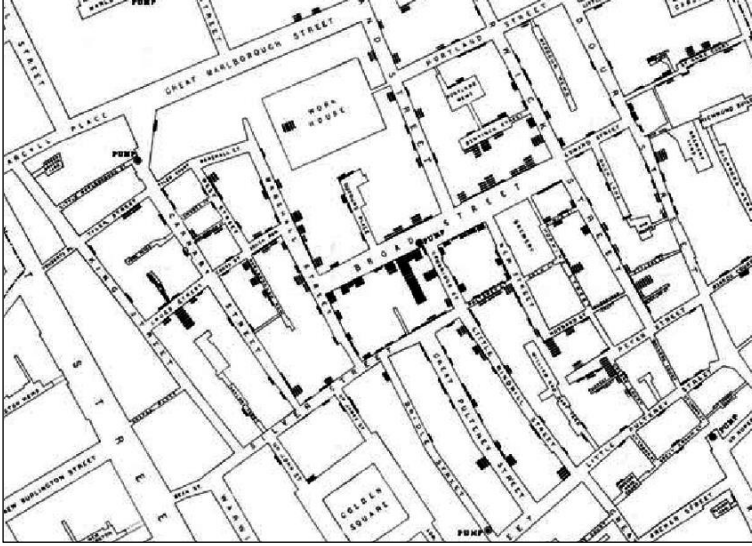
Çok farklı tanımları yapılmasına rağmen Coğrafi Bilgi Sistemi kavramı kısaca: “Coğrafi detaylara ait verileri toplamak, depolamak, kontrol etmek, görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılan sistemdir.” (USGS,2019) olarak tanımlanmaktadır. CBS, mekânsal detayları ve coğrafi veri katmanlarını kullanarak mekânsal analizler elde eder böylelikle kullanıcıların doğru karar vermesine yardımcı olur.



Şekil 1.3. Coğrafi veri katmanı örnekleri

Örneğin bir şehrin şehir içi hatlarını tasarlamak için şehrin yol katmanı, nüfus yoğunluğu katmanı, trafik yoğunluğu katmanı vb. bilgileri kullanılabilir. Klasik yöntemlerle bu verileri üst üste çakıştırmak zordur. Ancak CBS yazılım ortamında bu işlemler kolay bir şekilde yapılabilmektedir (Şekil 1.3). Yazılımların ve donanımların işlem kapasitesi artıkça daha büyük veriler işlenip, görüntülenip, analiz edebilmektedir.

Bilgisayarlar teknolojisinden önce çok ilerleyemeyen Coğrafi bilgi sistemlerine ilk örnek çalışma olarak 1854'te İngiltere'de yaşanan kolera salgını haritası verilebilir (Şekil 1.4). Salgın esnasında hastalığın görüldüğü yerleri haritada işaretleyen Dr. John Snow yaptığı çalışmada hastalığın su hatları boyunca daha sık görüldüğünü bu harita üzerinden tespit etmiştir (HistGIS, n.d.).



Şekil 1.4. Dr John Snow'un yapmış olduğu harita (Notch, 2010)

Modern GIS çalışmalarının atası olarak da 1960'larda Roger Tomlinson öncülüğünde Kanada Hükümetinin Kanada Coğrafi Sistemini (CGIS) kurma çalışmalarına başlayarak 1964'te geliştirdiği ancak tam olarak 1971 de çalışan "Kanada Toprak envanteri" gösterilmektedir (Pierce, 2006). 1967 de ABD Sayım Bürosunun GBF-DIME (Geographic Base File – Dual Independent Map Encoding) veri tipini standart olarak kabul ederek analog haritalardan dijital haritalar elde ederek yolları ve yaşam alanlarını haritalama çalışması coğrafi bilgi teknolojilerinin gelişmesi hızlandırmıştır (Census, b.t.),

Gelişen teknolojiler sayesinde coğrafi bilgi sistemlerinin önemi gün geçtikçe artmış ve vaz geçilmez hale gelmiştir. Küresel konumlama sistemi, internet ve cep telefonlarının coğrafi bilgi sistemlerinin birlikte kullanımı yeni nesil uygulamalarla basit birer harita uygulaması olmaktan çıkmış kişisel asistana dönmüştür.

Yeni teknolojiler sadece veri işlemeyi kolaylaştırmakla kalmayıp veri toplamayı da çok kolaylaştırmaktadır. Bu da farklı yaklaşımlar gerçekleştirerek daha etkili ve/veya daha orijinal çözümler geliştirmek için bizlere ışık tutmaktadır.

1.4. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Kullanılan Veri Tipleri

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde temel olarak geometrik veriler ve öznitelik tabloları olmak üzere iki çeşit veri tipi bulunmaktadır. Mekânsal verilerin bilgisayar ortamında gösteriminde ise kendi içinde vektör ve raster olarak ikiye ayrılmaktadır.

1.4.1. Vektör Veri Tipi

Vektör veriler bilgisayar destekli çizimin temelini oluşturan CAD (Computer Aided Design) tabanlı yazılımlarda yapılan çizimlerde kullanılmaktadır. Vektör veri türünün gösteriminde üç farklı veri elemanı kullanılır. Bunlar nokta, çizgi ve alan (poligon) olarak adlandırılan vektör veri elemanlarıdır.

1.4.1.1. Nokta Veri Tipi

Vektör verilerin en temel elemanı noktadır. Dik koordinat sisteminde yatay ve düşey eksenlere dayalı (x, y) olan koordinat bilgisi içerir. Coğrafi koordinat sistemli bir konum ile çalışıldığında x ve y değerleri coğrafi koordinat sisteminin parametreleri olan enlem ve boylamı değerlerini de ifade etmektedir. Koordinatlar yok ise çalışmayı sağlamak için çalışılacak alanın sol alt köşesi (0,0) kabul edilip sanal koordinatlar üzerinden işlem yapılır.

Nokta verileri, alansal veya çizgisel olarak gösterilemeyecek kadar küçük olan tek coğrafi detayları haritada göstermek ve bu noktasal gösterimleri (hastane, ağaç, havaalanı, çeşme vb.) harita işaretleri ile sınıflandırmada kullanılır. Noktalar tek bir koordinat çifti ile gösterildiği için uzunluk ve alan bilgilerini kapsamaz. Şekil 1.5’de Çanakkale İli Çan İlçesi’ndeki benzin istasyonları ve köy merkezleri nokta olarak işaretlenmiştir.

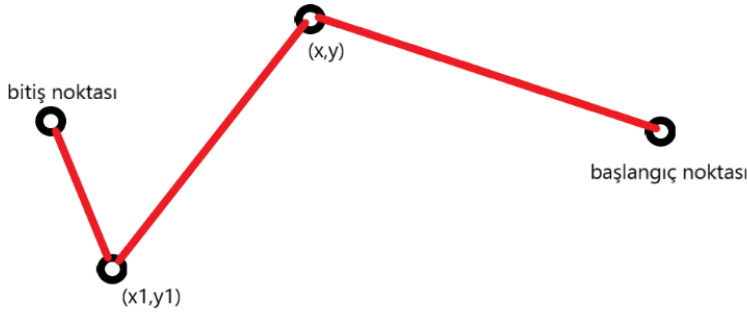


Şekil 1.5. Vektör Veri Tipi Örneği

1.4.1.2. Çizgi Veri Tipi

Çizgi veri tipi, en az iki noktadan oluşan bir veri tipidir (Şekil 1.6). Nehir, yol, elektrik hatları gibi çizgisel özellik gösteren coğrafi detayları göstermek için kullanılır. İki ve daha fazla koordinat çifti ile ifade edilir ve çizgi verilerden uzunluk bilgisi hesaplanabilir. Çizgi

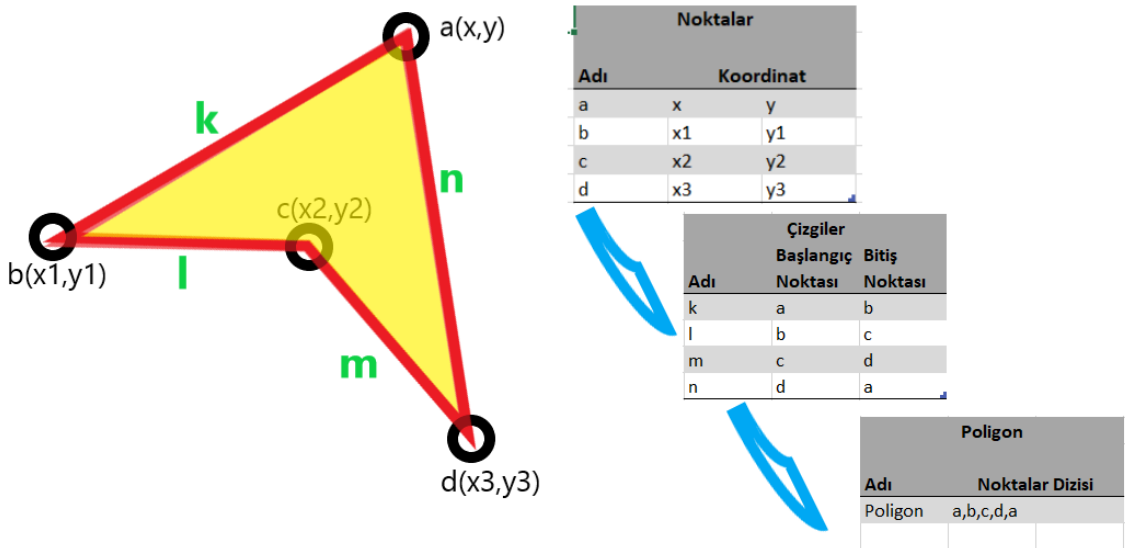
kalınlığı, çizgi rengi, çizgi tipi (düz, kesik, vb.) gibi özellikler değiştirilerek işaretletirilebilir. Şekil 1.5’de şehirlerarası yollar kalın sarı çizgilerle, köy yolları ince beyaz çizgilerle belirtilmiştir.



Şekil 1.6. Çizgi Veri Tipi

1.4.1.3. Alan (Poligon) Veri Tipi

Üç veya daha fazla koordinat çiftinden oluşan ve başlangıç ve bitiş noktası aynı olan gösterim tipidir (Şekil 1.7). Çizgi dizilerinden farkı başlangıç ve bitiş noktaları aynıdır. Kapalı bir alan oluşturur. İki boyutlu bir veridir. Bu sayede hem uzunluk hem de alan bilgisi elde edilir. Göller, idari sınırlar, parseller, ormanlar gibi belirli bir alanı kaplayan öğeleri göstermek için kullanılır. Poligonlar genellikle renkler, desenler veya eğer gösterimde sayısal derecelendirme varsa, bir renk derecelendirme şeması ile işaretletirilir. Şekil 1.5’de göller mavi, ormanlık alanlar yeşil poligonlarla gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Poligon Veri Tipi

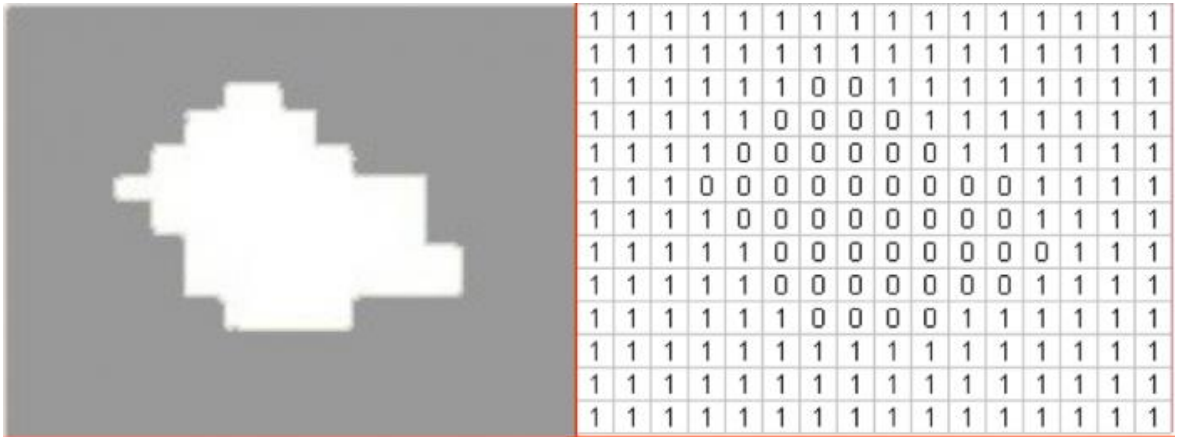


Şekil 1.8. Nokta, çizgi ve poligon ile gösterilen coğrafi veri örnekleri

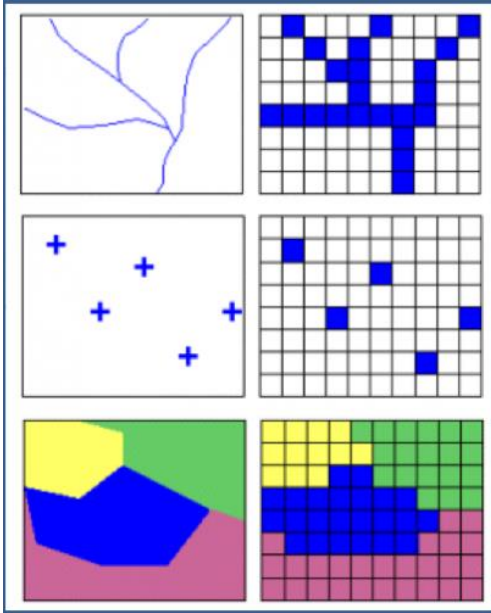
Harita görünümünü yaklaştırdıkça yani ölçek büyüdükçe haritada nokta olarak ifade edilen detaylar poligon olarak gösterilebilir. Örneğin bir ülke haritasında iller nokta olarak gösterilirken ölçek büyüdüğünde yerleşim alanı gösterimi poligona çevrilir (Şekil 1.4).

1.4.2. Raster Veri Tipi

Raster veri sayısal resimsel veri özelliğindedir. Grid adı verilen hücrelerden oluşur. Her bir gride piksel adı verilir. Verinin bulunduğu alandaki coğrafi detaylar pikseller ile gösterilir. Her pikselin boyutları raster verinin çözünürlüğüne karşılık gelir. Piksel boyutu küçüldükçe çözünürlük artar ve veri daha net ve detaylı görüntülenir. Şekil 1.9'daki örnekte boş alanlara 0 değeri, gri alanlara ise 1 değeri verilerek 16*13 hücreli grid oluşturulmuştur. Raster ve vektör veri tiplerinin gösterimi Şekil 1.10'da verilmiştir.

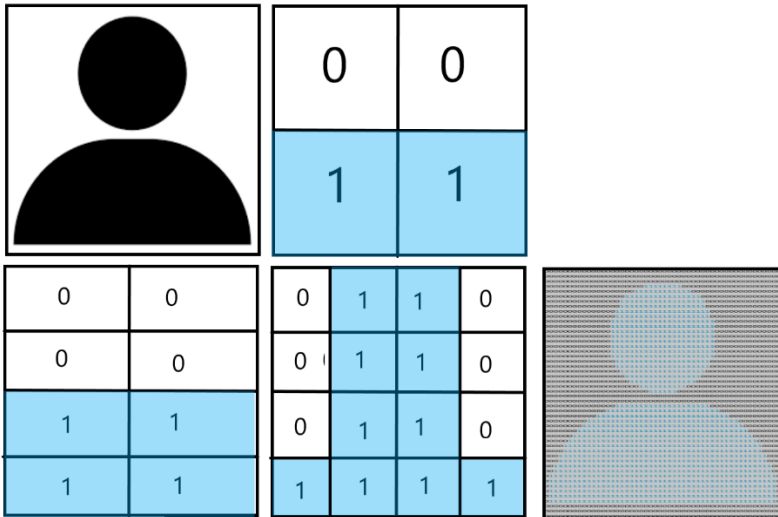


Şekil 1.9. Raster veri örneği



Şekil 1.10. Vektör ve raster veri örneği (Azevea,2014)

Piksel tabanlı olduğu için uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları raster veri grubuna girmektedir. Çözünürlük ne kadar büyükse, piksel boyutları küçüleceğinden, coğrafi detayların net ve gerçeğe yakın gösterimi sağlanır. Haliyle çözünürlüğünüz ne kadar büyükse, hücre boyutları küçüleceğinden, detaylarınız ve gerçeğe uygunluk o kadar artacaktır. Ancak her bir hücreye değer verileceğinden dosya boyutu da büyüyecektir. Şekil 1.11'deki örnekte bir resim sırasıyla 4,8,16 ve 2500 hücreye bölünerek siyah alanlara 1 beyaz alanlara 0 değeri verilerek gridleme sonuçları gösterilmiştir. Görüleceği üzere hücre sayısı arttıkça orijinal görüntüye benzerlik artmaktadır.



Şekil 1.11. Raster çözünürlük örneği

Coğrafi veri gösteriminde süreksiz ve sürekli olmak üzere iki kategoriye işlem yapılır. Süreksiz veri nüfus yoğunluğu, toprak tipi gibi bağımsız hüre verilerini içermektedir. Sürekli veriler ise yükseklik, sıcaklık gibi süreklilik gösteren değerleri alır. Sürekli verilerde veriler işlerken mutlaka referans alınan bir nokta olur. Örneğin yükseklik bilgisi için deniz seviyesi baz alınır.

Raster verilerden görüntü işleme ve görüntüden özellik çıkartma yöntemleri sayesinde, birçok bilim dalı tarafından akademik araştırmalarda tercih edilmektedir. Uzaktan algılama verileri günümüzde yeryüzündeki değişimlerin hızlı olarak takip edilmesi ve coğrafi verilerin güncellenmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

1.5. Uzaktan Algılama ve İHA Teknolojisi

Fotogrametri, elektromanyetik enerjiyi kullanarak elde edilen görüntüleri ve modelleri görüntü işleme, ölçme ve yorumlama yoluyla coğrafi nesnelere ve çevre hakkında güvenilir bilgi edinme sanatı, bilimi ve teknolojisidir (Wolf and Dewitt, 2000). Latince photo(ışık), graph(çizmek) ve metria(ölçmek) kelimelerinden oluşmuştur. Fotoğrafla ölçüm yapmak manasına gelmektedir.

Fotoğraf makinalarının icadından hemen sonra çalışmalar başlamıştır. Fotogrametrinin babası olarak kabul edilen Aimé Laussedat'ın 1848'de başlayan yersel fotoğraflardan haritalama çalışmaları 1862'de Madrid'teki Bilim akademisi tarafından kabul edilerek yeni bir çağı başlatmıştır. Laussedat 1958'de uçurtma kullanarak hava fotogrametrisi çalışmaları yapmış ve daha sonra balonla da çalışmaları olmuş ancak fotoğrafları elde etmenin zorluğu nedeniyle çalışmalarını ilerletmemiştir (Ferris,n.d.). Uçuş teknolojilerinin ve fotoğraf teknolojilerinin gelişmesi ile fotogrametri haritacılığın vazgeçilmez parçası haline gelmiştir. Fotogrametrinin dijital kameralar, stereo kameralar, multispectral kameralarla kullanım alanı artmış; uydu teknolojisi ile günümüz haritacılığının temel veri toplama kaynağına dönüşmüştür.

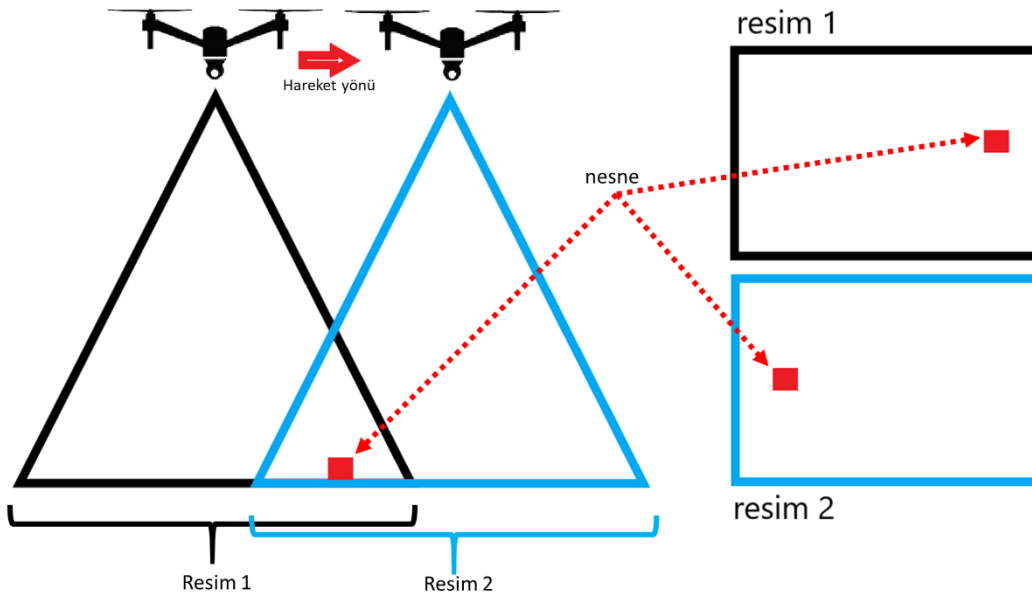
Fotogrametrik çalışmalar metrik ve yorumlayıcı fotogrametri olmak üzere iki farklı çalışma alanında yoğunlaşmıştır. Metrik fotogrametri, fotoğraflar üzerinden ölçülen nesnelere büyüklüğü, şekli ve konumu ile ilgili kesin ölçümler ve hesaplamalar yapar. Yorumlayıcı fotogrametri ise görüntü işleme metodlarını da kullanarak elde edilen görüntülerden özellikler çıkararak bu desenlere anlam ve bilgi katmaya çalışır.

Özellikle son yıllarda yükselen iki teknoloji çok pervaneli İHA'lar, küçülen dijital kameralar ile gelişen algoritmalar ve düşen maliyetler sayesinde istenilen bölgenin, istenilen zamanda, istenilen çözünürlükte fotoğraflarını elde etme imkânı artmıştır. Üstelik düşey

fotoğrafların yanı sıra farklı açılardan alınmış görüntülerle üç boyutlu model elde etme imkânı da bulunmaktadır. Tarrolli (2014) “Yüksek çözünürlüklü topografik modellemenin dünya yüzeyinde meydana gelen değişimleri anlamak için fırsat sunmaktadır.” demektedir. İHA’lar ve fotogramatik yöntemler sayesinde verileri elde etme, işleme ve değerlendirme süreçlerini önemli şekilde hızlandırmıştır. Kendisini sürekli değiştiren ve bir de bunun üstüne insanlığın etkileri sayesinde hızlanan dünyamızı sürdürülebilir yapabilmek için bu analizlere ihtiyacımız her geçen gün artmaktadır.

1.6. İHA Görüntülerinin İşlenmesinde Kullanılan Algoritmalar

Otonom sistemlerden elde edilen verilerin kullanılabilirliğini göstermek için çalışmalar yapılırken bir yandan da görüntü işleme algoritmaları üzerinde çalışmalar da devam etmiştir. Lowe (2004) görüntü çiftlerini kullanarak 3 boyutlu bir model oluşturmanın mümkün olduğunu göstermiştir. Hirschmüller (2005) ise görüntü çiftlerinin eşleştirmesinde hızlı ve tekrarlanabilir yöntem olarak Semi-Global Matching (SGM) algoritmasını önererek aydınlatma değişimlerine ve/veya çekimlerde meydana gelen kaymalarda özellikle nesne kenarlarını eşleştirmede kullanılabilirliğini göstermiştir.



Şekil 1.12. SGM gösterimi

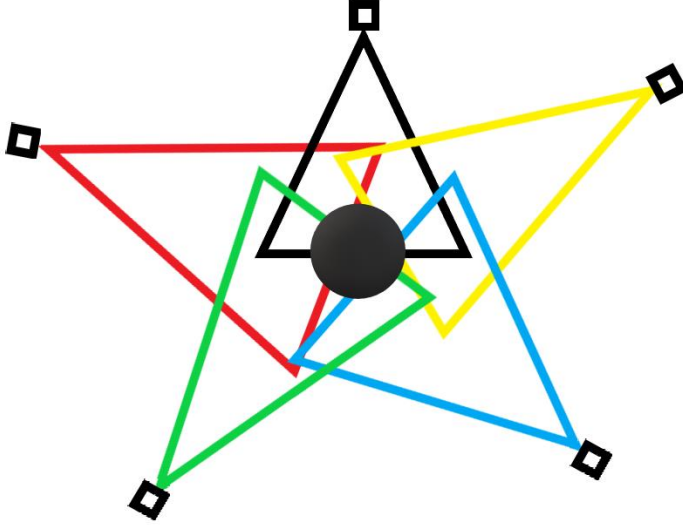
SGM (Şekil 1.13) iki fotoğraftaki aynı nesnenin farklı piksellerde olmasından faydalanarak fotoğraflar arasındaki değişimi hesaplayıp İHA'nın değişim miktarına oranlayarak noktaların uzaydaki tam yerini hesaplamaya yardımcı olmaktadır. Nokta

bulutları genelde karasal lazer sistemleriyle elde edilirken bu yöntem fotoğraftan nokta bulutu oluşturmamızı sağlamaktadır. Nokta bulutlarından ilişkili noktaların birleştirilmesi yöntemleriyle mesh(örgü) elde edilebilmektedir. Böylece 3 boyutlu modeller elde edilebilmektedir. Ahmadabadiana ve ark. (2013) 3 boyutlu model oluşturmada ölçeklendirme probleminin PMVS (Patch-Based Multi-View Stereo) yöntemiyle sorun olmaktan çıktığını ve düzgün elde edilmiş resimlerle elde edilecek nokta bulutlarının lazer tarayıcıdan elde edilecek nokta bulutları kadar doğru olduğunu göstermişlerdir. Pierrot-Deseilligny ve Paparoditis (2006) önerdikleri çoklu çözünürlüklü optimizasyon temelli görüntü eşleme yöntemini çok yüksek çözünürlük hava fotogrametrisi kameralarından elde edilen görüntülere uygulayıp yöntemin başarısını göstermişlerdir.

Furukawa ve Ponce(2009) önerdikleri yöntem ile yüzey değişimi ve detay bilgisini çok açılı çift kamera sistemi kullanarak nesnelerin dokuları yetersiz olsa bile farklı açılardan çekilmiş fotoğraflardan detay çıkarılabileceğini göstermişlerdir. Koutsoudis ve ark. (2013) arkeoloji alanında ayırt edici özellikleri az olan buluntuların modellenmesinde fotoğraf ve lazer karşılaştırmasını yaparak fotoğraftan elde edilen modellerinde kullanılabileceği göstermişlerdir.

SGM iki fotoğraftaki aynı nesnenin farklı piksellerde olmasından faydalanarak fotoğraflar arasındaki değişimi hesaplayıp İHA'nın değişim miktarına oranlayarak detayların uzaydaki tam yerini hesaplamaya yardımcı olmaktadır. Nokta bulutları genelde karasal lazer sistemleriyle elde edilirken bu yöntem fotoğraftan nokta bulutu oluşturmamızı sağlamaktadır. Nokta bulutlarından ilişkili noktaların birleştirilmesi yöntemleriyle mesh(örgü) elde edilebilmektedir. Böylece 3B modeller elde edilebilmektedir.

Fotogramatik çalışmaları kolaylaştıran yöntemlerden biride Structure from Motion (SfM) yöntemidir. SfM (Şekil 1.13) farklı açılardan alınan resimlerden özellik çıkarak model oluşturmaya sağlamaktadır.



Şekil 1.13. SfM gösterimi

Bu yöntem sayesinde kullanıcı seviyesindeki kameralarla ve hatta cep telefonu kameralarından elde edilen görüntülerden detay çıkarılarak 3 boyutlu model oluşturmak mümkün olmaktadır. Westoby ve ark. (2012) SfM yönteminin karmaşık topografyalarda bile kullanılabilirlik etkili, esnek ve ucuz bir yöntem olduğunu söylemektedir. Duche ve ark. (2010) da birbirinin üzerine binen resimlerden bir toplu mezarın 3 boyutlu modellemesini gerçekleştirmişlerdir.

1.7. Maden Ocakları ve Asit Maden Gölleri

Yeryüzündeki topoğrafyada meydana gelen değişimlerin sebeplerinden biri ise antropojenik etkidir. Doğal ve insan kaynaklı olarak ikiye ayrılmaktadır. İnsan kaynaklı antropojenik etki bitki örtüsünde yok olma, azalma veya değişme gibi ciddi sorunlara neden olabilmektedir (Vanacker ve ark., 2014). Bu antropojenik etkiye en önemli örneklerden biri açık maden ocaklarıdır.

Maden üzerindeki örtü tabakasının alınarak, üzeri açılan maden kitlesinin üretiminin yapılmasıyla oluşan maden işletme yöntemi, “Açık İşletme” olarak tanımlanmaktadır. Dünya maden üretiminin yaklaşık üçte ikisi açık işletme yöntemi ile yapılmaktadır. Teknolojideki gelişmelere paralel olarak, açık işletmelerde kullanılan makinaların kapasiteleri ve üretkenlikleri gün geçtikçe artmakta ve bunun sonucu olarak birim maliyetler azalmaktadır. Bu nedenle kapalı işletme yöntemi yerine açık işletme yönteminin tercih edilmesi eğilimi gün geçtikçe ağırlık kazanmaktadır (Köse ve ark, 2009).

Madencilik faaliyetleri sonucu iki tür çevresel etki söz konusu olmaktadır:

Doğrudan çevresel etki: Maden ocakları çalışma sahalarındaki örtü ve atık yığınları ile madencilik yapılarının oluşturulduğu diğer alanlardaki toprak ve bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu meydana gelir.

Dolaylı çevresel etki: Eski maden hafriyat yerleri, örtü ve atık yığınları, maden oluşumları ile mineral zenginleştirme tesislerinin bulunduğu yerlerde toprak yapısı, su ilişkileri, kimyasal özellikler, toprak ve bitki örtüsü, yerel iklim, insan ve hayvan sağlığının değişime uğraması gibi olaylar görülebilir. (Akçın ve Çakır, 2011)

Çevresel Etkilerin en aza indirilmesi için maden sahalarının rehabilitasyonu çok büyük önem arz etmektedir. Bununla ilgili 2007 yılında yasal düzenleme de yapılmış ve 26730 no.'lu resmî gazete de "Madencilik Faaliyetleri ile Bozulan Arazilerin Doğaya Yeniden Kazandırılması Yönetmeliği" yayımlanmıştır. Ancak rehabilite edilmeden terk edilmiş maden ocaklarını görmek mümkündür.

Maden çıkarma amacıyla açılan çukurlar kapatılmadığı zaman su drenajıyla maden gölleri oluşmaktadır. Madencilik faaliyeti ve tane büyüklüğündeki azalma nedeniyle meydana gelen sülfür mineralizasyonunu asit maden drenajına neden olabilir (Grande ve ark., 2010). Asit maden gölleri, yüksek konsantrasyonlarda sülfat ve toksik metallerin neden olduğu yüksek asit oranına sahip maden atıklarından oluşur (Forstner ve Wittmann, 1983). Yüzey suyunun, yeraltı suyunun, toprak kalitesinin ve gıda kalitesinin bozulması ve azaltılması yoluyla çevresel tehdit oluşturur ve yerel sulara ve topraklarda balık, bitki örtüsü ve çoğu organizmayı öldürebilir (Malmstrom ve ark., 2008).

Bu değişimler Çan kömür havzasında da görülmektedir. Çan kömür havzasında Etili ve Çomaklı yörelerinde kömür çıkartma faaliyetleri 1980'li yıllardan beri yapılmamaktadır. Burada yapılan madencilik faaliyetleri sırasında Çan formasyonunda bulunan yüksek sülfür içerikli kömürü çıkarmak için topografya bozulmuş ve rezervlere erişmek için büyük çukurlar açılmıştır. Madencilik faaliyetleri sona erdiğinde is herhangi bir rehabilitasyon çalışması yapılmadan terk edilen sahalardaki çukurlar yeraltı ve yer üstü drenajları sebebiyle su ile dolmuş ve göller meydana getirmiştir. Pirit açısından zengin hem kömür hem de volkanik kayalar, bakteri aktivitesi, meteorolojik faktörler ve asit nötrleştirici kayaların bulunmaması gibi birçok faktör Etili bölgesinde asit maden drenajına katkıda bulunmuştur (Şanlıyüksel Yücel ve ark., 2016). Madencilik faaliyetleri sona erdiği için, tane boyutunda azalma olan malzemedeki artış ile asit maden drenaj oranı artmıştır. Bu alanda bu konuda birçok çalışma ele alınmıştır.

Bozcu ve ark. (2008) Çan Kömür Havzasının jeolojisini incelediler. Gürdal ve Bozcu (2016) bölgede bulunan kömürün petrografik özelliklerini tanımlarken; Gündüz ve Baba

(2008), Okumuşoğlu ve Gündüz (2013), Şanlıyüksel Yücel ve Baba (2013a), Şanlıyüksel Yücel ve Baba (2013b), asit maden göllerinin hidrojeokimyasal özelliklerini incelemiştir. Ek olarak, Şanlıyüksel Yücel ve ark., (2016) farklı asitlerden uydu görüntüleri kullanarak bu asit maden göllerinde ortaya çıkan alan değişikliklerini belirlerken Şanlıyüksel Yücel ve ark. (2013) oluşum süreçlerini incelemiştir. Yücel ve Turan (2016)'da asit maden göllerindeki alansal değişimi İHA ile belirleyerek gölleri İHA verilerini kullanarak 3B modellemiştir.

Bu tez çalışması ile asit maden göllerinin 3 boyutlu olarak modellenmesinde ilk kez yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerini kullanılmıştır. İHA görüntüleri ile aynı zamanda ardışık üç yıl boyunca göl alanlarındaki değişiklikler hem sayısallaştırma hem de sınıflandırma yöntemlerini kullanarak değerlendirilmiş ve alan değişimleri üzerindeki antropojenik ve meteorolojik etkileri tanımlamak için kullanılmıştır.

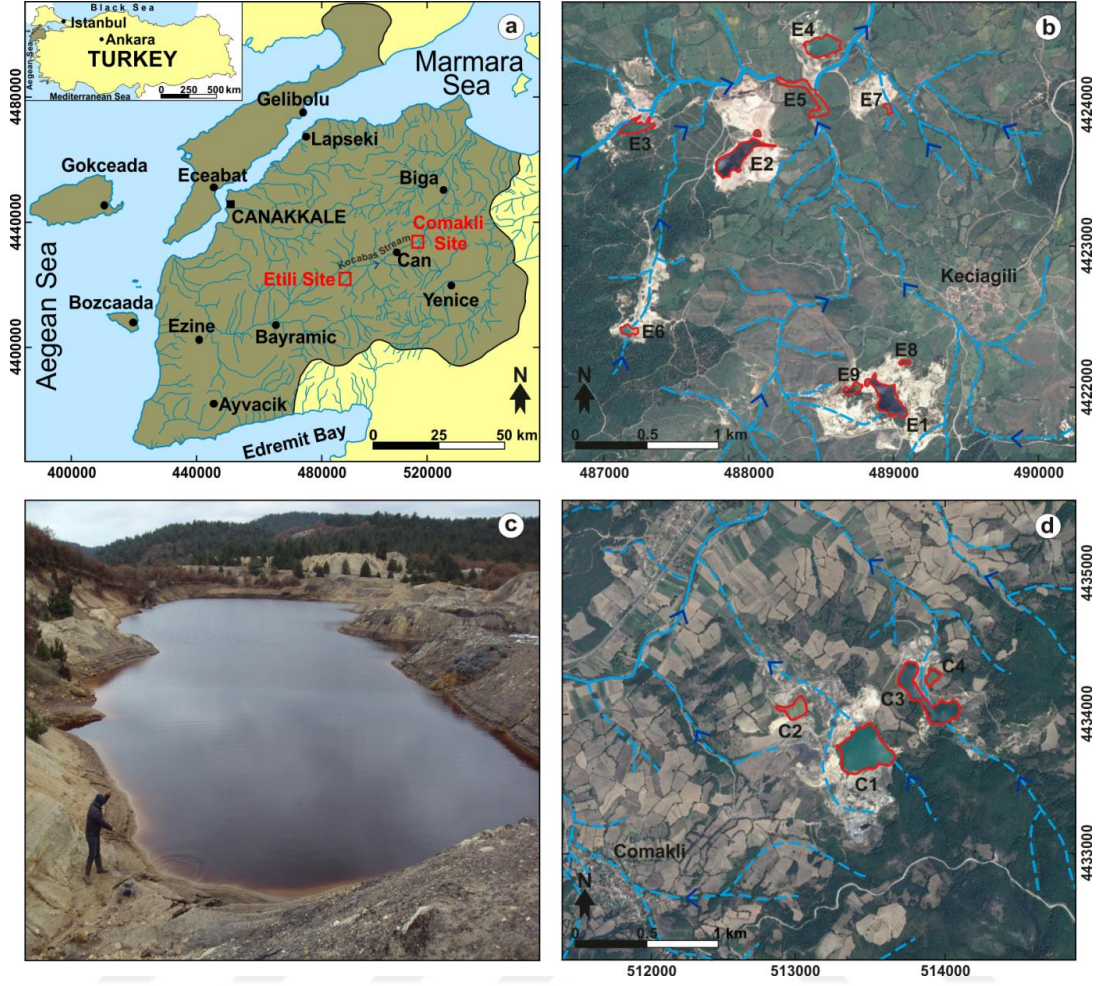
1.8. Çalışma Sahası

Çalışma alanı coğrafi olarak Türkiye'nin kuzeybatısında bulunan Çanakkale ilindeki Çan Kömür Havzasında yer almaktadır. Yaklaşık 100 metre kömür içeren Çan Kömür Havzası, KD-GB odaklı, 30-35 km uzunluğunda ve 8-10 km genişliğinde bir alanı kapsamaktadır (Bozcu ve ark., 2008). Şekil 1.14' te çalışma alanının konumu ve fotoğrafları verilmiştir.

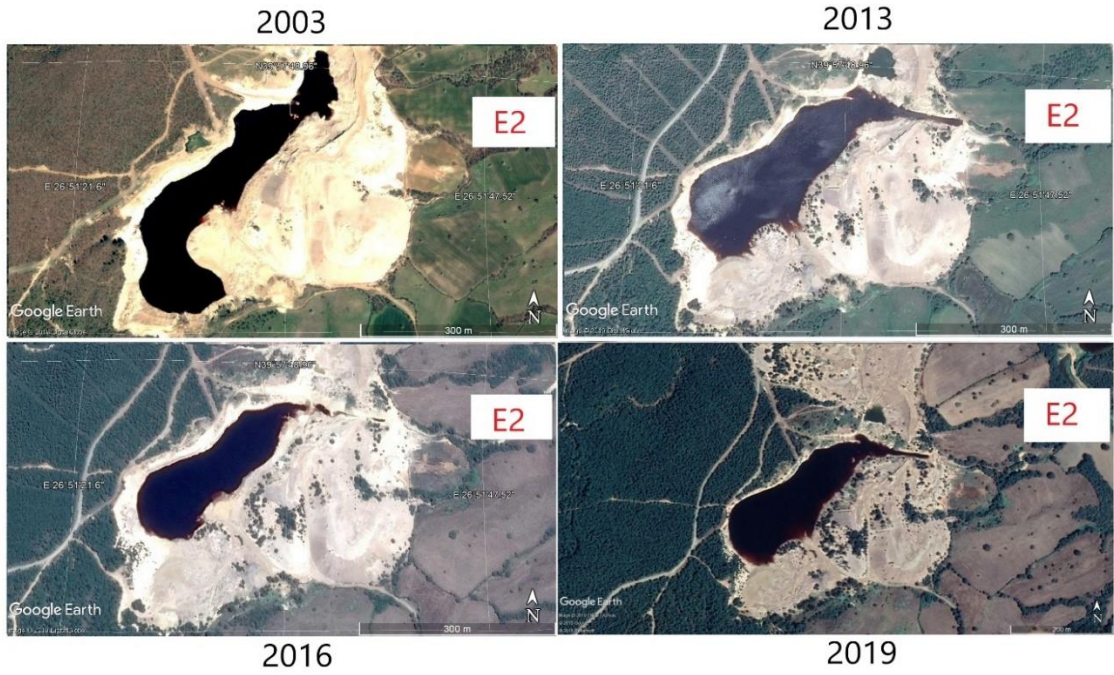
Bu çalışmada Çan Kömür Havzasının Etili bölgesinde dokuz adet maden gölü (Pleiades uydu görüntüsü, Mayıs 2013), Çomaklı bölgesinde dört adet maden gölü (Pleiades uydu görüntüsü, Ağustos 2013) İHA ile görüntüleri ile incelenmiştir (Şekil 1.14 b-d). Etili sahasındaki göller E1 ila E9, Çomaklı bölgedeki göller ise C1 ila C4 olarak adlandırılmaktadır. Gerek devam etmekte olan maden faaliyetleri gerekse diğer etkilerden dolayı göllerin alanlarında ciddi değişiklikler olmuştur.

Şekil 1.15, Şekil 1.16 ve Şekil 1.17'de maden göllerinin Google Earth programı kullanılarak incelemesi yapıldığında arazide meydana gelen değişim açıkça görülmektedir. 2003 ve 2013 yılındaki uydu görüntülerine ilaveten değişimin devam ettiğini göstermek için 2016 ve 2019 yılında çekilen fotoğraflar da eklenmiştir.

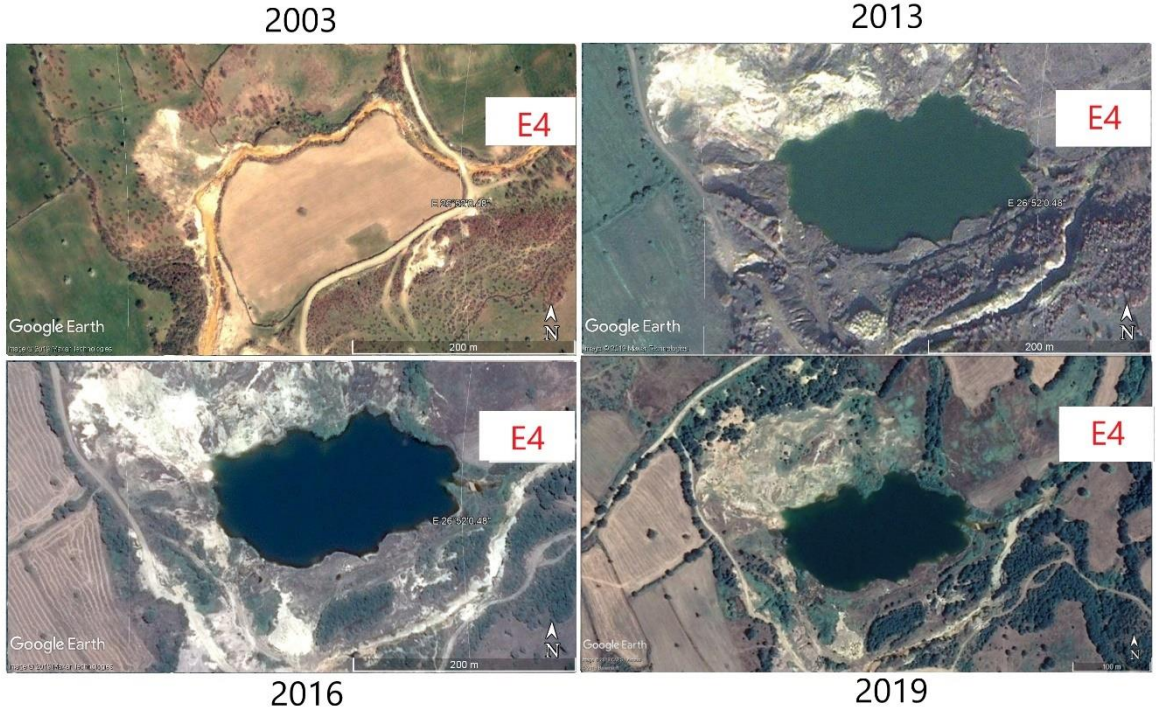
E2 numaralı gölün olduğu ocakta 2003 ile 2013 yılları arasında madencilik faaliyetlerinin devam ettiği görülmektedir. 2013 ile 2016 arasında ise drenajı sağlamak için gölün kuzeydoğu kısmından bir kanal açıldığı çalışmalarımız esnasında gözlemlenmiştir. Bu değişim uydu görüntüleri üzerinde de rahatlıkla görülebilmektedir.



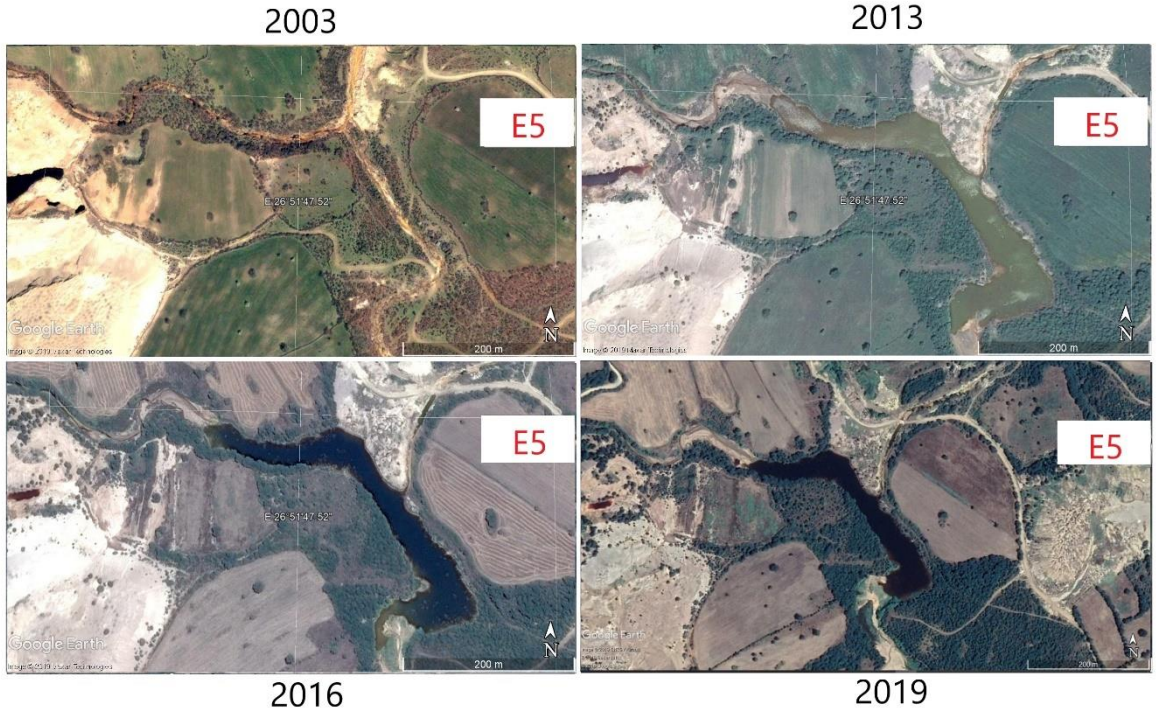
Şekil 1.14. a) Yerbulduru haritası, b) Etili sahası, c) E2 gölü fotoğrafı, d) Çomaklı sahası



Şekil 1.15. E2 gölünün zaman içindeki değişimi



Şekil 1.16. E4 gölünün zaman içindeki değişimi



Şekil 1.17. E5 gölünün zaman içindeki değişimi

Etili bölgesindeki tüm göller ve ayrıca Çomaklı'daki C1 ve C2, asidiktir ve pH değeri 4'ün altındadır. Çomaklı sitesinde, C3 ve C4'ün pH değeri 7'nin üzerindedir. Bu iki gölün pH değerini artıran, Çomaklı'nın güney doğusunda bulunan yerel kireç taşı bloklarıdır.

Maden gölleri, ortalama deniz seviyesinden 128-245 m yükseklikte bulunmaktadır. Marmara Denizi'ne dökülmeden önce Çan İlçesi'nden geçen Kocabaş Çayı'nın yukarısında bulunmaktadırlar. Bu çay boyunca, bazı yerleşim alanları içme suyunu sondajlardan sağlamaktadır. Bu nedenle, Kocabaş Çayı ve yan kollarının su kalitesi yerel halk için kritik öneme sahiptir. Çan Kömür Havzasındaki yüzey drenajının hidrolojisi, yağış düzenlerine ve sıcaklığa bağlı olarak değişken bir akış rejimine sahiptir (Şanlıyüksel Yücel ve ark., 2017).

Gündüz ve Baba (2008), C1'in pH değerinin 3,07 olduğunu ve sırasıyla 3923- 109,92-74,09 ve 51,49 mg / l değerlerinde yüksek konsantrasyonlarda SO₄, Al, Fe ve Mn içerdiğini belirtmektedir. Şanlıyüksel Yücel ve Baba (2013b), Türkiye'deki su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre, Etili bölgesindeki maden göllerinin, pH, SO₄, Al, Fe, Mn, Ni ve Zn değerleriyle IV. sınıf, çok kirli olarak sınıflandırdığını tespit etmiştir. Bu yönetmelik, bu tür göl sularının hiçbir nedenle kullanılmaması gerektiğini belirtir.

Şanlıyüksel Yücel ve Baba (2013b), Etili'deki maden göllerini çevreleyen derelerin 2,85 ila 5,75 arasında değişen pH değerlerine sahip olduğunu ve sularının kırmızı-kahverengi bir renk olduğunu belirtmiştir. Derelerde meydana gelen renk ve asidite değişiminin sebebi tipik olarak, maden işletmelerinin kömür ocaklarını yeniden faaliyete geçirmek istediğinde, asit maden göllerini yerel derelere boşaltmasıdır. Bu durum çalışma sırasında birkaç kez meydana gelmiştir. Asit madeni drenajının kontrol edilmesi gerekliliğinin en önemli noktalarından biri, sadece drenajda bulunan çözünür kirleticiler değil, bu drenajın taşınarak yakın ve hatta uzaktaki ortamları da kirletme potansiyeline sahip olmasıdır. Yüzey sularının taşıdığı asidik drenaj farklı kaya ve topraklarla temas eder ve hatta tarım alanlarına bile ulaşabilir. Ayrıca Çan Kömür Havzasında, asit maden göllerinin sızması ve yerel derelere deşarjı nedeniyle balık ölümlerinin meydana gelmektedir. (Şanlıyüksel Yücel ve Baba, 2013a; Şanlıyüksel Yücel ve Baba,2013b; Şanlıyüksel Yücel ve ark., 2014) Bu nedenle, yerel akarsuların uzun mesafelerini taşıyan düşük pH'lı ve yüksek metal konsantrasyonlu kirli yüzey drenaj suları, çevre kalitesi açısından büyük bir risk oluşturur.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İHA kullanılarak fotogrametri çalışmaları uzun yıllardan beri yapılmaktadır. Henri Eisenbeiss (2004) Palpa, Peru yakınlarında Picanto Alto'da 13. yüzyıldan kalma maden olduğu tahmin edilen bir bölgenin üzerinde tek pervaneli VTOL İHA ile uçmuş ve İHA'nın istenilen koordinatlara gidebildiğini göstermiştir. Sabit kanatlı cihazda bir GPS alıcısı mevcuttur ve gideceği güzergahı GPS kullanılarak yönlendirilmektedir. Gideceği noktalar jeodezik GPS kullanılarak ölçülmüştür.

Wang, ve ark. (2014) ise açık maden sahasının 3 boyutlu modelini oluşturmak için 8 pervaneli bir İHA kullanarak elde edilen yüksek çözünürlüklü resimler elde etmiş. Elde edilen resimlerle oluşturulan model yersel lazer tarayıcıyla karşılaştırarak nokta buluntuda 11 cm sayısal yükseklik modelinde (SYM) ± 40 cm ve toplam hacimde ise %1,15 hata elde etmişlerdir. Siebert ve Teizer (2014) dronlarla yaptıkları RTK karşılaştırmalı teste İHA'ların araştırmacı ve uygulamacılar tarafından kullanılabilirliğini ve işlem sürelerini ciddi oranda kısalttığını söylemişlerdir.

Douterloigne ve ark. (2010) İHA görüntülerinin uygun koşullarda alındıklarında klasik yöntemlerle alınan ölçümlerle farklı olmadığını göstermişlerdir. Ouédraogo ve ark. (2014) ise Belçika'da tarımsal havzada yaptıkları çalışmada karasal lazer tarayıcı ve İHA'dan elde edilen görüntüleri karşılaştırarak ucuz ve pratik olan İHA'ların coğrafi çalışmalarda kullanılabilirliğini ancak daha hassas ölçümler için lineer olmayan hataları düzeltme çalışmaları yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalarla İHA görüntülerinin harita uygulamalarında kullanılabilirliği hataların kabul edilebilecek seviyelerde olduğunu göstermiştir.

Nicosevici ve Garcia (2013) uzaktan kumanda edilebilen bir su altı sistemi kullanarak deniz tabanından elde ettikleri kamera fotoğraflarından, elde edilmiş dokuların fotogrametrik farklarından ve 3 boyutlu geometrik özelliklerinden faydalanarak görüntüleri birleştirip, deniz tabanının haritalanması ve 3 boyutlu modellenmesinde kullanılabilir yöntemini önermişlerdir.

Tavani ve ark. (2014) Khaviz antiklinalinde yaptıkları çalışma ile mostraların sanal modellerini oluşturmuş oluşturulan modellerden özellik çıkarımı yapıp ve bu yöntemin yer bilimleri eğitiminde kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Yapılan başka bir çalışma is Tanzania'nın güneyindeki toprak kaymaları üzerinde 8 pervaneli bir İHA ile farklı tarihlerde alınan yüksek çözünürlüklü fotoğraflardan yatayda 6

cm dikeyde ise 5 cm hatayla SYM ve ortomozaik elde edilerek toprak kaymasıyla ilgili veriler elde edilmiştir (Lucieer ve ark. ,2013).

Niethammer ve ark. (2015) Fransa'daki super-Sauze toprak kaymasını incelemek için bir 4 pervaneli İHA kullanmış elde edilen görüntülerin analizi sonrası 7 cm ve 50 cm arasında değişen hızlarla kaymanın gerçekleştiğini göstermişlerdir.

Su kütlesi kapsayan ortamlarda yapılan çalışmalarda İHA verilerinin kullanılabilceği çeşitli çalışmalarla ispatlanmıştır. James ve Robson (2012) son kullanıcı kameraları kullanarak 50 metrelik sahil şeridinde erozyon takibini bölgenin 3 boyutlu modellerini oluşturarak karşılaştırmışlar ve bu yöntemin klasik yöntemlere göre %80 oranında daha kolay olduğunu belirtmişlerdir.

Fonstad ve ark. (2013) Amerika Teksas'da bulunan Pedernales Nehrinde bir Helikite kullanarak aldıkları fotoğraflarla nehrin SYM'lerini oluşturarak alçak irtifalı sistemlerin santimetre hassasiyetindeki sonuçlarıyla LiDAR (Light Detection and Ranging) yerine kullanılabilceğini söylemektedirler. Javernick ve ark. (2014) çok kollu nehirde yaptıkları çalışmada yine basit kameralı İHA sistemleriyle elde edilen SYM'lerin kullanılabilceğini göstermişlerdir.

Mancini, ve ark. (2014) İtalya'da yaptıkları çalışmada sahil şeridinden elde ettikleri İHA görüntülerinden elde edilen SYM ile yersel tarayıcıdan elde edilen SYM verilerini karşılaştırmış: Küresel konumlama sistemi ile 1,1 cm; karasal lazer tarayıcı ile 1,5 cm fark ile elde etmişlerdir.

Tokarczyk ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada kentsel alanlar için toprak geçirimsizlik haritalarını İHA görüntüleri kullanarak hazırlamışlardır. Elde ettikleri haritaların yüksek irtifa hava fotogrametrisinden daha kullanışlı olduğunu ve hidrolojik uygulamalar için İHA'ların daha uygun olduğunu söylemektedir.

Goncalves ve Henriques (2015) sabit kanatlı bir İHA sistemli ve metrik olmayan ucuz kameralarla sahil şeridinin topografik incelemesini yapmış ve 3,5 ila 5 cm hassasiyetle modeller elde etmişler ve bu yöntemin klasik yöntemlerin yerini alabileceğini söylemişlerdir.

İHA'lar insanların ulaşamayacağı veya ulaşmasının riskli olduğu yerlerde kullanılabilir. Cornwell, İngiltere'de bulunan eski uranyum madenlerinde sabit kanatlı ve üzerinde gama radyasyon haritalama ünitesi ile radyolojik karakterizasyonu çıkarmışlardır (Martin ve ark., 2015). Immerzeel ve ark. (2014) ise Himalayalar'da buzulların hareketlerini sabit kanatlı İHA kullanarak incelemiş ve 6 cm. hassasiyetinde veriler elde etmişlerdir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. İnsansız Hava Aracı Sistemi

3.1.1. Gövde

Bu çalışmada, VTOL çok pervaneli bir İHA kullanılmıştır. İHA'da gövde olarak DJI (Da-Jiang Innovations Science and Technology Co., Ltd., Çin) firması tarafından geliştirilmiş F550 altı kollu (heksakopter) yapı tercih edilmiştir (Şekil 3.1). Altı kollu yapı altı adet motor barındırdığı için daha fazla ağırlıkla uçuş yapabilmekte dolayısıyla faydalı yük miktarı artmaktadır.



Şekil 3.1. DJI F550 gövde

3.1.2. Motor

Motor olarak T-motor MT2216 900KV (T-Motor, Çin) model motorlar tercih edilmiştir (Şekil 3.2). Fırçasız olan motorlar tam güçte 670g itme kuvvetine sahip motorlar sayesinde sistemin toplam itiş kuvveti 4 kg olmuştur.



Şekil 3.2. MT2216 900KV motor

3.1.3. Pervane

Pervane olarak farklı tip pervane yapıları denendi. Plastikten imal edilmiş pervanelerin vibrasyonu karbon fiberden imal edilmiş olanlara göre daha fazla olduğu için üzerindeki plastik pervaneler yerine 11×45 mm karbon fiber pervaneler monte edilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. İHA Sisteminde kullanılan pervanlar

3.1.4. Elektronik Hız Denetleyicisi

Motor sürücüsü olan yine T-Motor firmasına ait AIR 40A model ESC (Electronic Speed Controller- Elektronik Hız Denetleyicisi) tercih edilmiştir. 26 gr ağırlığa sahip ESC'ler performanslarıyla ısınma sorunu yaratmadan sorunsuz uzun uçuşlar yapılmasına imkân vermiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Elektronik Hız Denetleyicisi

3.1.5. Uçuş Kontrol Kartı

Uçuş kontrol kartı olarak APM 2.8(ArduPilot Mega v2.8) tercih edilmiştir. Fiyat performans oranı en iyi olan ve de drone kullanıcıları tarafından en çok tercih edilen uçuş kontrol kartlarında biridir (Şekil 3.5). Otomatik pilot özelliğini de üzerinde barındırması sayesinde verilen rotayı takip edebilmekte ve acil durumlarda başlangıç noktasına

dönebilmesini sağlayabilmektedir. En önemli noktalarından biri de açık kaynak kodlu bir sistem olmasıdır. Bu sayede gereken değişiklikler sistem üzerinde kolaylıkla yapılabilmektedir.

Karta 8 kanala kadar destekleyen standart kumanda alıcıları takılabilirken, Sbus teknoloji desteğini de sunmaktadır. Sbus sayesinde daha çok kanal bilgisini aktırabilmektedir. Çıkış olarak 8 motoru kontrol edebilme imkânı vardır. Bu çalışmada altı pervaneli bir sistem kullandığı için sadece altı çıkış kullanılmıştır.

Kart uçuş sisteminin oryantasyonunu sağlamak için 10 serbestlik derecesine (degree of freedom: DoF) sabit bir eylemsizlik ölçüm ünitesi (inertial measurement unit: IMU) barındırmaktadır. 3 eksenli bir jireskop, 3 eksenli ivmeölçer, 3 eksenli manyetometre ve bir adet barometreden oluşur. Jireskop sistemin dengesinin kaç derece ile bozulduğunu bize söylerken ivme ölçer bu hareketin hangi ivmeyle başka bir deyişle hangi hızla yapıldığını belirlerken kontrol kartı ise çok pervaneli İHA'ların temel prensibi olan havada dengede kalma eylemini IMU'dan gelen denge bozulmasının hangi yönde ve hangi hızda gerçekleştiği bilgisini dengelemek için kullanır. Bunu da motorların devir sayıları ayarlayarak sağlar. Manyetometre ise istikamet bilgisi verir. Yani sistemin hangi yöne ilerlediğini bildiren bir elektronik pusuladır. İstenirse harici manyetometreler takılabilmektedir. GPS'in yükseklik doğruluğu çok iyi olmadığı için bir adet atmosferik basınç sensörü sayesinde yükseklik doğrulaması yapılmaktadır.

Sistemde farklı cihazlar için ilave kontrol çıkışları vardır. Açılıp kapanan iniş takımları, kamera tetikleme gibi sistemleri bu noktalardan kontrol kartına bağlanmaktadır.



Şekil 3.5. APM uçuş kontrol kartı

3.1.6. GPS Modülü

Konumlama sistemi için APM kartıyla sorunsuz çalışabilen Neo-6M (Ublox, İsviçre) GPS entegrasyonu birlikte sistemin uçuş yönünü belirlemek için manyetometre içeren APM GPS Modülü kullanılmıştır (Şekil 3.6). GPS modülü sayesinde hexacopterin yeryüzündeki konum bilgisi elde edilirken manyetometre sayesinde sistemin istikamet bilgisi elde edilmektedir.



Şekil 3.6. APM GPS modülü

3.1.7. Telemetri

İHA sistemimize uçuş bilgilerini yükleme, sistem ayarlarını yapma gibi işlemleri kablosuz olarak yapma ve en önemlisi uçuş esnasındaki sistem verilerini bilgisayara aktararak İHA'nın durumunun kontrol edilmesini sağlayan modüldür. Yine APM geliştiricileri tarafından açık kaynak kodlu olarak tasarlanan sistem iki adet alıcı-verici (transceiver) üniteden oluşmaktadır (Şekil 3.7). Modüllerin antenleri daha kaliteliyle değiştirilerek 1 km'den bilgi alınması sağlanmıştır.



Şekil 3.7. APM Pixhawk Telemetri Sistemi

3.1.8. Kumanda

Uzaktan kumanda (remote controller: RC) olarak FrSky (FrSky Electronic Co. Ltd., Çin) firmasının ürünü olan Taranis X9D Plus tercih edilmiştir. Cihaz dahili anteni ile 1.5 Km. mesafeye veri aktarımı yapabilmektedir. 16 kanallı bir kumandadır (Şekil 3.8). Otonom uçuş yapılsa bile olası durumlarda manuel kullanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Kumandanın üzerindeki anahtarların ikisine mutlaka “başlangıç noktasına dön” ve “otonom -manuel” uçuş konutları için ayarlamalar yapılmalıdır.



Şekil 3.8. Kumanda

3.1.9. Pil

Sistem enerji kaynağı olarak 3 hücreli (3S) Lityum-Polimer (LiPo) piller kullanılmıştır (Şekil 3.9). 5000mAh ve 10000mAh kapasiteli piller 12V elektrik potansiyeline sahiptir. LiPo'lar enerji depolama ve anlık akım boşaltma kapasiteleri sebebiyle elektrikli İHA sistemlerin vazgeçilmez enerji kaynağıdır. Kullandığımız bataryalar uçuş sistemimizin ağırlığı ile hava şartlarına bağlı olarak 13 dk ila 19 dk arasında görev süresi imkânı vermektedir. Uçuşlara birden fazla batarya ile gidilerek görevler arası batarya değiştirmek kaydıyla 2 saate kadar uçuş görevi gerçekleştirdiğimiz zamanlar olmuştur.



Şekil 3.9. LiPo Pil

3.1.10. Kamera

Görüntüleme sistemi olarak 2002 yılında kurulan Amerikan GoPro Şirketinin ürünü olan GoPro Hero 3 aksiyon kamerası kullanılmıştır (Şekil 3.10). Aksiyon kameralar 2010'lar sonrasında popüler olmaya başlamıştır. Titreşim önleme özellikleri, düşük ağırlıkları, su geçirmezlikleri, dayanıklılıkları ve yüksek çözünürlüklü (high definition: HD) görüntüler kaydedebilmesiyle özellikle extreme sporcular ve uzaktan kumandalı cihaz kullananlar tarafından çok sevilmiştir. Drone sistemlerinin sayıları artıka da bu sistemlerin vaz geçilmez parçaları olmuşlardır.

Bu çalışmada kullanılan Gopro Hero 3 kameranın kullanım süresi 2 saate kadar ulaşmaktadır. Üzerindeki hafıza kartına uçuş sırasında elde edilen görüntüleri kaydetmektedir. Kablosuz bağlantı özelliği sayesinde çekimi uzaktan başlatıp durdurma ve hatta çektiği görüntüleri mobil cihazlardan izleme olanağı vermektedir.

12 Megapiksel (MP) fotoğraf çekme imkanına sahiptir. 64 GB hafıza kartıyla yaklaşık 15300 fotoğrafı kaydedebilmektedir. Uygulama sırasında kullanılan fotoğraf çekim aralıkları yarım saniye ile bir saniye olmuştur. 10 dakikalık bir uçuştan 600 ila 1200 fotoğraf elde edilmiştir.

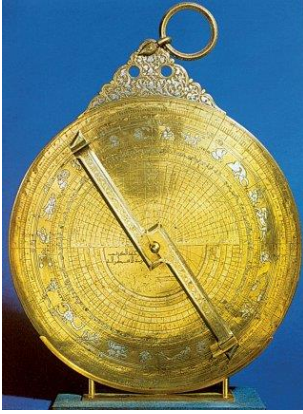
Kameranın ebatları 41×59×21 milimetredir. Muhafazasıyla birlikte 136 g gelmektedir. JPEG formatında görüntüler elde edilmektedir. Düşük ışık altındaki çekim kalitesi profesyonel seviyededir.



Şekil 3.10. GoPro Hero 3 Black Edition

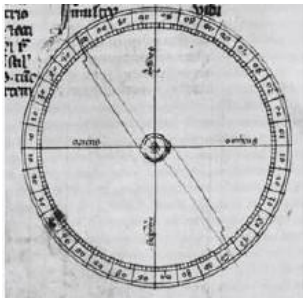
3.2. Uyduya Dayalı Küresel Navigasyon Sistemi (GNSS)

İnsanlık tarihi boyunca en çok cevap aranan sorulardan biri “Neredeyim? Nereye gidiyorum?” olmuştur. Bunun için başta güneşi, ayı ve yıldızları kullanmışlardır. Daha sonra çıplak gözle yapılan gözlemlere ek olarak çeşitli cihazlar geliştirilmiştir. Eski dönemlerde teknik anlamıyla küresel astronomi problemlerini çözmek, gök cisimlerinin veya herhangi bir yükseltinin yüksekliğini ölçmek, gündüz ve gece saatlerini belirlemek, şehirlerin enlem ve boylam değerlerini hesaplamak gibi teorik ve pratik birçok amaçla kullanılan astronomi aletini ifade eden usturlap Yunanca astronla (yıldız) lambanein (almak, yakalamak, ölçmek) kelimelerinin birleşimiyle oluşan astrolabos veya astrolabondan Arapçalaşmıştır. (Kaçar ve ark., 2012). Usturlap zamanının oldukça popüler cihazıdır (Şekil 3.11).



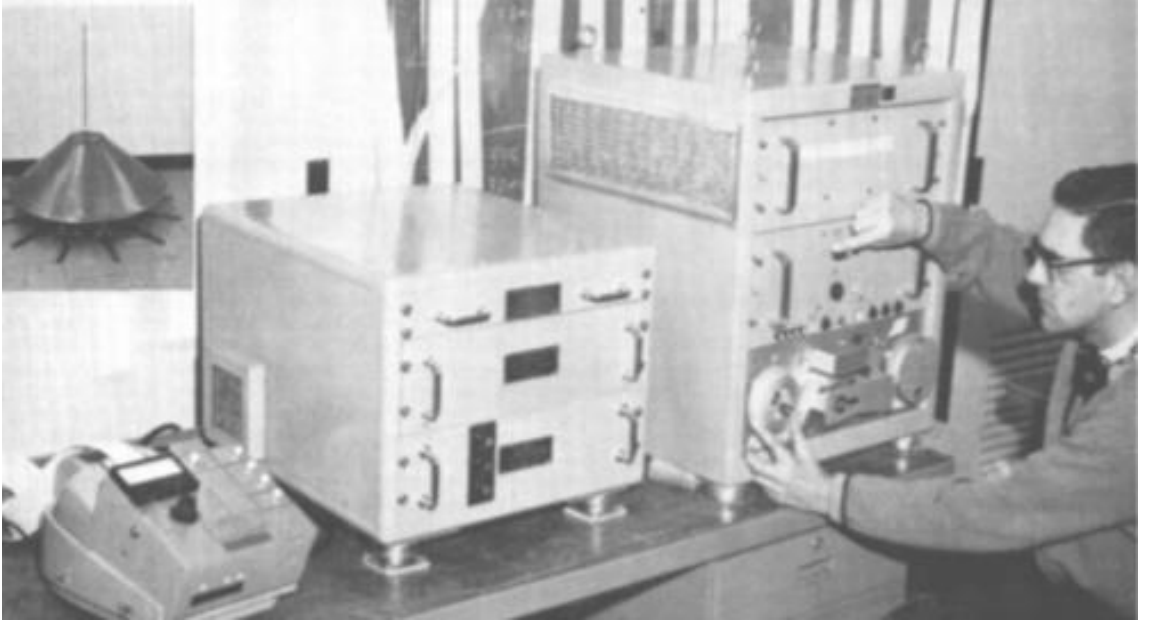
Şekil 3.11. Usturlap (Kaçar ve Bir, 2012)

Milattan sonra ilk yüzyılda icat edilen pusula ancak M.S. 11. yüzyılda yön bulmak için kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 3.12) (OAIB Moment Expo). Arap tüccarlarla orta doğuya, Haçlı seferleriyle Avrupa’ya taşınmıştır. Bu sayede zamanın ulaşım araçları için yön bulma sorunu bir nebze olsun azalmıştır.



Şekil 3.12. Pierre De Maricourt pusulası 1269 (Wiki,2019)

1957 de fırlatılan Sputnik uydusuyla ve 1958 de başlayan Amerikan TRANSİT sistemiyle uydu tabanlı küresel navigasyon sisteminin temelleri atılmıştır (UNOOSA, n.d.). Navigasyon kelimesinin eş anlamlısı olan seyrüsefer kelimesi konumlandırma (positioning) ve rehberlik (quidance) işlevlerini birleşmesinden oluşmaktadır. Yani sistemin mevcut konumunu bilerek hedefteki noktaya ulaşmak için ne yapması gerektiği bilgisinin sisteme verilmesiyle oluşmaktadır. Başka bir ifadeyle usturlap ve pusulayı birleştirerek konum ve istikamet bilgilerini günün her saatinde hassasiyetle elde etme imkânı bulunmuştur. İlk başlarda çok büyük olan cihazlar teknolojik gelişmelerle birlikte küçülmüştür(Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Dünyanın ilk gemi navigasyon cihazı XN-5(1969) (UNOOSA, n.d.)

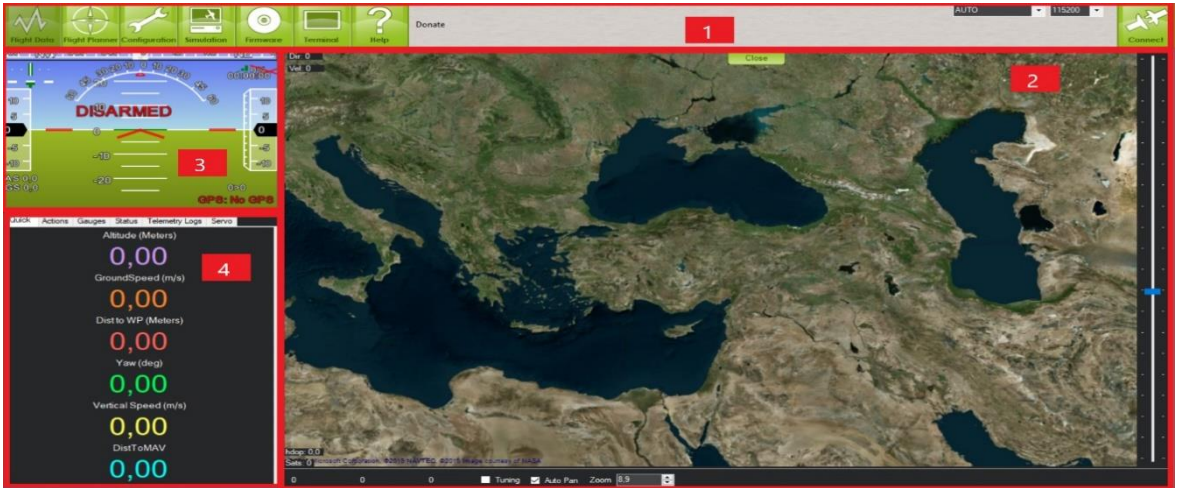
Ancak 1983'e kadar bu çalışmalar askeri kullanımla sınırlı kalmıştır. Sovyet askerleri casus olarak düşündükleri bir uçağı vurarak 1 Ekim 1983'te düşürmüşlerdir (Şekil 1.14). Düşen uçağın Kore Hava Yollarına ait, 007 numaralı uçuşu gerçekleştiren, yolcu jeti olduğu sonradan anlaşılmıştır. Fakat 262 sivilin ölümüne yol açmıştır (ADST,2019). Bu kazadan sonra Küresel konumla sistemi sivil kullanıma açılmıştır.



Şekil 3.14. Kore Havayolları 007 nolu uçuşu gerçekleştiren BOEING 747 (ADST,2019)

3.3. Uçuş Kontrol Yazılımı

Uçuş kontrol yazılımları İHA'ları uçuşa hazırlamak, uçuş esnasında sistem durumunu görüntülemek, sonrasında ise uçuş analizlerinin yapıldığı programlardır. Bu çalışmada kontrol kartı APM ile uyumlu Ardupilot geliştiricileri tarafından hazırlanmış, açık kaynak kodlu Mission Planner programını uçuş kontrol yazılımı olarak tercih edilmiştir. Yazılım günümüzde kullanım kolaylığı ve stabilitesiyle standart yazılımlardan biri haline gelmiştir.



Şekil 3.15. Mission Planner Programı Ana Ekran Görüntüsü

Programın ana ekranı Şekil 3.15’de gösterilen dört bölüme ayrılmıştır:

1 no.’lu bölüm programın menüsünü,

2 no.’lu bölüm harita bölmesini,

3 no.’lu bölüm baş üstü göstergesini (head-up display: HUD),

4 no.’lu bölüm is kontrol ve durum alanını

göstermektedir.

3.3.1. Program Ana Menüsü



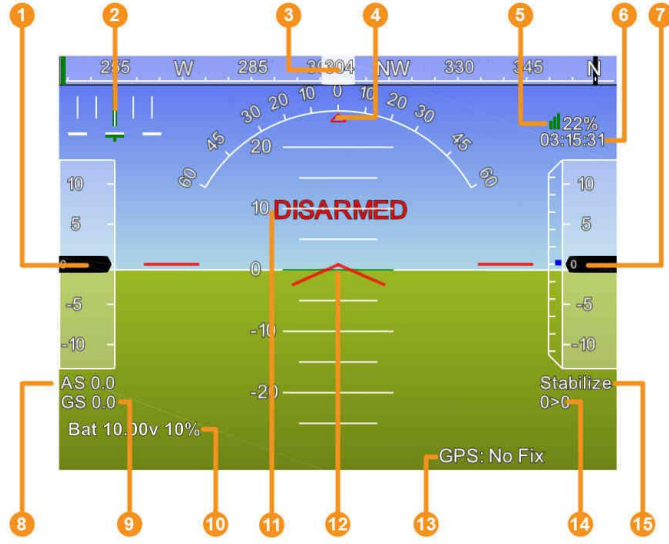
Şekil 3.16. Mission Planner Programı Menüsü

Mission Planner Programının Şekil 3.16’da işaretlenmiş kısımlarının açıklamaları şu şekildedir:

- Uçuş bilgileri ekranına geçiş yapar. Aynı zamanda ana ekrandır.
- Ayarlar sayfasına geçiş yapar.
- Cihaz yazılımlarını güncellemek için kullanılır.
- Yardım sayfasını açar.
- İHA’ya hangi port üzerinden bağlantı kurulacağı seçilir.
- İHA’la hangi hızda veri transferi yapılacağı seçilir.
- İHA’ya bağlantı başlatır/bağlantıyı koparır.
- Uçuş Planyacısına geçiş yapar.
- Simülasyon sayfasına geçiş yapılır.
- Terminal moduna geçiş yapılır.

3.3.2. Baş Ucu Göstergesi (HUD)

Uçuşlarda sıkça ihtiyaç duyduğumuz bilgiler HUD (Headup Display) ekranında yer almaktadır (Şekil 3.17). İlk başta kullanıcıya karışık gelen bu yapı uçan tüm cihazlarla ortaklık gösterdiğinden bir müddet sonra ekranın ne kadar verimli olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3.17. HUD ekranı

Resimde numaralandırılan bilgiler şu şekildedir:

1. Hava hızı (Eğer hava hız sensörü yoksa yere göre hızı göstermektedir.)
2. Geçiş izi hatası ve dönüş oranı (T)
3. Cihazın istikameti
4. Yatış açısı
5. Telemetri bağlantısının kalitesi (başarıyla alınan /gönderilen paketlerin ortalama değeri)
6. GPS Saati
7. İrtifa (mavi çubuk tırmanma oranını gösterir)
8. Hava hızı
9. Yer hızı
10. Pil durumu
11. Yapay ufuk çizgisi
12. Hava aracı pozisyonu
13. GPS durumu
14. Mevcut ara nokta ve ara noktaya uzaklık
15. Mevcut uçuş modu

3.3.3. Harita Alanı

Şekil 3.15'da 2 numara ile gösterilen harita alanında (Şekil 3.18) ise hem İHA'nın o anki konumu ve istikameti görülür, hem de yardımcı mod kullanılır. Güdümlü modu

kullanmak için harita üzerinde istenilen noktaya sağ tıkladığında bir menü açılır. Bu menüyle İHA'ya: bu noktaya git; bu noktaya şu yükseklikten git; kamera bu noktaya baksın; kamerayı tetikle gibi anlık komutlarla da kontrol etmemiz sağlamaktadır.

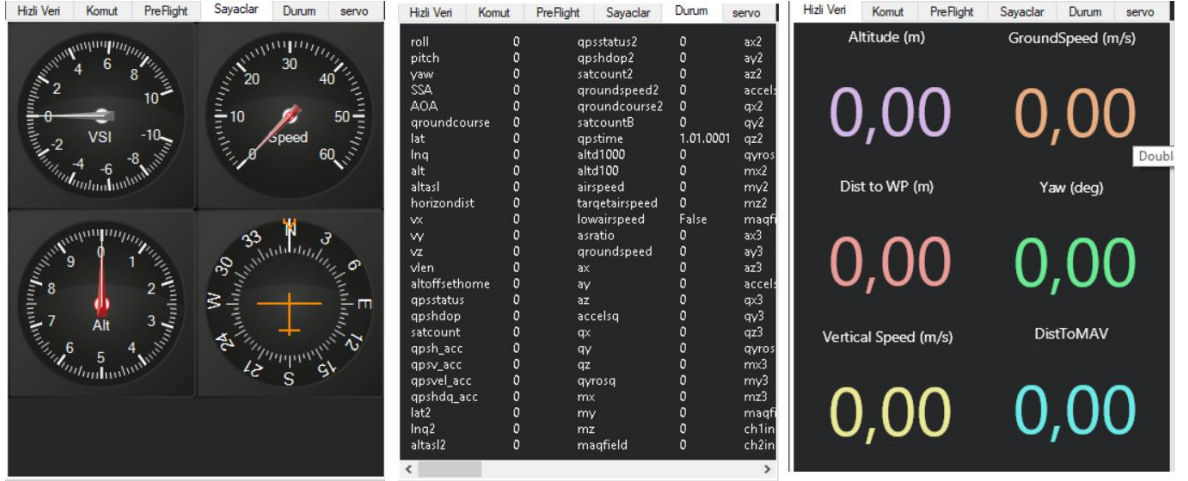


Şekil 3.18. Mission Planner harita alanı

Tabi ki güdümlü olarak İHA'yı kullanmak haritalama ve modelleme için iyi bir seçenek değildir. Bu mod sadece basit, bir iki noktadan görüntü almak için kullanılacak yöntemlerden biridir.

3.3.4. Kontrol ve Durum Alanı

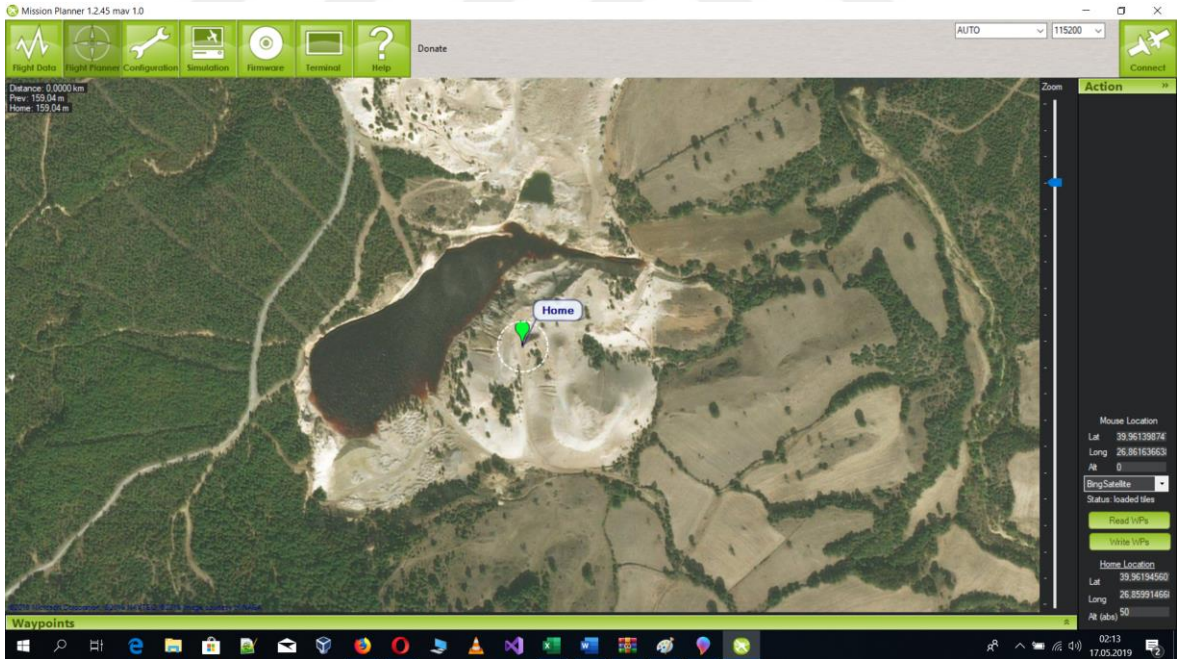
Kontrol ve Durum Alanında uçuş esnasında telemetriden alınan bilgilerin gösterildiği sekmeler yer almaktadır. Durum sekmesinde telemetri bilgilerinin tümü ekranda görülebilir. Hızlı veri sekmesinde ise yükseklik, yer hızı, bir sonraki ara noktaya olan mesafe gibi özet bilgiler yer alır (Şekil 3.19). Sayaçlar kısmında ise uçuş verilerini gösterge şeklinde görme imkânı vardır. Komut sekmesinde ise İHA'ya komutlar göndererek uçuşa müdahale etme imkânına sahip olunur. Servo sekmesi ise sistemdeki servo sinyallerinin seviyelerini göstermektedir. Preflight sekmesi uçuş öncesi yapılan ön kontrol listesidir. GPS sinyali alınıyor mu? Telemetri sinyal seviyesi ne durumda? Pil seviyesi nedir? Gibi kontrol parametrelerini kolaylıkla kontrol etmenizi sağlayan bir sekmedir.



Şekil 3.19. Kontrol ve durum alanı sekme örnekleri

3.3.5. Uçuş Planı Menüsü

Uçuş planı Menüsü uçuşu planladığımız programın en önemli kısımlarından biridir. Bir harita sağlayıcısı tarafından sağlanan harita üzerinde uçuş planı gerçekleştirilir. İstenen Harita sağlayıcısı programın sağ tarafından seçilebilmektedir. Google, Openstreet, Bing, Arcgis gibi firmalar tarafından sunulan haritalar tercih edilebilmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Uçuş planı sayfası

Harita sağlayıcısı seçme listesinin altında bulunan “Home Location” alanı uçuşun başlayacağı noktanın enlem ve boylam bilgileri İHA'nın GPS modülünden alarak telemetri ile programa aktarır. Bu nokta aynı zamanda herhangi bir istenmeyen durumda sistemin

döneceği noktadır. “Write WPs” butonu oluşturulan uçuş bilgilerini İHA’ya aktarmak için kullanılır. “Read WPs” butonuyla ise İHA’da mevcut olan uçuş rotasını bilgisayara aktarmaya yararmaktadır.

Fare ile harita üzerine her tıkladığınızda buraya bir ara nokta ekler. Ve bu noktalara ardışık birer numara verir. İHA başlangıç noktasından başlayarak sırasıyla numaralandırılmış bu noktalara giderek rotasını tamamlar. Harita üzerine sağ tıklayarak açılan menüden daha detaylı rota planlama seçeneklerine ulaşılır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Uçuş planlama ekranı uygulama menüsü

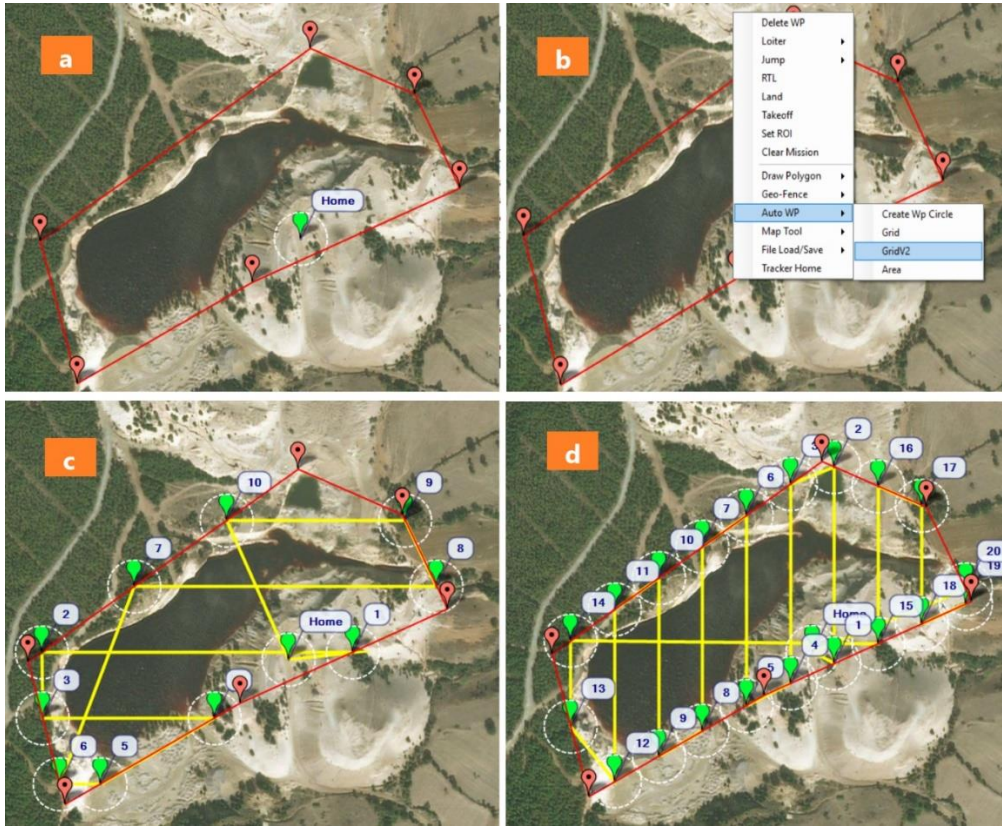
Bu menüden yararlanarak:

- Eklenmiş bir ara noktayı silebilir.
- Beklemesi gereken bir nokta belirlenebilir
- Farklı bir ara noktaya atlaması sağlayabilir
- İniş bölgesine gitme noktası ayarlanabilir
- İlgili noktaya inmesi sağlanabilir
- İlgili noktadan havalanması sağlanabilir
- Odak bölgesi seçilerek kameranın hep o bölgeye bakması sağlanabilir
- Bütün görev silinebilir
- Ekrana poligon çizilir
- İHA'nın çizilen alan dışına çıkmaması için sanal bir çit oluşturulur

- k) Otomatik rota planlaması yaptırılır
- l) Haritacılık işlemleri yapılabilir
- m) Rotalar dosyaya kaydedilip tekrar açılabilir

Eğer bir araştırma için uçuş rotası oluşturmak isteniyorsa kullanılacak en iyi yöntem şudur:

Öncelikle araştırma yapılacak bölgenin etrafına bir poligon çizilir ve araştırma yapılacak alanın bu poligon içinde kalması sağlanır. Sonra otomatik ara nokta atma menü adımı seçilir. Burada ara noktalar arası mesafenin ne kadar olacağı, geçişlerin kaç metre arayla yapılacağı, uçuş yüksekliğinin ne kadar olacağı gibi parametreler verildikten sonra yazılım sizin isteğinize en uygun güzergahı hazırlar.



Şekil 3.22. Otomatik uçuş planı hazırlama

Araştırma yapılacak alan büyükse otomatik uçuş planı hazırlama mutlaka kullanılmalıdır. Şekil 3.22’de işlem basamakları gösterilmiştir. Şekil 3.22-a poligon oluşturma, Şekil 3.22-b otomatik rota aracının seçimi, Şekil 3.22-c ve Şekil 3.22-d ise otomatik araç tarafından farklı parametrelere göre hazırlanmış örneklerdir.

3.3.6. Ayarlar Menüsü

Ayarlar menüsünden cihazın tüm kalibrasyon ayarlarını, kumanda ayarlarını ve daha teknik olarak, İHA'nın tüm parametrelerini değiştirme imkanına sahip olunur (Şekil 3.23). Sistemi kullanmadan önce bir kez tüm ayarlar yapılmalıdır. Her uçuş öncesinde ise kumanda ayarları mutlaka gözden geçirilmelidir. "Failsafe" sekmesinden de her uçuş öncesi mutlaka olası istenmeyen durumlarda cihazın ne yapmasını gerektiğini ayarlamalı/kontrol edilmelidir.



Şekil 3.23. Mission Planner Ayarlar Sayfası

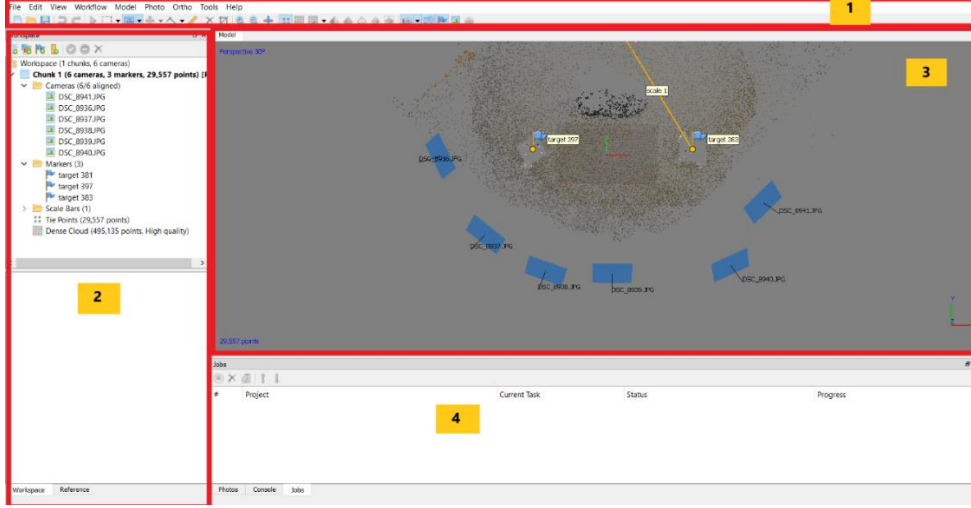
3.4. Görüntü İşleme Yazılımı

Çalışma esnasında elde edilen fotoğrafların işlenerek elde edilen 3 boyutlu (3B) modeller, SYM'leri, nokta bulutlarını (Point Clouds), ortofotoları oluşturmak için Agisoft Photoscan programı kullanılmıştır. Agisoft Photoscan programı 2006 yılında çalışmalarına başlayan Agisoft LLC (St. Petersburg,Rusya) şirketinin bir yazılımıdır. Program kullanıcı dostu ve çok kolay kullanıma sahip bir tasarıma sahiptir.

3.4.1. Program yapısı

Programın ana ekranı Şekil.3.24'de görüldüğü gibi 4 ana bölümden oluşmaktadır:

- Program menü bölümü
- Çalışma alanı bölümü
- Model bölümü
- Bilgi bölümü



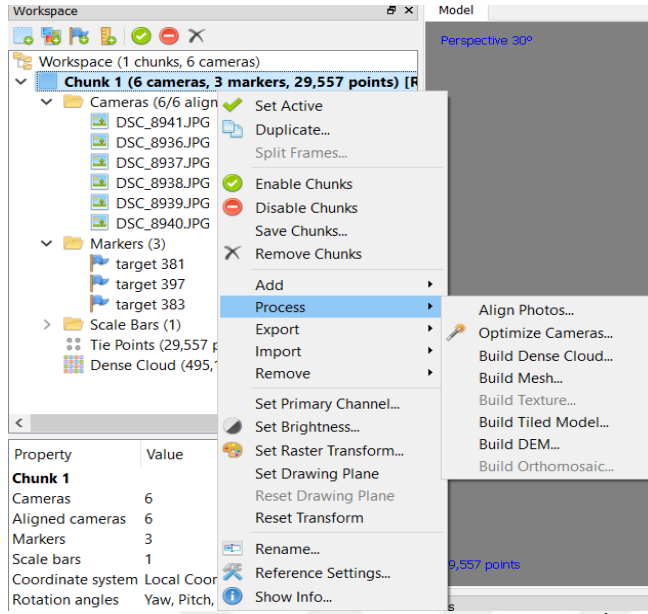
Şekil 3.24. Agisoft Photoscan programı genel görünüş

Program menüsü bölümü klasik Windows menü yapısına sahip olduğu için oldukça basit ve anlaşılırdır. Bilgi bölümünde ise çalışmaya alakalı çıktılara ulaşılabilir. Photoscan programının en çok kullanılan kısımları ise diğer iki kısımdır. Çalışma alanı kısmından fotoğraf ekleme, yer kontrol noktaları ekleme ve en önemlisi görüntü işleme komutlarını verilebilmektedir. Model bölümünde ise çalışmanın elde edilen görüntüleri görüntüleme, inceleme, düzeltme gibi işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Program aynı zamanda büyük veri kümeleri ile çalışıldığında uzayan işlem süreleri ve artan sistem ihtiyaçlarını azaltmak için veri kümesini parçalara bölmeye izin vermektedir. Bu da çalışma zamanını oldukça kısaltmaktadır. Agisoft Photoscan merceklerden kaynaklı bozulmaları düzeltmek için bir modüle sahiptir. Bu modül sayesinde kamera parametreleri hızlıca hesaplanabilmektedir. Program, bütün bu özellikleriyle basit ama etkili bir yapıda olduğu çalışmamız esnasında anlaşılmıştır.

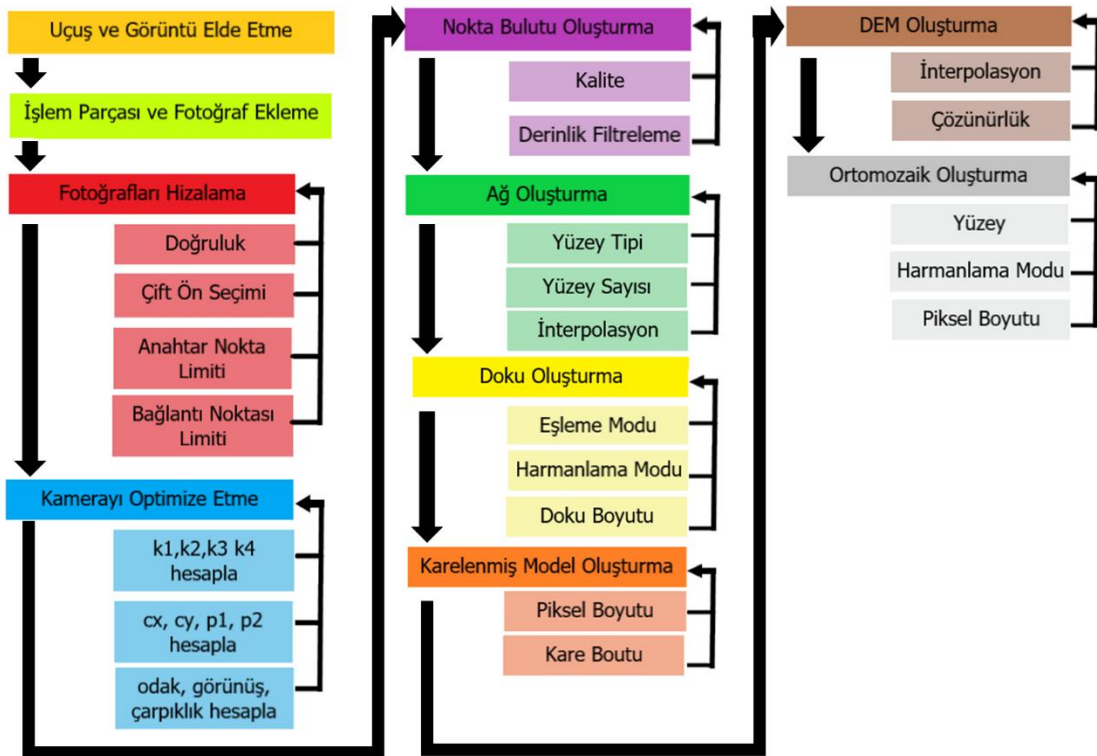
3.4.2. Görüntü İşleme Menüsü

Çalışma alanında veri kümesi üzerine sağ tıklayarak eriştiğimiz menü Şekil 3.25'te gösterilmiştir. “Align Photos” kısmı otomatik olarak fotoğraflardaki -varsa fotoğrafın konum ve oryantasyon bilgisini de kullanarak- ortak noktaları tespit ederek fotoğrafların konumlarının tespit edilmesine. “Optimize cameras” komutu ihtiyaç halinde kamera parapetlerini ayarlar ve ortak noktaları bulunarak düzelenmiş fotoğrafları konumlarında iyileştirme yapmaktadır. “Build Dense” komutu kullanılarak nokta bulutu elde edilmektedir. Nokta bulutu elde edilen çalışmada “Build Mesh” komutu ile noktalar arasındaki ağlar oluşturulmaktadır. “Build texture” komutu ağ ile oluşturulan katı modelin üstüne

bindirilecek olan görüntüyü hazırlamaktadır. “Build DEM” komutu SYM oluşturmakta iken “Build orthophoto” komutuyla ise çalışmanın ortofoto görüntüsü elde edilmektedir.



Şekil 3.25. Agisoft Photoscan Programı Resim İşleme Menüsü



Şekil 3.26. Agisoft Programı Algoritması

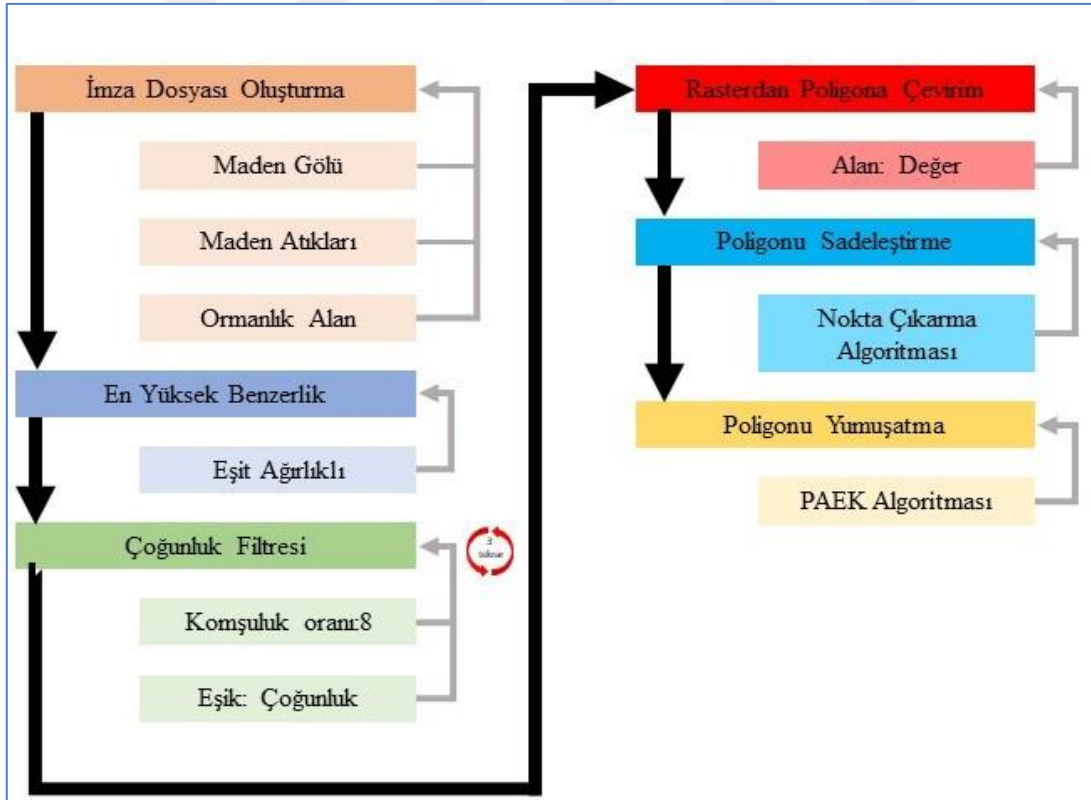
3.5. ArcGIS Programı

Çalışmamızda elde edilen görüntüler üzerinden asit maden göllerinin alansal değişiminin analiz etmek için ArcGIS programı kullanılmıştır. ArcGIS, 1969 yılında kurulan ESRI(Amerika) firmasının geliştirdiği haritalama ve analiz yazılımıdır.

Bu tez çalışmasının uygulamasında MLC (Maximum Likelihood Classification) en çok benzerlik sınıflandırması yöntemi kullanılmıştır. MLC olasılık yöntemleri kullanarak piksellerin hangi sınıfa ait olduğuna karar vermektedir (Kahraman ve Ünal,2014). Metodun formülü şu şekildedir.

$$D = \ln(a_c) - \ln(|Cov_c|) - [0,5 * (X - M_c)^T * (Cov_c^{-1}) * (X - M_c)] \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte (3.1); D, uzaklık ağırlıklı olasılık değerini; C, örnek bir sınıfı; X, aday pikselin ölçüm vektörünü; M_c , C örnek sınıfının ortalama vektörünü; a_c , aday pikselin C sınıfına ait olma yüzdesini, Cov_c , C örnek sınıfındaki piksellerin varyans-kovaryans matrisini göstermektedir.



Şekil 3.27. ArcGIS programında kullanılan algoritma

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Yer Kontrol Noktası (YKN) Yer Seçimi

Çalışmaya maden göllerinin bulunduğu sahalara keşif yaparak başlanmıştır. Keşfin amacı göllerin bulunduğu alanların ve etrafının durumunu inceleyerek uçuşa başlangıç noktalarını tespit etmek, arazi topografyasını inceleyerek uçuş yüksekliğini belirlemek ve yer kontrol noktalarının yerinin tespitini yapmaktır. Çalışma sahası çevresinde maden atığı olan pasaların geniş bir alan kaplaması sebebi ile yer kontrol noktası olarak kullanılabilircek sağlam zeminli yerlerin az olduğu görülmüştür. Bunun üzerine yer kontrol noktası (YKN) olarak 50x70 cm² ebatlarında renkli kartonların araziye yerleştirilmesine karar verilmiştir (Şekil 4.1). Renk olarak zeminle kontrast oluşturacak renkler tercih edilmiştir. İHA çalışmaları kapsamında gölün boyutuna bağlı olarak 6 ile 15 arasında yer kontrol noktası kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Yer Kontrol Noktaları

YKN'lerinin koordinatları, sürekli çalışan referans istasyonu ağları (CORS: Cross-Origin Resource Sharing) ve sanal referans istasyonu kullanan gerçek zamanlı bir kinematik global navigasyon uydu cihazı (GNSS: Global Navigation Satellite System) kullanılarak belirlenmiştir. Bu prosedür için kullanılan cihaz CHC X91 GNSS (CHC, Shanghai, Çin) dir. CORS istasyonu Yenice ilçesi sınırlarında bulunmakta olup Etili sahasına uzaklığı 35 km; Çomaklı sahasına uzaklığı ise 15 km'dir.

Ölçümlerin ortalama karekök hatası yatay olarak 16 mm'den az ve dikey olarak 27 mm dir. Yatay koordinatlar, Universal Transverse Mercator (UTM) zonu 35N (World Geodetic System 1984) datumu kullanılarak belirlenmiştir. Düşey yükseklikler Türkiye Hibrid Geoidi

2009'dan (THG-09) ortalama deniz seviyesi kullanılarak belirlenmiştir Kullanılan YKN koordinatları Çizelge 4.1 de verilmiştir.



Çizelge 4.1. Maden Göllerinin ve Yer Kontrol Noktaları koordinatları

Göl		Yer Kontrol Noktası														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
E1	K	39,9462043	39,9457601	39,9465004	39,9469816	39,9474093	39,9481331	39,9472469	39,9484909	39,9483161	39,947339	39,946451	x	x	x	x
E9	D	26,8707132	26,8720865	26,8691629	26,8682885	26,8667758	26,8683314	26,8697128	26,8688545	26,870048	26,871574	26,872312	x	x	x	x
E8	K	39,9496321	39,9496773	39,9495478	39,9493134	39,9493442	39,9494182	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	D	26,8711773	26,8718129	26,8721831	26,8722206	26,8716574	26,871255	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E6	K	39,9516944	39,9520029	39,9518918	39,9514148	39,9515752	39,9512873	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	D	26,849395	26,8499798	26,8511975	26,851058	26,8505269	26,8502748	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E2	K	39,9628234	39,9632572	39,96255	39,9613001	39,9608231	39,961777	39,9612343	39,9605928	39,9642769	x	x	x	x	x	x
	D	26,8583804	26,8603063	26,8608427	26,8593407	26,8579674	26,8567657	26,8560362	26,8574095	26,8599415	x	x	x	x	x	x
E7	K	39,9659256	39,9656542	39,9647374	39,9653705	39,9647867	39,9655103	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	D	26,8706703	26,8696833	26,8715072	26,871829	26,8698978	26,8709707	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E5	K	39,9645524	39,9652143	39,9654857	39,9660818	39,9667314	39,9671097	39,9674468	39,9667232	39,9660736	39,965625	x	x	x	x	x
	D	26,8649626	26,8646193	26,8656546	26,8650538	26,8646622	26,8634552	26,8618298	26,8612397	26,8632084	26,863976	x	x	x	x	x
E4	K	39,9683348	39,9689145	39,9700163	39,9698766	39,9696381	39,969079	39,9677305	x	x	x	x	x	x	x	x
	D	26,8653917	26,8668616	26,8663037	26,8648338	26,8639541	26,8631172	26,8644583	x	x	x	x	x	x	x	x
C1	K	40,0521413	40,0524041	40,0526012	40,0528312	40,0539809	40,0556562	40,0555576	40,0551963	40,0546707	40,05385	40,052963	40,054227	40,054884	40,05247	40,053948
	D	27,156229	27,1578169	27,1590185	27,1600485	27,1608853	27,1585464	27,1573448	27,1565509	27,1555209	27,154942	27,155092	27,159534	27,15919	27,155564	27,154105
C3	K	40,0592201	40,0594008	40,0588424	40,0580376	40,0572493	40,0592694	40,0581033	40,0571343	40,0557219	40,055476	40,055968	40,057036	40,05766	40,058054	40,059614
C4	D	27,1607351	27,1619368	27,1624947	27,1621943	27,1630955	27,1637177	27,1646833	27,1656704	27,1649623	27,163396	27,162752	27,161551	27,160907	27,159748	27,162752
C2	K	40,0576927	40,0570851	40,056231	40,0557055	40,0567237	40,0576435	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	D	27,1513796	27,1503496	27,1508646	27,1532035	27,1537185	27,1531391	x	x	x	x	x	x	x	x	x

4.2. İHA Fotoğraflarının Elde Edilmesi

Çalışma kapsamında İHA fotoğraflarını elde etmek için Kasım 2014, Ekim 2015 ve Kasım 2016 yıllarında çalışma sahasında İHA sistemiyle uçuşlar yapılmıştır. Uçuş mevsimi olarak son bahar ayları olan Ekim-Kasım ayları tercih edilmiştir. Uçuş saati olarak rüzgâr hızının en düşük olduğu 10:30-12:30 ve 15:30 – 16:30 saatleri arası tercih edilmiştir.

Çalışma esnasında devam eden madencilik faaliyetleri sebebiyle boşaltılan bazı maden göllerin İHA fotoğrafları elde edilememiştir. E3 gölü için 2014, 2015 ve 2016 yılı uçuşlarında; C2 gölünden de 2015 yılı uçuşundan görüntü elde edilememiştir. Çomaklı sahasında madencilik çalışmalarının artması nedeniyle izin alınamamış ve 2016 yılı uçuşlarına dahil edilmemiştir.

Uçuşlardan önce görüntü bindirme oranları yan bindirme %70 ve ileri bindirme %60 olacak şekilde hesaplanmış uçuş rotası bu sınırlara göre oluşturulmuştur. Uçuş yüksekliği uçuş rotasındaki coğrafi engellere göre ayarlanmıştır. Her ne kadar alçak irtifalı uçuşlar detayı arttırsa da çoğu fotoğrafta sadece göl veya büyük oranla gölü kapsayan fotoğraflar elde edilmektedir. Bu da ortomozaik çözünürlüğüne direk olarak etki etmekte ve 3 boyutlu modellerde boşluklara sebep olmaktadır. Bu sebeple uçuş yükseklikleri farklılıklar göstermektedir. Uçuşlarla ilgili bilgiler Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.2. E4 nolu asit maden gölünde 2015 yılında yapılan İHA çalışması

Uçuşlarda sürekliliği sağlamak adına çalışma esnasında altı adet pil kullanılmıştır. Her uçuştan sonra pil tam boşlamasa bile piller değiştirilerek uçuş esnasında enerji problemiyle karşı karşıya kalınmaması sağlanmıştır.

Bir defa da uçuş öncesi tüm kontrolleri yapmamıza rağmen operasyon esnasında pervanelerden birinin yerinden fırlayarak kırılma sebep olmuştur. Göl üzerinden geçtikten sonra gerçekleşen olayda (2014 E4 gölü) karaya düşen İHA'nın iki kolu kırılmıştır. İHA'nın tamiri sonrası uçuşlara tekrar başlanmıştır (Şekil 4.3). Su kapsayan alanlardaki İHA çalışmalarında en büyük risk İHA'nın su üzerine düşmesidir. Asit seviyesi yüksek olan maden göllerinde veya derin olan göllerden İHA'ya erişmek mümkün olmamaktadır.



Şekil 4.3. Düşme sonrası İHA'da meydana gelen hasar

İHA çalışmaları sırasında bu olaydan başka herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Arazi çalışmalarının en zor kısmı ise yer kontrol noktalarının uçuş öncesi tekrar düzenlenmesi olmuştur. İşaretlenen yer kontrol noktalarının kaybolması veya deforme olması durumunda yenilenmesi gerekmiştir.

Çizelge 4.2. 2014 yılında yapılan İHA çalışması bilgileri

Uçuş	Göl	Tarih	Başlangıç zamanı (sa:dk)	Uçuş Süresi (dk:s)	YKN sayısı	Kapsanan Alan (ha)	Yükseklik (m, ods)	Uçuş Yüksekliği (m)	Çözünürlük (cm/pxl)	Elde edilen Fotoğraf Sayısı
1	E1 E9	12 Kasım 2014	15:02	05:14	11	31	245 230	60	3	315
2	E8	12 Kasım 2014	16:11	01:56	6	2	226	40	3	117
3	E6	12 Kasım 2014	10:36	01:48	6	2	223	40	2	109
4	E7	12 Kasım 2014	11:12	02:00	6	3	149	30	2	121
5	E2	12 Kasım 2014	12:32	04:35	9	15	172	55	3	276
6	E4	16 Kasım 2014	11:05	05:35	7	11	140	50	3	336
7	E5	16 Kasım 2014	11:55	06:49	10	13	128	50	3	410
8	C1	16 Kasım 2014	15:02	07:01	15	30	168	100	6	422
9	C2	16 Kasım 2014	15:58	02:37	6	12	139	30	1	158
10	C3 C4	16 Kasım 2014	16:45	06:21	15	35	159 162	100	6	382

Çizelge 4.3. 2015 yılında yapılan İHA çalışması bilgileri

Uçuş	Göl	Tarih	Başlangıç zamanı (sa:dk)	Uçuş Süresi (dk:s)	YKN sayısı	Kapsanan Alan (ha)	Yükseklik (m, ods)	Uçuş Yüksekliği (m)	Çözünürlük (cm/pxl)	Elde edilen Fotoğraf Sayısı
1	E 1 E 9	10 Ekim 2015	10:33	09:13	11	36	245 203	60	3	554
2	E8	10 Ekim 2015	11:35	03:11	6	4	226	40	2	192
3	E6	10 Ekim 2015	15:02	02:38	6	4	223	40	2	159
4	E7	10 Ekim 2015	15:55	03:05	6	6	149	30	1	186
5	E2	17 Ekim 2015	11:35	08:05	9	23	172	55	2	486
6	E4	17 Ekim 2015	12:20	07:38	7	15	140	50	2	459
7	E5	17 Ekim 2015	13:16	07:50	10	16	128	50	2	471
8	C1	17 Ekim 2015	15:32	07:49	15	32	168	100	4	470
9	C3 C4	17 Ekim 2015	16:23	08:03	15	43	159 162	100	5	484

Çizelge 4.4. 2016 yılında yapılan İHA çalışması bilgileri

Uçuş	Göl	Tarih	Başlangıç zamanı (sa:dk)	Uçuş Süresi (dk:s)	YKN sayısı	Kapsanan Alan (ha)	Yükseklik (m, ods)	Uçuş Yüksekliği (m)	Çözünürlük (cm/pxl)	Elde edilen Fotoğraf Sayısı
1	E1 E9	9 Kasım 2016	15:48	05:14	11	31	245 230	60	3	315
2	E8	9 Kasım 2016	14:45	01:57	6	2	226	40	1	119
3	E6	9 Kasım 2016	10:36	01:46	6	2	223	40	2	108
4	E7	9 Kasım 2016	11:30	02:00	6	3	149	30	1	119
5	E2	9 Kasım 2016 16	12:45	04:30	9	15	172	55	3	270
6	E4	Kasım 2016 16	11:05	05:29	7	11	140	50	3	330
7	E5	Kasım 2016	11:55	06:45	10	13	128	50	3	400

4.3. İHA Görüntülerinin İşlenmesi

Elde edilen görüntüler Agisoft Photoscan Programıyla Şekil 3.27’de verilen algoritmaya göre Çizelge 4.5’de verilen bilgisayarlar kullanılarak yapılmıştır. 2016 yılındaki uçuşlardan elde edilen görüntülerin işleme zamanlarındaki azalmanın sebebi kullanılan bilgisayarın özelliklerinin daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle Ekran kartının barındırdığı Cuda işlem üniteleri sayesinde matematiksel hesaplamalar artmaktadır. RAM (Random Access Memory- Rasgele Erişilebilir Hafıza) kapasitesinin yüksek olması; hesaplamalardan sonra elde edilen verinin RAM’de direk barındırılmasını sağlamakta böylelikle veri takasında geçen süre azalmaktadır. Zaten program yeteri kadar ve HDD (Harddisk) takas alanını yoksa işlemi başlatma imkânı vermemektedir.

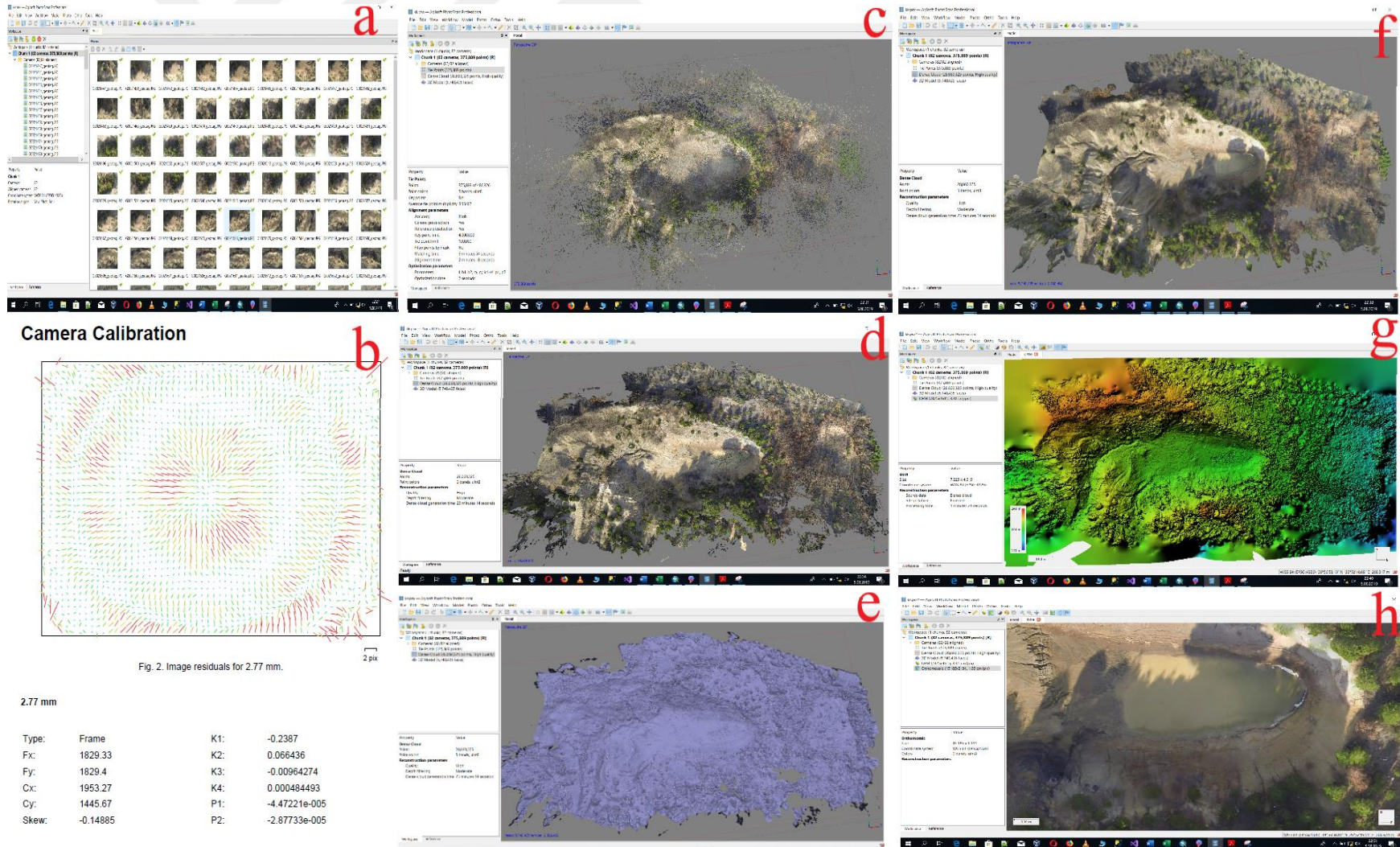
Çizelge 4.5. Kullanılan bilgisayarlar

	Bilgisayar 1	Bilgisayar 2
İşlemci	i3 3250	Core i7 6700
RAM	3 GB drr2	16 GB DDR33
HDD	500 GB Sata	1 TB Sata2
Ekran Kartı	AMD HD 6575 512 MB	Nvidia GTX 960 4GB
İşlenen Görüntü	2014-2015	2016

Programın algoritması 2016 yılında elde edilen E8 gölüne ait görüntüler ile gerçekleştirilen görüntü işleme aşamaları Şekil 4.4’de verilmiştir. Öncelikle işlenecek fotoğraflar Agisoft Photoscan programına eklenir (Şekil 4.4-a). Kamera kalibrasyonu yapılarak lensin parametreleri bulunur (Şekil 4.4-b). Resimlerdeki ortak noktalar bulunur (Şekil 4.4-c) ve daha sonra nokta bulutu hesaplanır (Şekil 4.4-d). Model oluşturulur. Model oluşturulurken önce wireframe oluşturulur (Şekil 4.4-e). Sonrasında katı model üzerine resimler bindirilir (Şekil 4.4- f). Daha sonra SYM oluşturulur ve Şekil 4.4-g’deki veri elde edilir. Sonrasında ise Şekil 4.4-h’da görülen ortomozaik elde edilir.

İşlenecek resim sayısı ve istenen kalite arttıkça görüntülerin hesaplanma-oluşturulma süreleri de artmaktadır. 2014, 2015 ve 2016 uçuşlarından elde edilen görüntülerin işleme zamanları sırasıyla Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de gösterilmiştir

Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de 2014, 2015 ve 2016 yıllarındaki uçuşlardan elde edilen görüntülerden oluşturulan çalışma sahasındaki göllerin 3 boyutlu modellerinden örnekler verilmiştir.



Şekil 4.4. Agisoft algoritmasına göre elde edilen sonuçlar

Çizelge 4.6. 2014 yılı görüntülerinin işleme süreleri

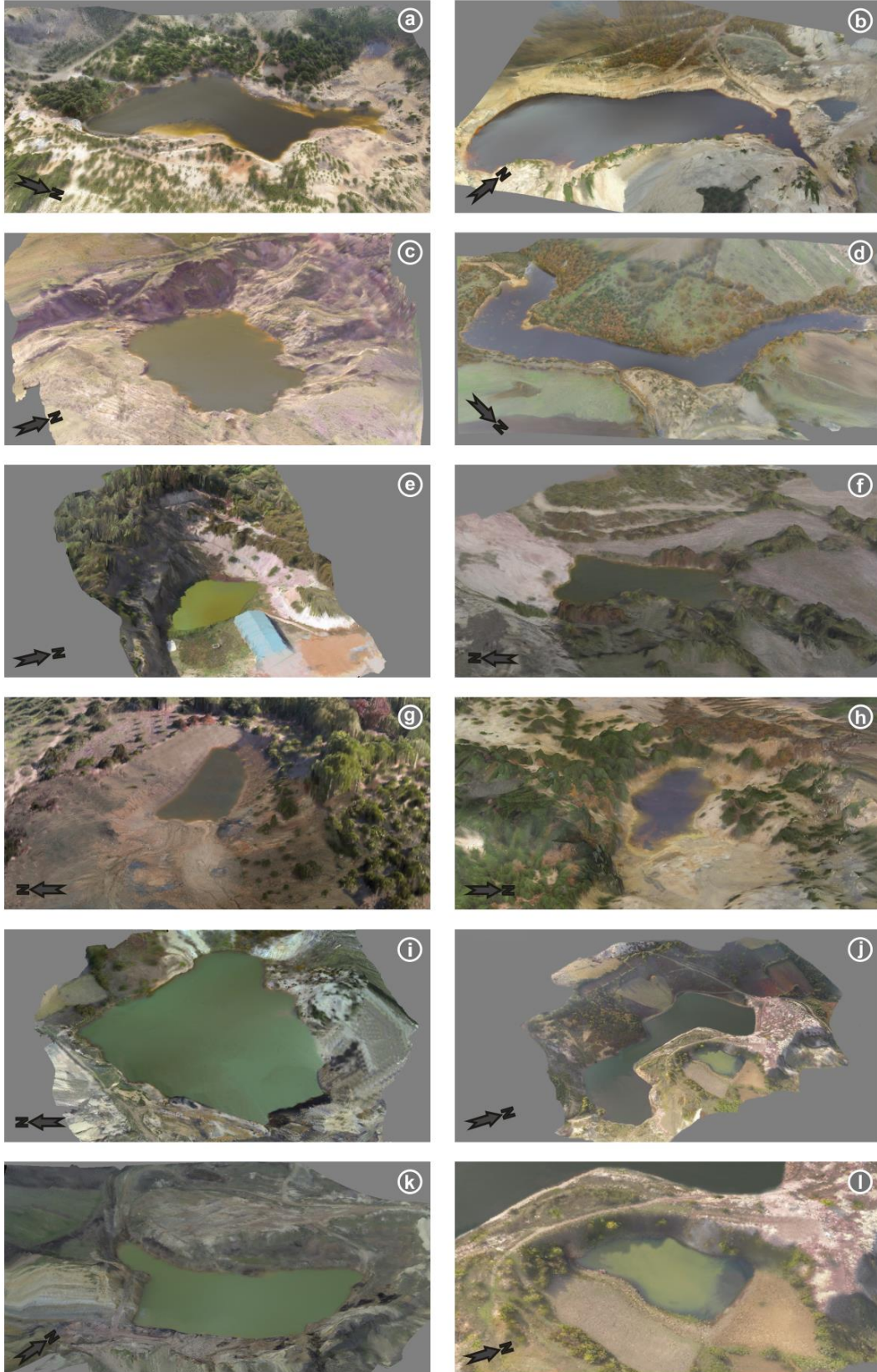
Uçuş	Göl	Tarih	Elde edilen Fotoğraflar	Kullanılan Fotoğraf Sayısı	Ortak Noktaları Bulma Süresi	Derinlik Hesaplamaları Süresi	Nokta Bulutu Hesaplama Süresi	3B Model Oluşturma Süresi	Otomozaik Oluşturma Süresi	Toplam Süre
1	E1 E9	12 Kasım 2014	315	226	06:23:21	05:59:08	01:30:25	00:30:15	00:15:48	14:38:57
2	E8	12 Kasım 2014	117	47	00:33:49	00:28:19	00:05:33	00:05:21	00:03:21	01:16:23
3	E6	12 Kasım 2014	109	37	00:32:01	00:27:32	01:05:13	01:01:05	00:21:41	03:27:32
4	E7	12 Kasım 2014	121	75	01:20:51	01:02:11	00:15:11	00:10:21	00:08:32	02:57:06
5	E2	12 Kasım 2014	276	131	04:21:32	03:41:26	00:45:58	00:37:12	00:18:00	09:44:08
6	E4	16 Kasım 2014	336	224	08:12:37	06:17:22	02:01:39	00:45:00	00:22:21	17:38:59
7	E5	16 Kasım 2014	820	510	00:24:34	00:20:21	00:26:54	01:09:31	00:37:35	02:58:55
8	C1	16 Kasım 2014	422	321	14:25:01	11:11:14	04:01:21	01:45:47	00:47:12	32:10:35
9	C2	16 Kasım 2014	158	61	0:53:51	00:47:11	00:13:12	00:09:41	00:05:57	02:09:52
10	C3 C4	16 Kasım 2014	382	253	07:07:01	05:05:51	03:03:21	01:24:12	00:40:00	17:20:25

Çizelge 4.7. 2015 yılı görüntülerinin işleme süreleri

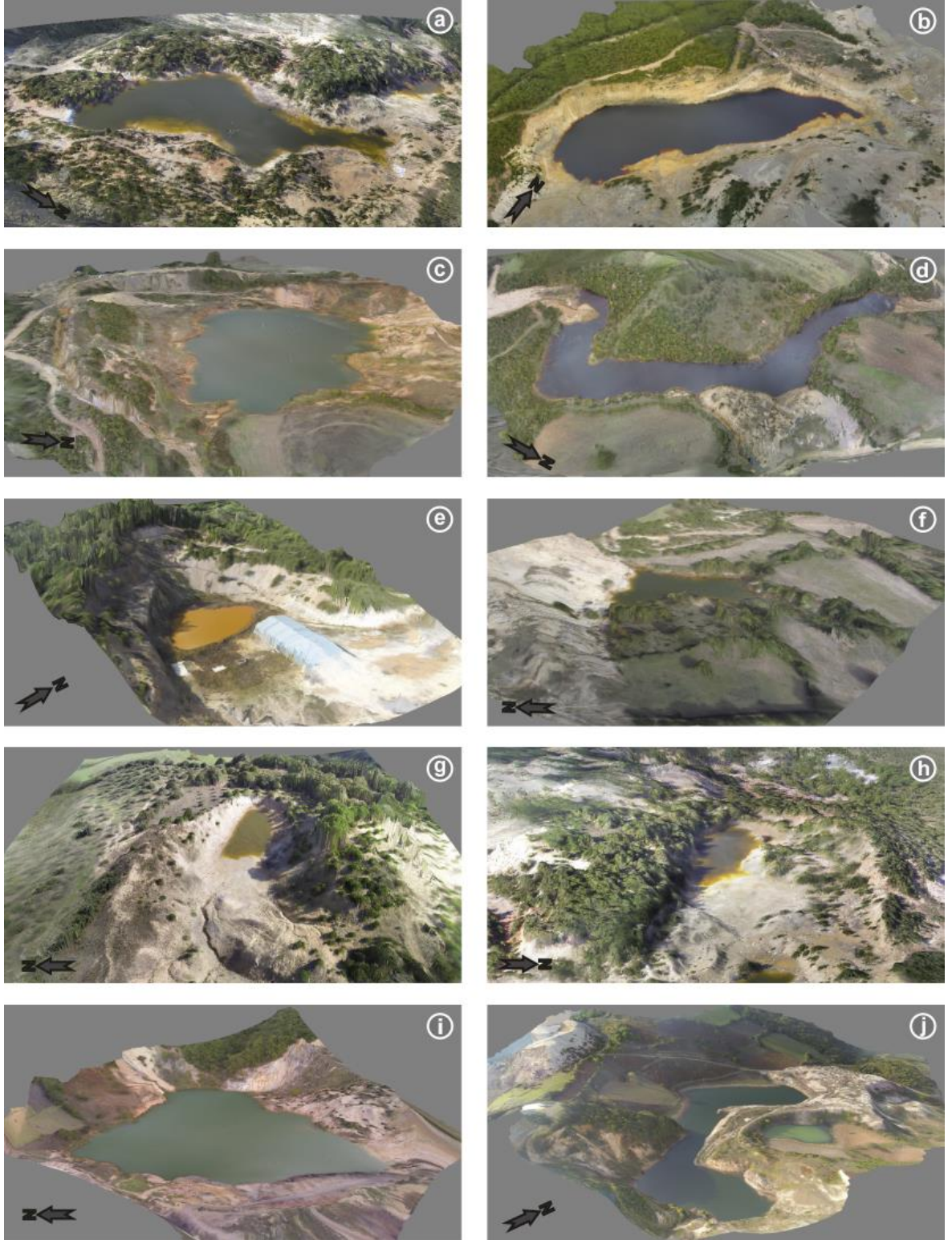
Uçuş	Göl	Tarih	Elde edilen Fotoğraflar	Kullanılan Fotoğraf Sayısı	Ortak Noktaları Bulma Süresi	Derinlik Hesaplamaları Süresi	Nokta Bulutu Hesaplama Süresi	3B Model Oluşturma Süresi	Otomozaik Oluşturma Süresi	Toplam Süre
1	E 1 E 9	10 Ekim 2015	554	226	13:03:21	11:32:08	03:30:17	01:07:11	00:35:07	29:48:04
2	E8	10 Ekim 2015	192	99	02:49:33	02:31:31	00:36:14	00:15:56	00:09:42	06:22:56
3	E6	10 Ekim 2015	159	37	00:32:01	00:27:32	01:05:13	01:01:05	00:21:41	03:27:32
4	E7	10 Ekim 2015	186	91	02:37:51	02:12:56	00:35:01	00:15:57	00:09:42	05:51:27
5	E2	17 Ekim 2015	486	237	08:19:57	06:32:41	02:15:39	00:53:32	00:25:11	18:27:00
6	E4	17 Ekim 2015	459	212	07:54:07	05:57:29	01:41:13	00:45:33	00:18:21	16:36:43
7	E5	17 Ekim 2015	820	510	00:24:34	00:20:21	00:26:54	00:59:41	00:31:31	02:43:01
8	C1	17 Ekim 2015	470	270	10:13:11	09:01:52	02:39:22	00:42:30	00:22:37	22:59:32
9	C3 C4	17 Ekim 2015	484	346	12:51:39	11:30:00	03:30:21	00:59:58	00:32:01	29:23:59

Çizelge 4.8. 2016 yılı görüntülerinin işleme süreleri

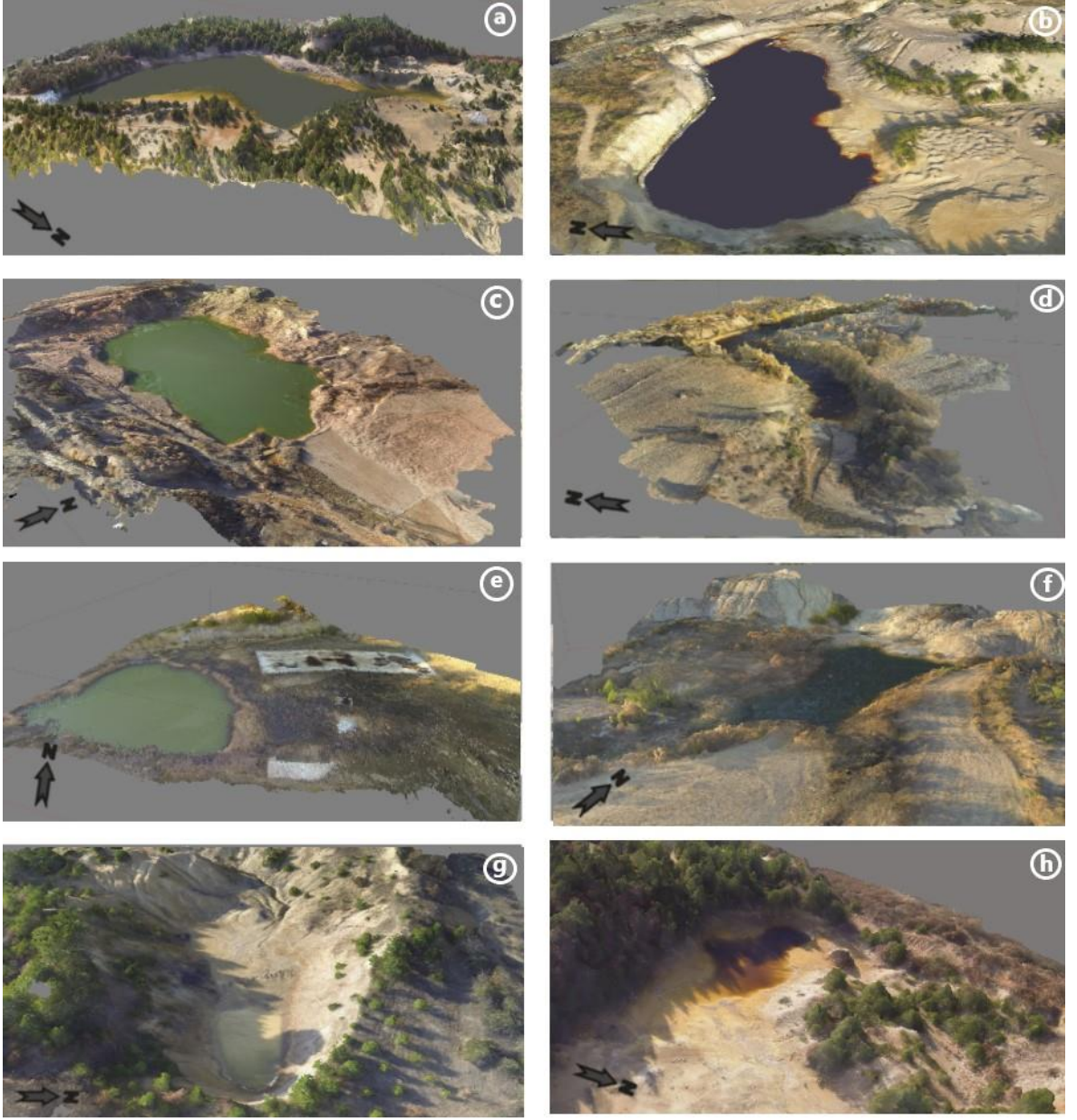
Uçuş	Göl	Tarih	Elde edilen Fotoğraflar	Kullanılan Fotoğraf Sayısı	Ortak Noktaları Bulma Süresi	Derinlik Hesaplamaları Süresi	Nokta Bulutu Hesaplama Süresi	3B Model Oluşturma Süresi	Otomozaik Oluşturma Süresi	Toplam Süre
1	E1 E9	9 Kasım 2016	315	226	00:22:31	00:13:57	00:24:23	00:20:48	00:12:41	01:34:20
2	E8	9 Kasım 2016	119	88	00:11:58	00:09:23	00:13:21	00:21:59	00:06:45	01:03:26
3	E6	9 Kasım 2016	108	37	00:05:01	00:03:32	00:05:13	00:10:05	00:07:41	00:31:32
4	E7	9 Kasım 2016	119	70	00:05:25	00:04:19	00:05:12	00:27:59	00:03:00	00:45:55
5	E2	9 Kasım 2016	270	157	00:22:17	00:11:12	00:17:47	01:16:23	00:15:31	02:23:10
6	E4	16 Kasım 2016	330	122	00:16:53	00:16:20	00:48:12	00:33:14	00:07:12	02:01:51
7	E5	16 Kasım 2016	820	510	00:24:34	00:20:21	00:26:54	00:59:41	00:31:31	02:43:01



Şekil 4.5. Kasım 2014 yılındaki uçuşlardan elde edilen 3 boyutlu arazi modelleri: a E1 b E2 c E4 d E5 e E6 f E7 g E8 h E9 i C1 j C3 k C2 l C4 (Yücel ve Turan, 2016)



Şekil 4.6. Ekim 2015 yılındaki uçuşlardan elde edilen 3 boyutlu arazi modelleri: a E1 b E2 c E4 d E5 e E6 f E7 g E8 h E9 i C1 j C3 ve h C4 (Yücel ve Turan, 2016)



Şekil 4.7. Kasım 2016 yılındaki uçuşlardan elde edilen 3 boyutlu arazi modelleri: a E1 b E2 c E4 d E5 e E6 f E7 g E8 h E9

4.5. Göllerin Alanlarının Hesaplanması

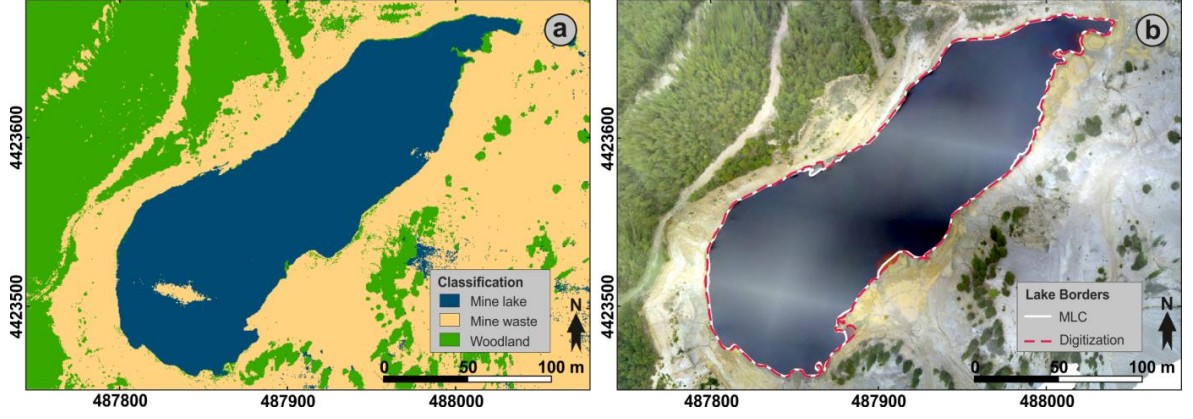
Uydu görüntülerinden Etili sahasında madencilik faaliyetlerinin 1980'lerin başında E1 numaralı gölün bulunduğu bölgede başladığı tespit edilmiştir (Şanlıyüksel Yücel ve ark., 2014). 1985 ile 1987 yılları arasındaki madencilik faaliyetleri Etili sahasındaki ilk maden göllerini (E2 ve E3) oluşturmuştur. Rehabilitasyon yapılmaması sebebiyle 1987-1999 yılları arasında E1, E6, E8, E9 ve E7 gölleri oluşurken E5 ve E4 gölleri 2003 ile 2008 yılları arasında oluşmuştur. Worldview-1 2011 yılı uydu görüntüleri kullanılarak Etili sahasındaki göllerin toplam alanı 12.42 ha olarak Şanlıyüksel Yücel ve ark. (2014) tarafından hesaplanmıştır. Mayıs 2013, tarihli Pleiades uydusu görüntülerine göre göllerin toplam alanı 14.55 ha'a ulaşmıştır (Çizelge 4.3).

Daha önce uzaktan algılama yöntemi ile yapılan Şanlıyüksel Yücel ve Yücel (2017) çalışmasında Çomaklı sahasındaki göllerin toplam alanı; 2013 yılı 50 cm mekânsal çözünürlüklü Pleiades uydu görüntüsü ile 16,61 ha olduğu 2014 yılında ise 16,71 ha olarak hesaplanmıştır.

Bu tez çalışmasında yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinden göl sınırlarını tespit edebilmek için ArcGIS (versiyon 10.3; ESRI) programında bulunan iki yöntem kullanılmıştır. Kullandığımız yöntemler: sayısallaştırma yöntemi ve Maximum Likelihood Classification (MLC) yöntemidir. MLC görüntü üzerindeki hedef sınıflar özelliklerini Gauss dağılımını kullanarak bulan etkili bir sınıflandırma metodudur (Tokarczyk ve ark., 2015; Üstüner ve ark., 2015).

MLC yönteminde öncelikle görüntü üzerinde sınıflandırılacak alanlardan örnek alanlar işaretlenerek örnek dosyası oluşturulur. Yöntem bu örnek dosyasını baz alarak resim üzerindeki diğer benzer alanları bularak sınıflandırılmış raster veriyi üretir. Bu çalışmada görüntü kontrastını arttırmak için "çoğunluk filtresi" (majority filter) 3 defa uygulanmıştır (Yücel ve Turan, 2016). Bu sayede görüntülerdeki detaylar arası ayır edilebilirlik artırılmıştır. Daha sonra rasterdan poligona çevirme metodu kullanılarak göl sınırları vektör veri tipine çevrilmiştir.

Göl kenarları poligon basitleştirme ve poligon yumuşatma metotları ile düzenlenmiştir. İki yönteme göre elde edilen veriler karşılaştırıldığında sayısallaştırma ve MLC yöntemleri arasında farklar olduğu gözlenmektedir (Çizelge 4.9). Bu fark çalışma sahasındaki göllerin içinde ve dışındaki renk farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Rengi siyah olan göllerde iki yöntem arasındaki fark azalmaktadır.



Şekil 4.8. E2 gölü; a) Sınıflandırma verisi,, b) Sayısallaştırma ve MLC yöntemi sonuçları

MLC sınıflandırmasının sonuçları Şekil 4.8-a'da sayısallaştırma ile MLC tarafından elde edilen sınırlarda Şekil 4.8-b'de aynı görüntü üzerinde gösterilmiştir. Sınıflandırma yönteminin hataları daha fazladır. Bunun sebepleri göllerin sığ kısımlarının renklerinin toprak rengiyle benzeşmesi ve/veya göl üzerine düşen gölge-yansımalar ve/veya bitki örtüsünün o kısmı tamamen kapatmış olmasıdır. Örnek dosyasıyla bu farklar azaltılsa da kesin sonuç elde edilememektedir.

ArcGIS programında yapılan işlemler E8 gölü üzerindeki sonuçları Şekil 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Öncelikle orthofoto resmi ArcGIS programına yüklenir (Şekil 4.9-a). Daha sonra örnek dosyası için görüntü üzerinde örnek alanlar belirlenir. Alınan örneklerden oluşan dosya kaydedilir (Şekil 4.9-b). Sonra MLC fonksiyonu çağırılarak oluşturulan örnek dosyasına göre sınıflandırma yaptırılır. MLC sonucunu Şekil 4.9-c'de verilmiştir. Sonra çoğunluk filtresi 3 defa uygulandığında elde edilen sonuç Şekil 4.9-d'de verilmiştir. Raster veri vektör veriye çevrilir (Şekil 4.10-a). Basitleştirme ve yumuşatma işlemleri uygulanır (Şekil 4.10-b ve c). İki yöntemle elde edilen sonuçlar Şekil 4.10-g'de gösterilmiştir. Şekil 4.10-d'de mavi çizgili sahip sayısallaştırma sonucu göl sınırını, kırmızı çizgili alan ise MLC yöntemiyle elde edilen göl sınırını ifade etmektedir.

Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi göllerdeki alan hesaplamalarında yöntemlerden kaynaklanan fark çoğunlukla %4 ile %1 arasındadır. Sadece 2015 yılı ölçümlerinde E1 gölü için iki yöntem arasındaki fark %9, ve E8 gölü için iki yöntem arasındaki fark %6 çıkmıştır. Bunun sebebi bu göllerde sığ su alanlarının artması ve görüntüde sığ alanların renginin pas rengine çok benzemesinden dolayı MLC yönteminin bu bölgeleri sınıflandıramamasıdır.

Şekil 4.11'de E1 gölünün alanının yıllara göre değişimi Google Earth programının 2019 görüntüleri üzerine bindirilmiş hali gösterilmiştir. Alan değişimi en çok gözlemlendiği göllerden biridir. E1 gölünün doğu tarafında meydana gelen değişim o bölgeye sürekli olarak

dökülen seramik atıklarından kaynaklanmaktadır. Arazi çalışmaları esnasında da birçok kez atık döküldüğüne şahit olunmuştur. Yağış azlığı ve buharlaşma sebebiyle su kütlelerinde meydana gelen azalma gölünü alanında ciddi değişimlere neden olmaktadır.

Etili açık kömür ocağında en büyük alana sahip göl E2'dir. Meteorolojik etkilere ilaveten antropojenik etkiye de maruz kaldığı çalışma esnasında görülmüştür. Madencilik faaliyetleri ile gölün kuzey- kuzey doğu kısmına bir kanal açılmış ve gölünün bir kısmının çevreye drene edildiği görülmüştür. Gölün alan değişiminin bir diğer nedeniyse pasalarda meydana gelen lokal kaymalardır. Gölün güney batısında bulunan bir yol yılındaki ilk çalışmada mevcut iken 2016 yılında tamamen kullanılmaz hale gelmiştir (Şekil 4.12).

Şekil 4.13'de alan değişimi haritası verilen E4 gölü alan değişiminin tamamı yağış azlığı ve toprak kaymalarından kaynaklanmaktadır. Yağış fazlası olsa bile gölün doğu kısmında bulunan eski dere yatağı üzerindeki köprü bölgesiyle dereye bağlanmasıdır. Arazi çalışmaları sırasında karşılaştığımız köylüler "Maden ocağının kuzeyinden kaynaklanan toprak kaymalarından dolayı madenin işletilemediğini" söylemişlerdir. Çalışmalarımız esnasında uçuş için başlangıç noktası olarak kullandığımız gölün batısındaki yolun önündeki pasaların kayarak yolu bozduğu ve sürekli olarak yenileme çalışmaları yapıldığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.14'de alansal değişimi gösterilen E5 gölü ise E4 gölünde yapılan madencilik çalışmaları sırasında madenden çıkan pasaların dere yatağına dökülmesiyle oluşmuş bir göldür. Yine bu gölde de suyun drenajının sağlanması için bir kanal açıldığı gözlemlenmiştir. Gölün topografyasında çok büyük değişimler gerçekleşmemekle birlikte yağış durumu gölün alanını en çok etkileyen faktördür.

E6 gölünün değişimi ise Şekil 4.15'de verilmiştir. 2016 yılında gölün alanı artmış gözükmektedir. Bu artışın sebebi gölün etrafının sazlık olmasından kaynaklanmaktadır. Son uçuş çalışmasında suyun içinde kalan sazların azaldığı gözlemlenmiştir. Sazların çokluğu uzaktan algılamada göl sınırlarının tespitini zorlaştırmıştır. Yağmur harici alansal etkiye sebep olabilecek bir faktör tespit edilememiştir. Herhangi bir drenaj çabası da çalışma esnasında gözlemlenmemiştir.

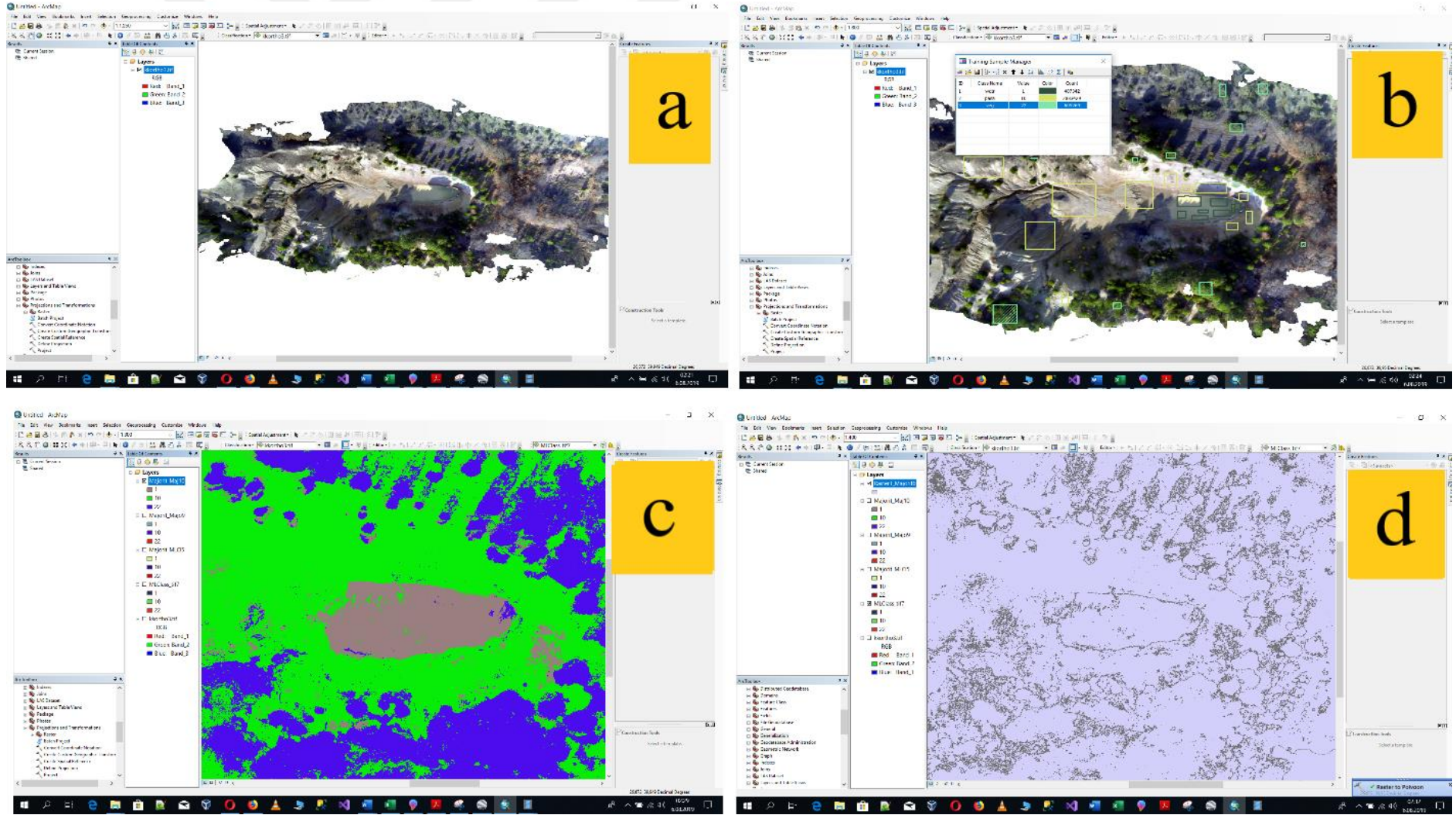
Şekil 4.16'da alansal değişimi gösterilen E7 gölü yine E4 gölünü oluşturan maden sahasının açılması için çıkarılan toprağın dere yatağını doldurması sebebiyle oluşmuştur. Güney ve güney doğudan gelen iki küçük dere ve yağışlar tarafından beslenmektedir. Dereeler kuru dere olup yağış zamanında göle su taşımaktadır. Gölün kuzeyindeki pasalar kayarak gölün drenajını sağlayan kısımda değişimlere sebep olmaktadır. Bu da gölün alansal değişimine neden olmaktadır.

Şekil 4.17’de alansal değişimi gösterilen E8 gölü Şekil 4.7-g’de verilen 3 boyutlu modelinden de görüleceği üzere çukur bir alandadır. Alan değişimin en büyük sebebi yağış miktarları ve buharlaşma oranlarıdır. Çalışma esnasında drenaj sağlamak adına antropojenik bir müdahaleye rastlanmamıştır. Ancak pasalarda meydana gelen yağış temelli değişimler gölün topografyasını değiştirmektedir.

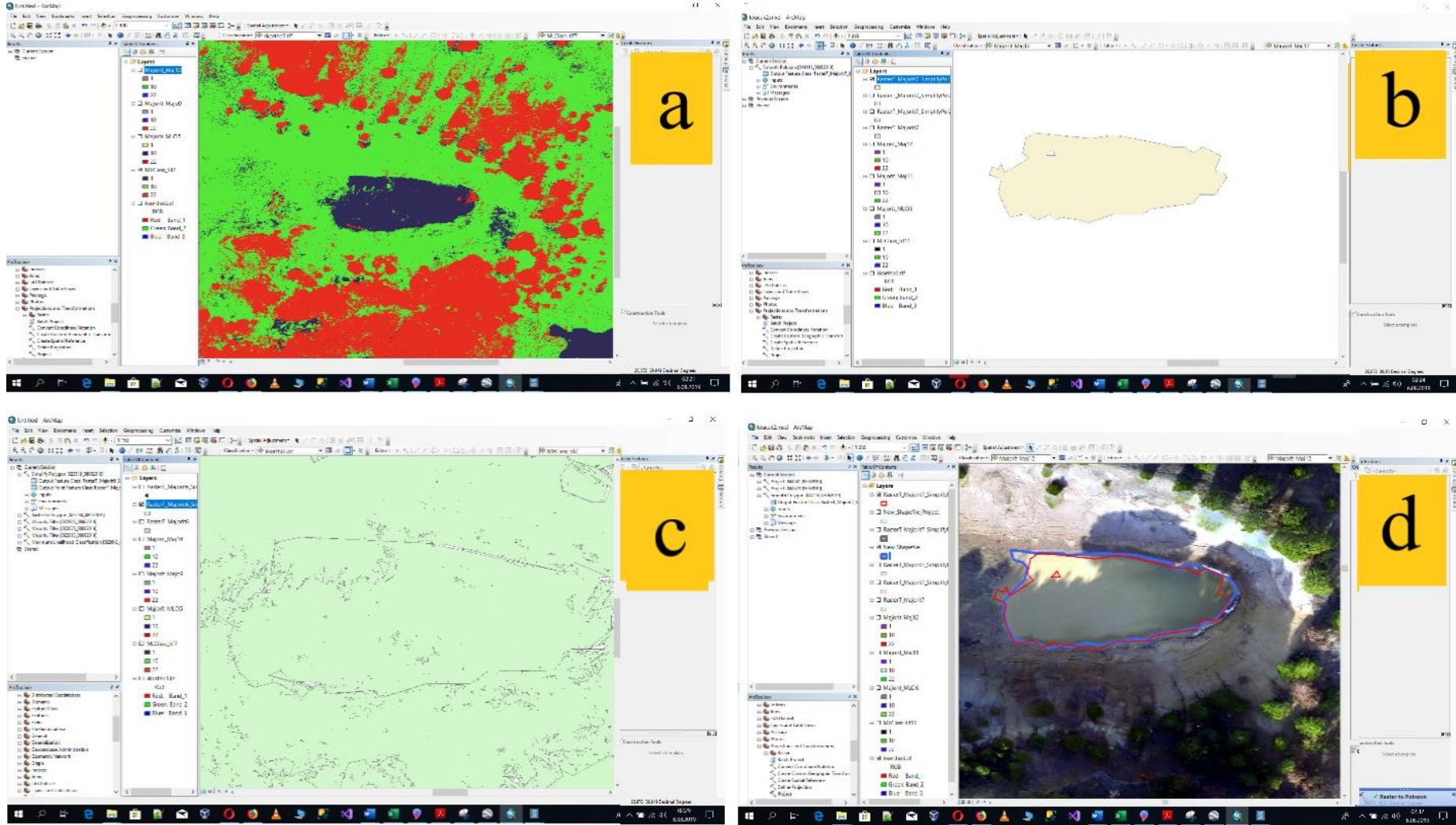
E9 gölü E1 gölünün kuzeybatısında yer alan bir asit maden gölüdür. Madenden kalan çukurların dolmasıyla oluşmuştur. Göl çok derin değildir. Su miktarı arttığında sığ olması dolayısıyla kenarlardaki pasalara yayılarak alanını değiştirmektedir. Yine de çalışma esnasında gölün çevresindeki pasalarda kaymalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu kaymalar göl çukurunu doldurmaktadırlar. Gölün alansal değişimini topoğrafik ve meteorolojik etkiden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.18).

Çomaklı sahasında sadece 2 yıl ölçüm yapılabildiği görülmüştür. C2 gölünde ise sadece 2014 yılında çalışma yapılabildiği görülmüştür. C1 gölü çalışmamız içindeki en büyük ve değişimin de en çok olduğu göldür. Çalışma esnasında gölün güney batısında kömür rezervinin üzerini açmak için çıkarılan toprakla doldurulmaya başlanmıştır. Bir taraftansa suyun boşaltılması için drenaj borusu takılmış suyun üzerinden dereye aktarıldığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.19’da gölün alansal değişimi görülmektedir.

C2 gölü madencilik faaliyetleri dolayısıyla 2015 yılında tamamen kapatıldığı için sadece 2014 yılındaki halinin görüntüleri mevcuttur (Şekil 4.20). C3 ve C4 gölleri C1 gölünün doğusunda yer almaktadır. Alansal değişimleri meteorolojik etkenlere bağlıdır. Yok denecek kadar az topoğrafik değişimle karşılaşmıştır. Çevredeki tarlalara su motorlarıyla gölden çekilen sularla sulanmaktadır (Şekil 4.21).



Şekil 4.9. ArcGIS programında algoritmaya göre örnek çalışma a) Ortofoto yükleme b) Örnek dosyayı oluşturma c) MLC sınıflandırması sonucu d) çoğunluk filtresi 3 defa uygulandıktan sonra



Şekil 4.10. ArcGIS programında algoritmaya göre örnek çalışma a) Rasterden Vektöre çevrilmiş very b) Elde edilen alan c) Basitleştirme ve yumuşatma işlemi sonucu d) MLC (kırmızı sınırlar) ve sayısallaştırma (mavi sınırlar) yöntemlerinin sonuçlarının ortofoto üzerinde gösterimi

Çizelge 4.9. Göllerin Alanları (Worldview-1 ve Pleiades uydu görüntülerinden, m2) (Şanlıyüksel Yücel ve Yücel, 2017)

Satellite	Date	Resolution	Etili sahası									Çomaklı sahası				Total	
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	C1	C2	C3	C4		
Worldview -1*	3.15.2011	50 cm	31654	20768	14407	25543	23830	611	2912	1441	3114	-	-	-	-	124280	
	5.18.2013	50 cm	33688	34125	14039	26531	21181	5596	2457	2039	5917	-	-	-	-	145573	
Pleiades	8.4.2013	50 cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84494	16539	57494	7601	166128

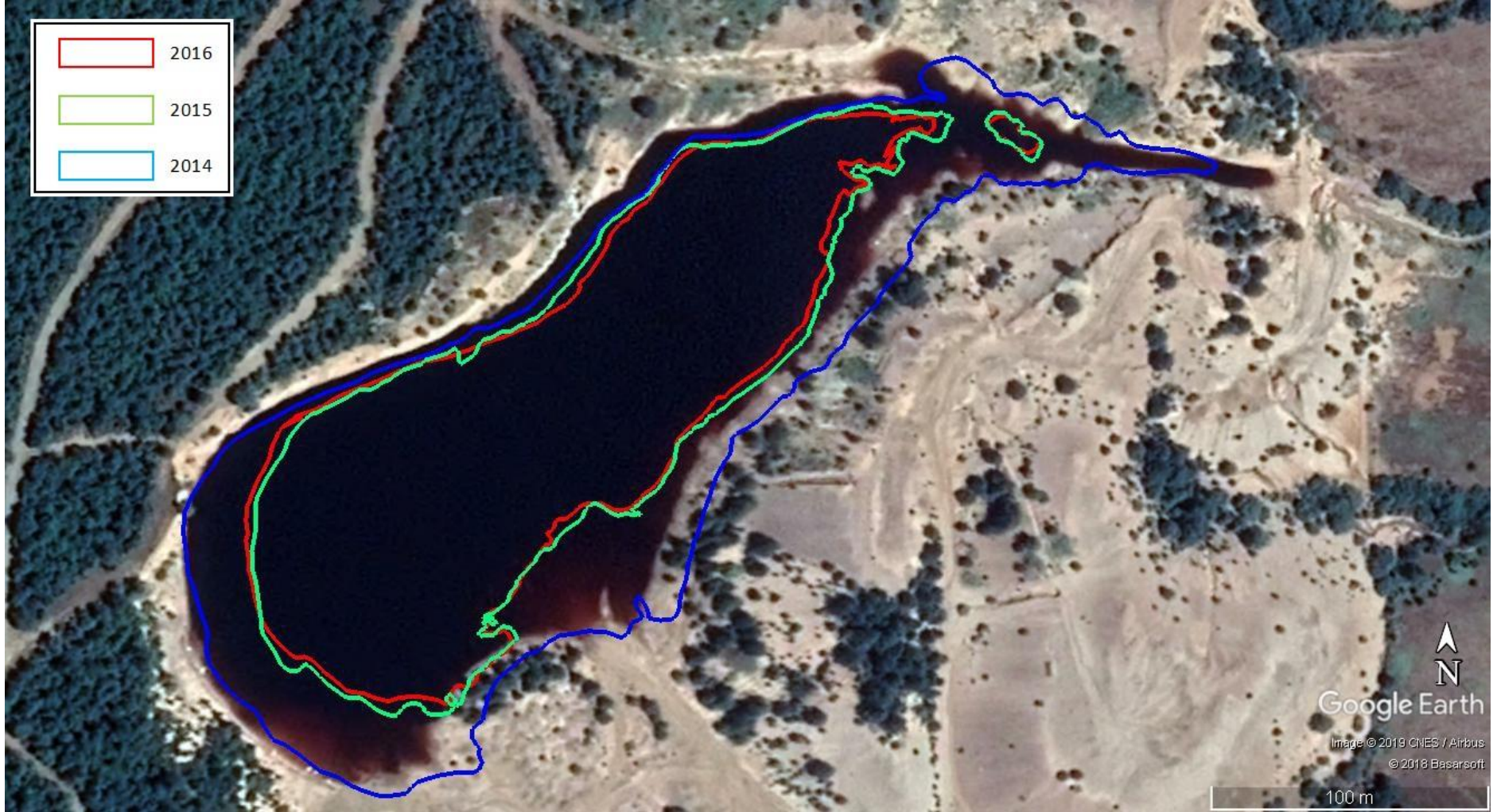
62

Çizelge 4.10. Göllerin Hesaplanan Alanları ve Değişim miktarları

Tarih	Metot	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	Etili Toplam	C1	C2	C3	C4	Çomaklı Toplam	
12-16 Kasım 2014	Dijitalleştirme	29253	32450	-	25443	19655	2327	2288	615	2287	114318	80054	16129	42815	5120	144118	258436
	Sınıflandırma	28072	32098	-	24625	18950	2291	2234	600	2230	111100	77939	15793	40987	4947	139666	250766
	% Fark	4,04	1,08	-	3,22	3,59	1,55	2,36	2,44	2,49	2,81	2,64	2,08	4,27	3,38	3,09	2,97
10-17 Ekim 2015	Dijitalleştirme	28506	20158	-	24378	18196	2168	2103	546	2154	98209	72789	-	41392	4684	118865	217074
	Sınıflandırma	27319	19916	-	23669	17608	2143	2045	535	2218	95453	71349	-	39405	4500	115254	210707
	% Fark	4,16	1,20	-	2,91	3,23	1,15	2,76	2,01	-2,97	2,81	1,98	-	4,80	3,93	3,04	2,93
9-16 Kasım 2016	Dijitalleştirme	24363	19852	-	24561,22	14605	2781	1917	275	1749	90103,22	-	-	-	-		
	Sınıflandırma	22136	19623	-	23811	14823	2731	1878	258	1684	86944						
	% Fark	9,14	1,15	-	3,05	-1,49	1,80	2,03	6,18	3,72	3,51						



Şekil 4.11. E1 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.12. E1 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.13. E4 gölünün yıllara göre alansal değişimi



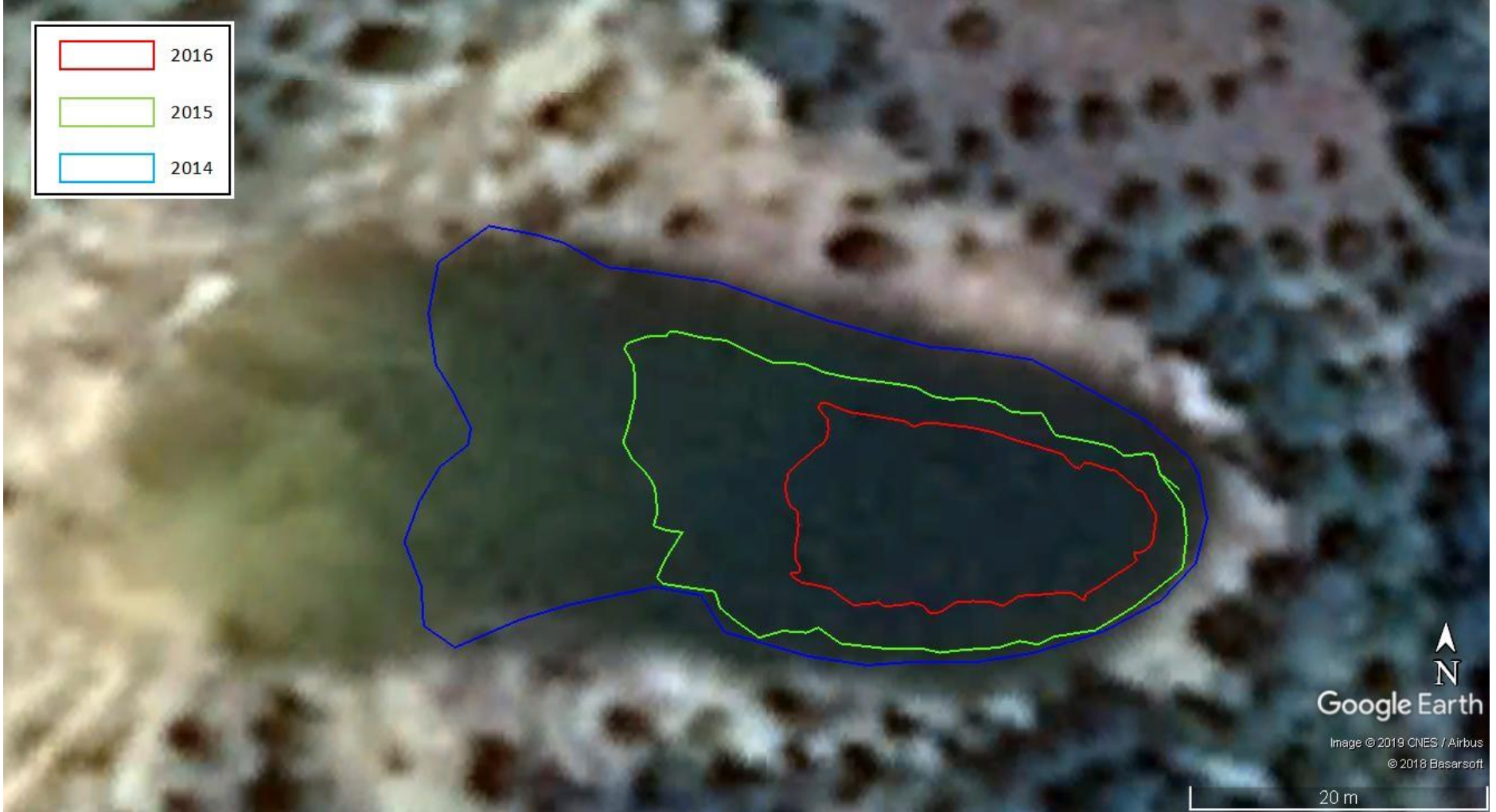
Şekil 4.14. E5 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.15. E6 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.16. E7 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.17. E8 gölünün yıllara göre alansal değişimi



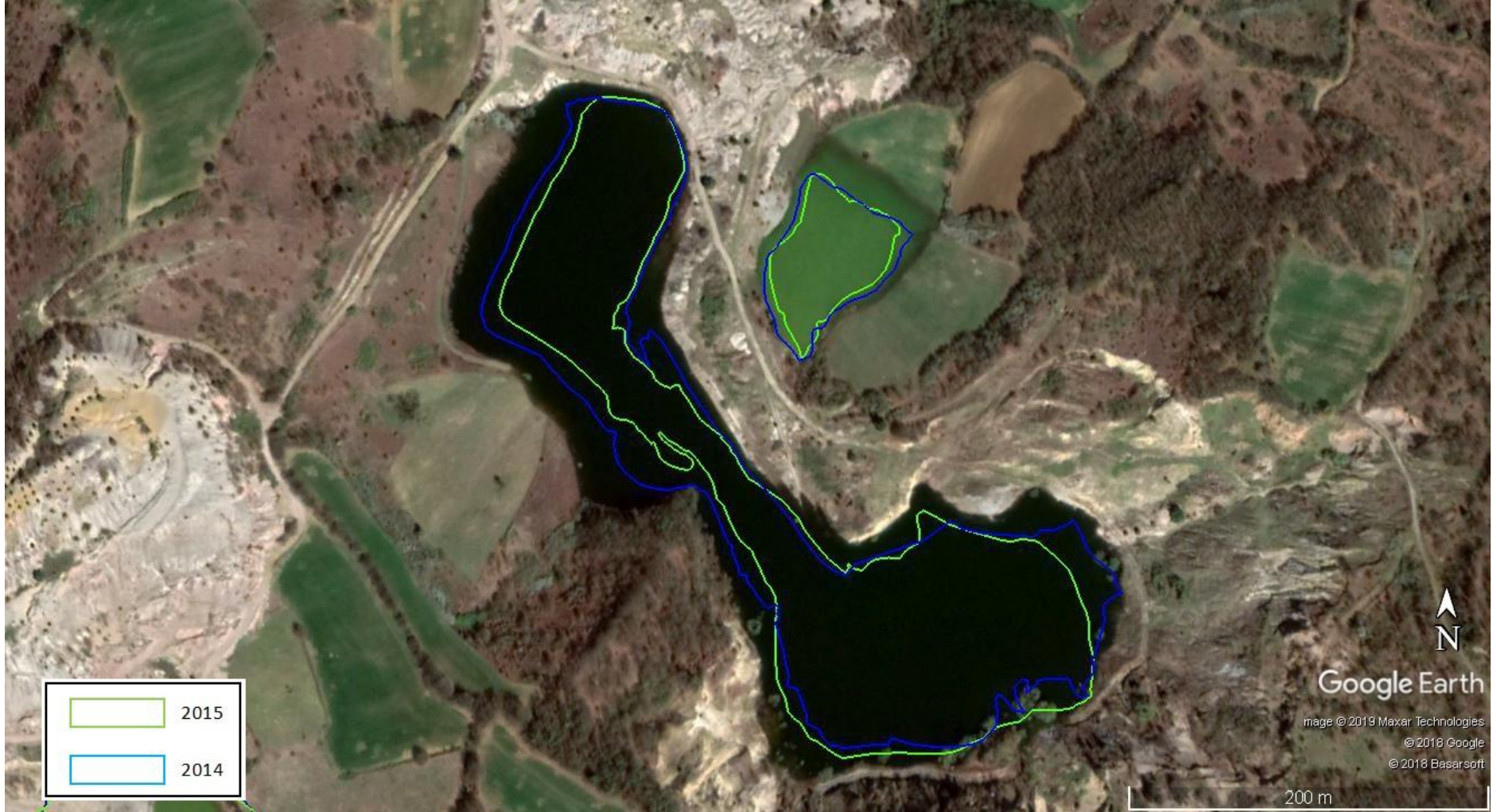
Şekil 4.18. E9 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.19. C1 gölünün yıllara göre alansal değişimi



Şekil 4.20. C2 gölünün 2014 yılındaki alanı



Şekil 4.21. C3 ve C4 göllerinin yıllara göre alansal değişimi

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, Çan Kömür Havzası'ndaki Etili ve Çomaklı maden ocaklarındaki maden göllerini 2014, 2015 ve 2016 yıllarında düşük maliyetli, yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerini kullanılarak izlenmiştir. İHA görüntülerinden, Agisoft yazılımında SfM metodu kullanılarak 3B nokta bulutu, yüksek çözünürlüklü ortomozaik ve 3B arazi modelleri oluşturulmuştur. İHA görüntüleri uydu görüntülerinden daha yüksek çözünürlüğe sahip olduğu için daha hassas konumsal veriler sağlamaktadır. Uydu görüntüleri ile yapılan hesaplamalarda mekânsal çözünürlük 50 cm/piksel iken, bu çalışma ile elde edilen İHA görüntülerinin çözünürlüğü 1 ile 6 cm/piksel arasındadır. Ayrıca, İHA görüntüleri periyodik olarak istenilen zamanda elde edilebilmektedir. Periyodik veri sağlama uydu görüntülerinde her zaman mümkün olmamaktadır.

Bu tez çalışması ile maden göllerinin alanları, sayısallaştırma ve MLC yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. İki yöntem karşılaştırıldığında, göl alanları arasındaki fark %1,1 ile % 4,8 arasında değiştiği sonucuna varılmıştır. Bu farklılıklar gölün rengi ile çevresindeki alan rengi arasındaki kontrasta bağlı olarak değişmektedir. ArcGIS yazılımında maden göllerinin toplam alanı Kasım 2014'te 25.33 hektar, Ekim 2015'te 21.24 hektar olarak hesaplanmıştır. Alansal azalmanın E2 ve C1 göllerinin kısmen boşaltılmasından kaynaklandığı, ayrıca antropojenik müdahale olmayan maden göllerinde (E1, E4, E5, E6, E7, E8, E9, C3 ve C4) ise meteorolojik faktörlerin alansal değişime neden olduğu anlaşılmıştır. Yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinin, açık ocak kömür maden işletmelerinde oluşan maden göllerinin morfolojik özelliklerinin ve değişimlerinin belirlenmesinde ve antropojenik ve meteorolojik etkilerini izlemesinde hızlı ve yüksek mekânsal çözünürlüklü veri sağlayan bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- ADST: Association for Diplomatic Studies & Training, (Mart 2014). Moments in U.S. Diplomatic History “The Downing of KAL Flight 007”, Retrieved June 17, 2019, from <https://adst.org/2014/03/the-downing-of-kal-flight-007/>
- Ahmadabadiana A.H., Robson S., Boehm J., Shortis, M., Wenzel K., Fritsch D., 2013. A Comparison Of Dense Matching Algorithms For Scaled Surface Reconstruction Using Stereo Camera Rigs. ISPRS J. Photogramm. 78, 157-167
- Akçın H., Çakır A., 2011, Madencilik Çevre Etkilerinin İnternet Tabanlı Cbs İle Zamansal Analizi, Tmmob Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Antalya
- Azavea, (n.d.). Summer of Maps: Raster Versus Vector Visualization, Retrieved July 9, 2019 from <https://www.azavea.com/blog/2014/08/21/summer-of-maps-raster-versus-vector-visualization>
- Bozcu M., Akgün F., Gürdal G., Yesilyurt S.K., Karaca O., 2008. Sedimentologic, Petrologic, Geochemical And Palinologic Examination of Can Yenice Bayramic (Canakkale) Lignite Basin [in Turkish]. Final Report of The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK), Project No: CAYDAG-105Y114. Ankara, Turkey
- Census, Dual Independent Map Encoding, (n.d) , Retrieved 30 Ocak 2019, from https://www.census.gov/history/www/innovations/technology/dual_independent_map_encoding.html
- Chen J., Li K., Chang K., Sofia G., Tarolli P., 2015. Open-pit Mining Geomorphic Feature Characterization. Int. J. Appl. Earth Obs. 42, 76-86
- DOD-2005: Office of the Secretary of Defence, 2005. Unmanned Aircraft Systems 2005-2030 Retrived 30 Ocak 2019, from [https://web.archive.org/web/20081002220516/http://www.acq.osd.mil/usd/Roadmap%20Final2.pdf#search="Dod%20UAS%20Roadmap%202005"](https://web.archive.org/web/20081002220516/http://www.acq.osd.mil/usd/Roadmap%20Final2.pdf#search=)
- Douterloigne K.; Gautama S.; Philips W., 2010. On the accuracy of 3D landscapes from UAV image data. In: Proceedings of IGARSS 2010, Honolulu, Hawaii, USA. 589-592

- Ducke B., Score D., Reeves J., 2010. Multiview 3D Reconstruction Of The Archaeological Site At Weymouth From Image Series. *Comput. Graph.* 35: 375
- Ed Darack, 19 Mayıs 2017, A Brief History of Quadrotors. *Airspacemag*. Retrieved 30 Ocak 2019, from <https://www.airspacemag.com/daily-planet/brief-history-quadrotors-180963372/>
- EDA, (n.d.). Remotely Piloted Aircraft Systems – RPAS. European Defence Agency. Retrieved 30 Ocak 2018, from <https://www.eda.europa.eu/what-we-do/activities/activities-search/remotely-piloted-aircraft-systems---rpas>
- Eisenbeiss H., November 2004. A mini Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): System Overview And Image Acquisition. International Workshop on Processing and Visualization using High Resolution Imagery, vol. 36-5/W1. Pitsanulok, Thailand.
- Ellis E.C., 2011. Anthropogenic Transformation Of The Terrestrial Biosphere. *Philos T. R. Soc. A.* 369: 1010-1035
- Ferris: The Center for Photogrammetric Training Surveying Engineering Department, (n.d.). History Of Photogrammetry. Ferris State University. Retrieved 30 Ocak 2019, from http://ibis.geog.ubc.ca/courses/geob373/lectures/Handouts/History_of_Photogrammetry.pdf
- Fonstad M.A., Dietrich J.T., Courville B.C., Jensen J.L., Carbonneau P.E., 2012. Topographic Structure From Motion: A New Development In Photogrammetric Measurement. *Earth Surf. Proc. Land.* 38(4): 421-430
- Forstner U., Wittmann G.T.W., 1983. Metal Pollution In The Aquatic Environment. Springer-Verlag, Berlin.
- Furukawa Y., Ponce J., 2009. Accurate Camera Calibration From Multi-view Stereo And Bundle Adjustment. *Int. J. Comput. Vision.* 84: 257-268
- Goncalves J.A., Henriques R., 2015. UAV Photogrammetry For Topographic Monitoring Of Coastal Areas. *ISPRS J. Photogramm.* 104: 101-111
- Grande J.A., Torre M.L., Ceron J.C., Beltran R., Gomez T., 2010. Overall Hydrochemical Characterization Of The Iberian Pyrite Belt. Main Acid Mine Drainage - Generating

- Sources. *J. Hydrol.* 390., Huelva, SW Spain. 123-130
- Gündüz O., Baba, A., 2008. Fate Of Acidic Mining Lakes In Can Lignite District. Turkey. In: Proceedings of the XXXVI IAH Congress Integrating Groundwater Science and Human Well-being. Toyama, Japan. 1-7
- Gürdal G., Bozcu M., 2011. Petrographic Characteristic And Depositional Environment Of Miocene Can Coals, Canakkale-Turkey. *Int. J. Coal Geol.*, 85: 143-160
- Hirschmüller H. 2005. Accurate And Efficient Stereo Processing By Semi-global Matching And Mutual Information. Proceedings of IEEE Conference for Computer Vision and Pattern Recognition (vol. 2), San Diego, CA, USA. 807-814
- HistGIS: The Remarkable History of GIS, (n.d). Retrieved 31 Ocak 2019 from <https://gisgeography.com/history-of-gis/>
- Immerzeel W.W., Kraaijenbrink P.D.A., Shea J.M., Shrestha A.B., Pellicciotti F., Bierkens, M.F.P., Jong S.M., 2014. High-Resolution Monitoring Of Himalayan Glacier Dynamics Using Unmanned Aerial Vehicles. *Remote Sens. Environ.*, 150: 93-103
- James M.R., Robson S., 2012. Straightforward Reconstruction Of 3D Surfaces And Topography With A Camera: Accuracy And Geoscience Application. *J. Geophys. Res.*, 117: 1-23
- Javernick L., Brasington J., Caruso B., 2014. Modelling The Topography Of Shallow Braided Rivers Using Structure-From-Motion Photogrammetry. *Geomorphology* 213: 166-182.
- Kaçar M., Bir A., 2012. Usturlap. TDV İslâm Ansiklopedisi. Retrieved 17.06.2019 from <https://islamansiklopedisi.org.tr/usturlap>
- Kahraman S., Ünsal Ö., 2014. ArcGIS For Desktop Spatial Analiz (1.baskı), Esri Türkiye. 163-194.
- Kahveci M., Can N., 2017. İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada Ve Türkiye'deki Yasal Durumu. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi 5(4): 511-535.
- Köse H., Yalçın E., Şimşir F., Konak G., Onargan T., Kızıllı M.S., 1996. Açık İşletme

Tekniği (4.Baskı). Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir. 467 p.

- Laskow S., 3 Kasım 2014. The Plane Crash That Gave Americans GPS, The Atlantic, Retrieved 17.06.2019 from <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/11/the-plane-crash-that-gave-americans-gps/382204/>
- Lowe D.G., 2004. Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints. *Int. J. Comput. Vision.* 60(2): 91-110.
- Lucieer A., de Jong S.M., Turner D., 2013. Mapping Landslide Displacements Using Structure From Motion (SfM) And Image Correlation Of Multi-temporal UAV Photography. *Prog. Phys. Geog.* 38: 97-119.
- Malmstrom M.E., Berglund S., Jarsj J., 2008. Combined Effects Of Spatially Variable Flow And Mineralogy On The Attenuation Of Acid Mine Drainage In Groundwater. *Appl. Geochem.* 23: 1419-1436.
- Mancini F., Dubbini M., Gattelli M., Stecchi F., Fabbri S., Gabbianelli G., 2013. Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) For Highresolution Reconstruction Of Topography: The Structure From Motion Approach On Coastal Environments. *Remote Sens.* 5(12): 6880-6898.
- Martin P.G., Payton O.D., Fardoulis J.S., Richards D.A., Scott T.B., 2015. The Use Of Unmanned Aerial Systems For The Mapping Of Legacy Uranium Mines. *J. Environ. Radioactiv.* 143: 135-140.
- Monash, 2003. Remote Piloted Aerial Vehicles: An Anthology. Retrieved 30 Ocak 2019, from <https://www.rucker.army.mil/usaace/uas/US%20Army%20UAS%20RoadMap%20010%202035.pdf>
- Nicosevici T., Garcia R., 2013. Efficient 3D Scene Modeling And Mosaicing. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Niethammer U., James M.R., Rothmund S., Travelletti J., Joswig M., 2012. UAV-based Remote Sensing Of The Super-Sauze Landslide: Evaluation And Results. *Eng. Geol.* 12: 2-11.

- Noch T., Denike K., 2010. Essential, Illustrative, Or ... Just Propaganda? Rethinking John Snow's Broad Street Map. *Cartographica* 45: 19-31.
- OAIB: Moment Expo, (Aralık 2017). Tarihe Yön Veren İcat: Pusula. Retrieved on 16.06.2019 from: <http://www.moment-expo.com/tarihe-yon-veren-icat-pusula>
- Okumusoglu D., Gunduz O., 2013. Hydrochemical Status Of An Acidic Mining Lake In Can-Canakkale, Turkey. *Water Environ. Res.* 604-620.
- Ouédraogo M.M., Degré A., Debouche C., Lisein J., 2014. The Evaluation Of Unmanned Aerial System-based Photogrammetry And Terrestrial Laser Scanning To Generate DEMs Of Agricultural Watersheds. *Geomorphology.*, 214: 339-355.
- Pierce T.W., Ward E.N., 6 Şubat 2006. Canada Land Inventory. Canadian Encyclopedia. Retrieved 31 Ocak 2019, From <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/canada-land-inventory>
- Pierrot-Deseilligny M., Paparoditis N., 2006. A Multire Solution And Optimization-Based Image Matching Approach: An Application To Surface Reconstruction From SPOT5-HRS Stereo Imagery. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 36(I1/W41): 73-77.
- Quadsforfun, (n.d.). Drones and Quadcopter REVIEWS (Introduction). Retrieved 20 Şubat 2019 from <https://quadsforfun.wixsite.com/quadsforfun/drones-e-quadcopters-review>
- Sanliyuksel Yucel D., Baba A., 2013. Geochemical Characterization Of Acid Mine Lakes And Their Effect On The Environment, NW Of Turkey. *Arch. Environ. Con. Tox.*, 64(3): 357-376.
- Sanliyuksel Yucel D., Balci N., Baba A., 2016. Generation Of Acid Mine Lakes Associated With Abandoned Coal Mines In NW Turkey. *Arch. Environ. Con. Tox.*, 70(4): 757-782.
- Sanliyuksel Yucel D., Yucel M.A., Baba A., 2014. Change Detection And Visualization Of Acid Mine Lakes Using Time Series Satellite Image Data In Geographic Information Systems (GIS): Can (Canakkale) County, NW Turkey. *Environ. Earth Sci.*, 72(11): 4311-4323.
- Sanliyuksel Yucel D.; Baba A., 2013. Effects Of Acid Mine Lakes On Water Resources In

- Biga Peninsula, Turkey. The second International Conference on Water, Energy and the Environment, Kusadasi, Turkey. 59.
- Şanlıyüksel Yücel D., Yücel M.A., 2017. Terk Edilmiş Kömür Ocaklarında Oluşan Maden Göllerinin Hidrokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve İnsansız Hava Aracı ile Üç Boyutlu Modellenmesi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23: 780-791.
- SHT-İHA: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, 2016. İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı. Retrieved 30 Ocak 2019 from <https://iha.shgm.gov.tr/public/index?ReturnUrl=%2findex.html>
- Siebert S., Teizer J., 2014. Mobile 3D Mapping For Surveying Earthwork Projects Using An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System. *Automat. Constr.*, 41: 1-14.
- Storm: Timeline of Radio Control, (n.d.). Retrieved 30 Ocak 2019, from <http://www.stormthecastle.com/model-airplanes/timeline-of-radio-control.htm>
- Tarolli P., 2014. High-Resolution Topography For Understanding Earth Surface Processes: Opportunities And Challenges. *Geomorphology.*, 216: 295-312.
- Tavani S., Granadob P., Corradettia A., Girundoa M., Iannacea A., Arbuésb P., Muñozb J.A., Mazzolia S., 2014. Building A Virtual Outcrop, Extracting Geological Information From It, And Sharing The Results In Google Earth Via Open Plot And Photoscan: An Example From The Khaviz Anticline (Iran). *Comput. Geosci.* 63(2): 44-53.
- Tokarczyk P., Leitao J.P., Rieckermann, J., Schindler, K., Blumensaat F., 2015, High-quality observation of surface imperviousness for urban runoff modeling using UAV imagery. *Hydrol. Earth Syst. Sc.* 12, p:1205-1245
- UAS CoE: U. S. Army UAS Center of Excellence (ATZQ-CDI-C) , “Eyes of the Army” U.S. Army Roadmap for UAS 2010-2035,(2010) ,(91-93), Retrieved 30 Ocak 2019, from <https://www.rucker.army.mil/usaace/uas/US%20Army%20UAS%20RoadMap%20010%202035.pdf>
- UNOOSA: The United Nations Office for Outer Space Affairs, (n.d.). GNSS History. Retrieved 17.06.2019 from <http://www.unoosa.org/pdf/icg/2015/presentations/30.pdf>

- USGS: What is a geographic information system (GIS)?, (n.d.). USGS. Retrieved 20.06.2019 From https://www.usgs.gov/faqs/what-a-geographic-information-system-gis?qt-news_science_products=7#qt-news_science_products
- Vanacker V., Bellin N., Molina A., Kubik P.W., 2014. Erosion Regulation As A Function Of Human Disturbances To Vegetation Cover: A Conceptual Model. *Landscape Ecol.*, 29: 293-309.
- Wang Q.; Wu Li.; Chen S.; Shu D.; Xu Z.; Li F.; Wang R., 2014. Accuracy Evaluation Of 3D Geometry From Low-Attitude Uav Images: A Case Study At Zijin Mine. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL/4: 297-300.
- Westoby M., Brasington J., Glasser N.F., Hambrey M.J., Reynolds M.J., 2012. Structure From Motion Photogrammetry: A Low-Cost, Effective Tool For Geoscience Applications. *Geomorphology*, 179: 300-314.
- Wiki, 2019. Petrus Peregrinus de Maricourt. Wikipedia. Retrieved 07/07/2019 from https://en.wikipedia.org/wiki/Petrus_Peregrinus_de_Maricourt
- Wolf P. ve Dewitt B., 2000. *Elements Of Photogrammetry With Applications In GIS (3 rd Editon)*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, NY, 624 p.
- Yücel M.A., Turan R.Y., 2016. Areal Change Detection and 3D Modeling of Mine Lakes Using High-Resolution Unmanned Aerial Vehicle Images. *Arabian Journal For Science And Engineering*, 41: 4867-4878.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Recep Yavuz TURAN

Doğum Yeri: Çan

Doğum Tarihi: 13.01.1981

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Bahçeşehir Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi-Bilgisayar Mühendisliği

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Yayınlar -SCI -Diğer

Yücel M.A., Turan R.Y., "Areal Change Detection and 3D Modeling of Mine Lakes Using High-Resolution Unmanned Aerial Vehicle Images", ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING, vol.41, no.1, pp.1-12, 2016

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

Yücel M.A., Şanlıyüksel Yücel D., Turan R.Y., Baba A., "Monitoring of Acid Mine Lakes By Unmanned Aerial Vehicle (UAV) On Geographic Information System (GIS) Around Can Region, Biga Peninsula, NW Turkey", 8. International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, MUĞLA, TÜRKİYE, 13-17 Ekim 2014, pp.53-53

Yücel M.A., Şanlıyüksel D., Turan R.Y., "İnsansız Hava Aracı Kullanarak Çan (Çanakkale) İlçesinde Bulunan Asit Maden Göllerinin Alansal Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İncelenmesi", 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, ANKARA, TÜRKİYE, 14-18 Nisan 2014, ss.144-145

c) Katıldığı Projeler

"Gelibolu Yarımadası Savaş Arkeojeofiziği Çalışmaları", BAP Diğer, FBA-2018-2485, Araştırmacı, 2019

İŞ DENEYİMİ

ÇOMÜ- Çan MYO - Mekatronik Programı Öğr.Gör.(2012-....)

Turan Bilgisayar Elektronik(2006-2012)

İLETİŞİM

E-posta Adresi :ryturan@comu.edu.tr