

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖLLERDE UZUN DÖNEMLİ SU BÜTÇESİ DİNAMİĞİNİN
FOTOGRAMETRİK TEKNİKLER İLE GÖZLEMLENMESİ: DENİZLİ
ACIGÖL ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZELİHA İSKENDER

EKİM 2024
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GÖLLERDE UZUN DÖNEMLİ SU BÜTÇESİ DİNAMİĞİNİN
FOTOGRAMETRİK TEKNİKLER İLE GÖZLEMLENMESİ: DENİZLİ
ACIGÖL ÖRNEĞİ

Zeliha İSKENDER

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 / 09 / 2024

Tezin Savunma Tarihi : 21 / 10 / 2024

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mustafa DİHKAN

Trabzon 2024

ÖNSÖZ

“Göllerde Uzun Dönemli Su Bütçesi Dinamiğinin Fotogrametrik Teknikler ile Gözlemlenmesi: Denizli Acıgöl Örneği” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca hiçbir desteğini esirgemeyen ve bilim insanı olma yolundaki ilk adımlarımı atarken kıymetli bilgileriyle ve tecrübesiyle yolumu aydınlatan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa DİHKAN’a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, yapıcı eleştirileri ve önerileri ile tezime büyük katkıları bulunan saygı değer hocalarım Sayın Prof. Dr. Fevzi KARSLI’ya ve Prof. Dr. Abdulaziz GÜNEROĞLU’na ve eğitim öğretim hayatımda katkısı olan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen Harita Mühendisliği Bölümü’ndeki tüm değerli hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, hayatım boyunca aldığım tüm kararlarda bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım ve her kararında arkamda olan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan aileme, teşekkür eder, minnettarlığımı sunarım.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Zeliha İSKENDER

Trabzon 2024

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Göllerde Uzun Dönemli Su Bütçesi Dinamiğinin Fotogrametrik Teknikler İle Gözlemlenmesi: Denizli Acıgöl Örneği” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Mustafa DİHKAN’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 21/10/2024

Zeliha İSKENDER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XI
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç ve Kapsam	9
1.3. Çalışma Alanı	10
1.4. Veri	14
1.4.1. Analog Hava Fotoğrafları	16
1.4.2. Dijital Hava Görüntüleri	17
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	19
2.1. Yöntem	19
2.1.1. Görüntülerin Yöneltilmesi	20
2.1.2. Nokta Bulutu Üretimi	28
2.1.3. Nokta Bulutu Gürültü Giderme	29
2.1.4. SYM Üretimi	30
2.1.5. Ortorektifikasyon İşlemi ve Ortomozaik Üretimi	32
2.1.6. Kıyı Çizgisi Tespiti	34
2.2. Görüntü Verileri ile Uygulama	35
2.2.1. Dijital Hava Görüntülerinin Değerlendirilmesi ve SYM Üretimi	36
2.2.2. Analog Hava Görüntülerinin Değerlendirilmesi ve SYM Üretimi	44
3. BULGULAR	51
4. İRDELEME	61
5. SONUÇLAR	65
6. ÖNERİLER	66

7. KAYNAKÇA.....	67
ÖZGEÇMİŞ	



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GÖLLERDE UZUN DÖNEMLİ SU BÜTÇESİ DİNAMİĞİNİN FOTOGRAMETRİK TEKNİKLER İLE GÖZLEMLENMESİ: DENİZLİ ACIGÖL ÖRNEĞİ

Zeliha İSKENDER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Mustafa DİHKAN
2024, 75 Sayfa

Günümüzde insanoğlunun en önemli problemlerinden birisi hiç şüphesiz su yoksunluğu ve kuraklıktır. Son yüzyılda, küresel iklim değişikliğinin sebep olduğu kuraklığın tatlı su kaynakları üzerinde olumsuz etkiler yarattığı bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin göller bölgesinde yer alan ve ciddi kuraklık etkisi altında olan Acıgöl araştırılmıştır. Acıgöl'ün su hacminde geçmişten günümüze önemli oranda azalmalar meydana geldiği çeşitli araştırmalar ve farklı yöntemlerle ortaya konulmuştur. 1960-2022 zaman aralığında analog ve dijital fotogrametrik görüntülerden yararlanarak Acıgöl'ün su hacmi ve yüzey alanı değişimleri 62 yıllık periyotta yüksek doğrulukta hesaplanmıştır. 1960-2022 periyodunda meteorolojik parametreler incelendiğinde, atmosferik sıcaklık ve buharlaşma miktarlarında artış, yağış miktarlarında ise azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte arazi örtüsünde 1960-2022 zamansal periyodunda arazi kullanım haritaları üretilip değişiklikler incelenerek tespit edilmiştir. Tüm bu çevresel indikatörlerin 1960-2022 zaman aralığında Acıgöl yüzey alan ve su hacmindeki azalma ile önemli düzeyde ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Acıgöl, Fotogrametri, Kuraklık, Türkiye

Master Thesis

SUMMARY

MONITORING LAKES' LONG-TERM WATER BUDGET DYNAMICS WITH
PHOTOGRAPHETRIC TECHNIQUES: THE CASE OF DENİZLİ ACIGÖL

Zeliha ISKENDER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering
Supervisor: Assoc. Prof. Mustafa DIHKAN
2024, 75 Pages

One of the most important problems of humanity today is undoubtedly water deprivation and drought. It is known that in the last century, drought caused by global climate change has had a negative impact on freshwater resources. Within the scope of this study, Acıgöl, which is located in the lakes region of Turkey and is under the effect of serious drought, was investigated. It has been revealed by various studies and different methods that there have been significant decreases in the water volume of Acıgöl from the past to the present. Using analog and digital photogrammetric images in the 1960-2022 time period, the changes in the water volume and surface area of Acıgöl were calculated with high accuracy in a 62-year period. When meteorological parameters were examined in the 1960-2022 period, it was observed that there was an increase in atmospheric temperature and evaporation amounts and a decrease in precipitation amounts. In addition, land use maps were produced and changes in land cover in the 1960-2022 time period were determined by examining. It is understood that all these environmental indicators are significantly related to the decrease in Acıgöl surface area and water volume in the 1960-2022 time period.

Key Words: Acıgöl, Photogrammetry, Drought, Turkey

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Türkiye karşılaştırmalı sıcaklık grafiği (URL-1, 2024).....	2
Şekil 2. Türkiye ortalama sıcaklık dağılımı (URL-1, 2024).....	3
Şekil 3. Türkiye karşılaştırmalı yağış grafiği (URL-2, 2024).....	4
Şekil 4. Türkiye yağış dağılımı (URL-2, 2024).....	5
Şekil 5. Türkiye karşılaştırmalı buharlaşma grafiği (URL-3, 2024).....	6
Şekil 6. Türkiye buharlaşma dağılımı (URL-3, 2024).....	6
Şekil 7. Çalışma alanı	11
Şekil 8. Denizli yağış verisi (URL-4, 2024)	12
Şekil 9. Denizli sıcaklığının 25°C üstünde olduğu gün sayısı (URL-4, 2024)	13
Şekil 10. Türkiye 12 aylık kuraklık verisi (URL-5, 2024)	13
Şekil 11. 2024 yılı Acıgöl arazi örtüsü ve kullanımı	14
Şekil 12. Analog fotogrametrik görüntü	17
Şekil 13. Dijital fotogrametrik görüntü.....	18
Şekil 14. Akış diyagramı.....	19
Şekil 15. Epipolar geometri	21
Şekil 16. Havadan üçgenlenme (Aerial Triangulation).....	26
Şekil 17. Demet blok ayarı (Bundle Block Adjustment)	27
Şekil 18. Seyrek-yoğun nokta bulutu.....	28
Şekil 19. (a) Gürültüsü olan nokta bulutu (b) Gürültüsü giderilmiş nokta bulutu.....	29
Şekil 20. Sayısal yükseklik modeli ve görüntü arasındaki ilişki	31
Şekil 21. (a) Raster yöntemi (b) Üçgenleme yöntemi.....	32
Şekil 22. Hava fotoğrafı ve ortofoto	33
Şekil 23. Kıyı çizgisi gösterilmesi	35
Şekil 24. Özellik noktaları belirlenmiş görüntüler.....	36
Şekil 25. Özellik noktaları eşleşmiş görüntüler	37
Şekil 26. Derinlik haritası	37
Şekil 27. Dengelenmiş görüntülerin izdüşüm merkezi konumları ve seyrek nokta bulutu	38
Şekil 28. 2022 yılına ait yoğun nokta bulutu	39
Şekil 29. Google haritalar üzerinde çakıştırılmış 2022 3B yoğun nokta bulutu verisi	40

Şekil 30.	Gürültü niteliğindeki noktalar	40
Şekil 31.	2022 yılı gürültüsü giderilmiş nokta bulutu.....	41
Şekil 32.	2022 yılı SYM verisi	41
Şekil 33.	2022 yılı ortomozaik verisi.....	42
Şekil 34.	1960-1992-2022 yıllarında örnek ortak nokta	43
Şekil 35.	1960-1992 yıllarına ait seyrek nokta bulutları ve referans noktalar	45
Şekil 36.	Google haritalar üzerinde çakıştırılmış 1960 3B yoğun nokta bulutu verisi	46
Şekil 37.	Google Haritalar üzerinde çakıştırılmış 1992 3B yoğun nokta bulutu verisi	47
Şekil 38.	1960 yılına ait (a) nokta bulutu (b) gürültüsü giderilmiş nokta bulutu verisi	47
Şekil 39.	1992 yılına ait (a) nokta bulutu (b) gürültüsü giderilmiş nokta bulutu verisi	48
Şekil 40.	1960 yılı SYM verisi	48
Şekil 41.	1992 yılı SYM verisi	49
Şekil 42.	1960 yılı ortomozaik verisi.....	49
Şekil 43.	1992 yılı ortomozaik verisi.....	50
Şekil 44.	1960 yılı kıyı çizgisi	51
Şekil 45.	1992 yılı kıyı çizgisi	52
Şekil 46.	2022 yılı kıyı çizgisi	52
Şekil 47.	1960-1992-2022 yıllarına ait hesaplanan göl yüzey alan değerleri	53
Şekil 48.	Acıgöl yüzeyinin alansal değişimi.....	54
Şekil 49.	Çakıştırılmış göl sınırları ve dış sınır çizgisi	54
Şekil 50.	1960 yılı göl çevresi ve SYM	55
Şekil 51.	1992 yılı göl çevresi ve SYM	55
Şekil 52.	2022 yılı göl çevresi SYM.....	56
Şekil 53.	Acıgöl su kütlesi hacim değişimi.....	56
Şekil 54.	1960 yılı Acıgöl arazi kullanım haritası.....	58
Şekil 55.	1992 yılı Acıgöl arazi kullanım haritası.....	59
Şekil 56.	2022 yılı Acıgöl arazi kullanım haritası.....	59

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışmada kullanılan analog ve dijital hava fotoğraflarına ilişkin bilgiler.....	15
Tablo 2. UltraCam Eagle M3 kamera bilgileri	15
Tablo 3. 2022 yılına ait seyrek nokta bulutu verileri	38
Tablo 4. Referans seçilen noktaların koordinat bilgileri.....	44
Tablo 5. 1960 ve 1992 periyotları için üretilen seyrek nokta bulutu verilerine ilişkin bilgiler.....	44
Tablo 6. 1960 yılı referans nokta hataları	45
Tablo 7. 1992 yılı referans nokta hataları	46
Tablo 8. Acıgöl alansal/hacimsel değişim analizi.....	57
Tablo 9. Acıgöl arazi kullanımı	60

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

2D	: 2 Boyutlu
3D	: 3 Boyutlu
DBSCAN	: Density-Based Spatial Clustering
GPS	: Global Positioning System
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
IPCC	: The Intergovernmental Panel on Climate Change
KLT	: Kanade Lucas Tomasi
Km ²	: Kilometrekare
Km ³	: Kilometreküp
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
RANSAC	: Random Sample Consensus
SfM	: Structure from Motion
SIFT	: Scale-invariant feature transform
SURF	: Speeded up robust features
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
IMU	: Inertial Measurement Unit
INS	: Inertial Navigation System
IPCC	: The Intergovernmental Panel on Climate Change
YKN	: Yer Kontrol Noktası
YÖA	: Yer Örnekleme Aralığı

1. GENEL BİLGİLER

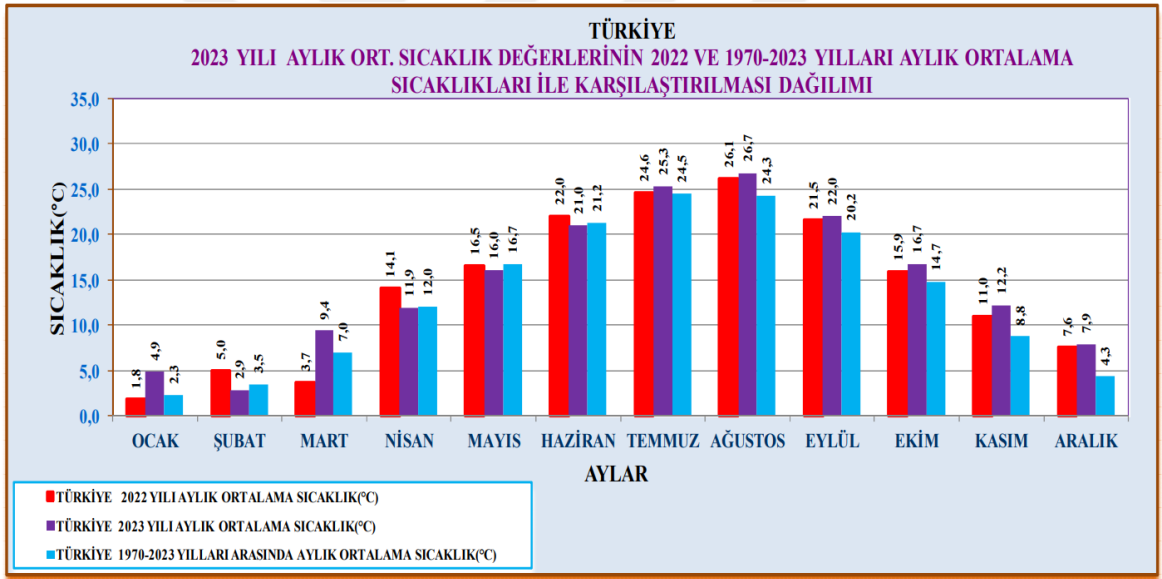
1.1. Giriş

Su kaynakları, canlıların yaşamı ve ekosistem için hayati bir öneme sahiptir. Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'i su ile kaplıdır (USGS, 2019). Göller, karadaki birincil su rezervuarlarını oluşturmakta olup, su kaynakları arasında yalnızca %0,013'lük küçük bir alanı kaplamaktadır (Gleick, 1993). Türkiye'nin tatlı su bütçesi incelendiğinde ise sınırlı sayıda göle sahip olduğu görülmektedir (Aküzüm vd., 2010). Artan dünya nüfusu ve küresel iklim değişikliği sebebiyle su kaynaklarında çeşitli olumsuzluklarla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu nedenle göl suyu dinamiklerinin izlenmesi ve iklim değişiminin göller üzerindeki etkisinin anlaşılması, su kaynakları ile ilgili ekosistem hizmetlerinin yönetimi açısından oldukça önemlidir (Bracht-Flyr vd., 2013). Bu bağlamda, çeşitli araştırmalarda göllerde meydana gelen yüzey alanı ve hacim gibi su bütçesiyle ilişkili kantitatif değişkenler incelenmiş, kuraklık sorununa yol açan göstergeler modellenmeye çalışılmıştır (Sarıcan, 2015). Göl seviyelerindeki azalmaların nedenlerini anlayabilmek için göl parametrelerinin yanı sıra iklim parametrelerinden sıcaklık, yağış ve buharlaşma verilerinin birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Türkiye, yarı kurak ve yarı nemli orta enlem bölgesinde yer almaktadır. Türkiye'nin bulunduğu bölgede yer alan birçok ülke gibi, bazı dönemlerde kurak iklim, bazı dönemlerde ise daha nemli iklim hakimdir (Kurnaz & Şahin, 2014). Türkiye'deki kurak ve yarı kurak alanlar 51 milyon hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Bu nedenle %37,3 gibi bir oranla yarı kurak iklim şartlarının etkisi altında kaldığı söylenebilir (Kadıoğlu, 2012). Türkiye'de bazen kurak, bazen de nemli iklim görülmesi, su kaynaklarını ciddi olumsuzluklarla karşı karşıya bırakmaktadır. Özellikle küresel sıcaklıkların artması sonucu su kaynaklarının hacmindeki azalmanın, dünyanın birçok bölgesinde çölleşmeye yol açabileceği öngörüldüğünden, su kaynaklarının önemi de artmaktadır (Ateş, 2008). Kuraklık, birçok sebebe bağlıdır; bunlar küresel ısınmayla birlikte sıcaklığın artması, yağışların düzensizleşmesi, buharlaşmanın artması ve antropojenik etkiler gibi faktörler olarak sayılabilir. Tarihe bakıldığında, Türkiye'nin kurak geçen yılları ve ülkeye olan etkileri oldukça fazladır. Türkiye'deki en şiddetli ve geniş yayılışa sahip kuraklıklar 1971-

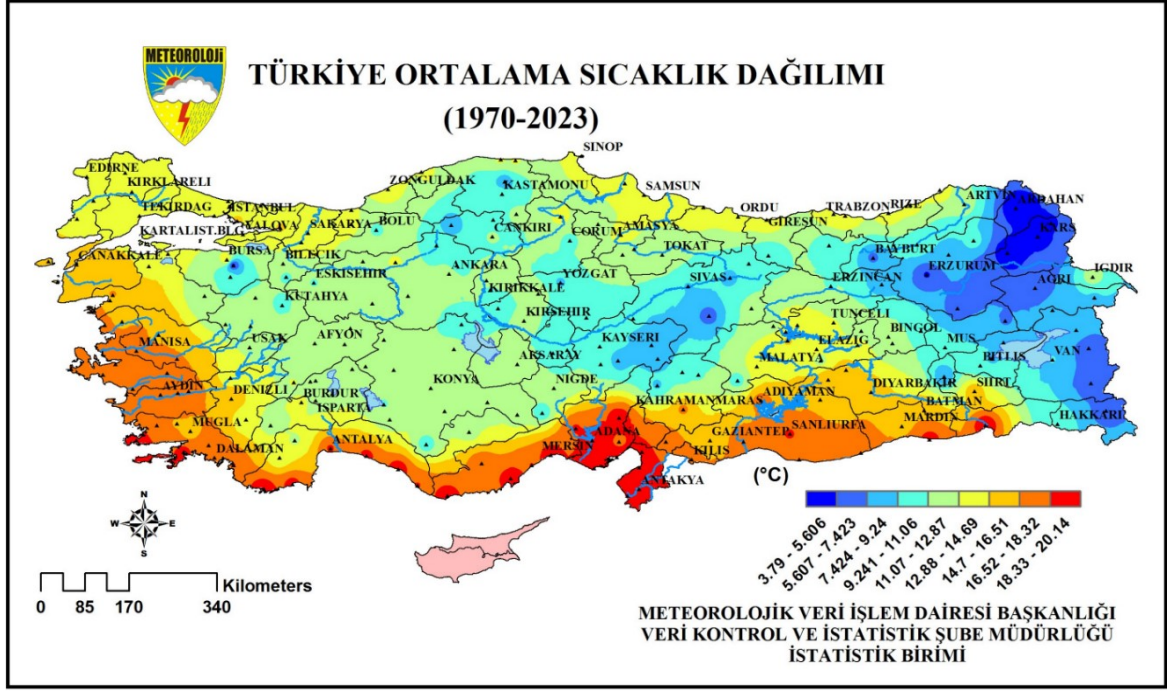
1974 dönemi ile 1983, 1984, 1989, 1990, 1996 ve 2001 yıllarında meydana gelmiştir (Kurnaz, 2014).

Kuraklığın sebeplerinden biri olan sıcaklıkların yükselmesi, yeryüzünün daha fazla güneş enerjisine maruz kalmasına, dünya genelinde iklim sistemlerinin değişmesine ve büyük ekosistem tahribatlarına yol açmaktadır (Şanlı & Özekicioğlu, 2007). Yüzey sıcaklıklarının belirginleştiği 1980'lerden sonra, sıcaklıkların önceki yıllara oranla giderek arttığı görülmüştür (Türkeş, 2012). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change) tarafından gerçekleştirilen son araştırmalarda küresel yüzey sıcaklığının 1850'den 2020'ye değin 1.1°C üzerine çıktığı tespit edilmiştir (IPCC, 2013). Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan Türkiye'nin tarihsel sıcaklık ortalamaları incelendiğinde ise, son yıllarda sıcaklıkların artış eğiliminde ve genel olarak ortalama sıcaklıkların üzerinde olduğu anlaşılabilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye karşılaştırmalı sıcaklık grafiği (URL-1, 2024)

MGM'den alınan Türkiye ortalama sıcaklık dağılımı haritası incelendiğinde, ortalama sıcaklıkların alansal dağılımında en yüksek sıcaklıkların Ege, Akdeniz kıyılarında ve Güneydoğu kesiminde oldukça fazla olduğu ifade edilebilir (Şekil 2).



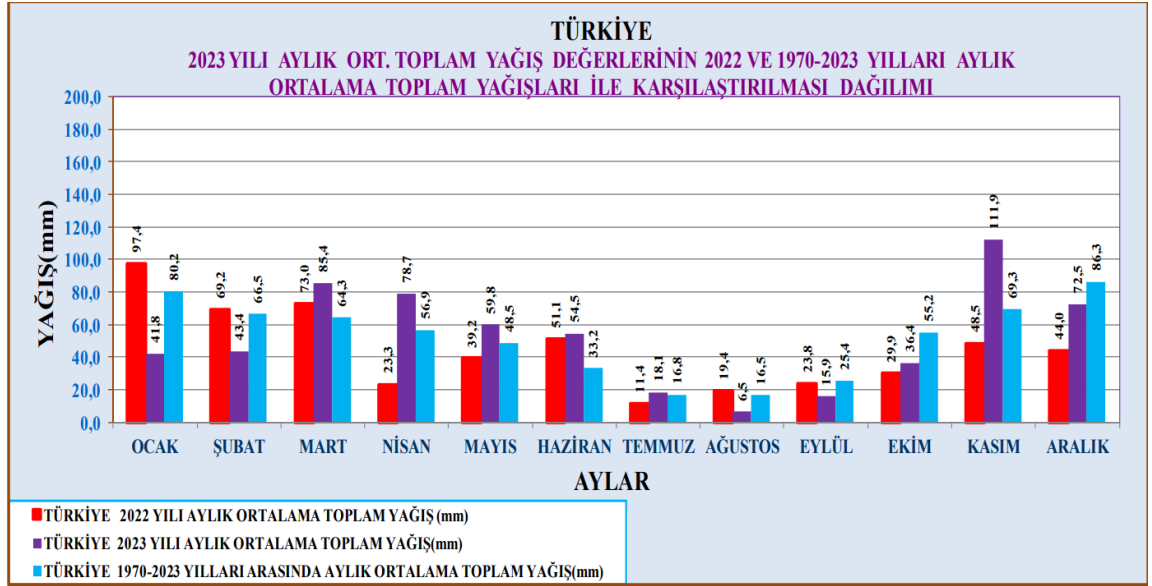
Şekil 2. Türkiye ortalama sıcaklık dağılımı (URL-1, 2024)

Küresel sıcaklıkların artması sonucunda, kuraklık, seller, tarım ve gıda verimliliğinin düşmesi, ekosistem tahribatı, biyoçeşitlilik kaybı, su döngüsünün değişimi, su kaynaklarının alanlarında ve hacminde değişim, kara buzullarının erimesi, kar örtüsünün alansal daralması, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi gibi insan hayatını ve ekolojik sistemi etkileyecek olumsuz etkiler beklenmektedir (Kapan, 2009). Yüzey sıcaklıklarının artışı, antropojenik etkinlikler sonucu atmosfer bileşimindeki değişiklikler de neden olabilmektedir.

Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişimleri yağış rejiminde zaman içerisinde önemli değişiklikler meydana getirebilmektedir (Donat vd., 2016). Bu değişiklikler, şiddetli yağış örneklerinde bir artış ve hafif ile orta şiddette yağmur oluşumlarında bir azalma içermektedir (Mishra, 2018). Yarı kurak ortamlarda, toprak yüzeyinde toprağın geçirgenliğini azaltan ve akış oluşumunu artıran yapısal tabakaların oluşabileceği belirtilmiştir (Assouline & Thommpson, 2023). Bu faktörleri analiz ederek akış ve akış sonucu oluşan birikim hakkında bilgi edinebilir. Bu bilgiler, aşırı yağış ve sel olayları arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayabilir (Assouline vd., 2024). Yağmur fırtınalarının kısa fakat yoğun olduğu yarı kurak bölgelerde, akış başlangıcının tipik olarak aşırı yağıştan kaynaklandığı ve toprak yüzeyinde geçirimsiz tabaka

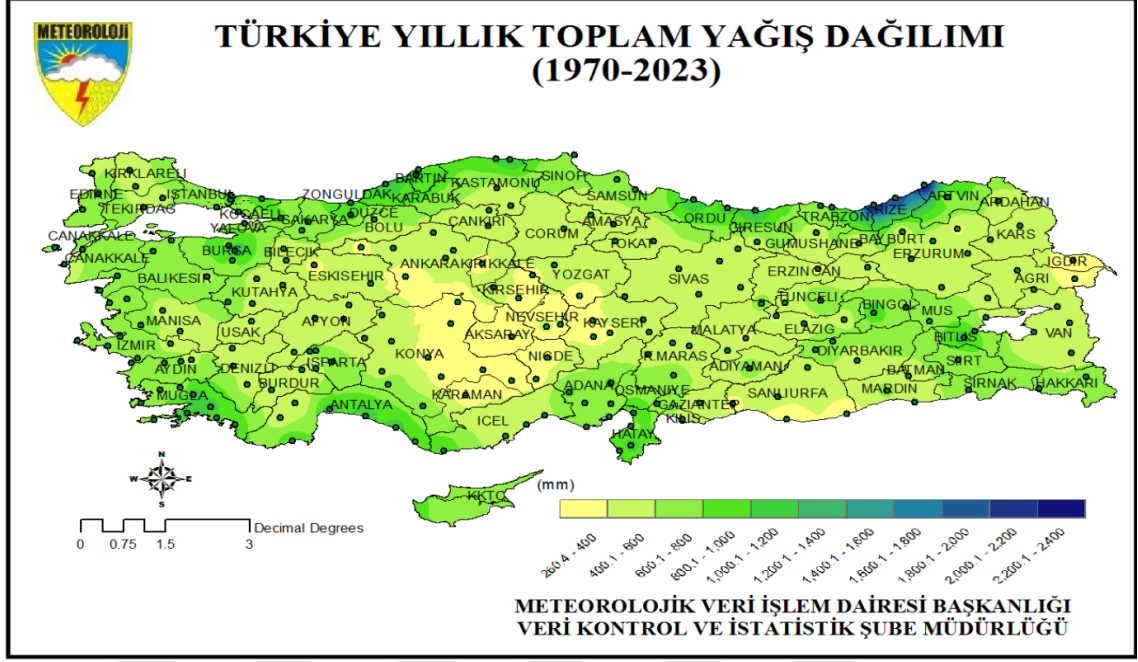
oluşumunun karada yüzeysel akış sürecini takip ettiği belirtilmektedir (Assouline & Thommpson, 2023).

Türkiye’de yağış rejiminin dağılışında büyük farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar, oluşan yağış rejimlerindeki düzensizliklerin anlamlı bir seyir izlemediğini göstermektedir. Bu durumun, kuraklık ve su problemlerine yol açtığı ortaya koyulmuştur (Ölgen, 2010). MGM’den elde edilen yağış verileri değerlendirildiğinde yağışların bazı aylarda ortalama değerin altında, bazı aylarda ise ortalamanın üstünde gerçekleşen düzensiz yağışlar olduğu söylenebilir (Şekil 3). Bu durum, Türkiye’de kuraklık ve su kıtlığı, erozyon, sel ve toprak kalitesinde azalma gibi sonuçlar doğurabilir.



Şekil 3. Türkiye karşılaştırmalı yağış grafiği (URL-2, 2024)

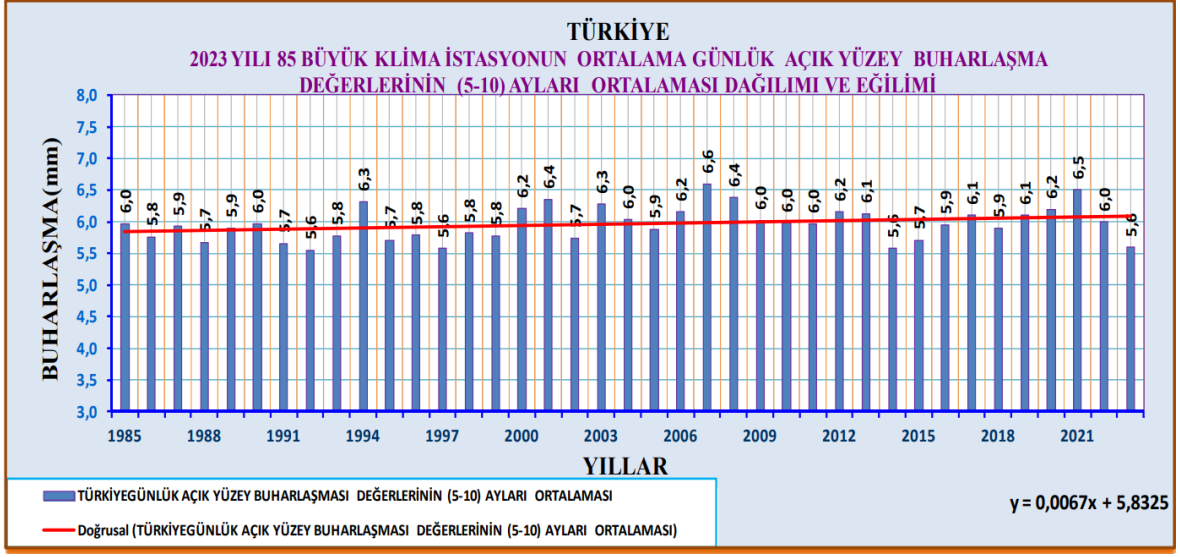
Türkiye’nin yağış değerleri, ülkenin coğrafi konumu ve yer şekilleri nedeniyle çeşitlilik göstermektedir. Türkiye’deki bölgeler farklı iklim tiplerine sahip olduğundan, yağış dağılımı ve miktarı bakımından değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Dönmez, 2023). Türkiye’deki toplam yağış dağılımı incelendiğinde, yağışın denize kıyısı olan kesimlerde daha fazla, iç kesimlerde ise daha az olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Türkiye yağış dağılımı (URL-2, 2024)

Küresel ısınmanın oluşturduğu iklim değişimi, yağış rejimindeki düzensizliklerin artmasına neden olurken, canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli olan su ihtiyacının karşılanmasında da olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu olumsuzluklar, küresel ısınmanın neden olacağı belirsizliklerin toplum için ciddi sıkıntılara ve sorunlara yol açacağını gösterir (Mendelsohn vd., 1994).

Küresel iklim değişikliği, dünyanın kurak bölgelerinde buharlaşma miktarında artışa neden olmaktadır. Küresel ısınmanın yaşanan etkileri arasında havanın kuru olması ve açık su yüzeylerinde meydana gelen buharlaşmanın arttığı tespit edilmiştir (Ahrens & Henson, 2022). Buharlaşmanın artmasıyla birlikte kuraklık koşullarının ve etkilerinin de artacağı tespit edilmiştir (Goyal, 2004). Küresel durum ile benzer şekilde Türkiye’de de buharlaşma düzeylerinin artış eğiliminde olduğu yapılan araştırmalarda ortaya konulmuştur (Aydın, 2009). MGM verilerine göre 1985 - 2023 yılları arasında Türkiye’de buharlaşma ortalaması giderek artmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Türkiye karşılaştırmalı buharlaşma grafiği (URL-3, 2024)

Türkiye'de yıllık buharlaşma oranları, bölgesel iklim farklılıklarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Şekil 6). Ülke genelinde buharlaşma miktarını etkileyen faktörler arasında sıcaklık, nem oranı, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi bulunmaktadır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde buharlaşma düzeyi oldukça fazla iken, Türkiye'nin batısında ve Karadeniz kıyı bölgelerinde buharlaşmanın daha az olduğu tespit edilmiştir (Citakoğlu & Güney, 2017).



Şekil 6. Türkiye buharlaşma dağılımı (URL-3, 2024)

Yağış ve buharlaşma arasındaki denge, su kütlelerinin hacmindeki değişimi yansıtmaktadır (Brooks & Hayashi, 2002). Yüzey buharlaşmasının artması, su seviyesinin düşmesi, su kalitesinin bozulması, ekosistem dengesinin bozulması ve bölgenin nem dengesinin bozulması gibi olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Buharlaşmada bitki örtüsü çeşitleri ve özellikleri çok önemli bir rol oynamaktadır. Yağışın azalmasının bir nedeni de bitki örtüsüdür. Her bitki türü farklı terleme oranına sahiptir. Bitkilerin yaptığı bu terleme, buharlaşarak su döngüsüne katkı sağlayabilir. Bitkilerin terleme oranları arttıkça buharlaşma da artar. Bu yüzden, su kütlelerinin etrafındaki bitki örtüsünde meydana gelen değişiklikler su kütlelerini etkileyebilmektedir (Şen, 2005).

Kapalı havzalarda bulunan sulak alanlar ve göller, ekolojik denge içindeki eşsiz rollerinden ötürü su yoksunluğu ve kuraklık sorununa karşı oldukça hassas durumdadır ve bu sorunun öncül çevresel etkileri bu alanlarda gözlemlenebilmektedir (Huybers vd., 2015). Bu sorunun sebepleri arasında küresel iklim değişikliği, buharlaşmanın fazla olması, yağışın az olması ve hızlı nüfus artışına bağlı tüketim gibi çeşitli faktörler bulunmaktadır (Yuan vd., 2015). Tüm bu sebepler, göller üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır.

Küresel iklim değişikliği, artan sıcaklıklar, yağışın düzensiz olması ve buharlaşmanın fazla olmasıyla hidrolojik döngü ve su kaynakları üzerinde önemli etkilere sahiptir. Dünya yüzey sıcaklıklarının artması hidrolojik döngüyü hızlandırarak yağış rejimindeki değişimlerin tatlı su ekosistemleri üzerindeki etkisini arttırmaktadır (Oki & Kanae, 2006). Bu durum hidrolojik kuraklığın oluşmasına neden olmuştur. Hidrolojik kuraklık, göl su seviyesi, akarsu akışı ve yeraltı suyu gibi kaynaklar üzerindeki etkilere dayanmaktadır (Tosunoğlu, 2014). Bu olumsuzluklar, su kalitesinin düşmesi, ekosistem dengesinin bozulması, suyun kirliliği, tarımda ihtiyaç olan suya ulaşmanın zorlaşması, üretilen gıdanın değerinin artması ve içme suyu teminin zorlaşması gibi insan hayatını etkileyen ve insanları göçe zorlayan olumsuz etkiler olarak sıralanabilir. Bu durumlar için su kaynaklarının gözlemlenmesi oldukça önemlidir.

Su kaynaklarının gözlenmesi, antropojenik etkiler ve iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuz sonuçlar göz önüne alındığında uzaktan algılama için önemli araştırma konularından biridir. Göller, çevreye, ekosisteme ve ekonomiye sağladıkları faydalar açısından en önemli su kaynaklarıdır. Göl suyu bütçesinin anlaşılması ve sürdürülebilir su yönetim planlarının geliştirilmesi için göl suyu miktarı ve göl hacimlerindeki değişimin izlenmesi çok önemlidir (Peker, 2019). Bir gölün su hacminin

zaman içerisindeki değişimi, gölün ekosistem, kimyasal ve biyolojik süreçlerini etkiler. Su kütlelerinin hacmi, morfolojik ve alansal verilere bağlı olarak hesaplanabilir. En sık benimsenen yöntem, morfolojik verileri kullanarak alan ve hacim ile derinlik ve su seviyesi arasında matematiksel denklemler geliştirmektir (Brooks & Hayashi, 2002). Alan (A), derinlik (h) ve hacim (V) ilişkileri genellikle ayrıntılı araştırma verilerine dayanan yüksek çözünürlüklü yükseklik haritalarından belirlenir (Hayashi & Kamp, 2000). Bu yöntemlerle, orijinal topografik haritalarından bir SYM geliştirilir ve gerekli hesaplamalar yapılabilir. Üretilen bu göl modelleri, göllerin nicelendirme yoluyla iklim değişikliğinin belirli yönlerine nasıl uyum sağladığına dair fikir vermek için kullanılabilir (Zlotnik vd., 2009).

Literatürde çeşitli araştırmalarda su kaynaklarının alansal değişimi iklimsel etkenlere dayalı olarak incelenmiştir (He vd., 2003), (Yuan vd., 2015), (Zhang vd., 2019), (Liu vd., 2022). Benzer şekilde su kaynaklarının hacimsel değişimine yönelik çok disiplinli araştırmalar da gerçekleştirilmiştir. (Lu vd., 2013), (Tourian vd., 2015), (Tong vd., 2016), (Yang vd., 2017). Bu çalışmalarda genel olarak uydu görüntüleri kullanılmış olup göl hacim değişimini gözlemek için batimetrik verilerinden yararlanılmıştır.

Türkiye'deki iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisini farklı çalışmalar altında incelenmiştir. Şiltu & Akça (2023) tarafından yapılan çalışmada, Dünyada ve Türkiye'de su kaynaklarının durumu, kullanımı ve suya ilişkin sorunlara değinilmiş, iklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinden bahsetmişler ve su kaynaklarının korunması için yapılması gereken çalışmalara ilişkin öneriler sunmuşlardır. Ayva vd. (2023) yaptıkları çalışmada, Kirazdere havzası ve çevresinde iklim değişikliğinin etkileri belirlemeye çalışmışlar. 1975-2020 yılları arasında sıcaklık ve yağış trendi incelenmiş olup arazi çalışmalarında alınan drone görüntüleriyle su seviyesindeki azalmalar tespit edilerek desteklenmişlerdir. Gelecek yıllarda kuraklığın şiddetlenebileceği öngörerek öneriler sunmuşlardır. Doğrul & Alkan (2022) yaptıkları çalışmada iklim değişikliğinin sonucu olan kuraklığın, tarımsal ve hidrolojik etkileri sonucu meydana gelen sosyo ekonomik kuraklığın tüm hayatı olumsuz etkilediğini, Türkiye'de bulunan Düden Gölü, Gököy Baraj Gölü, Bademli Baraj Gölü ve Burdur Gölündeki değişiklikler 2011-2015-2021 yıllarında yüzey değişimleri Google Earth Pro uygulaması üzerinden irdelenmiştir. Yapılan ölçümler sonucu bu göllerin su kaybına uğradığını tespit etmişlerdir.

Ülkemizdeki göllerde alansal değişiminin hesaplanmasına yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Sarp & Özçelik (2017) 1987'den 2011 yılına kadar Burdur gölündeki zamansal değişimi Landsat TM ve ETM+ görüntüleri kullanarak değerlendirmişlerdir.

SWM, NDWI, MNDWI, AWEI farklı sınıflandırma yöntemleri kullanarak göl yüzey alanının azaldığını tespit etmişlerdir. Çatal & Dengiz (2015) Akşehir gölünün çölleşme sürecini incelemişlerdir. Bu çölleşme sürecine etki eden iklim, jeolojik olaylar, bitki örtüsü, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının kullanımı gibi etkenler irdelenerek gölün değişimi uzaktan algılama yöntemleri ile ortaya koymuşlardır. Şener vd. (2010) Akşehir ve Eber göllerindeki kıyı şeridi değişimini Landsat, ETM+, Aster uydu görüntüleri kullanarak belirlenmiştir. Kıyı şeridi değişimin nedenlerini araştırmışlar ve elde edilen bilgilerle yağış, buharlaşma ve yüzey akışının etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Çoşkun & Minaz (2024). 1984 ve 2022 yıllarında Landsat uydu görüntüleri kullanarak Suğla gölündeki alansal değişimi MNDWI, WRI, AWEI, NDPI analiz yöntemleri ile değerlendirerek gölün alanın küçüldüğünü tespit etmişlerdir. Peker vd. (2023) 1984'ten 2023 yılına kadar Burdur Gölü yüzey alanı değişimini uydu görüntüleri kullanarak incelemişlerdir. Batimetri verileri ile göl su seviyesinin ölçümlerini kullanarak gölün alan ve hacim hesaplarını yapmışlar. Değişimin iklim parametrelerine dayalı ne kadar etkilendiği incelemişlerdir. Aslan & Koc San (2021) Burdur ve Eğirdir göllerini 1998, 2008 ve 2018 yıllarına ait kıyı şeridini ve göl yüzey su sıcaklığını (LSWT) Landsat uydu görüntüleri kullanarak incelemişlerdir. Alan değişimi ve LSWT değerleri birbirleriyle ilişkilendirmişlerdir. Sonuç olarak her iki gölde de LSWT değerinin arttığı ve göl alanının azaldığını tespit etmişlerdir. Alevkayalı vd. (2023) Burdur gölünü 1986-2022 yıllarında su yüzey alanındaki mekânsal değişimleri analiz etmişler ve 1940-2021 yılları arası iklim kayıtlarındaki eğilimleri incelemişler ve gölün gelecekteki durumu hakkında tahminler yürütmüşlerdir. Hacimsel değişimin hesaplanmasına yönelik çalışmalarda bulunmuşlardır. Demir vd. (2024) Beyşehir gölü su seviyesi ve göl hacmi arasındaki ilişkiyi tahmin etmek için Çok-Genli Genetik Programlama (ÇGGP) yaklaşımı kullanmışlardır. 1970-2023 yılları arasında su seviyesi gözlem istasyonlarından elde ettikleri verilerden destek alarak değerlendirmeler yapmışlardır. Keskin vd. (2017) 1986-2016 yılları arasında Eğirdir Gölü su seviyesi ve hacmi aylık analizler yapmışlardır. Gözlem süresi boyunca gölün belli dönemlerde azalma ve artma eğilimde olduğunu tespit etmişlerdir.

1.2. Amaç ve Kapsam

Ekolojik denge içinde göller hayati düzeyde önemli tatlı su kaynaklarıdır. Biyoçeşitlilik açısından değerlendirildiğinde göller içerisinde bulundukları havzada

canlılara eşsiz yaşam alanları sağlamaktadır. Bu sayede özellikle türleri tehlike altında olan canlılar için habitat oluşturmaktadır. Bununla birlikte insanların yaşam kaynağı olan tatlı su, göllerden sağlanabilmektedir. Ayrıca, insanlar tarımsal sulama amaçlı olarak da doğal bir rezervuar alanı olan göllerden yararlanmaktadır. Tüm bunların yanı sıra göllerden ekonomik açıdan, balıkçılık, turizm ve ulaşım amaçlı olarak da faydalanabilmektedir. Tüm bu eşsiz özellikleri ile göller, Türkiye’de doğal yaşamı destekleyen, ekonomik faaliyetlerde bulunan ve kültürel değer taşıyan önemli ekosistemlerdir. Dolayısıyla bu eşsiz tatlı su kaynaklarının sürdürülebilir biçimde korunması ve yöneltilmesi kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada Türkiye’deki göller ve iç tatlı su kaynaklarının arasında bulunduğu havzada ekolojik ve hidrolojik döngü içindeki önemli bir yere sahip olan ve kuraklık etkisi altında bulunan Acıgöl’de zamana bağlı su kütlesi değişimleri araştırılmıştır. Bu amaçla göl suyunun yüzey alanı ve hacimsel değişimi tarihi analog görüntülerin fotogrametrik teknikler ile değerlendirilmesi yoluyla hesaplanmıştır. Bununla birlikte söz konusu göldeki değişimlerin sebepleri ve değişimlerin göl çevresine muhtemel etkileri irdelenmiştir.

1.3. Çalışma Alanı

Denizli ve Afyonkarahisar il sınırları içerisinde kalan Acıgöl ve çevresini kapsayan 37°46'00"-37°54'00" kuzey enlemleri ve 29°40'00"-30°00'00" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 7).

ACIGÖL VE ÇEVRESİ

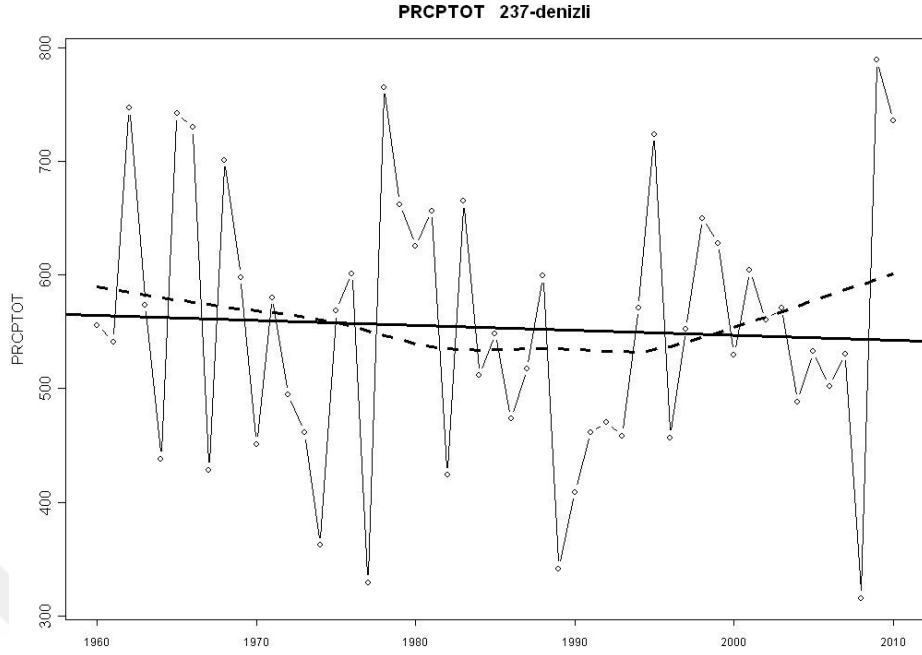


Şekil 7. Çalışma alanı

Acıgöl, Ege Bölgesi'nin iç kesimlerinde yer almakta olup Göller Yöresine dahildir. Bu bölgede Akdeniz iklimi ve Karasal iklim etkileri görülmektedir. Bu bölgenin iklimsel özellikleri yerel iklim dinamikleri, rakım, toprak türleri ve su kaynaklarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Türkiye'de Tarım Orman Bakanlığı -Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü Tarafından koruma altına alınan göllerden birisi olan Acıgöl, Türkiye'nin tek doğal sodyum potansiyeline sahip kapalı havza bir göldür. Türkiye'deki en önemli sodyum sülfat üretiminin yapıldığı tuzlu su kaynaklarından biridir ve ülkenin sodyum sülfat ihtiyacının %90'ı Acıgöl'den sağlanmaktadır (Dağlar, 2011).

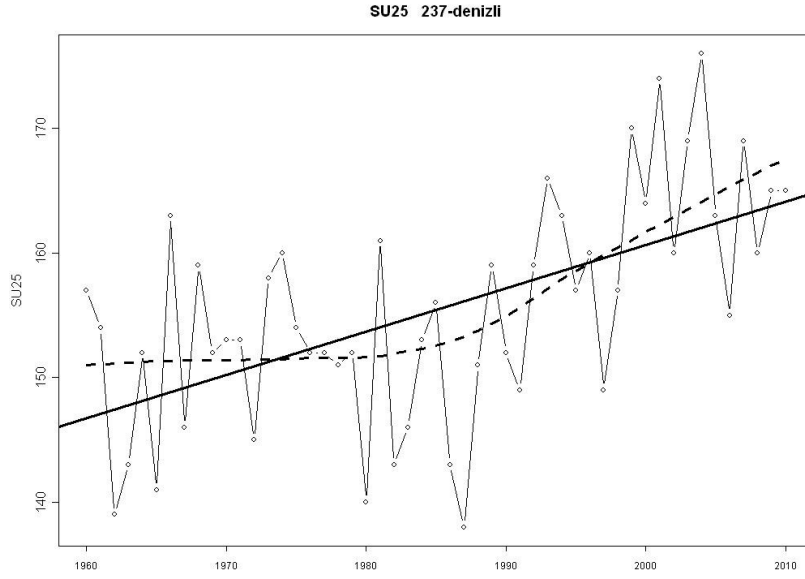
Acıgöl çevresindeki doğal bitki örtüsü genellikle tuzcul bitkilerden oluşmaktadır. Bu bitkiler, yüksek tuz konsantrasyonuna dayanıklı olan ve bu tür ortamlarda yaşamaya uyum sağlamış bitkilerdir. Halofit olarak bilinen bu bitkiler, göl çevresinde daha yaygın olarak görülmekte ve ağaçlık alanların yerine daha çok çalılık ve otlak alanlar hâkim olmaktadır (Özdemir & Bahadır, 2010).

1960 yılından itibaren Acıgöl'ün bir kısmının bulunduğu Denizli ilinin yağış verileri incelendiğinde, bazı yıllarda yağışın ortalamanın altında olduğu, bazı yıllarda ise ortalamanın üstünde olduğu ve ortalama yağışın 500-600 mm civarında seyrettiği görülmektedir (Şekil 8).



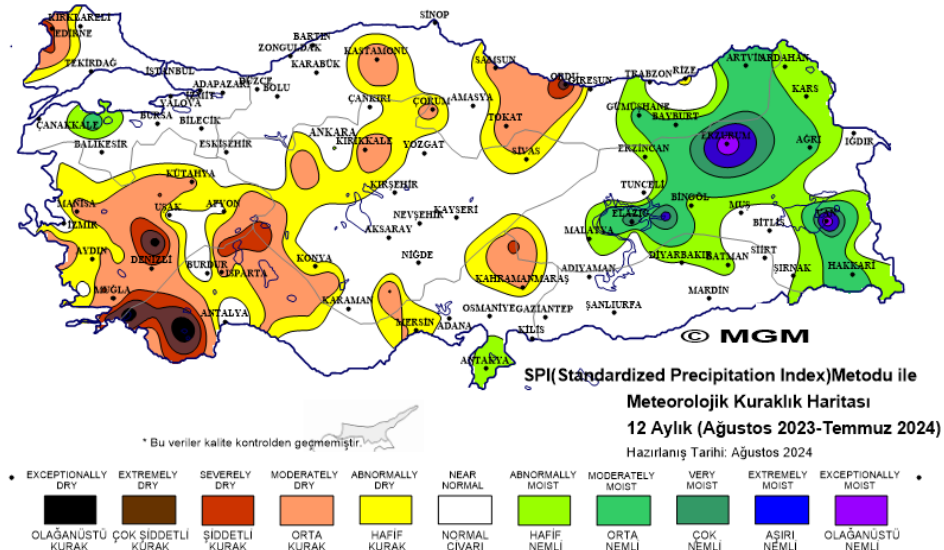
Şekil 8. Denizli yağış verisi (URL-4, 2024)

Yağışın az olduğu yıllarda şiddetli kuralık etkisi altındaki Acıgöl, tuzlu göller sınıfında kategorize edilmektedir. Gölün tabanında alüvyonlar ve kumulların bulunduğu kesimlerde, kurak iklim şartlarına uyum sağlamış ot formasyonu yer almakta; gölün çevresindeki yamaçlarda ise tuz oranının azalması ve toprak derinliğinin artmasına bağlı olarak meşe, kızılçam ve karaçam bitki türleri de görülmektedir (Özdemir & Bahadır, 2010). Bölgede küresel ısınmayla birlikte sıcaklığın genel olarak arttığı bilinmektedir. 1960 yılından itibaren Acıgöl'ün bulunduğu Denizli ilinde, sıcaklığın 25°C üzerinde olan gün sayısının artış eğiliminde olduğu meteorolojik gözlemlerden anlaşılmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. Denizli sıcaklığının 25°C üstünde olduğu gün sayısı (URL-4, 2024)

MGM tarafından SPI metodu kullanılarak 2023-2024 arasındaki 12 aylık verilere göre üretilen kuraklık haritası incelendiğinde Denizli ve Afyonkarahisar il sınırları içinde bulunan Acıgöl ve çevresinin yoğun kuraklık etkisinde olduğu görülmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Türkiye 12 aylık kuraklık verisi (URL-5, 2024)

Acıgöl Havzası, kapalı bir havza olup sularını dışarıya boşaltmamaktadır. Havzada sürekli akışı olan bir akarsu yoktur. Acıgöl, bölgenin yağışlı olduğu dönemlerde kabarıp akışa geçen derelerle beslenmektedir. Göl yakınında bulunan Başmakçı Deresi bunlardan

biridir. Başmakçı Deresi, kışın akışı olan, yaz döneminde kuruyan ve sağanak yağışlarla sel karakteri gösteren bir özelliğe sahiptir (Özdemir & Bahadır, 2009).

Çalışma bölgesini oluşturan Acıgöl ve yakın çevresi dağlık ve kırsal bir alana sahiptir. Acıgöl çevresinde Beşparmak Dağı ve Söğüt Dağı olarak bilinen iki dağ bulunmaktadır. Arazi örtüsü, bir bölgedeki tarım faaliyetlerini, yerleşim alanlarını ve doğal alanların bir kombinasyonunu içerir. Çalışma bölgesinde arazi örtüsü ve kullanım karakterini tarımsal alanlar, kumsal alanlar, bitki örtüsü, yerleşim alanları, çıplak toprak ve kayalıklardan oluşturmaktadır. Acıgöl'ün sodyum potansiyelinin yüksek olması sebebiyle, göl çevresinde tuz havuzları ve bu havuzlardan üretim yapan tesisler mevcuttur (Şekil 11).



1.4. Veri

Bu çalışmada, Acıgöl su yüzey alanı ve hacminde uzun süreli olarak meydana gelen değişimin ortaya konulabilmesi için fotogrametrik tekniklerden faydalanılmıştır. Bu amaçla fotogrametrik değerlendirme süreçlerinde kullanılmak üzere çalışma bölgesini kapsayan 1960, 1992 ve 2022 yıllarına ait hava fotoğrafları ve diğer ek veriler Harita Genel Müdürlüğü (HGM) arşivlerinden alınmıştır. Söz konusu verilere ilişkin açıklayıcı bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan analog ve dijital hava fotoğraflarına ilişkin bilgiler

Tarih	Kamera Tipi	Görüntü Sayısı	Görüntü Ölçeği	Projeksiyon Bilgisi	Kamera
1960	Analog Çerçeve Kamera	71	35000	-	RMK
1992	Analog Çerçeve Kamera	42	40000	-	RC10
2022	Dijital Çerçeve Kamera	130	30 cm GSD	UTM-WGS 84-35DL	UltraCam Eagle M3

Tablo 1 de özellikleri verilen tarihi analog hava fotoğraflarından 71 adedi 1960 tarihinde çekilmiştir. Bu görüntüler RMK analog hava kamerası ile elde edilerek film ortamına kaydedilmiştir. Sonrasında 20 mikron çözünürlükte taranarak dijital ortama aktarılmıştır. 1960 yılına ait tarihi hava fotoğrafı verileri 35.000 ölçeğe sahiptir. Çalışmada 1992 periyoduna ilişkin RC10 analog hava kamerası ile çekilmiş 42 adet tarihi hava fotoğrafı verisi kullanılmıştır. Söz konusu 40.000 ölçeğe sahip hava fotoğrafları film ortamından 20 mikron çözünürlükte taranarak sayısal ortama aktarılmıştır.

Çalışmada 2022 yılına ait 130 adet dijital hava görüntüsü kullanılmıştır. Bu görüntüler UltraCam Eagle M3 dijital hava kamerası ile çerçeve formatında kaydedilmiştir. Dijital hava görüntüleri 30 cm yer örnekleme aralığına sahiptir. Söz konusu görüntülere ait yöneltme parametreleri HGM arşivlerinden edinilmiştir. UltraCam Eagle M3 dijital hava kamerasına ilişkin çeşitli parametreler Tablo 2'de ifade edilmiştir.

Tablo 2. UltraCam Eagle M3 kamera bilgileri

Görüntü Formatı	Uzun Hat	68.016 mm	17004 pixel
	Çapraz Hat	105.840 mm	26460 pixel
Görüntü Boyutları	(-34.008,-52.920) mm		(34.008,52.920) mm
Piksel Boyutu	4000µm*4000µm		
Odak Uzaklığı	100.500 mm		±0.002 mm
Asal Nokta Koor.	X_ppa	0.080 mm	±0.002 mm
	Y_ppa	0.000mm	±0.002 mm
Lens Distorsiyonu	0.002 mm'den az		

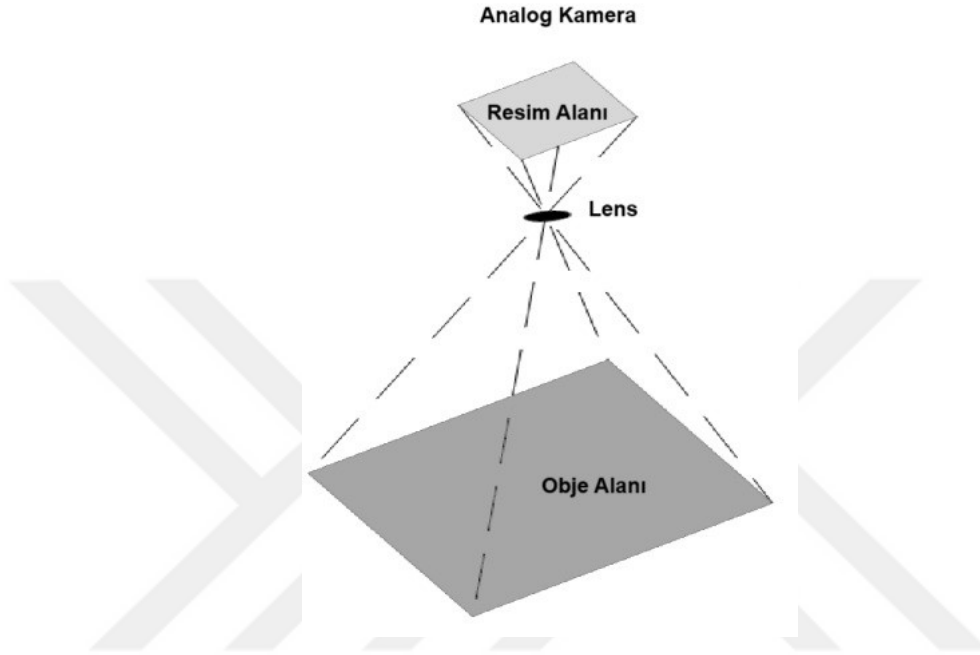
Haritacılık alanındaki fotogrametrik faaliyetler 1939 yılında başlamıştır. Analog kamera sistemleri bu tarihten 90'lı yılların sonuna değin fotogrametrik değerlendirme süreçlerinde kullanılmak üzere görüntü üretiminde kullanılmıştır. Son 20 yılda gelişen teknolojiyle birlikte dijital kamera sistemleri analog kameraların yerini almıştır. Havadan görüntü alımı için GPS/IMU teknolojisiyle donatılmış uçaklar kullanılmıştır. GPS/IMU sisteminin temeli navigasyon sistemine dayanmaktadır. Navigasyon, bir yerden başka bir yere gitmek için en uygun rotayı belirleme, yön bulma ve takip etme sistemidir. IMU ve INS sistemleri birbirinin yerine kullanılmaktadır. IMU sisteminin ölçme birimi olarak INS sistemli kullanılmakta ve konum, yönlendirme fonksiyonları genellikle bir yazılımla gerçekleştirilmektedir (Yastıklı, 2003). INS sistemi 1949 yılında C.S. Draper tarafından geliştirilmiştir ve Harita üretim kurumları 1970'li yıllarda uçaklarda kullanılan uzaktan algılama sistemlerinde dönüklük açılarının ölçümünde kullanılmıştır. Büyük boyutlu, ağır ve pahalı olmasından dolayı ölçme uygulamalarında fazla kullanılamadığından bu sistem geliştirilerek GPS ve IMU'nun birlikte kullanılmasına olanak sağladı. GPS/IMU ile de uzaktan algılama uygulamalarında doğrudan yöneltme yaklaşımının gerçekleştirilmesi mümkün olmuştur (Yastıklı, 2003). Bu sistemler günümüzde geliştirilerek kullanılmaya devam etmektedir. Son yıllarda, insansız hava araçlarının geliştirilerek kamera sistemleri ile donatılması, maliyetlerin azalmasını ve veri edinim süreçlerinin kolaylaşmasını sağlayarak büyük ölçekli harita altlıklarının üretiminde fotogrametrik tekniklerin kullanımını yaygınlaştırmıştır.

Türkiye'de HGM tarafından 1939 yılından itibaren klasik hava kameraları ile belirli zamansal aralıklarla tüm ülkeyi kapsayacak şekilde çekilmiş film bazlı siyah-beyaz hava fotoğrafları arşivi taranarak sayısal ortama aktarılmaktadır. Fotogrametrik görüntülerin işlenebilmesi için analog görüntüler sayısallaştırılma yoluyla kullanılabildiği gibi, dijital görüntüler dijital kameralar veya uzaktan algılama algılayıcıları tarafından doğrudan sayısal olarak elde edilmektedir (Aksu, 2003).

1.4.1. Analog Hava Fotoğrafları

Analog hava fotoğrafları, klasik fotogrametrik tekniklerle elde edilmiş görüntülerdir. Bunlar genellikle film tabanlı analog hava kameralarıyla çekilmiş olup, fotogrametrik değerlendirme sonrasında üretilen başta topografik haritalar olmak üzere çeşitli ölçeklerde harita altlıklarının üretiminde kullanılmıştır (Şekil 12). Bu görüntüler için kullanılan

kameralar (hava kameraları), mesafe ayarı yapılmayan kameralardır. Özel yapıdaki bir uçağa veya helikoptere monte edilmiş olarak kullanılırlar (Yaşayan, 1997). Bu tez çalışmasında, tarihi analog görüntüler büyük ölçekli SYM verisi ve ortofoto üretimi amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 12. Analog fotogrametrik görüntü

Günümüzde, analog görüntülerin dijital ortamda fotogrametrik değerlendirme süreçlerine tabi tutulabilmesi için dijital ortama aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla analog görüntüler özel tarayıcılar kullanılmak suretiyle doğrudan film ortamından sayısal ortama aktarılabilmektedir. Söz konusu tarayıcıların yüksek çözünürlükte ve yüksek konum belirleme hassasiyetiyle filmleri tarayabilme yeteneğine sahip olması gerekmektedir.

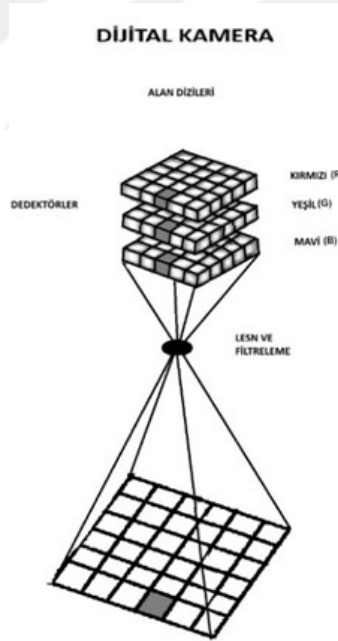
1.4.2. Dijital Hava Görüntüleri

Teknolojinin gelişmesiyle beraber Analog görüntüler yerini Dijital görüntülere bıraktı. Dijital (sayısal) görüntü, günümüzün gelişen teknolojisi ile dijital ortamda piksel olarak bilinen ve her pikselin bir renk ve parlaklık değeri olan görüntüdür (Şekil 13). Dijital görüntüler, sayısal verilerle temsil edilen ve matematiksel olarak işlenebilen görüntülerdir. Sayısal görüntü iki boyutlu bir fonksiyon ile tanımlanabilir. Bu fonksiyonun

parametreleri olan x ve y düzlem (konum) koordinatlarıdır. Bu koordinatlar görüntüdeki her bir pikselin konumunu ifade eder. Piksel boyutu, bir dijital kamera sensöründe yer alan her bir pikselin fiziksel boyutunu ifade eder. Yer örnekleme aralığı, (1) bir pikselin yeryüzündeki gerçek boyutunu ifade eder (Kiracı vd., 2010). Yer örnekleme aralığı ne kadar küçükse, çözünürlük o kadar yüksek olur, bu da görüntüdeki detayların daha net görülmesini sağlar. Yer örnekleme aralığı (YÖA), kamera ile yer arasındaki mesafe (H), kameranın odak uzaklığı (F) ve sensör boyutu (PS) gibi faktörlere bağlıdır.

$$YÖA = \frac{H \times PS}{F} \quad (1)$$

Dijital görüntü Şekil 13'te görüldüğü üzere 3 ana banttan oluşmaktadır. Bu bantlar her biri farklı rengi temsil eder. Bunlar Kırmızı(R), Yeşil(G), Mavi (B)'dir. Bu bantların her biri gri tonludur ve bir araya gelmesi ile renkli görüntü oluşur.



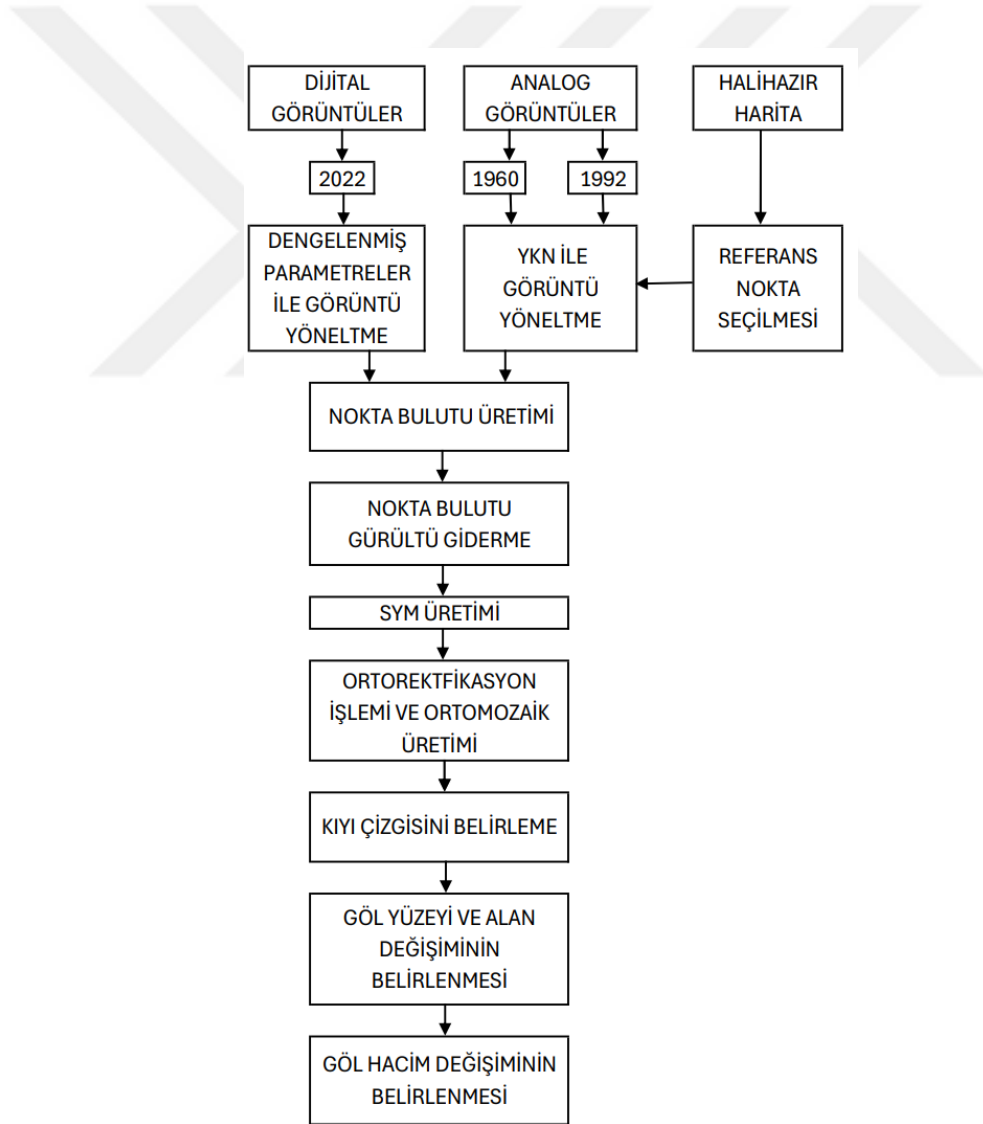
Şekil 13. Dijital fotogrametrik görüntü

Dijital görüntü eşleştirme, aynı alanı içeren birden fazla sayısal görüntüden elde edilen bilgiler arasındaki ilişkinin otomatik olarak kurulmasıdır. Bu bilgiler, görüntülerin detayları veya gri düzey ton pencereleri olabilir (Heipke, 1996).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Yöntem

Bu çalışma kapsamında uygulanan metodolojiye ilişkin akış diyagramı Şekil 14 ifade edilmiştir. Söz konusu işlem adımları genel olarak açıklanacak olursa öncelikle analog ve dijital hava fotoğrafları modern fotogrametrik teknikler ile değerlendirilmiştir. Ardından göl kıyı çizgisi 3 boyutlu model üzerinden hassas biçimde belirlenmiştir. Son aşamada ise su yüzey alanı ve hacmine ilişkin değişim miktarları hesaplanmıştır.

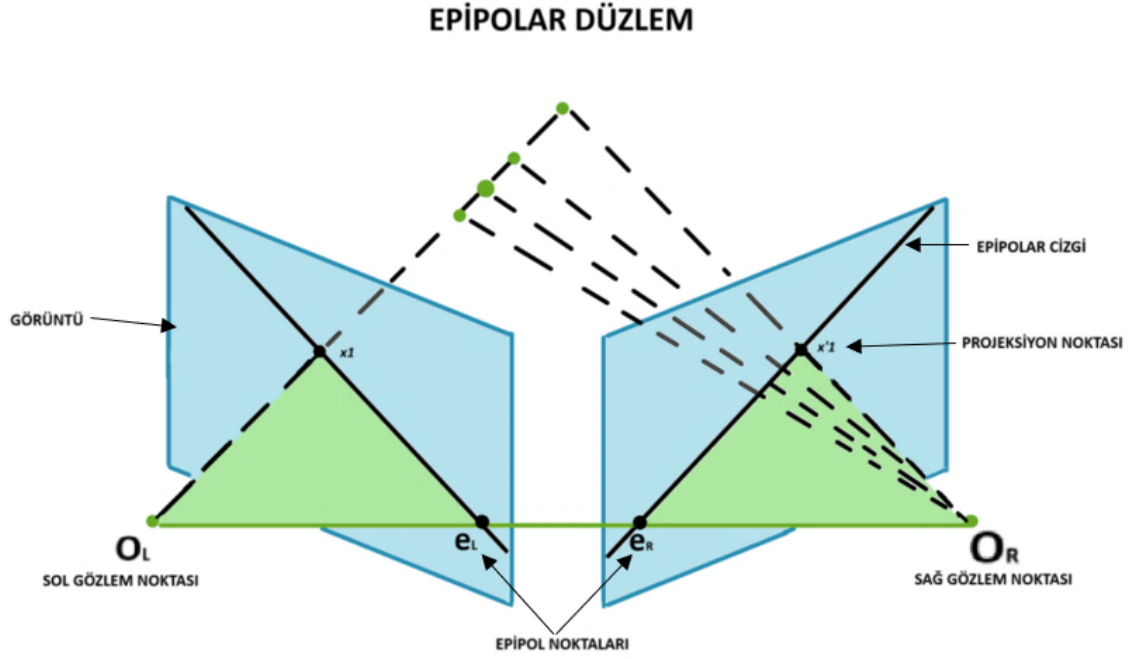


Şekil 14. Akış diyagramı

Çalışmada analog ve dijital hava fotoğraflarının yöneltme süreçlerinde bilgisayarla görü ve görüntü işleme algoritmalarından faydalanan bilgisayarla fotogrametrik görme tekniklerine dayalı bir prosedür izlenmiştir. Söz konusu algoritmalar sayesinde fotogrametrik değerlendirme akışını otomatize etmeye yönelik görüntülerden faydalı bilgiler elde edilebilmekte ve yorumlanabilmektedir. Günümüzde bu tür fotogrametrik değerlendirme teknikleri arasında SfM oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. SfM, bilgisayarla görü ve fotogrametri algoritmalarını kullanarak 2B görüntülerden 3B model oluşturmaya yönelik bir yaklaşımdır (Rowell, 2023). SfM yaklaşımında değerlendirme sürecinde SIFT, SURF, KLT ve RANSAC gibi algoritmalar da faydalanılmaktadır. SfM tabanlı değerlendirme süreci sonrasında obje noktalarını temsil eden 3B model ve nokta bulutu verisi üretilmektedir. Görüntü eşleştirme sonucunda elde edilen 3B nokta bulutu verileri genellikle gürültü olarak tanımlanabilen aykırı veri örnekleri içerebilmektedir. Dolayısıyla nokta bulutu verisine konumsal komşuluk tabanlı bir nokta bulutu filtreleme algoritması uygulanarak gürültü nitelikli noktaların temizlenmesi genellikle gereklidir ve uygulanmaktadır. Nokta bulutu verisinde gürültü giderme işlemi yapıldıktan sonra sayısal yükseklik modelleri üretilir. Ardından elde edilen SYM verisi kullanılarak görüntüler ortorektifiye edilmektedir ve üretilen ortofotolar mozaiklenerek ortomozaik görüntüler elde edilmektedir.

2.1.1. Görüntülerin Yöneltilmesi

Görüntü yöneltme, bir görüntü çiftinin veya bir dizi görüntünün belli bir referans sistemine veya düzene göre yöneltilmesidir. Görüntü yöneltme prosedürü genellikle özellik çıkarma, görüntü eşleştirme ve dönüşüm olmak üzere ikiye aşamada gerçekleştirilmektedir (Wu vd., 2022). Görüntü yöneltme sürecinde Epipolar geometri prensiplerinden faydalanılmaktadır (Wang vd., 2024). Bir görüntü çifti ve obje uzayı için Epipolar geometri bileşenleri Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15. Epipolar geometri

Epipolar geometri, iki farklı konumdan aynı bölgeyi görüntüleyen kamera veya kameralar arasındaki ilişkiyi ortaya koyar. Bu sayede bir görüntüdeki noktanın diğer görüntüdeki eşleniği bulunur. Birinci görüntü baz alınarak görüntü orta noktası koordinat başlangıcı olarak tanımlanır ve ikinci görüntü, birinci görüntüye uyarlayarak dönüştürülür. Bunun için Fundamental matris (F) ve eşlenik noktalar için konum vektörleri arasındaki matematiksel ilişki (2) koplanarite eşitliği yardımıyla sağlanır. Koplanarite koşulu, üç boyutlu uzayda üç veya daha fazla vektörün aynı düzlem üzerinde bulunması gerektiğini ifade eder (El-Ashmawy, 2015). Fundamental matris (Ranftl & Koltun, 2018), görüntülerde birbirine karşılık gelen eşlenik noktaları ilişkilendiren 3×3 boyutlu bir matristir. Epipolar geometri kapsamında, görüntü çiftinde karşılık gelen noktaların görüntü koordinatları (x ve x') üzerinden Fx ile diğer görüntüdeki karşılık gelen x' noktası üzerinde bulunması gereken epipolar doğrunun tanımlanmasını sağlar. Bir sahnenin diğer görüntüde karşılık gelen noktası bir doğru ile sınırlandırılır ve eşleşmeler bu doğrular üzerinden yapılır (Zhang vd., 1994).

$$x'Fx = 0 \quad (2)$$

Görüntüleri yöneltme aşaması öncesinde her görüntüde özellik noktaları belirlenir ve bunların görüntü koordinatları ölçülür. Özellik tespiti, göze çarpan ayırt edici nesnelere ilişkin detayların (kapalı sınır bölgeleri, kenarlar, çizgi kesişimleri, köşeler vb.) manuel veya çoğunlukla çeşitli görüntü analiz teknikleri kullanılarak otomatik olarak belirlenmesi sürecidir. Daha sonraki fotogrametrik değerlendirme aşamaları için bu özellikler, literatürde ilgi noktaları (interest/key points) olarak adlandırılan nokta temsilcileri (ağırlık merkezleri, çizgi sonları, ayırt edici noktalar) ile temsil edilebilir (Zitová & Flusser, 2003). Literatürde bu amaçla SIFT (Scale Invariant Feature Transformation) ölçekten bağımsız özellik dönüşüm algoritması yaygın olarak kullanılmaktadır (Lowe, 1999). SIFT, görüntülerdeki ilgi noktalarını algılamak ve eşleştirmek için kullanılan bir bilgisayarla görme algoritmasıdır (Daixian, 2010). SIFT ile aynı sahneyi içeren farklı görüntü uzaylarında her bir ilgi noktası için özellik vektörleri elde edilerek eşleştirme sürecinde kullanılır. SIFT algoritmasında dört temel adımdan oluşmaktadır. İlk adım olan baskın gradyan yönünü bularak dönüklüğü değişmez hale getirmek için tanımlayıcıyı bu yöne uyacak şekilde döndürmektir. Bunun için görüntünün ölçek uzayı bir Gauss çekirdeğinin (Bulanıklaştırma) (Marr & Hildreth, 1980) girdi görüntüsü ile farklı ölçeklerde evrimleşmesinden üretilen bir $L(x, y, \sigma)$ fonksiyonudur. Ölçek uzayı oktavlara ayrılır ve oktav sayısı görünün boyutuna bağlıdır. Bir oktav içinde, görüntüler Gauss bulanıklığı operatörü (3) kullanılarak aşamalı olarak bulanık görüntüler (4) oluşturulur. G , Gauss Bulanıklığı operatörüdür ve I bir görüntüyü temsil eder. x , y konum koordinatlarını, σ ölçeği temsil eder.

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

$$L(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y) \quad (4)$$

Oluşan bulanık görüntüleri yeni bir görüntü kümesi oluşturmak için kullanılır. Bu Gauss Farkı (DoG) kümesidir. Bu görüntüler görüntüdeki özellik noktalarını bulmak için idealdir. Bu DoG görüntüleri, iki farklı ölçeğe (σ) sahip bir görüntünün Gauss bulanıklığının farkı olarak elde edilir. Bütün bunlar ölçeği değişmez yapmak için hesaplanır (Akagündüz, 2013). Bir görüntüdeki piksel kenar komşularıyla ve bir sonraki ölçekteki pikseller ile karşılaştırılır. Sonuç olarak özellik noktası bu ölçekte en iyi şekilde

temsil edilir. Üretilen DoG görüntülerinde kenarlar için yüksek hassasiyeti vardır, bu sebeple (5) 2×2 matris olan Hessian matrisi (H) (Thacker, 1989) kullanılarak bu kenarlar çıkartılır.

$$H = \begin{bmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Bu aşamalarla birlikte görüntülerin ölçeği değişmez olarak üretilmiştir. Bir sonraki aşama olan dönüklüğü değişmez yapmaktır. Bunun için ölçeğe bağlı özellik noktalarının konumu etrafında bir komşuluk alınır. Burada baskın gradyan yönü hesap edilir. Aynı konum ve ölçeğe fakat farklı yönlere sahip özellik noktaları oluşur. İki görüntü arasındaki özellik noktaları en yakın komşuları belirlenerek eşleştirilir. Özellik noktaları her görüntüde oluşmuş olur. SIFT algoritmasının yanı sıra SURF (Speeded-up Robust Feature) algoritması da kullanılmaktadır. Bu algoritma da özellik algılayıcıdır ve görüntüdeki nesneleri tanımak için kullanılır (Sledevič & Serackis, 2012). SURF, SIFT algoritmasında yapılan Gauss bulanıklaştırmasının bir yaklaşımı olarak kare şekiller oluşturarak filtreler kullanılır. Bunun için Hessian matrisini (6) kullanır. Hessian matrisinin determinanı (7) her bir nokta etrafındaki yerel değişiminin bir ölçüsü olarak kullanır ve determinantın maksimum olduğu değer seçilir. Burada L görüntüyü, $p=(x,y)$ noktayı, x, y konum koordinatlarını ve σ ölçeği temsil eder. Eşitlikte D_{xx} , D_{yy} ve D_{xy} kutu filtre ile yaklaşık değerleri hesaplanan L_{xx} , L_{yy} ve L_{xy} Hessian matris elemanlarını ifade etmektedir.

$$H(p, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(p, \sigma) & L_{xy}(p, \sigma) \\ L_{xy}(p, \sigma) & L_{yy}(p, \sigma) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Eşitlikte $L_{xx}(p, \sigma)$, $I(x,y)$ görüntüsünde p noktasında Gauss'un ikinci dereceden türevinin (LoG) konvolüsyonu ifade etmektedir. Hesaplama hızını artırmak için kullanılan kutu şeklindeki filtre ile Gauss'un ikinci dereceden yaklaşık kısmi türev değerleri elde edilmektedir. Bu aşamada Hessian matris için determinant değerleri (7) hesaplanmaktadır (Bay vd. 2008).

$$\det(H) = D_{xx}D_{yy} - (0.9D_{xy})^2 \quad (7)$$

Bu algoritmada tespit edilen ilgi noktalarının zayıf olanlarının ayıklanabilmesi amacıyla $3 \times 3 \times 3$ komşuluğunda minimum olanların eliminasyonu yapılır. Bu aşamada her bir piksel bir üst ve bir alt boyutta 9 adet piksel ile mevcut bulunduğu boyutta 8 adet piksel ile komşu olmak üzere toplam 26 piksel komşusu ile karşılaştırılmalı analiz edilmektedir. Hessian matrisinin determinantı ile belirlenen değerlerin maksimumları nokta konumlarının tespiti için enterpole edilmektedir. Hessian matrisinin determinantı alınarak güçlü olan ilgi noktalarının konumları belirlenebilmektedir. Tüm komşu pikseller mutlak fark değerleri hesaplanarak türevi alınır ve belirlenen değere göre değerlendirilerek güçlü ilgi noktası tespit edilir (Dihkan, 2019).

Farklı görüntü uzaylarında algılanan ilgi noktaları ve bunlara ilişkin özellik vektörleri, aynı sahneyi içeren diğer görüntülerde tespit edilen ilgi noktalarına ait özellikler eşleştirme sürecinde karşılaştırılır. SfM akışında özellik eşleştirme aşamasında KLT algoritması kullanılmaktadır. KLT algoritması, görüntünün ikinci türevine dayanan bir yaklaşımla ağırlıklandırılmış gradyanları kullanarak arama yapar ve eşlenik noktaları belirler (Ullah vd. 2012). Eşlenik noktalarını belirlerken, eşleşen görüntü çiftlerinden her biri için derinlik haritaları oluşturulmaktadır. Derinlik haritası, bir sahnedeki veya görüntüdeki nesneler ile kamera merceği arasındaki mesafeyi tanımlayan gri tonlamalı görüntüdür. 2D bir görüntüye derinlik bilgisi ekleyerek, sahnedeki nesnelerin uzaklıklarını ölçmeye ve görselleştirmeye olanak tanır. Derinlik haritaları, kameraya olan mesafeyle orantılı biçimde farklı renk paletleri kullanılarak görselleştirilebilir. Bu amaçla genellikle daha yakın yüzeyler daha koyu renkte, diğer yüzeyler ise daha açık renkte gösterilebilir. Bu haritalar 3D görselleştirme ve analiz uygulamalarında yaygın olarak kullanılabilir (Chang vd. 2007).

Paralaks, derinlik haritaları oluştururken bir nesnenin stereo görüntülerdeki yer değiştirme miktarını matematiksel olarak ifade eden bir ölçüttür. Paralaks sayesinde, bir nesnenin üç boyutlu pozisyonu matematiksel olarak çıkarılabilir ve bu, 3D modelleme ve fotogrametrik analiz için temel oluşturur. Her bir pikselin paralaks değeri, derinlik haritasında bir derinlik (Z) değeriyle temsil edilir. Derinlik haritaları oluştururken matematiksel paralaks değerinden hesaplanır. Paralaks değeri fotogrametride bir nesnenin görüntüsünün farklı açılardan bakıldığında konumunun değişmesiyle ortaya çıkan yatay kaymayı ifade eder. Bu değer, özellikle stereoskopik fotoğraflarda (çift görüntü) bir nesnenin iki farklı fotoğraftaki yer değiştirme miktarı olarak tanımlanır. Paralaksın hassas bir şekilde ölçülmesi, derinlik haritasının doğruluğunu belirler. Kameraların kalibrasyonu

ve stereo görüntülerin hizalaması, paralaks hesaplamasında kritik rol oynar. Paralaks değeri (8) deki formülle hesaplanır. Burada d paralaks değerini, x_L sol görüntü koordinatını, x_R sağ görüntü koordinatını ifade eder.

$$d = x_L - x_R \quad (8)$$

Paralaks, derinlik (Z) ile ters orantılıdır. Derinlik (9) formülle hesap edilir. Z derinlik veya nesnenin kameradan uzaklığı, f kameranın odak uzaklığı, B stereo kameralar arasındaki taban mesafesi (baseline), d Paralaks değerini ifade eder.

$$Z = \frac{p \cdot B}{f} \quad (9)$$

Bu aşamada derinlik haritaları oluşmuş ve eşlenik noktalar belirlenmiştir. Tespit edilen eşleşen bazı özellik noktalarının yanlış eşleşmiş olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, yanlış eşleşmeleri elimine edebilmek için bir optimizasyon yaklaşımının kullanılması çoğu zaman gereklidir. Literatürde bu amaçla RANSAC algoritması yaygın olarak kullanılmaktadır. RANSAC, belli bir tolerans eşiği ile yanlış eşleşmeleri belirler ve bunları elimine ederek sonuçların doğruluğunu artırır (Fischler & Bolles, 1981).

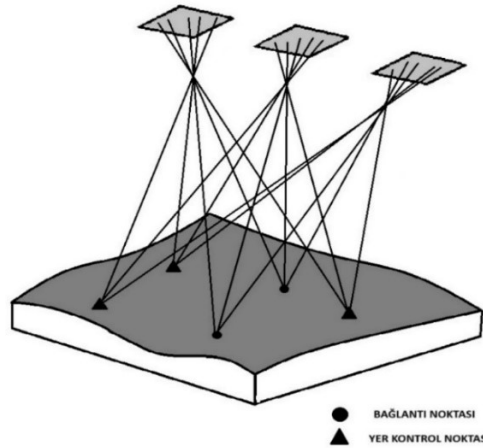
SFM değerlendirme sürecinde, kameraya ilişkin iç yöneltme ve dış yöneltme parametrelerinin bilinmemesi durumunda, ilgili sahnede bulunan kontrol noktaları kullanılmadan iç yöneltme parametreleri, kamera dönüklükleri ve izdüşüm merkezi konumunu otomatik olarak belirler (Westoby vd., 2011). Eşleşen özellik noktaları sayesinde her görüntü için kameranın konumu ve kamera kalibrasyon parametreleri belirlenir. Bu aşamada iç ve dış yöneltme parametrelerini hesaplanır. Analog hava fotoğraflarının değerlendirilmesinde ise kalibrasyon parametrelerinin manuel olarak girilmesi ve her görüntüye ait referans işaretlerinin eklenmesi gerekmektedir.

İç yöneltme parametreleri, kamera odak uzaklığını, görüntü asal nokta koordinatlarını ve lens distorsiyon parametrelerini içermektedir. Görüntü yöneltme sürecinde iç yöneltme parametrelerinin yüksek doğrulukla bilinmesi önemlidir. Dış yöneltme parametreleri ise kameranın 3B obje uzayındaki konumu tanımlar. Kamera konum ve dönüklükleri, bir arazi modeli oluşturmak için SFM algoritması kullanılabilir (Mills vd., 2009). Kamera konum ve dönüklükleri, görüntülerin yöneltilmesi sırasında tahmin edilmektedir. Çoğu durumda, görüntülerdeki özellik noktalarını eşleştirme sırasında

kamera dış yöneltme parametrelerini ölçmek için GPS/GNSS sistemleriyle elde edilmiş ek ölçümler kullanılabilmektedir.

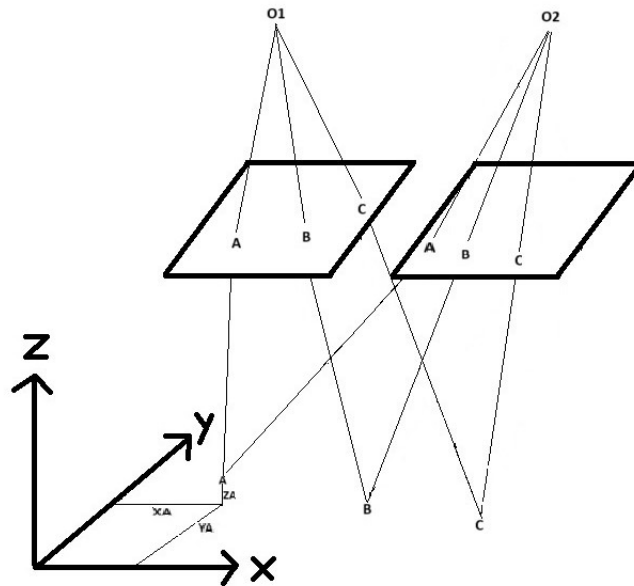
Dış ve iç yöneltme parametreleri, eş doğrusallık denklemlerine dayalı demet blok dengelemesi (bundle block adjustment) ve havadan üçgenleme (aerial triangulation) kullanılarak hesaplanabilmektedir. Havadan üçgenleme (Aerial Triangulation) (Şekil 16), bir dizi hava fotoğrafı kullanarak yerdeki noktaları koordine etmek, geometrik ilişki kurmak, bu görüntülerin doğruluğunu artırmak ve 3D modelleme yapmak için kullanılan bir tekniktir. Bu işlem, her görüntüdeki nesnelerin gerçek dünya koordinatlarını hesaplamayı ve hizalamayı amaçlar. Hava üçgenlenmesi, bağlantı noktalarının fotogrametrik ölçümlerle yerleşik ölçümlerin birlikte ortaklaşa dengelenmesine olanak tanır. Sonuç olarak, görüntülerin daha doğru dış yöneltme parametreleri elde edilmesini sağlar (Ebadi, 2006).

Havadan üçgenleme, öncelikle kontrol noktası uzantısı olarak bilinen bir teknik kullanılarak YKN'lerin toplanması için kullanılır. YKN'lerin toplanması zaman alıcı olduğundan, fotogrametrik teknikler, geleneksel zemin etüt tekniklerinden ziyade fotoğrafçılık kullanarak YKN'leri geniş alanlarda toplamak için ideal yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Kontrol noktası uzantısı, üst üste binen görüntülerde görünen zemin noktalarının manuel fotoğraf ölçümünü içerir. Bu topraklama noktaları genellikle bağlantı noktaları olarak adlandırılır. Noktalar ölçüldükten sonra, bağlantı noktalarıyla ilişkili zemin koordinatları, analog veya analitik stereo çiziciler tarafından kullanılan fotogrametrik teknikler kullanılarak belirlenebilir. Bu noktalar daha sonra yer kontrol noktaları (YKN'ler) olarak adlandırılır.



Şekil 16. Havadan üçgenleme (Aerial Triangulation)

Dijital fotogrametrinin ortaya çıkmasıyla birlikte, daha fazla işlevsellik sağlamak için klasik havadan üçgenleme genişletildi. Havadan üçgenleme için demet blok dengelemesi olarak bilinen matematiksel bir teknik kullanılmaya başlandı. Demet blok dengelemesi (Bundle Block Adjustment) (Şekil 17), bir dizi görüntüden elde edilen veri ile kamera iç ve dış yöneltme parametrelerinin yanı sıra nesnelerin 3B koordinatlarını hesaplamasını içeren temel bir kavramdır (Grun, 1982). Bu teknik, çeşitli açı ve pozisyonlardan alınan bir dizi görüntünün konumunu ve dönüklüğünü, fotoğrafın veya görüntünün pozlama sırasında var olduğu şekliyle belirler. Elde edilen parametreler dış yönlendirme parametreleri olarak adlandırılır. Dış yönlendirme parametrelerini tahmin etmek için, projede kaç tane görüntü bulunduğu bakılmaksızın tüm blok için en az üç YKN gereklidir (Ebadi, 2006). Demet blok dengelemesi, birden fazla görüntünün örtüşme alanlarında manuel veya otomatik olarak ölçülen herhangi bir bağlantı noktasının zemin koordinatlarını belirler. Bağlantı noktalarının son derece hassas zemin noktası belirlenmesi, zemin etüt teknikleri yerine görüntülerden kontrol noktaları oluşturmak için kullanışlıdır. Ek olarak, çok sayıda zemin noktası oluşturulursa, 3B yüzey kaplama aracı kullanılarak bir DEM enterpolasyonu yapılabilir. Demet blok dengelemesi, görüntüler, görüntü ölçümleri, yer kontrol noktaları ile ilişkili hataları en aza indirir ve dağıtır. Demet blok dengelemesi, hatayı otomatik olarak tanımak, dağıtmak ve ortadan kaldırmak için görüntüden gelen bilgileri tek bir eşzamanlı çözümde işler. Görüntüler tek adımda işlendiğinden yöneltme sorunları çözülür.

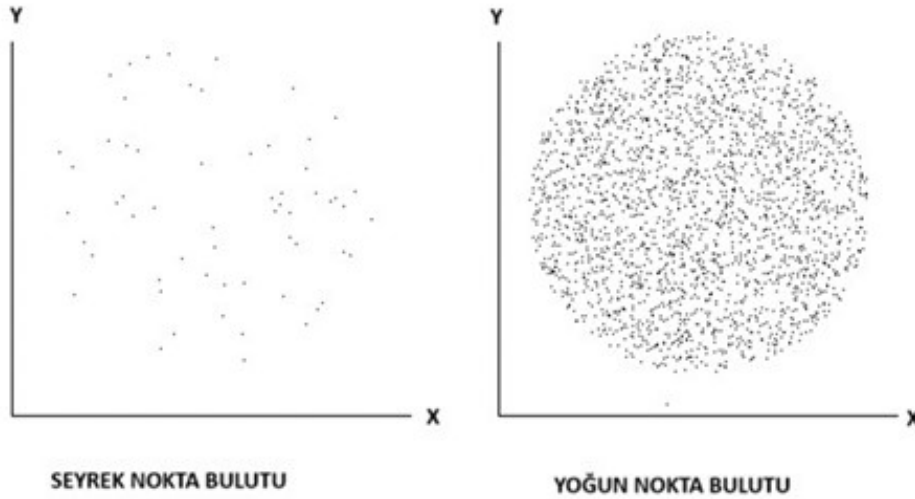


Şekil 17. Demet blok ayarı (Bundle Block Adjustment)

Bu işlem adımları sonucunda görüntüler yöneltilmiş, tahmini dış ve iç yöneltme parametrelerinin yanı sıra eşleşen görüntü noktalarının üç boyutlu konumlarını içeren seyrek nokta bulutu oluşmuştur. Görüntüleri yöneltme sonucunda elde edilen seyrek nokta bulutundan yararlanarak yoğun nokta bulutunu üretme aşamasına geçilir. Bu aşamada, mevcut veri kullanılarak daha fazla nokta eklenir ve daha detaylı bir üç boyutlu yapı elde edilir. Yoğun nokta bulutları, daha sonra yüzey modellemesi ve diğer analizler için temel oluşturur.

2.1.2. Nokta Bulutu Üretimi

Yoğun nokta bulutu üretmek için seyrek nokta bulutunun çeşitli yöntemlerle yoğunluğu artırılarak sonuca ulaşılır (Şekil 18). Bu yöntemlere örnek olarak yüzey enterpolasyonu (Yanalak, 1997), çok-görüntülü stereo eşleme (Liu vd., 2023), nokta bulutu iyileştirme (Özbay, 2018) ve derin öğrenme (Demirtaş, 2022) gibi metotlar sayılabilir. Bu teknikler, mevcut noktaların arasındaki boşlukları doldurmayı ve daha detaylı bir yapı elde etmeyi hedefler. Böylece, elde edilen yoğun nokta bulutu, daha hassas analizler ve modelleme çalışmalarında kullanılabilir.



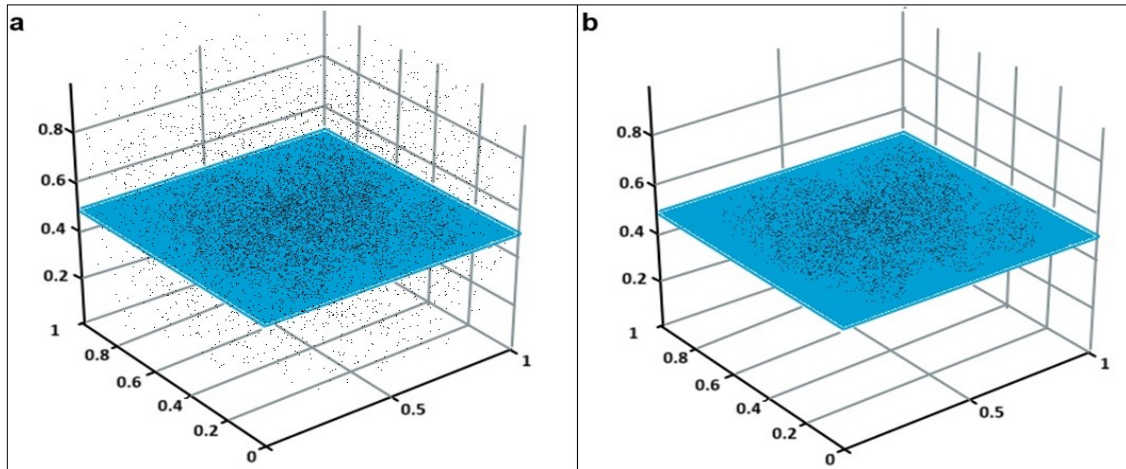
Şekil 18. Seyrek-yoğun nokta bulutu

Bu çalışma için yoğun nokta bulutu oluşturma işlemi çok görüntülü stereo eşleşme yöntemiyle üretilmiştir. Yoğun nokta bulutu, yöneltme adımında hesaplanan iç ve dış

yöneltme parametrelerine dayanarak oluşur. Bu veri, yoğun stereo eşleştirme kullanarak hesaplanan derinlik haritalarına dayanmaktadır. Derinlik haritaları, üst üste binen görüntü çiftleri için dengeleme sonrasında hesaplanmış iç ve dış yöneltme parametreleri dikkate alınarak üretilir. Her model için oluşturulan birden fazla ikili derinlik haritası, yanlış olan derinlik ölçümlerini filtrelemek için çakışan bölgelerdeki fazla bilgiler kullanılarak birleştirilir ve böylece birleşik derinlik haritası elde edilir (Merrell vd., 2007). Bu aşamada, model için oluşan birleşik derinlik haritaları, kısmi yoğun nokta bulutlarına dönüştürülür. Çakışan bölgelerde uygulanan derinlik güveni tahmini (Depth Confidence Estimation) (Long vd., 2018) adımı ile son bir yoğun nokta bulutu oluşturulur. Son nokta bulutundaki her nokta için, katkıda bulunan birleşik derinlik haritalarının sayısı kaydedilir ve bir güvenilirlik değeri olarak saklanır. Bu güvenilirlik değeri, daha sonra güvene göre filtreleme (Trust-based filtering) (Lathia vd., 2008) kullanılarak düşük güvenilirlik noktaları filtrelemek için kullanılır. Kısmi yoğun nokta bulutundaki normaller, birleşik derinlik haritalarında piksel komşuluğa düzlem uydurma (plane fitting) (Huang & Tseng, 2008) kullanılarak hesaplanır ve renkler görüntülerden örneklenir.

2.1.3. Nokta Bulutu Gürültü Giderme

Üretilen 3B nokta bulutu verisinde lokal bölgelerde aykırı koordinat değerlerine sahip hatalı üretilmiş detay noktaları bulunabilmektedir. Bu noktaların gürültü olarak adlandırılır (Şekil 19a).



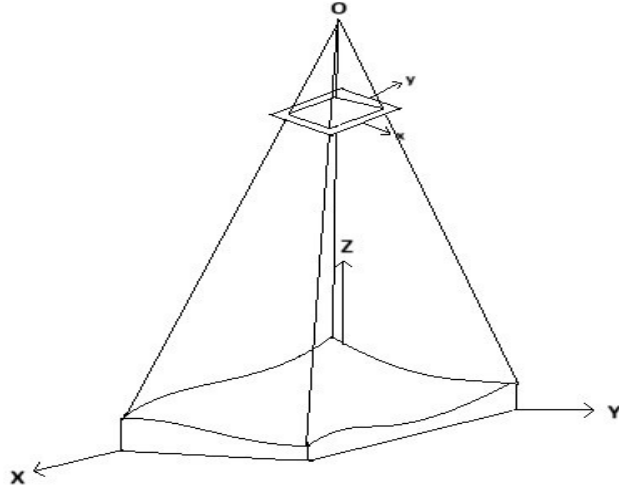
Şekil 19. (a) Gürültüsü olan nokta bulutu (b) Gürültüsü giderilmiş nokta bulutu

Nokta bulutu verisinde gürültülerin giderilmesi, verinin lokal bölgelerinde belli komşuluk kriterlerine göre yeterli sayıda nokta seçilerek bu kümede aykırı koordinat değerine sahip olanların ayıklanarak veri içerisinden silinmesi işlemidir. Bu işlem, verinin kalitesini artırmayı ve daha doğru üç boyutlu modeller üretmeyi sağlar. Literatürde birçok gürültü giderme algoritması mevcuttur (Yapıcı & Akcayol, 2022). Bunlar, kümeleme temelli yöntemler (Bozkurt & Kurban, 2021), istatistiksel tabanlı yöntemler (Arıcan & Uzar, 2018), segmentasyon tabanlı yöntemler (Sağlam, 2020), yumuşatma yöntemleri (Uzar vd., 2019), makine öğrenimi ve yapay zekâ algoritmalarına (Acar, 2022) dayalı teknikler olarak ifade edilebilir. Bu yöntemler arasında eldeki veriye en uygun olanı seçilerek işlem yapılır. Sonuç olarak, gürültüleri giderilmiş daha düzgün bir nokta bulutu elde edilir (Şekil 19b).

Bu çalışmada için istatistiksel tabanlı nokta bulutu filtrelemesi olan SOR (Statistical Outlier Removal) filtresi, kümeleme tabanlı DBSCAN ve K-Means algoritmaları kullanılmıştır. SOR filtresi nokta bulutundaki her noktanın belirli bir komşuluk mesafesi içindeki noktalarla ilişkisini inceler. Ortalama mesafeden büyük sapmalara sahip olan noktalar gürültü olarak kabul edilir ve elimine edilir. DBSCAN filtresi komşuluk yoğunluğu düşük noktaları aykırı olarak kabul eder ve kaldırır (Chen vd., 2024). K-Means algoritması K-Means algoritması, veriyi belirli sayıda kümeye ayırır ve her kümenin bir merkez noktasına sahip olmasını sağlar. Kümeleme işlemi sırasında veri noktaları, en yakın merkezlere atanır ve merkezler tekrar hesaplanır. Bu süreç, kümeler stabilize olana kadar devam eder (Şahin vd., 2018).

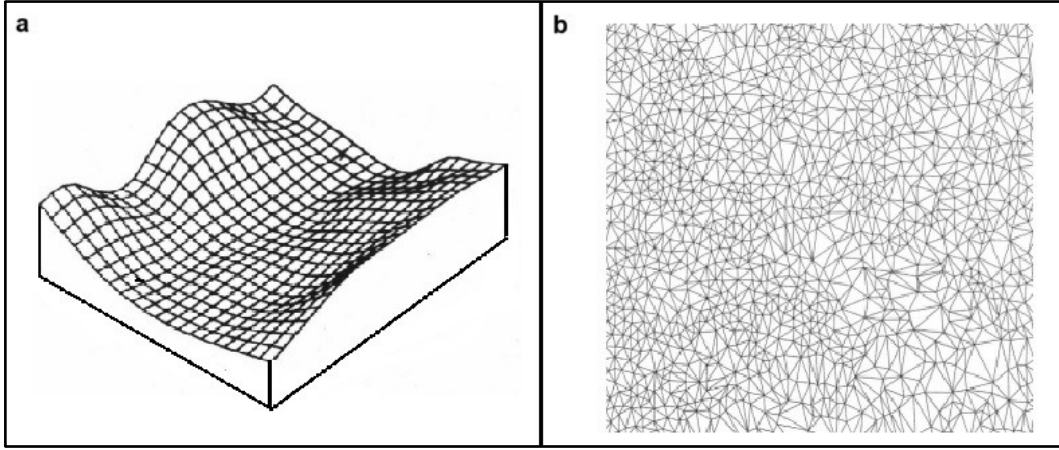
2.1.4. SYM Üretimi

SYM gerçek dünyadaki yüzeylerin dijital bir temsidir. Bu model, yükseklik verileri kullanarak yüzeyin üç boyutlu bir görselini oluşturur (Şekil 20).



Şekil 20. Sayısal yükseklik modeli ve görüntü arasındaki ilişki

Noktalar arasındaki bağlantılar üçgenler oluşturarak yüzeyin ağ modelini (mesh) oluşturur. Mesh modeller, yüzeylerin üç boyutlu bir şekilde temsil edilmesi için kullanılan geometrik yapılardır. Bu geometrik yapılar nokta bulutundan yararlanarak oluşur. Nokta bulutundaki her noktanın bir koordinat ve yükseklik değeri vardır, ancak bu noktalar arasında boşluklar bulunabilir. Bu boşluklar Enterpolasyon yöntemi ile doldurularak, noktalar arasındaki yükseklik değişimlerini tahmin eder ve sürekli bir yüzey elde edilmesini sağlar. SYM oluşturulmasında iki farklı enterpolasyon yöntemi kullanılır. Bunlar raster yöntemi ve üçgenleme yöntemidir (Yılmaz, 2002). Raster yönteminde (Şekil 21a) arazi üzerine karesel veya dikdörtgensel bir grid sistemin yerleştirilmesi ile grid düğüm noktalarının yükseklikleri hesaplanmasıdır. Üçgenleme yöntemi (Şekil 21b) ise arazi üzerinde bulunan noktaların birleştirilmesi ile arazi düzlem üçgenlerden oluşan (TIN) bir yüzeyle kaplanmasıdır. (Atak, 2007)



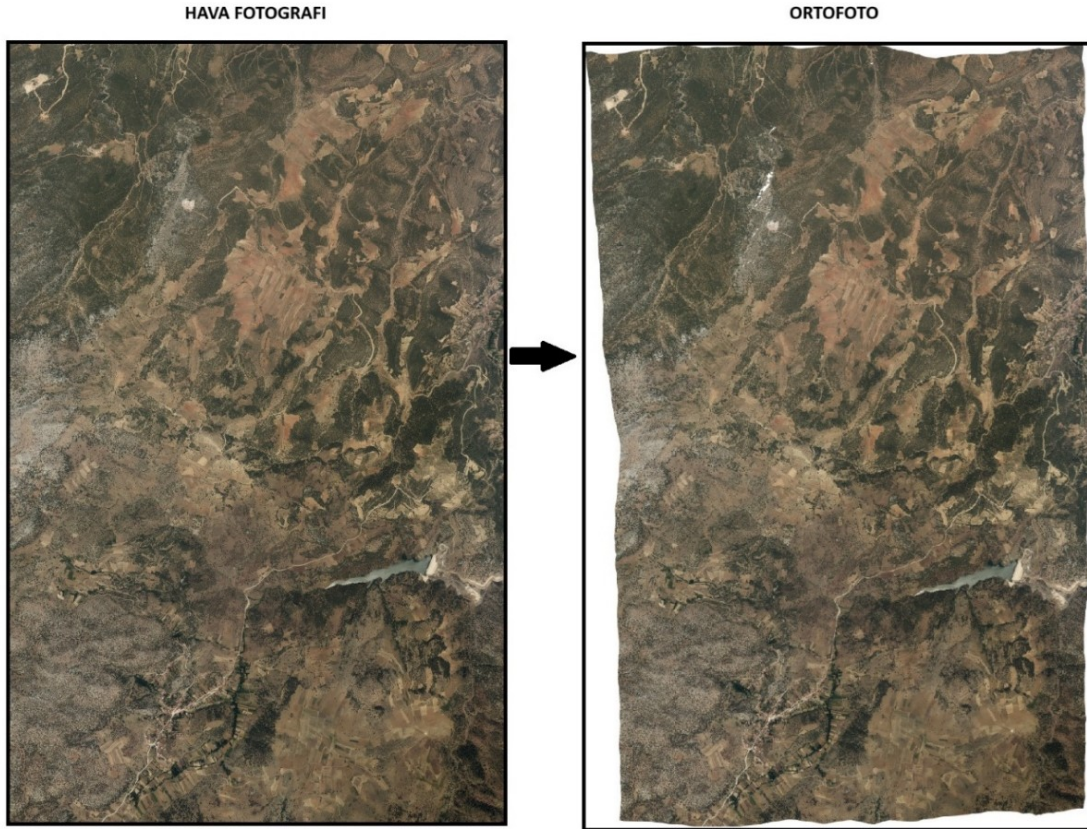
Şekil 21. (a) Raster yöntemi (b) Üçgenleme yöntemi

Dijital fotogrametrinin sunduğu en büyük yararlardan biri, görüntü işleme teknikleri ile dış yöneltme parametreleri yardımıyla SYM oluşturulmasıdır. Bu yöntemlerde dış yöneltme parametreleri biliniyorken, X ve Y koordinatları verilerek Z koordinatları hesaplanır (Karalar vd., 2003). SYM arazi modelini $Z = f(X, Y)$ gibi tek değer fonksiyonu ile temsil edilir. Yani bir (X, Y) konumundan, SYM gridinden sadece bir Z değeri türetilir (Öztürk & Koçak, 2007).

2.1.5. Ortorektifikasyon İşlemi ve Ortomozaik Üretimi

Ortofoto (Şekil 22), bir bölgenin belirli bir projeksiyonla düzeltilmiş, coğrafi olarak referanslandırılmış hava veya uydu görüntüleridir (Karalar vd., 2003). Hava ve uydu görüntülerinde rölyef kaynaklı eğrilikler (yüksek ve alçak alanlar kaynaklı bozulmalar) mevcuttur ve Ortofoto görüntünün üretiminde arazinin rölyef etkisi dikkate alınır. Rölyef, bir yüzeyin topografik özelliklerini, yani yükseltileri ve çukurları ifade eder. Bu bozulmalar, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak düzeltilir. Böylece fotoğrafın her noktası, doğru coğrafi konumuna yerleştirilir. Bu tür bir fotoğraf, topografik eğrilikleri ve perspektif bozulmaları düzeltilerek doğru ölçeklenmiş bir harita gibi kullanılabilir. Orijinal bir uzaktan algılanmış görüntüdeki nesneler sensör eğiklikleri ve yükseklik farkından kaynaklanan konumlanma hatalarından (rölyef) ötürü gerçekte olması gereken yerlerde değildirler (Tao vd., 2004). Bu sebepten dolayı ortorektifikasyon işlemiyle bu hatalar giderilebilir. Ortorektifikasyon hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin dünya yüzeyinde olan topografik farklılıklardan kaynaklanan kaymaların giderilerek coğrafi

olarak doğru ve ölçülebilir hale getirilmesidir. Bu işlem, bir görüntüyü belirli bir koordinat sistemine uygun olarak düzelterek gerçek dünya koşullarına uydurmayı amaçlar. Ortorektifikasyon işlemi koordinat düzeltmesi, perspektif düzeltme aşamalarında geçtikten sonra coğrafi verilerle uyumlu hale getirilir (Çelik vd., 2004). Bu da genellikle görüntünün harita üzerinde doğru bir şekilde yerleştirilmesi anlamına gelir.



Şekil 22. Hava fotoğrafı ve ortofoto

Ortorektifikasyon süreci Kamera parametrelerini kullanarak görüntü bozulmalarının giderilmesi ile işleme başlar. Görüntü bozulmalarını gidermek için Kamera iç yöneltme (K) ve dış yöneltme (R, T) parametreleri kullanarak görüntü bozulmaları giderilir. Bir görüntüdeki bir piksel (x,y), fiziksel uzayda (X,Y,Z) koordinatlarıyla ilişkilidir. K, iç yöneltme parametrelerini temsil eden matristir (odak uzaklığı, optik merkez, piksel oranı). [R|T], Kamera pozisyonu ve yönünü temsil eden dış yöneltme parametre matrisidir (rotasyon R ve translasyon T). X, Y, Z Dünya koordinatları. x, y görüntü düzlemindeki piksel koordinatları ifade eder. Yükseklik bilgisi (Z), görüntünün doğru bir şekilde fiziksel uzaya dönüştürülmesi için gereklidir. Sayısal yükseklik modelinden, yükseklik bilgisi

sağlayarak geometrik düzeltme yapılması sağlanır. Z, SYM'den interpolasyon veya doğrudan veri okuma (10) ile elde edilir. Her bir piksel coğrafi koordinat sisteminde doğru yerlerde konumlanır.

$$Z = SYM(X, Y) \quad (10)$$

Her pikselin Fiziksel dünya üzerindeki konumu (11) deki formülle hesap edilir.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [R|T]^{-1} \cdot K^{-1} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

Ortorektifikasyon işleminin amacı, görüntüyü coğrafi koordinat sisteminde ortografik olarak yansıtmaktır. X_c, Y_c, Z_c kamera konumlarını, f odak uzaklığını ifade eder. x', y' (12) Ortorektifikasyon işlemi sonrası, bu pikselin düzeltildikten sonra gerçek dünya üzerindeki düzlemdeki konumu verir.

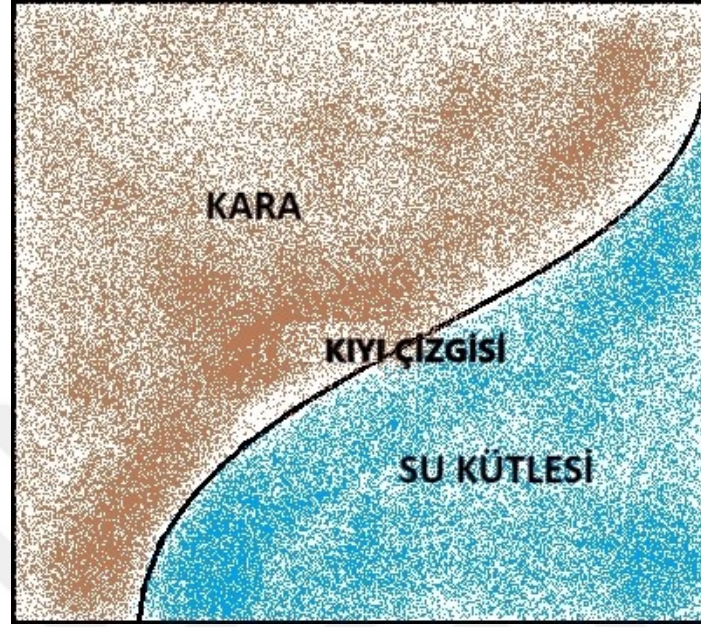
$$x' = \frac{f(X-X_c)}{Z-Z_c}, \quad y' = \frac{f(Y-Y_c)}{Z-Z_c} \quad (12)$$

Ortomozaik birden çok ortorektifikasyon işleminden geçmiş hava veya uydu görüntülerinin yani ortofotoların bir araya getirilerek bir bütün görüntü oluşturulması işlemidir.

2.1.6. Kıyı Çizgisi Tespiti

Kıyı çizgisi; deniz, göl, akarsu veya su kütlesinin kara ile birleştiği çizgi (Şekil 23) olarak tanımlanmaktadır (Aouiche vd., 2015). Kıyı alanlarının izlenmesi, sürdürülebilir kalkınma ve çevre korumada önemli bir görevdir. Kıyı bölgelerinin izlenmesi için, çeşitli zamanlarda kıyı şeridinin çıkarılması temel bir çalışmadır. Kıyı çizgisi, dinamik bir yapıya sahip olan dünya yüzeyindeki en önemli doğrusal özelliklerden biridir (Winarso & Budhiman, 2000). Farklı yöntemler kullanılarak kıyı çizgisi tespit edilebilir. Bu yöntemler

genelde gözlemsel, coğrafi bilgi sistemleri (CBS), uzaktan algılama ve fiziksel ölçüm tekniklerine dayalı olabilir.



Şekil 23. Kıyı çizgisi gösterilmesi

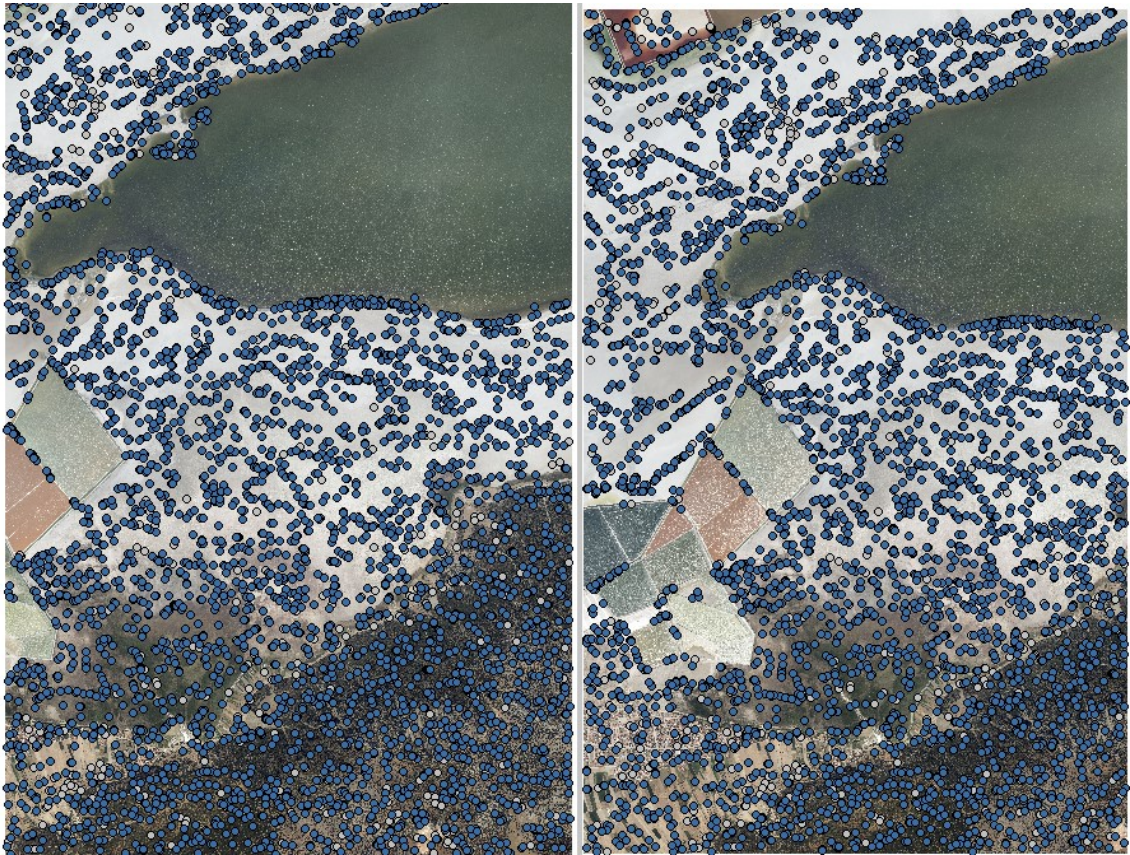
Kıyı çizgisi zamana bağlı olarak değişebilmektedir. Buna antropojenik etkiler veya doğal afet kaynaklı etkiler neden olabilmektedir. Su kütlelerinin alan ve hacminin izlenmesi için kıyı çizgisi belirlenmesi gerekir.

2.2. Görüntü Verileri ile Uygulama

Bu çalışmada analog ve dijital hava fotoğrafların fotogrametrik değerlendirme süreçlerinde SFM algoritması Agisoft metashape yazılımı ile uygulanmıştır. Değerlendirme sürecinde 2022 tarihli dijital hava görüntüleri için dengelenmiş yöneltme parametrelerinin mevcut olmasından ötürü bu veri seti aynı zamanda konumsal referans olarak kullanılmıştır. Bu amaçla 2022 için üretilen ortomozaik ve SYM verisi kullanılarak 1992 ve 1960 yıllarına ait analog hava fotoğraflarının değerlendirme sürecinde kullanılmak üzere yeter sayıda yer kontrol noktası her 3 zamansal periyotta arazide mevcut detaylardan manuel olarak ölçülmüştür. Ardından 1992 ve 1960 analog görüntüler ayrı ayrı blok oluşturularak fotogrametrik değerlendirme süreci gerçekleştirilmiştir.

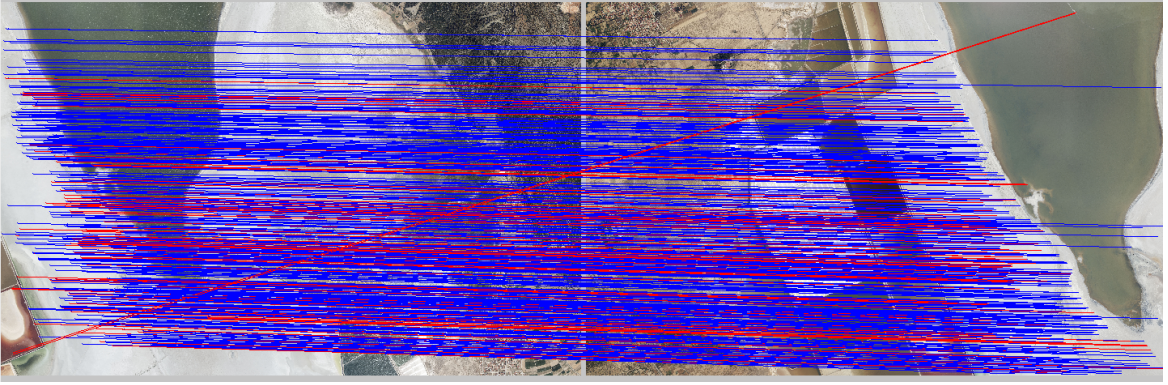
2.2.1 Dijital Hava Görüntülerinin Değerlendirilmesi ve SYM Üretimi

2022 yılına ait görüntüler yüklendikten sonra, bu görüntülere ait kamera yöneltme parametreleri, projeksiyon bilgisi ve kamera kalibrasyon bilgileri girilmiştir. Böylece görüntüler, değerlendirme için hazır hale gelmiştir. İlk aşamada iç ve dış yöneltme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu adımında, görüntü üzerinde özellik (ilgi) noktaları (Şekil 24) araması yapılmakta ve görüntülerin her birinin konumu belirlenerek parametrelerde iyileştirmeler gerçekleştirilmektedir.



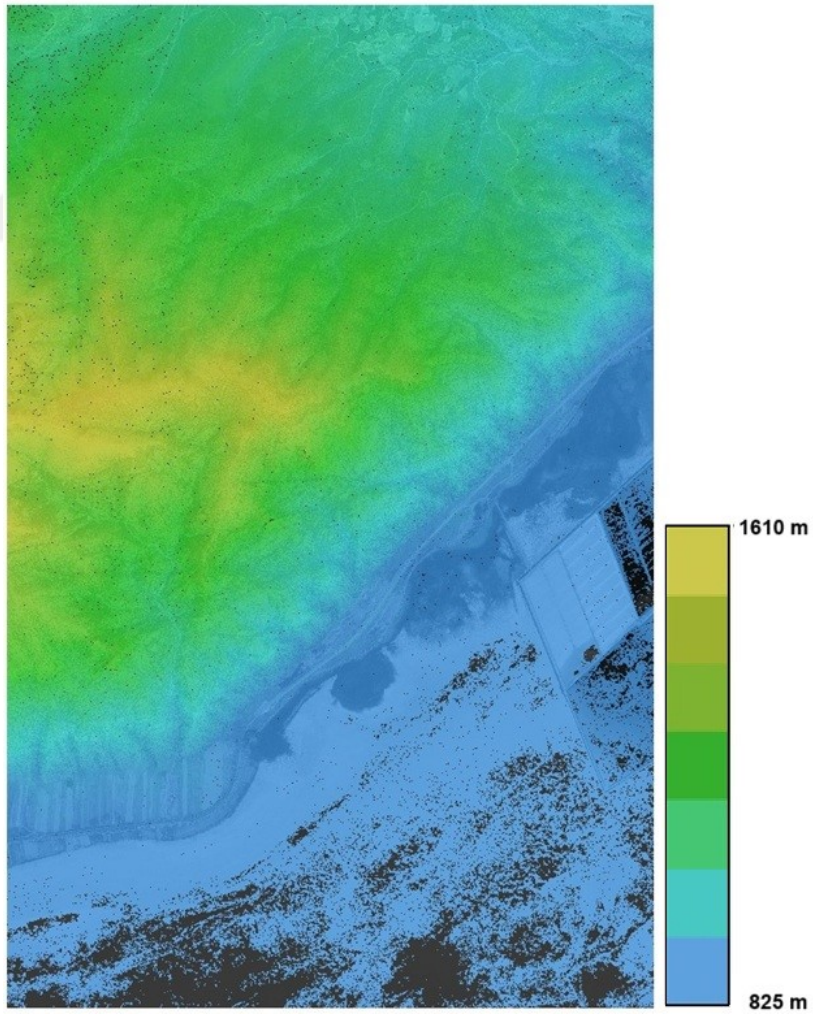
Şekil 24. Özellik noktaları belirlenmiş görüntüler

Tespit edilen özellik noktaları arasından eşlenik olanlar KLT algoritması kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 25'te, birbiriyle eşleşen özellik noktaları gösterilmiştir. Yanlış eşleşen noktalar kendi içinde kullanılan RANSAC algoritması ile elimine edilmiştir. Mavi çizgiler, doğru eşleşen noktaları; kırmızı çizgiler ise birbirini temsil etmeyen noktaları göstermektedir.



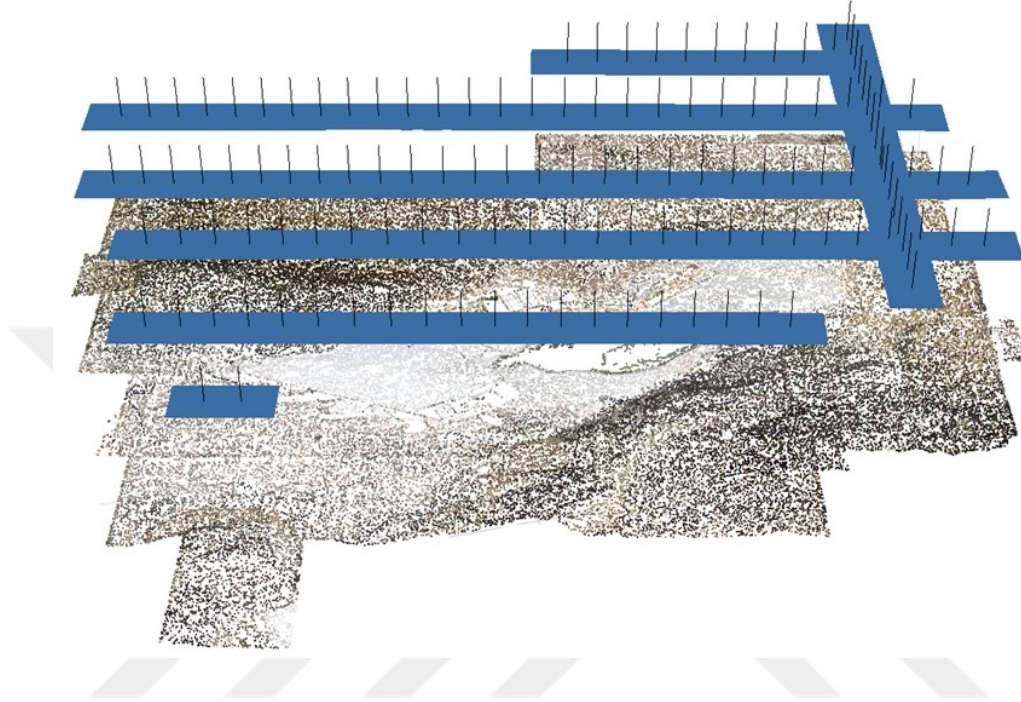
Şekil 25. Özellik noktaları eşleşmiş görüntüler

Özellik noktalarının belirlenmesi ve eşleşmesi sonucunda, Şekil 26'da gösterilen derinlik haritası oluşmuştur.



Şekil 26. Derinlik haritası

Görüntü yöneltme aşamasında, her bir görüntünün izdüşüm merkezi konumu belirlenmiş, bağlantı noktaları ve derinlik haritaları oluşturulmuş, yöneltme parametreleri iyileştirilmiş ve sonuç olarak seyrek nokta bulutu üretilmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Dengelenmiş görüntülerin izdüşüm merkezi konumları ve seyrek nokta bulutu

Üretilen seyrek nokta bulutuna ait nokta sayısı, boyutu ve hata oranı tablo 3’ de verilmiştir.

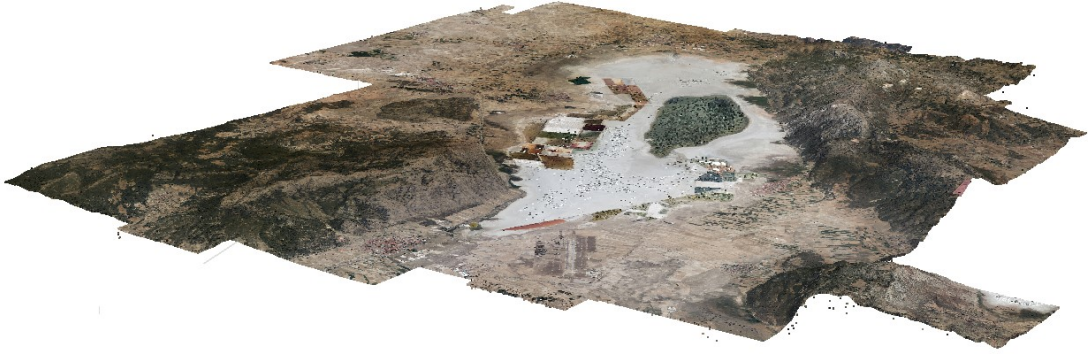
Tablo 3. 2022 yılına ait seyrek nokta bulutu verileri

Yıl	Özellik Nokta Sayısı	Ortalama Özellik Noktası Boyutu (pix)	Ortalama Özellik Noktası Sayısı	Karesel Ortalama Reprojeksiyon Hatası (pix)
2022	97828	4.85	5.06	0.45

Bu aşamada toplam 97828 adet özellik noktasından oluşan seyrek nokta bulutu verisi 0.45 piksel karesel ortalama hata değeri ile üretilmiştir. Karesel Ortalama reprojeksiyon hatası bir nesnenin 3B obje koordinatlarının, dengelenmiş yöneltme parametreleri kullanılarak 2B görüntü düzlemine projekte edilmesi sonrasında hesaplanan görüntü

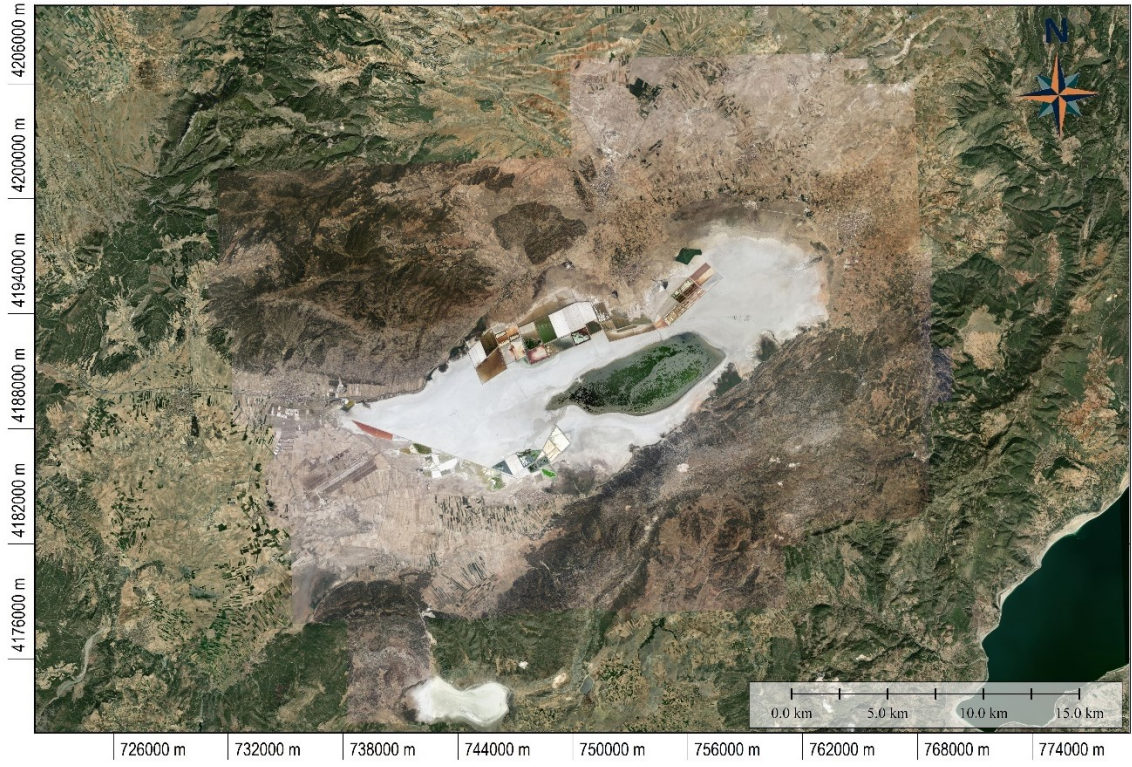
uzayındaki konumu ile aynı uzayda ölçülen konumu arasındaki farkı ifade eder. Özellik nokta boyutu, özellik noktanın bulunduğu ölçeklerin piramit seviyesindeki Gauss bulanıklığının Sigmasını ifade eder. Ortalama özellik noktası boyutu da 4.85 pikseldir. Bu değer tüm özellik noktaları üzerinden Özellik nokta boyutu değerinin ortalamasıdır. Ortalama özellik noktası sayısı 5.06'dır. Bu değer toplam projeksiyon sayısının özellik noktası sayısına oranı ifade eder.

Bu aşamanın ardından fotogrametrik değerlendirme sürecinde bir sonraki aşama olan yoğun nokta bulutu üretme aşamasına geçilmiştir. Yoğun nokta bulutunu oluşturmak için çok-görüntülü stereo eşleme (multi-view stereo matching) algoritması ile seyrek nokta bulutu (Şekil 27), dengelenmiş yönelme parametreleri ve derinlik haritası (Şekil 26) kullanılmıştır. Nokta bulutundaki her bir noktanın renk değeri, görüntülerden örneklenerek 3B yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur (Şekil 28).



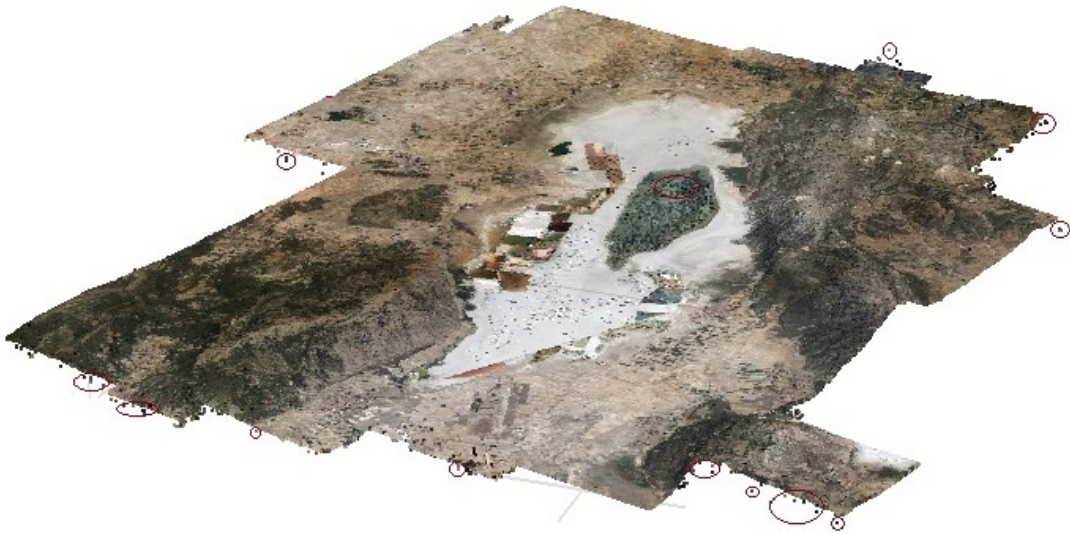
Şekil 28. 2022 yılına ait yoğun nokta bulutu

2022 yılına ait oluşan yoğun nokta bulutu verisinde toplam 674929113 adet nokta oluşmuştur. Üretilen 3B yoğun nokta bulutu verisi Şekil 29 da WGS84-UTM-3-35S sisteminde olan bir Google Haritalar tabanlı haritanın üzerine çakıştırılarak gösterilmiştir.



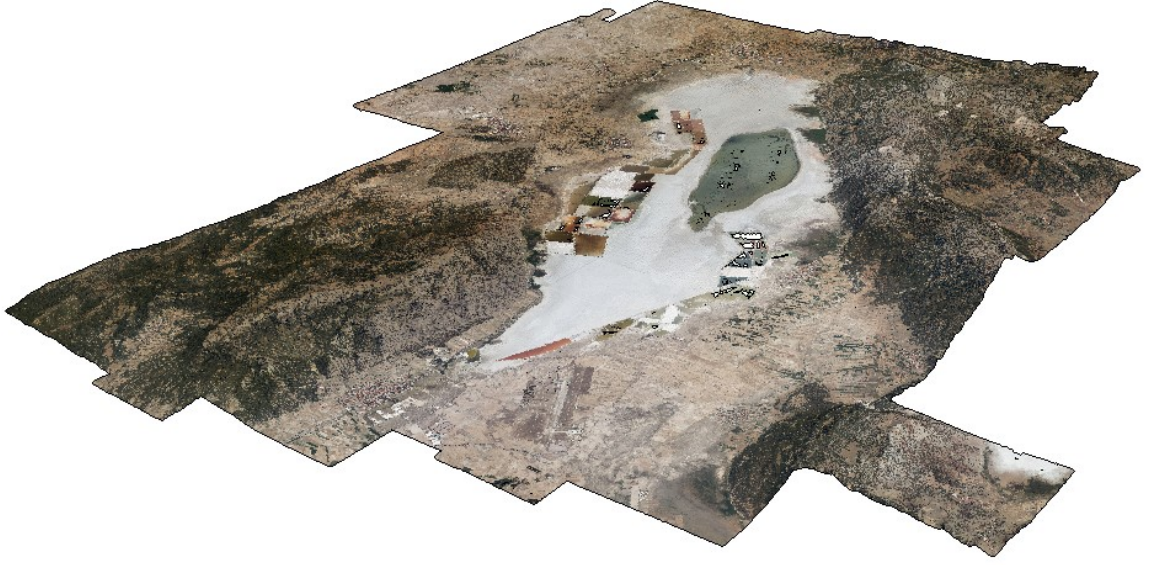
Şekil 29. Google haritalar üzerinde çakıştırılmış 2022 3B yoğun nokta bulutu verisi

Oluşan yoğun nokta bulutunda gürültü noktalarının bulunduğu gözlemlenmiştir. Bunlardan bazıları Şekil 30’da kırmızı daire içinde örnek olarak gösterilmektedir.



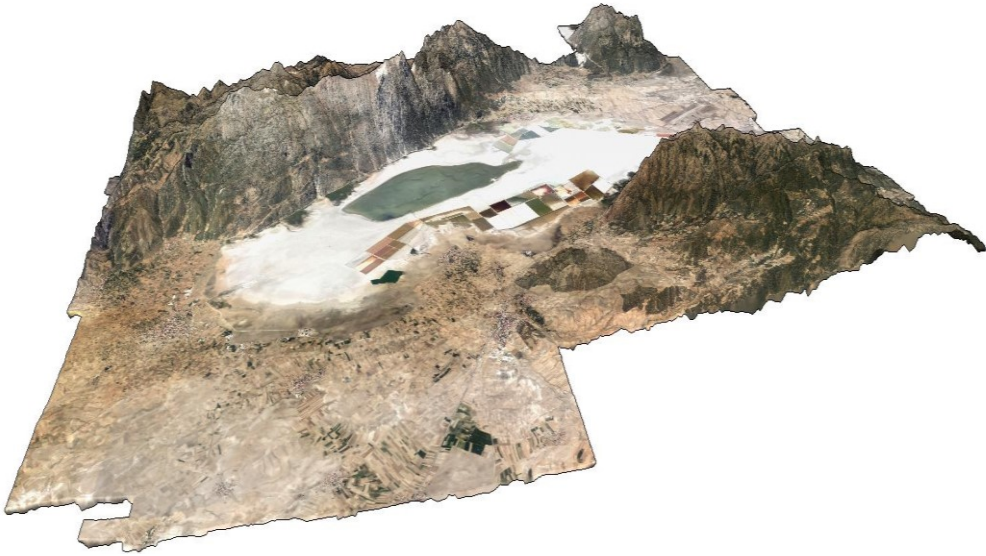
Şekil 30. Gürültü niteliğindeki noktalar

Üretilen nokta bulutundaki gürültü noktalarını gidermek için 2.Bölüm Nokta Bulutu Gürültü Giderme kısmında ifade edilen gürültü filtreleme algoritmaları uygulanarak gürültü giderme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, gürültüsü giderilmiş nokta bulutu elde edilmiştir (Şekil 31).



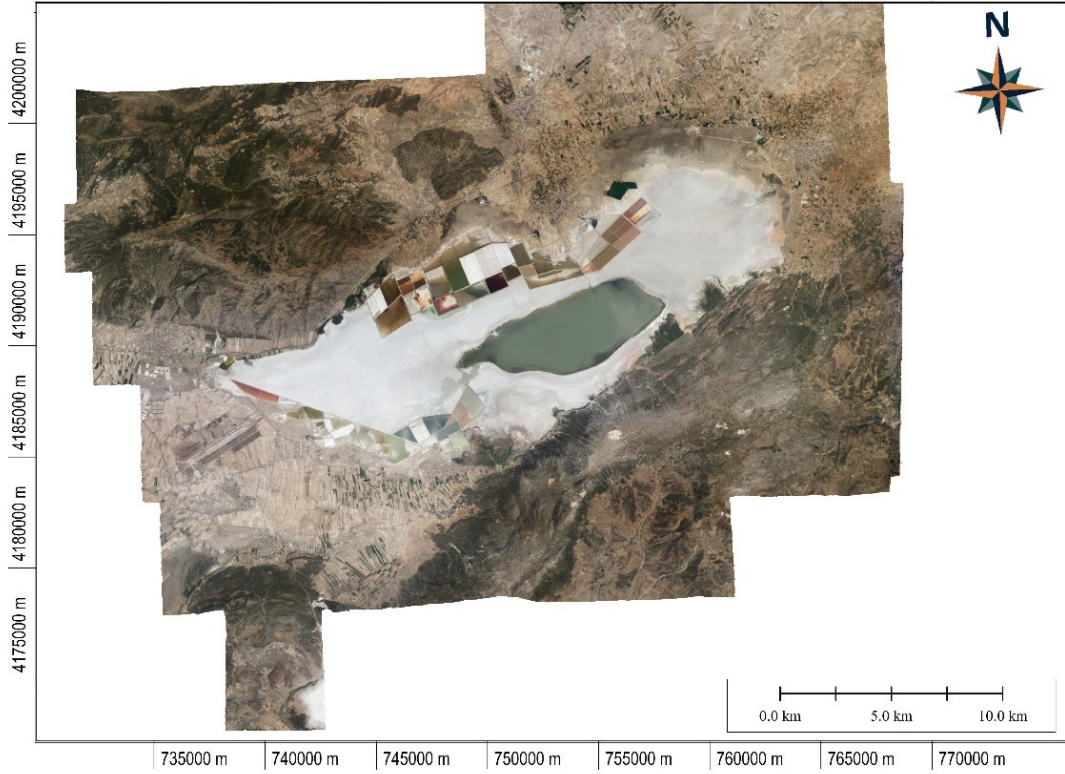
Şekil 31. 2022 yılı gürültüsü giderilmiş nokta bulutu

Nokta bulutu gürültü giderme işleminden sonra raster yöntemi ile Sayısal Yükseklik Modeli üretilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. 2022 yılı SYM verisi

SYM üretildikten sonra ortofoto görüntüler ile ortomozaik görüntüler oluşturulmuştur (Şekil 33).



Şekil 33. 2022 yılı ortomozaik verisi

Elde edilen ortomozaik görüntüler ve 3B nokta bulutu verisi kullanılarak, analog görüntülerle de örtülecek şekilde arazide değişmemiş objelere ilişkin keskin detay noktaları ölçülerek bunların 3B koordinatları analog görüntülerin değerlendirilmesi sürecinde kullanılmak üzere kaydedilmiştir (Şekil 34). Seçilen noktalara ait koordinat bilgileri Tablo 4'te verilmiştir.



1960



1992



2022

Şekil 34. 1960-1992-2022 yıllarında örnek ortak nokta

Tablo 4. Referans seçilen noktaların koordinat bilgileri

Nokta No	X	Y	Z
1	740095.365	4181323.175	841.290
2	736578.193	4188191.137	829.450
3	764168.520	4198063.350	835.320
4	753213.764	4196653.494	839.300
5	747221.378	4196976.950	921.010
6	750389.352	4184344.358	835.230
7	759659.970	4190445.900	1031.180

Bu ortak noktalar, 1960 ve 1992 yıllarına ait görüntülerin fotogrametrik değerlendirme sürecinde yer kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Bu sayede 1992 ve 1960 tarihli analog hava fotoğraflarının yönelme süreci istenilen doğruluk düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

2.2.2 Analog Hava Görüntülerinin Değerlendirilmesi ve SYM Üretimi

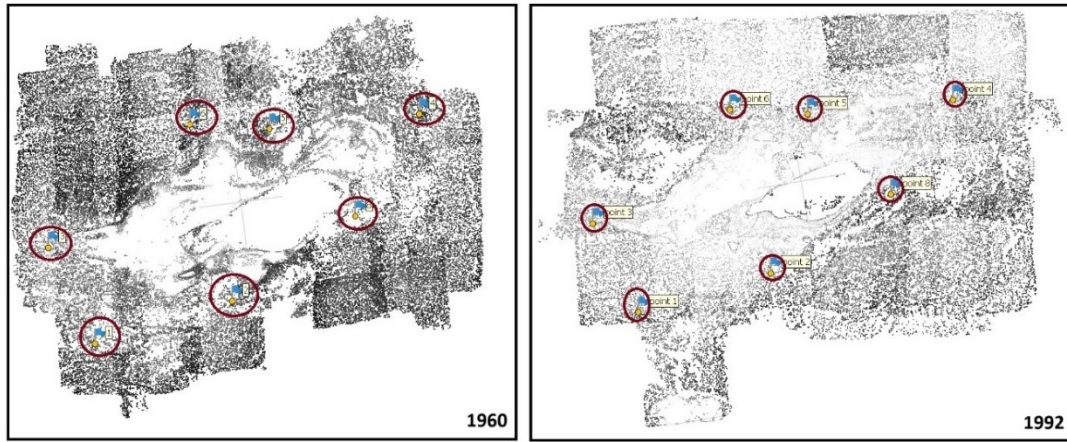
1960 ve 1992 yıllarına ait analog hava fotoğrafı verilerinin fotogrametrik değerlendirme sürecinde 2.1 aşamasında ölçülen 7 adet yer kontrol noktası yöneltme aşamasında kullanılmıştır. Söz konusu noktalar 1960 ve 1992 için oluşturulan fotogrametrik görüntü blokları üzerinde uygun konumsal dağılıma tekabül edecek şekilde seçilmiştir (Şekil 35). Bu sayede yöneltme aşamaları sonrasında hesaplanan parametrelerin konumsal doğruluğu artırılmıştır. Bununla birlikte üretilen 3B modeller ve seyrek nokta bulutu verisinin 2022 ile eş konumsal datumda temsil edilmesi sağlanmıştır. 1992 ve 1960 periyotları için üretilen seyrek nokta bulutlarına ait nokta sayısı, boyutu ve hata oranı gibi açıklayıcı özellikler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. 1960 ve 1992 periyotları için üretilen seyrek nokta bulutu verilerine ilişkin bilgiler

Yıl	Özellik Nokta Sayısı	Ortalama Özellik Nokta Boyutu (pix)	Ortalama Özellik Noktası Çokluğu	Karesel Ortalama Reprojeksiyon Hatası (pix)
1960	99303	5.15	2.53	1.16
1992	65384	3.39	2.63	0.98

1960 yılında oluşan özellik noktalarının sayısı 99303'tür ve oluşan seyrek nokta bulutu verisi 1.16 piksel karesel ortalama hata değeri ile üretilmiştir. Ortalama özellik nokta boyutu da 5.15 pikseldir. Ortalama özellik noktası sayısı 2.53 olarak hesap edilmiştir.

1992 yılında oluşan özellik noktalarının sayısı 65384'tür ve oluşan seyrek nokta bulutu verisi 0.98 piksel karesel ortalama hata değeri ile üretilmiştir. Ortalama özellik noktası boyutu 3.39 pikseldir. Özellik noktalarının arasında oluşan bağlantı noktaları da ortalama 2.63 olarak hesap edilmiştir.



Şekil 35. 1960-1992 yıllarına ait seyrek nokta bulutları ve referans noktalar

Referans noktalarıyla birlikte yöneltme işlemi sonucunda, referans noktalarındaki yatay ve düşey konum hataları 1960 yılı için Tablo 6'da 1992 yılı için ise Tablo 7'de verilmiştir.

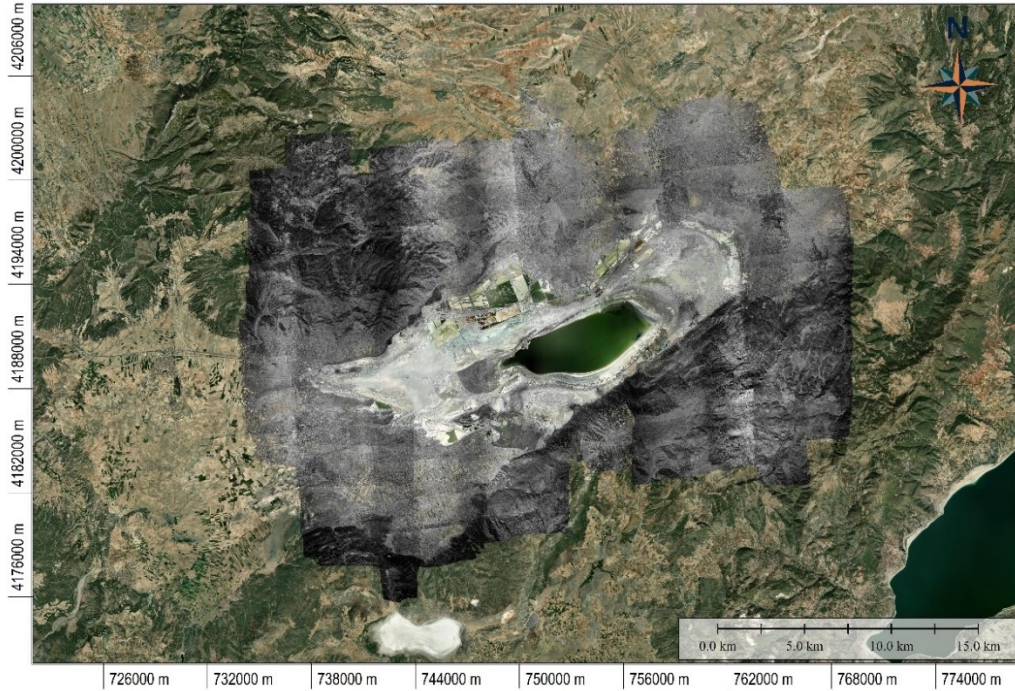
Tablo 6. 1960 yılı referans nokta hataları

Nokta No	Toplam Hata (mm)	X_Hata (mm)	Y_Hata (mm)	Z_Hata(mm)	Görüntü Hatası (pix)
1	0.00175	1.5314	-0.8385	-0.0700	5.868
2	0.00107	0.7794	-0.7269	0.0766	2.800
3	0.00213	1.6577	1.3306	0.0837	5.356
4	0.00139	-0.3851	-1.2948	0.3260	4.216
5	0.00119	1.0366	0.4920	-0.3111	2.139
6	0.00488	-4.7251	1.2195	0.1713	12.308
7	0.00035	0.0106	-0.1817	-0.2766	5.591
Toplam Hata	0.00227	2.0445	0.9592	0.2160	6.100

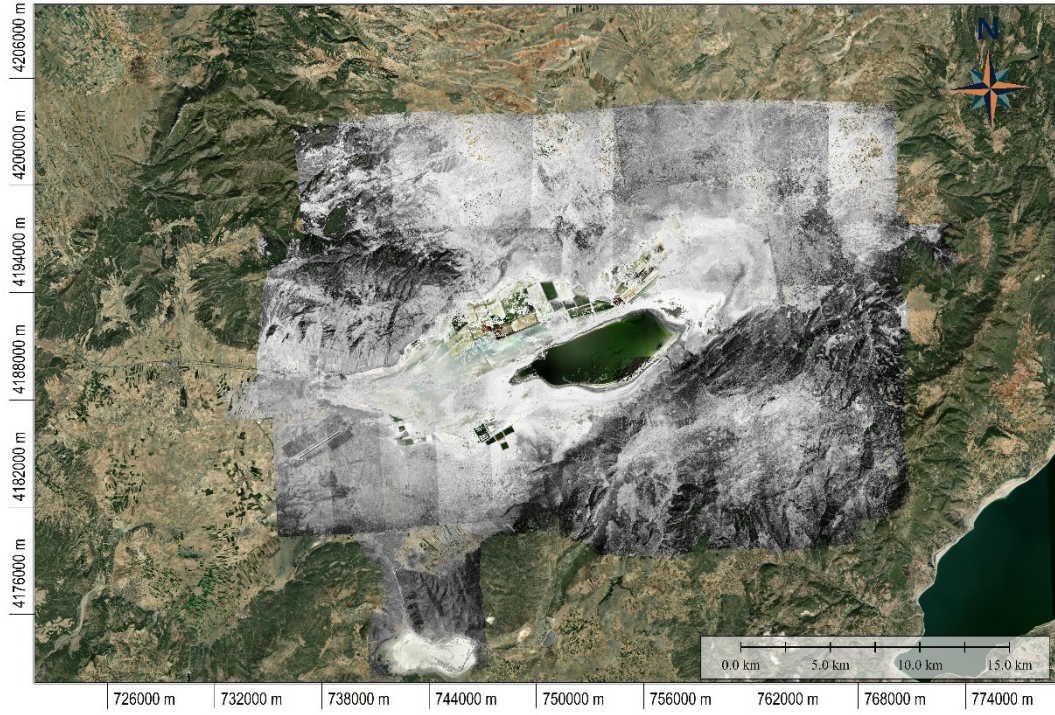
Tablo 7. 1992 yılı referans nokta hataları

Nokta No	Toplam Hata (mm)	X_Hata (mm)	Y_Hata (mm)	Z_Hata(mm)	Görüntü (pix)
1	4.3929	4.1702	-0.4466	1.3067	9.976
2	1.5681	0.3730	-1.5229	0.0194	3.725
3	2.8274	2.3088	1.3803	0.8711	5.981
4	1.6792	0.2687	-1.6362	-0.5651	3.435
5	1.1354	0.7406	-0.7301	-0.4559	3.646
6	11.0953	-10.7810	2.0233	-1.6677	20.956
7	3.0712	2.9199	0.9326	0.1915	16.323
Toplam Hata	4.8755	4.6018	1.3415	0.8914	11.172

Seyrek nokta bulutu verileri, yöneltme aşamasında hesaplanan yöneltme parametreleri ve derinlik haritaları kullanılarak yoğunlaştırılmış nokta bulutu verisi elde edilmiştir. 1960 yılına ait üretilen yoğun nokta bulutu verisinde toplam 247306106 adet nokta elde edilmiştir. 1992 yılına ait oluşan yoğun nokta bulutu verisinde ise toplam 262515368 adet nokta verisi üretilmiştir. UTM projeksiyonunda WGS84-35N datumunda üretilen nokta bulutu verileri Google Haritalar karşılaştırılarak Şekil 36 ve 37’de gösterilmiştir.

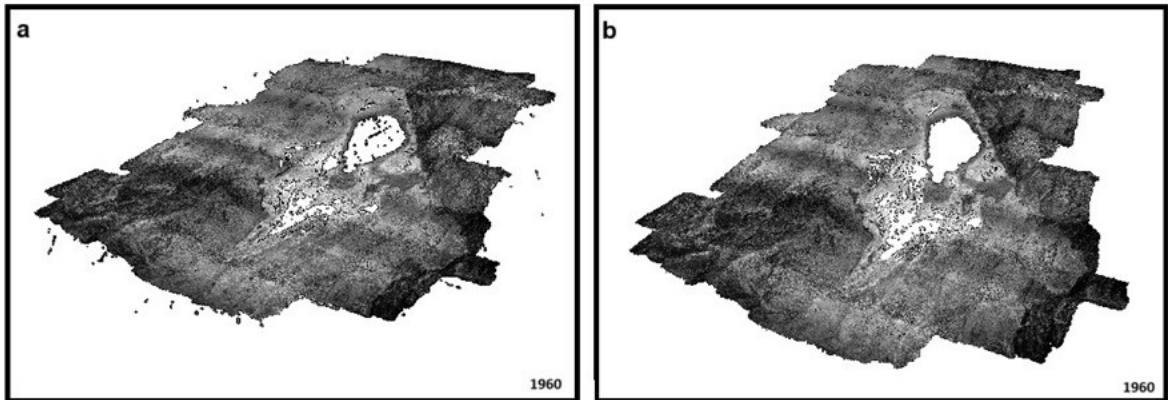


Şekil 36. Google haritalar üzerinde karşılaştırılmış 1960 3B yoğun nokta bulutu verisi

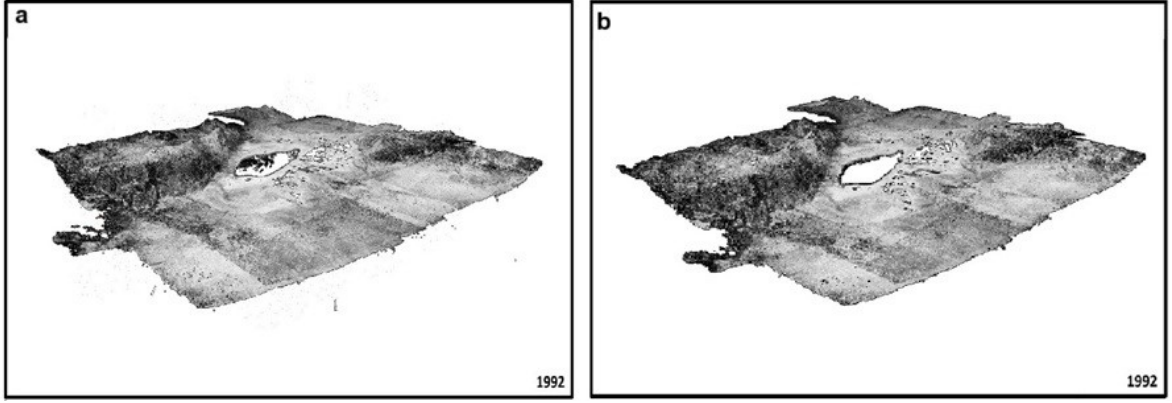


Şekil 37. Google Haritalar üzerinde çakıştırılmış 1992 3B yoğun nokta bulutu verisi

Üretilen nokta bulutlarında 1960 yılı için Şekil 38a'da 1992 yılı için Şekil 39a'da gürültüsü olan noktalar görülmektedir. Üretilen nokta bulutlarına 2.Bölüm Nokta Bulutu Gürültü Giderme' de ifade edilen gürültü filtreleme algoritmaları uygulanarak elde edilen gürültüsü giderilmiş nokta bulutu verileri 1960 yılı için Şekil 38b'de, 1992 yılı için Şekil 39b'de gösterilmiştir.

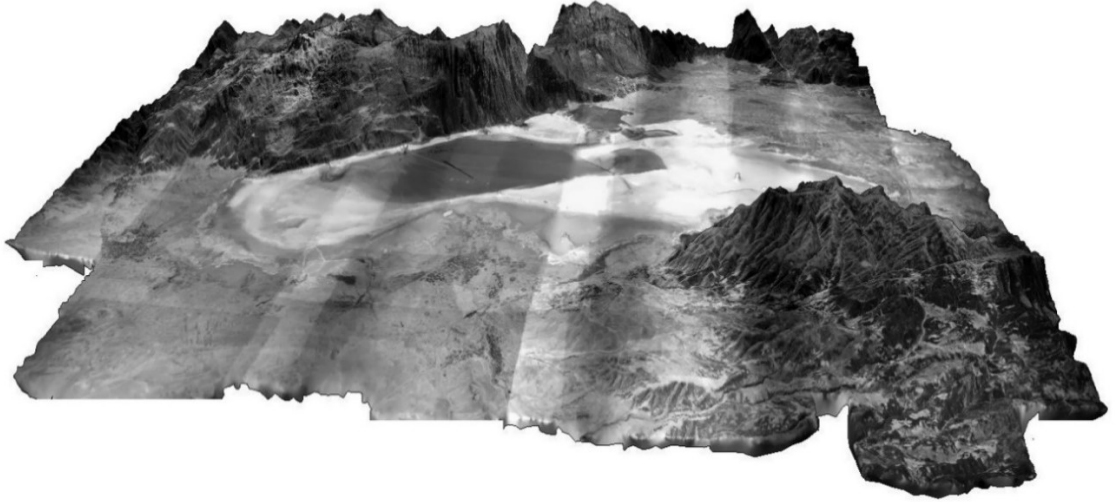


Şekil 38. 1960 yılına ait (a) nokta bulutu (b) gürültüsü giderilmiş nokta bulutu verisi

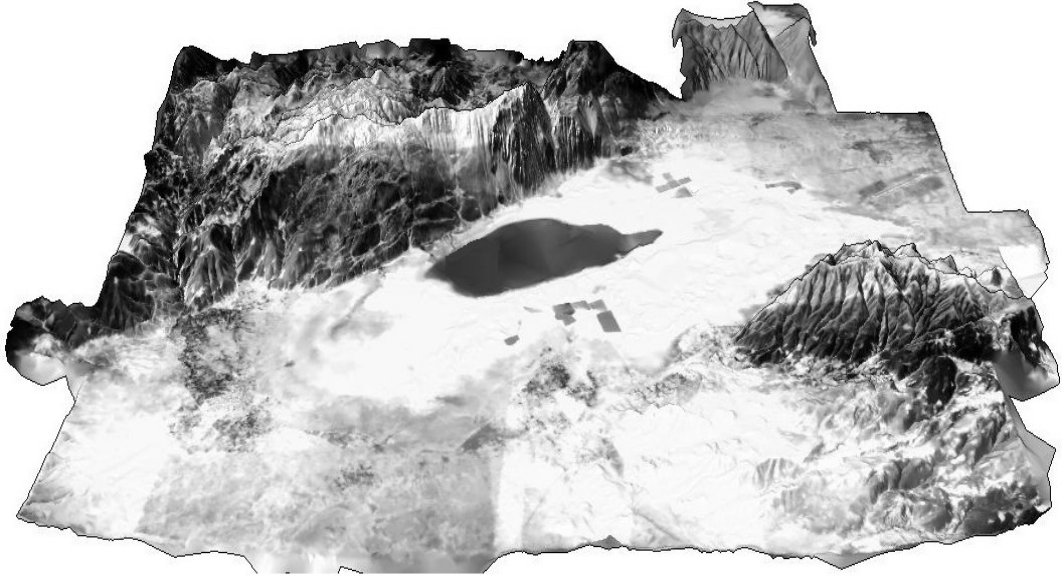


Şekil 39. 1992 yılına ait (a) nokta bulutu (b) gürültüsü giderilmiş nokta bulutu verisi

Üretilen gürültüsü giderilmiş yoğun nokta bulutu verileri kullanılarak 1960 ve 1992 periyotları için SYM verileri elde edilmiştir. Oluşturulan SYM verileri, Şekil 40 ve 41'de gösterilmiştir.

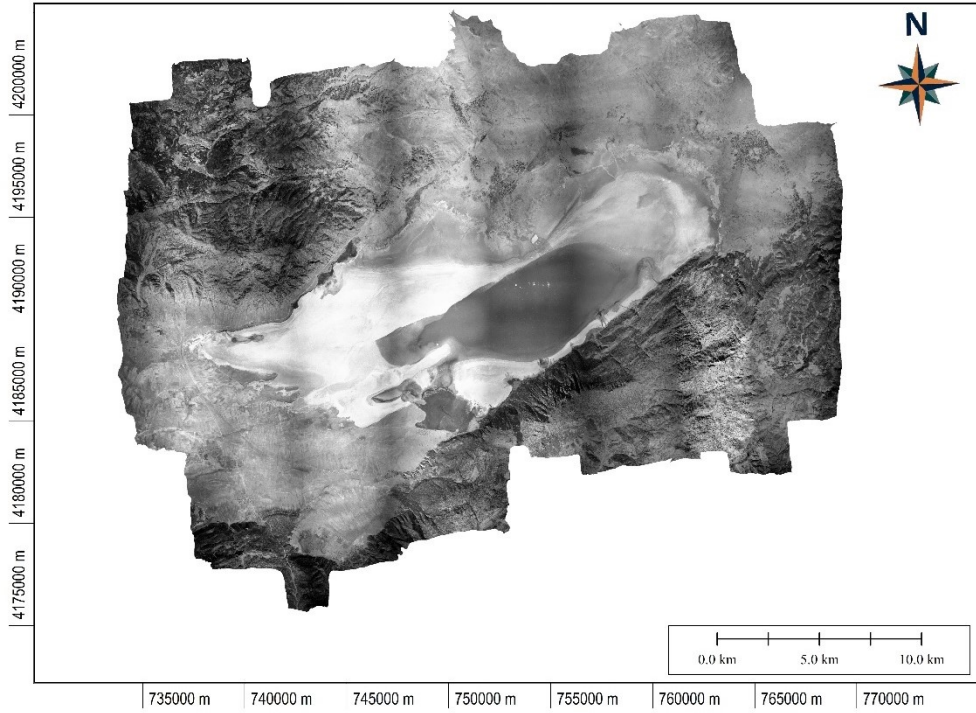


Şekil 40. 1960 yılı SYM verisi

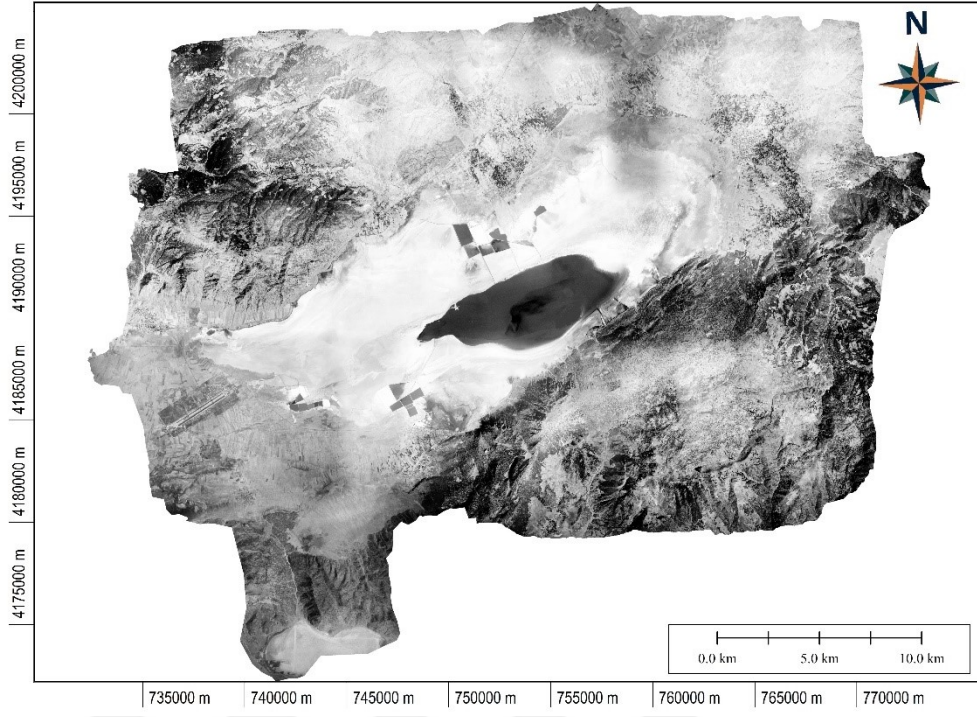


Şekil 41. 1992 yılı SYM verisi

Daha sonraki işlem adımı olarak, hava fotoğraflarından ortomozaik görüntüler üretilmiştir. Bu ortomozaik görüntüler, Şekil 42 ve 43'te gösterilmektedir.



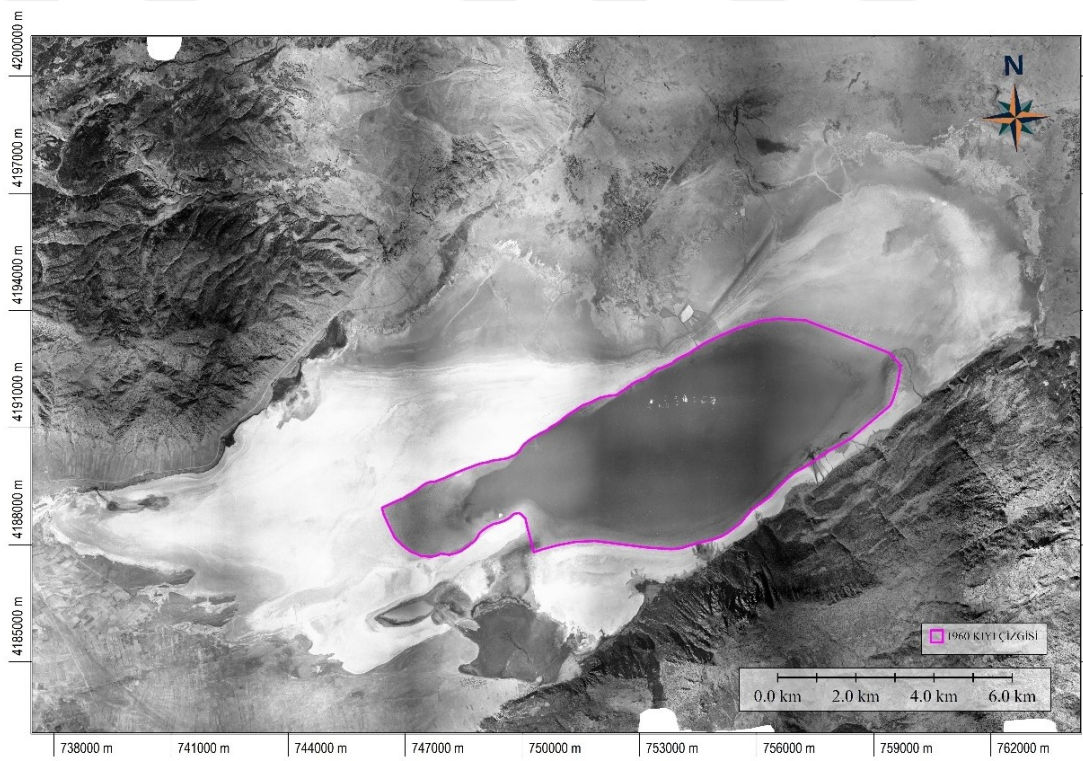
Şekil 42. 1960 yılı ortomozaik verisi



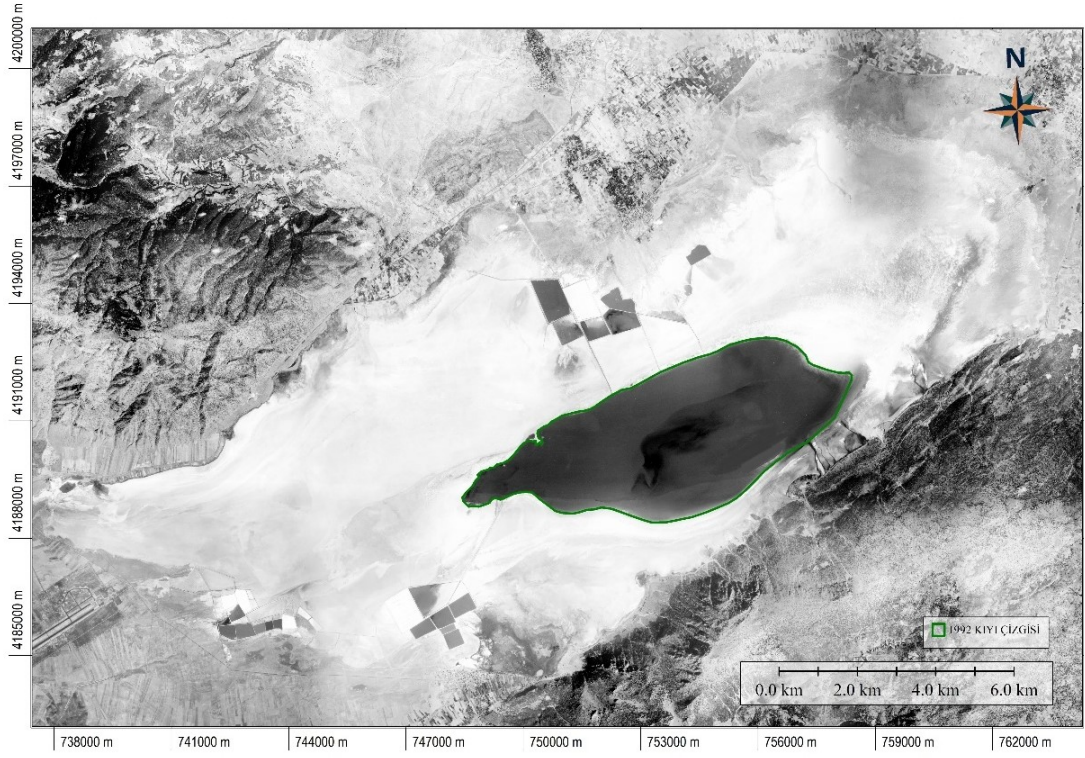
Şekil 43. 1992 yılı ortomozaik verisi

3. BULGULAR

Bu çalışmada, fotogrametrik değerlendirme teknikleri ile üretilen hassas SYM verileri kullanılarak Acıgöl'ün 1960, 1992 ve 2022 zamansal periyotları arasındaki alansal ve hacimsel değişimleri hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamalarda kullanılmak üzere ve SYM ve ortomozaik kombinasyonu ile elde edilen 3B model üzerinden kara-su ayrımını temsil eden kıyı çizgileri her zamansal periyot için belirlenmiştir. Bu kıyı kenar çizgileri sırasıyla Şekil 44, Şekil 45 ve Şekil 46'da gösterilmektedir.



Şekil 44. 1960 yılı kıyı çizgisi

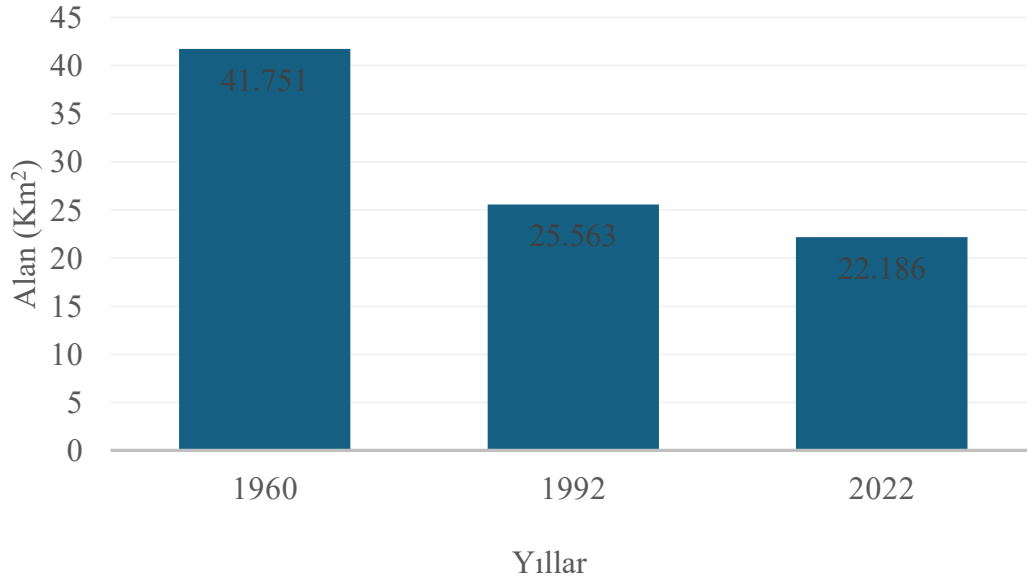


Şekil 45. 1992 yılı kıyı çizgisi



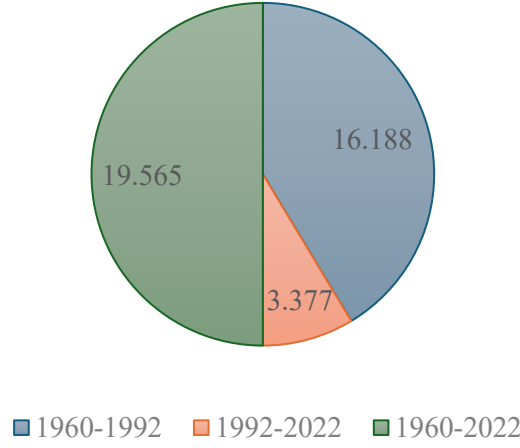
Şekil 46. 2022 yılı kıyı çizgisi

3B yorumlama ile belirlenen kıyı çizgileri kullanılarak zamana bağlı alansal değişim hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Göl yüzey alanı 1960 yılında 41.751 km², 1992 yılında 25.563 km², 2022 yılında ise 22.186 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 47).



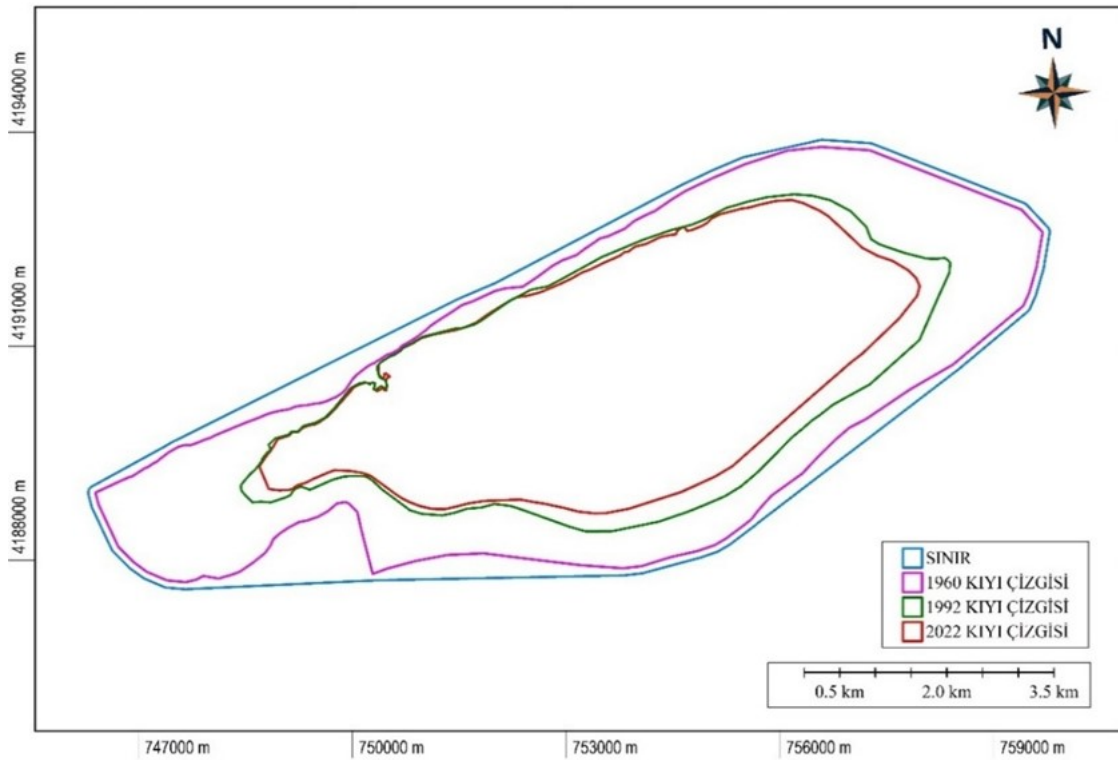
Şekil 47. 1960-1992-2022 yıllarına ait hesaplanan göl yüzey alan değerleri

Yüzey alanları belirlenen gölün yıllar içindeki alansal değişimi üç ayrı zamansal periyot şeklinde hesaplanmıştır. İlk periyot, 1960-1992 yılları arasındaki 32 yıllık alansal değişimdir. İkinci periyot, 1992-2022 yılları arasındaki 30 yıllık alansal değişimi kapsar. Üçüncü periyot ise toplam zaman dilimi olan 1960 ile 2022 yılları arasındaki 62 yıllık alansal değişimdir. 1960 ile 1992 yılları arasında ilk periyotta gölün alansal değişimi 16.188 km² azalmış, 1992 ile 2022 yılları arasındaki ikinci periyotta 3.377 km² azalmış ve 1960 ile 2022 yılları arasındaki üçüncü periyotta ise toplam 19.565 km² azalma gerçekleşmiştir (Şekil 48).



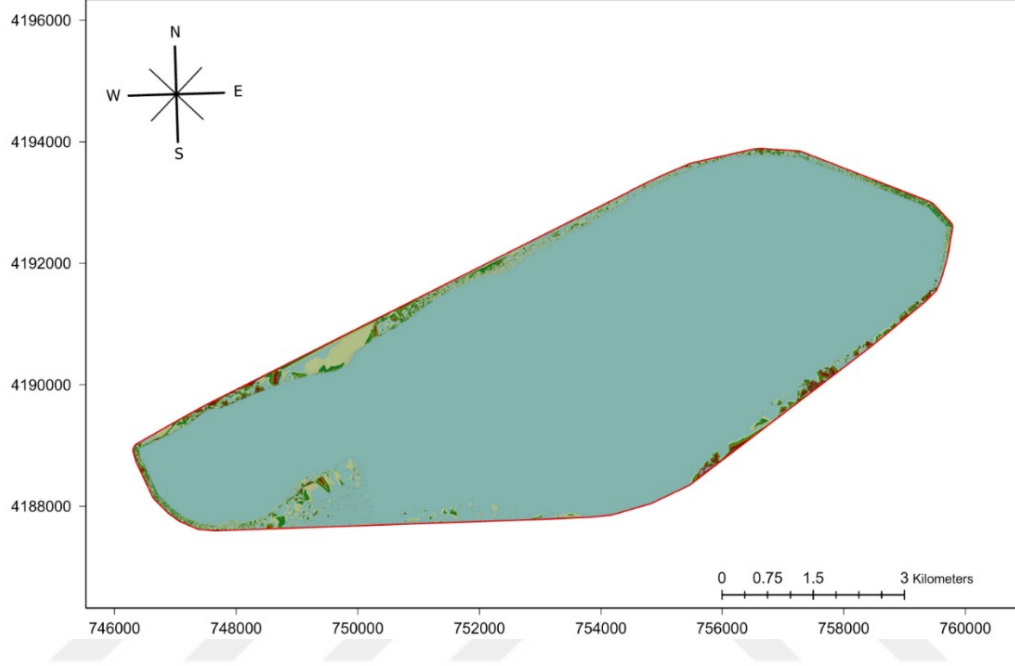
Şekil 48. Acıgöl yüzeyinin alansal değişimi

Uzun yıllar içinde göl yüzey alanında meydana gelen değişiminin gölün alanı küçüldükçe azaldığı söylenebilir. Çalışmada aynı zamansal periyotlar arasında göl su hacminde meydana gelen değişiminin doğru ve hassas biçimde hesaplanabilmesi için belirlenen kıyı çizgilerini kapsayan bir dış sınır belirlenmiştir (Şekil 49).

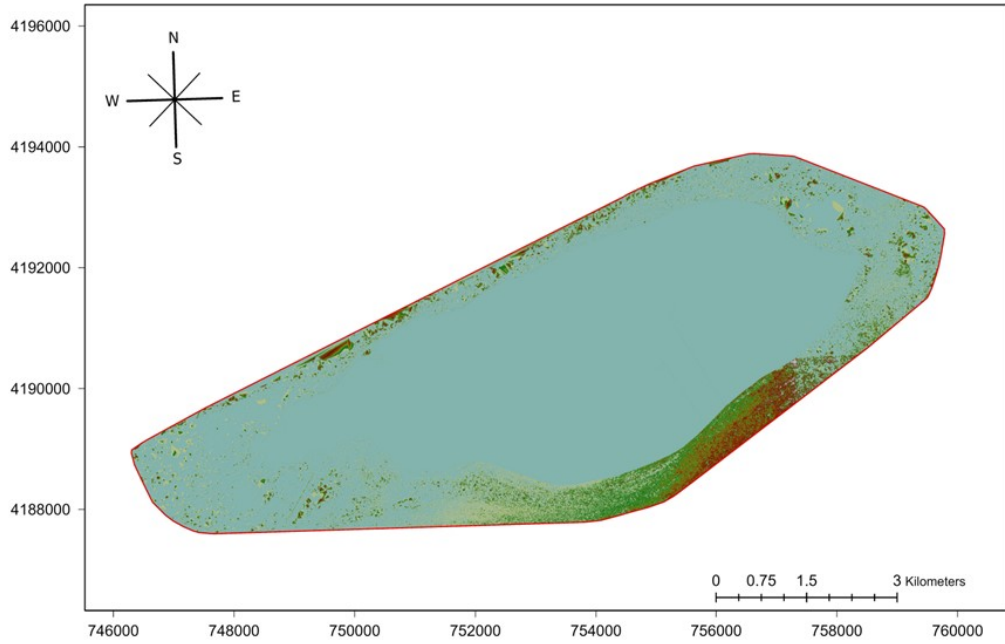


Şekil 49. Çakıştırılmış göl sınırları ve dış sınır çizgisi

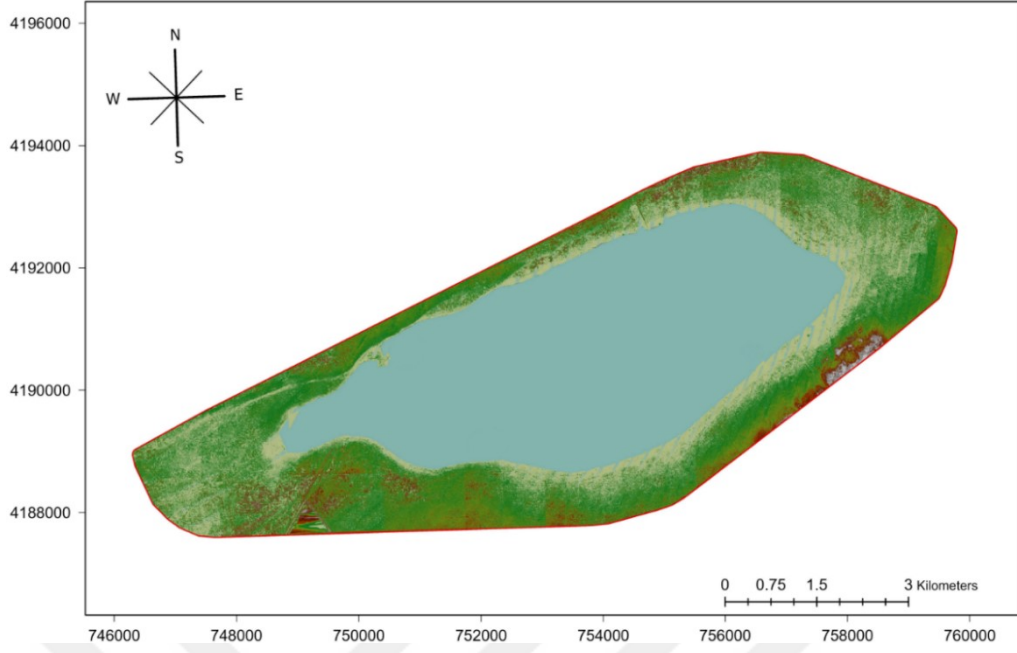
Her zamansal periyot için üretilmiş nokta bulutu verilerinin bu dış sınır içinde kalan kısmı kırparak kaydedilmiştir. Ardından bu nokta bulutu verileri kullanılarak her periyot için SYM üretilmiştir. Hacim farkı hesaplamasında kullanılmak üzere üretilen SYM verileri şekil 50, 51 ve 52’de gösterilmiştir.



Şekil 50. 1960 yılı göl çevresi ve SYM

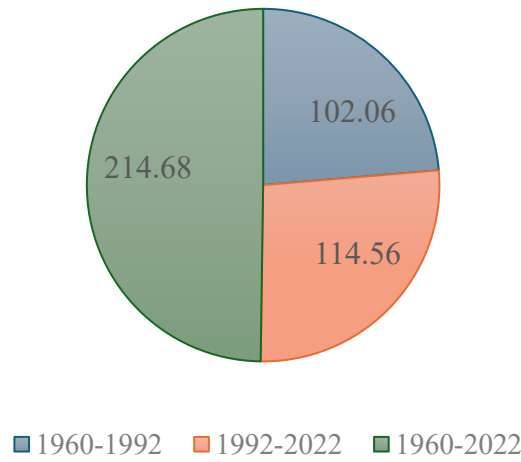


Şekil 51. 1992 yılı göl çevresi ve SYM



Şekil 52. 2022 yılı göl çevresi SYM

Elde edilen SYM verileri kullanılarak periyotlar halinde hacimsel değişimler hesaplanmıştır. Bu aşamada 1960 yılı için üretilen SYM verisi referans yüzey olarak seçilmiştir. İlk değişim periyodu olan 1960 - 1992 yılları arasında su kütlesi hacminde 102.06 km^3 azalma, ikinci periyot olan 1992 - 2022 yılları arasında su kütlesi hacminde 114.56 km^3 azalma, üçüncü periyot olan 1960 ile 2022 yılları arasında ise su kütlesi hacminde 214.68 km^3 azalma olduğu tespit edilmiştir (Şekil 53).



Şekil 53. Acıgöl su kütlesi hacim değişimi

Şekil 53 incelendiğinde 1960 - 1992 yılları arasını kapsayan 32 yıllık zamansal dönemde göl su kütlesi hacminde meydana gelen değişimin 1992 - 2022 arası 30 yıllık dönemden daha az olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu zamansal periyotlarda hacimsel değişimin giderek daha da arttığı ve göl hacminin daha hızlı azaldığı söylenebilir.

Tablo 8. Acıgöl alansal/hacimsel değişim analizi

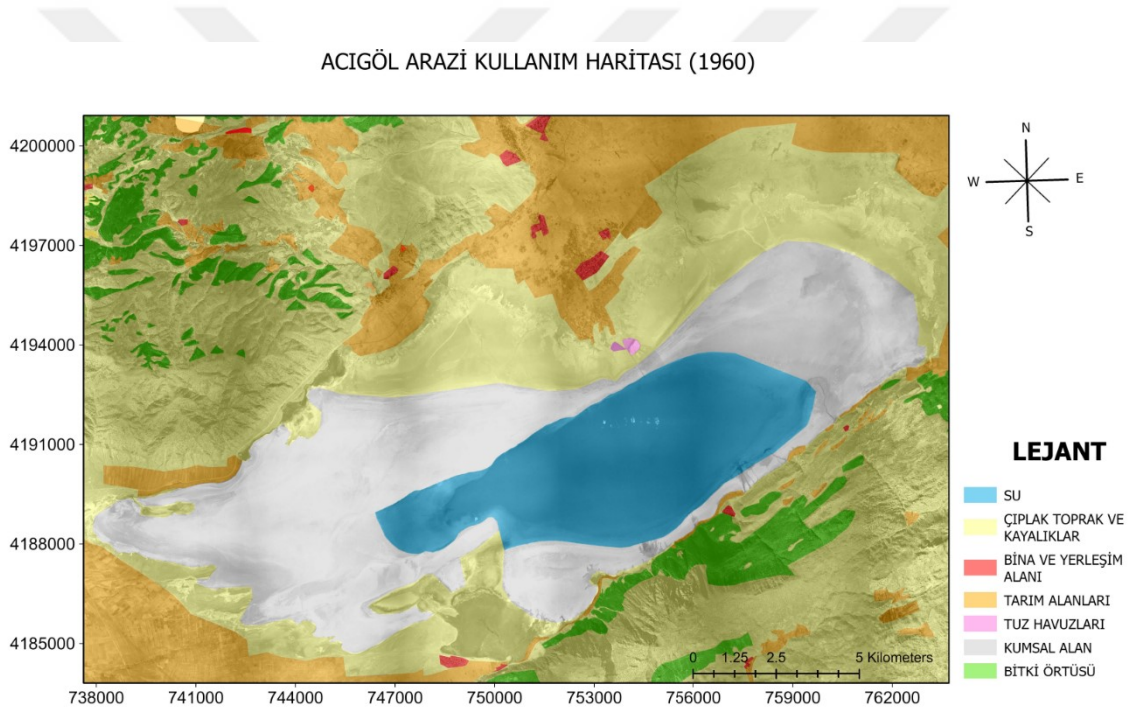
Zamansal Aralık	Alansal Değişim (km ²)	Hacimsel Değişim (km ³)
1960-1992	16.19	102.06
1992-2022	3.38	114.56
1960-2022	19.57	214.68

Alansal ve hacimsel değişimleri içeren Tablo 8’de incelendiğinde 1992 ile 2022 yılları arasındaki alansal değişimin 1960 ile 1992 yılları arasındaki alansal değişiminden oldukça az olmasına rağmen 1992-2022 hacimsel değişiminin 1960 ile 1992 yılları arasındaki hacimsel değişiminden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum göl topografyasında 1960’lı yıllarda daha düşük eğime sahip kenar yüzeyler bulunuyorken su hacmi azaldıkça ortaya çıkan kenar yüzeylerin daha yüksek eğime sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum yüzey alanının yanı sıra hacimsel değişimlerin ortaya koyulması ve değerlendirilmesini oldukça önemli kılmaktadır.

Çalışmada SfM tabanlı fotogrametrik değerlendirme sonucu SYM, Ortofoto ve Ortomozaik görüntüleri elde edilmiştir. Bu elde edilen verilerin yaklaşık olarak doğruluğunu değerlendirmek için, Büyük Ölçekli Harita ve Haritalar Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 5. Bölüm Fotogrametrik Çalışmalar, Yer örnekleme aralığı kapsamında yer alan kriterlerine başvurulmuştur.

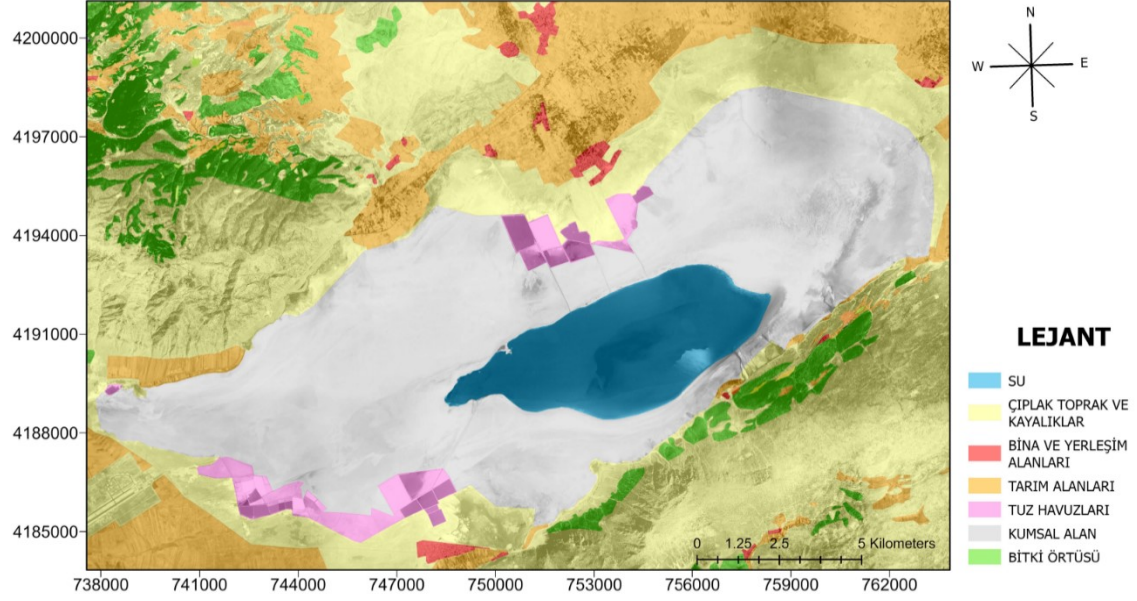
“Madde 54-(1) Yer örnekleme aralıkları, üretilecek harita ve ortofoto ölçeğine bağlı olarak belirlenir. Çekilecek hava fotoğraflarının yer örnekleme aralığı, harita ve ortofoto ölçeğinin; a) 1/5000 olması durumunda 30 cm’den, b) 1/2000 olması durumunda 20 cm’den, c) 1/1000 olması durumunda 10 cm’den, ç) 1/500 olması durumunda 5 cm’den, fazla olamaz “ (BÖHBÜY, 2018). Bu doğrultuda, elimizde bulunan 1/35.000 ölçekli 1960 görüntülerinde hata payının yaklaşık 2,10 m, 1/40.000 ölçekli 1992 görüntülerinde ise yaklaşık 2,40 m olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında Acıgöl su yüzey alan ve hacim değişimlerine meydana getiren etkenler de incelenmiştir. Bu amaçla insan kaynaklı etkenlerin önemli bir yansıması olan arazi örtüsü/kullanım durumlarında ilgili zamansal periyotlarda meydana gelen değişim de irdelenmiştir. Çalışma kapsamında üretilmiş olan ortomozaik görüntü verileri kullanılarak her bir zaman periyodu için ayrı arazi kullanım haritaları üretilerek şekil 54, 55 ve 56 da gösterilmiştir. Göl ve yakın çevresini kapsayan çalışma bölgesi için üretilen arazi örtüsü/kullanım haritaları su, kumsal alan, tuz havuzları, yerleşim ve bina alanları, çıplak toprak ve kayalıklar, tarım alanları ve bitki örtüsü olmak üzere toplam 7 genel arazi sınıfından oluşmaktadır. Söz konusu arazi örtüsü/kullanım sınıflarının alansal büyüklükleri Tablo 9 de ortaya konulmuştur.



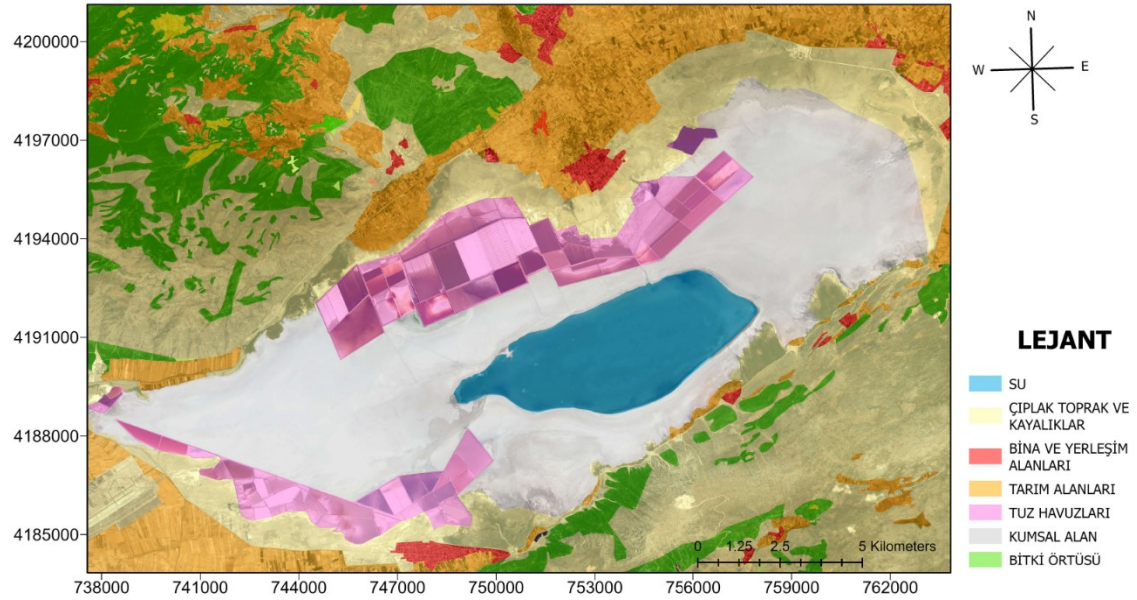
Şekil 54. 1960 yılı Acıgöl arazi kullanım haritası

ACIGÖL ARAZİ KULLANIM HARİTASI (1992)



Şekil 55. 1992 yılı Acıgöl arazi kullanım haritası

ACIGÖL ARAZİ KULLANIM HARİTASI (2022)



Şekil 56. 2022 yılı Acıgöl arazi kullanım haritası

Tablo 9. Acıgöl arazi kullanımı

Zaman	Su (Km ²)	Kumsal Alan (Km ²)	Tuz Havuzları (Km ²)	Bina ve Yerleşim Alanı (Km ²)	Tarım Alanı (Km ²)	Çıplak Toprak ve Kayalıklar (Km ²)	Bitki Örtüsü (Km ²)
1960	41.751	88.57	0.26	2.47	75.31	218.53	27.89
1992	25.563	130.66	11.82	4.145	73.55	180.59	28.45
2022	22.186	100.92	40.64	7.206	73.79	152.17	57.86

4. İRDELEME

Arazi kullanım haritalarında bina ve yerleşim alanlarının konumsal yayılımı incelendiğinde geniş alana ayırık öbekler halinde bir yayılım karakteristiği olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, göl suyu üzerinde çeşitli olumsuzluklarla neden olabilmektedir. Bunlar arasında kirlilik, su kullanımı artışı ve iklim değişikliği sayılabilir. Yerleşim yerleri, içme suyu, tarım ve endüstriyel kullanım amacıyla göllerden su çekebilir; bu da göl seviyesinin düşmesine, su sıcaklıklarının artmasına ve ekosistem dengesinin bozulmasına neden olabilir. İnsan faaliyetlerinin neden olduğu yüzey suyundaki değişiklikler, yüzey sıcaklığını, toprak nemini, biyolojik çeşitliliği, ekosistem işleyişini ve hatta insan refahını güçlü bir şekilde etkiler (Koning, 2005).

Şekil 54, 55, 56 ve tablo 3 de görüldüğü gibi tuz havuzlarının 1960, 1992 ve 2022 zamansal periyotları arasında giderek arttığı fark edilmiştir. Tuz havuzları, gölden su çekilerek tuz elde edilmesi için kullanılır ve bu havuzlar suyun buharlaşması için geniş alanlar gerektirir. Tuz havuzlarının geniş alanlar kaplaması ve gölden su çekilmesi gölün su seviyesinin azalmasına neden olabilmektedir. Özellikle bu tür kapalı havza göllerinde su seviyesindeki azalma, göl ekosistemini olumsuz etkileyebilir ve gölün kuruma riskini artırabilir. Ayrıca tuz havuzlarının oluşturulması ve işletilmesi, göl çevresindeki doğal yaşam alanlarını bozabilmektedir. Tuz havuzlarından sızan veya geri dönen tuzlu su ve tuz üretimi sırasında kullanılan kimyasallar, göl suyunun kalitesini olumsuz etkileyebilir. Bu durum, suyun tuzluluk oranını artırarak gölde yaşayan organizmaların yaşam koşullarını zorlaştırabilir ve gölde yaşayan bitki ve hayvan türlerinin habitat kaybına uğramasına neden olabilir. Özellikle göl çevresinde yaşayan kuş türleri bu durumdan olumsuz etkilenebilir. Tuz havuzları, göl çevresindeki bitki örtüsünü de etkileyebilir. Tuzlu suyun bitkilere olan etkisi, doğal bitki örtüsünün zarar görmesine veya değişmesine neden olabilir. Tuz havuzlarının çevresel etkilerini minimize etmek için, havuzların etrafındaki doğal habitatları koruyan önlemler alınabilir. Olumlu olarak değerlendirildiğinde ise tuz havuzları, tuz üretimini artırarak bölgesel ekonomiye katkıda bulunabilmektedir. Üretim verimliliği artırılabilir ve daha fazla tuz üretilebilir. Tuz havuzlarının işletilmesi, bölge halkına iş fırsatları sağlayabilir ve yerel ekonomiye destek olabilir.

Göl çevresinde şekil 54, 55 ve 56 da kumsal alanın mevcut olduğu görülmektedir. Tablo 3 incelendiğinde 1960 yılında tespit edilen kumsal alanın 1992 yılında göl suyunun çekilmesiyle arttığı, 2022 yılında tuz üretimi yapan tesislerin artması ve tuz havuzlarının genişlemesiyle birlikte kumsal alanın 1992 yılına göre azaldığı tespit edilmektedir. Bulunan kumsal alanın işletmelere tuz havuzu olarak kullanacağı ortamı oluştururken çevresindeki bitki örtüsüne olumsuz etkisi olduğu söylenebilir. Göl çevresindeki kumsal alanlar rüzgâr fırtınalarıyla birlikte göl çevresinde yetiştirilen tarım ürünlerini ve doğal bitki örtüsünü tahrip edilebilir. Tarım ürünlerine zarar vermesi geçim kaynağının tarım ürününden kazanan insanlara olumsuz yönde etkileyeceği gibi bitki örtüsünü tahrip etmesi dolaylı olarak doğal su döngüsüne etki ederek göl suyunun hacminin azalmasına neden olabilir.

Tablo 3 de ve şekil 54, 55, 56 da görüldüğü gibi çalışma bölgesinde bitki örtüsünün giderek arttığı tespit edilmiştir. Acıgöl çevresinde ağaçlandırma çalışmaları yapılmış olabilir, ancak bu çalışmalar genellikle sınırlı alanları kapsar. Bu tür ağaçlandırma çalışmaları, erozyon kontrolü, rüzgâr bariyeri oluşturma veya göl çevresindeki ekosistemi iyileştirme amacıyla yapılabilir. Ağaçlık alanlar, özellikle yarı kurak bölgelerde su buharlaşmasını azaltarak mikroklimayı iyileştirme, erozyonu önleme ve biyolojik çeşitliliği artırma gibi ekolojik faydalar sağlar. Acıgöl çevresindeki ağaçlık alanlar da bu tür ekolojik hizmetler sunabilir. Bütün bu çalışmalara rağmen gölün su hacminin azaldığı dikilen ağaçların ortamdaki gerekli olan su döngüsüne katkı sağlayıp su hacminin artmasına etki etmediğini söylenebilir. Göl çevresindeki sınırlı ağaçlık alanların korunması, bölgedeki ekosistemin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Ağaçlandırma çalışmalarının arttırılması ve mevcut ağaçlık alanların korunması, Acıgöl çevresindeki ekolojik dengenin sürdürülmesine yardımcı olacaktır.

Göl havzasında yıllık yağış miktarı 300-500 mm arasında değişmektedir. Bahadır & ve Özdemir (2012)'e göre de Acıgöl havzası yağışın azalma trendi içinde olduğu sonucuna ulaşmıştır (Bahadır & Özdemir, 2012). Özellikle yaz aylarında yüksek sıcaklıkların ve düşük nem olması buharlaşmaya maruz kalacağı sonucunu ortaya çıkarır. Yarı kurak koşulların hakim olduğu havzada sıcaklıkların artması, yağışların azalması, aşırı su tüketimi ve tarımsal su kullanımına bağlı olarak göllerden buharlaşmanın artması çölleşmeye yol açmıştır. Göl seviyesindeki değişimlerin bu iklimsel parametrelere bağlı olduğu açıkça ortadadır. Acıgöl ve çevresinde incelenen sıcaklık ve buharlaşma verilerine

bağlı sıcaklıkların artacağı, yağışların ise azalacağı ve düşüş eğiliminin devam edeceğini öngörülmektedir.

Bölgede yaşanan iklim değişikliği gölün kimyasal yapısını etkilebileceği ve buradan üretim yapılan tuz vb. maddelerin üretimini üzerinde etkili olabilir. Bölgenin düşük yağış rejimi, yüksek buharlaşma oranları ve iklim değişikliği tehditleri gölün sürdürülebilirliği açısından kritik önemdedir. Bu nedenle gölün korunması için iklim değişikliğine uyum stratejileri ve su kaynaklarının yönetimi önemlidir.

Dünya’da birçok bölgede olduğu gibi Türkiye’de de göl su seviyelerinde çekilmeler gözlenmektedir. Bu çalışmaya benzer şekilde Türkiye’de çeşitli araştırmalarda göllerin kuraklık etkisi altında olduğu ve su seviyelerinde düşüş gözlemlendiği tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmada Acıgöl incelenmiş olup bu çalışmaya benzer şekilde daha önce çalışmalar yürütülmüştür.

Özdemir & Bahadır (2009), tarafından Acıgöl’de gerçekleştirilen araştırmada gölün kapsadığı alanın düşüş içinde olduğu, sıcaklıktaki artışın, yağıştaki düşüşün ve kuraklık etkilerinin bu bölgede görüldüğü ve tüm bunların gölün su seviyesi azalmasında neden olduğu ortaya konulmuştur.

Temiz & Durduran (2016), 1985, 2000, 2015 yıllarına ait multispektral Landsat görüntüleri kullanarak Acıgölün kıyı şeridinin küçülme yönünde olduğunu tespit etmişlerdir. Göldeki kıyı şeridinin değişiminin nedenlerini belirlemek için iklimsel parametre verilerini incelemişler ve göl seviyesindeki değişimlerle iklim değişimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Bununla birlikte bu araştırmada Landsat uydu verilerinin düşük konumsal ve zamansal çözünürlüğünün meydana getirdiği kısıtlamalar, bu çalışmaya nazaran kısa bir zamansal periyotta ve sadece göldeki alan değişiminin oldukça düşük konum doğruluğu ile belirlenebilmesine olanak tanımaktadır.

Karaman vd. (2011) Acıgöl’ün sürdürülebilirliği amaçlı gölün hacim ve alanını belirleme çalışmaları yapmışlardır. Gölün kıyı çizgisini belirlemek için 2010 yılına ait uydu görüntülerinden yararlanarak MNDWI (Düzenlenmiş Normalleştirilmiş Fark Su İndisi) kullanılmışlardır. Gölün 84 farklı noktasında derinlik ölçümü yapılarak Kriging mekânsal interpolasyon yöntemiyle derinlik haritası elde etmişlerdir. Tüm bu verilerden yararlanarak gölün hacim ve alanını belirlemişlerdir. Göl kıyı çizgisi içinde Acıgöl’ün yaklaşık göl alanı 69.47 km² göl hacmi 101 milyon m³ olarak hesap etmişlerdir. Bu

sonucun yağışlı dönem sonrası olduğu bilgilerini verip kurak dönemle karşılaştırması için öneride bulunulmuştur.

Karaman vd. (2013) tarafından yapılan çalışma kapsamında 2011 ve 2012 yıllarına ait Chris-Proba Mode-2 hiperspektral uydu görüntüleri ile Acıgöl'ün mevsimsel değişimi ortaya koymak amaçlı bir çalışma yapmışlardır ve gölün kurak dönemde $27,4 \text{ km}^2$ 'lık alan suyla kaplı iken ve yağışlı dönemde $61,2 \text{ km}^2$ alanın suyla kaplı olduğu tespit edilmiştir. Meteorolojik verileride inceleyerek gölün su bütçesinde baskın rol oynadığını belirlemişlerdir.

Acıgöl için yapılan tüm bu çalışmalarda gölün alanının küçüldüğü gözlemlenmiş ve gölü etkileyen faktörlerin iklimsel parametreler olduğu açıkça ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak tarihi analog ve dijital hava fotoğraflarının fotogrametrik olarak değerlendirilmesi sayesinde 1960'tan itibaren uzun yıllara dayalı geniş bir zamansal periyotta göl su varlığının hacimsel ve alansal değişimini yüksek doğrulukla belirlenmiştir.

Çalışma alanının yakınlarında bulunan diğer göllerde de bu çalışmaya benzer olacak şekilde çalışmalar yapılmıştır ve genel olarak bölgedeki göllerin iklimsel parametrelerden, antropojenik etkilerden etkilendiği ve göl suyu hacminin azalma yönünde olduğunu ortaya koyan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalara örnek olarak;

Pınarlık vd. (2023), Göller yöresinde bulunan Burdur Gölünün 1975-2020 yılları arasında kapsayan çalışmada, iklim parametreleri ile göl parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyerek göl seviyesi ve hacminde bir düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir.

Arıtürk (2021), Göller Yöresinde bulunan Salda Gölü'nü incelemiş ve 1970-2019 yılları arasında göl üzerindeki iklim koşullarıyla birlikte göl yüzey alanında alansal olarak küçülme ve değişim gözlemlemişlerdir.

Şener vd. (2010), 1975-2006 dönemleri için Akşehir Gölü'nün kıyı kenar çizgisi belirlemişler ve üç boyutlu göl topografyası kullanılarak göl yüzey alanı ve hacmindeki değişim belirlenmiştir. Gölün yüzey alanı ve hacminin düşüş içinde olduğunu tespit etmişler ve 2008 yılında kuruduğu ortaya konulmuştur.

Gözükara & Altunbaş (2018) Göller Bölgesi'nde Burdur, Acıgöl, Salda ve Yarıklı Göllerinin zamana bağlı alansal değişimlerinin 1975 ve 2017 yıllarında çekilen uydu görüntüleriyle göllerdeki değişimin azalma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir.

5. SONUÇLAR

Gölün yüzey alanında ve hacminde meydana gelen değişimlere en büyük etken gölün doğal yapısının iklim koşullarındaki değişimi, antropojenik süreçlerin etkisiyle bozulmasıdır. Kapalı havza özelliği gösteren Acıgöl'ü besleyen kaynaklar, yıl içinde meydana gelen yağışlar, akış gösteren derelerdir.

Acıgöl'ün su kütlesine etki eden meteorolojik faktörler olduğu ve Acıgöl çevresinde giderek artan sıcaklıkların göl suyuna etki edebileceği açıkça ortadadır. Artan sıcaklıklar göl suyunun buharlaşmasına ve çevredeki nem oranının daha yüksek oranda olmasını sağlamaktadır. Acıgöl'de buharlaşma karasal iklim nedeniyle de yüksektir. Yaz aylarında sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerinde olması buharlaşmanın artmasına, buharlaşmanın artması ise göl seviyesinin düşmesine neden olmaktadır.

Göl çevresinde mikroklima etkisi nedeniyle, yağışlar lokal olarak değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir. Çalışma alanında yağış düzensizliği kuraklık açısından riskli bir saha olan Acıgöl'de kendini hissettirmiştir. Göl çevresinde mikroklima etkisi bitki örtüsü, suyun buharlaşması gibi faktörlerle etkiye girerek bölgenin genel iklimini etkilemiştir. Gölün durumu çevresindeki ekosistem üzerinde değişik iklimsel etkiler ortaya çıkarmıştır.

Acıgöl ve çevresinde yaşanan kuraklık, iklimsel değişiklik, yağış düzensizliği ve sıcaklık artışına bağlı olarak buharlaşmanın fazla olması, gölün su kütlesinde azalmaya sebep olmuştur. Yapılan alansal ve hacimsel hesaplamalarla gölün alansal değişimin 1960 yılından 2022 yılına kadar 19.57 km^2 , hacimsel değişimin 214.68 km^3 azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

6. ÖNERİLER

Göl suyunun gerek iklimsel özellikler gerekse antropojenik etkiler nedeniyle giderek azalması, gölün ileride tamamen kurummasına yol açabileceği düşünüldüğünden, göl için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Acıgöl çevresindeki arazi örtüsündeki değişimlerin göl suyunu olumsuz etkilediği ve özellikle tuz havuzlarının göl suyunu kullanarak oluşturulmasının göl suyunda ciddi azalmaya yol açtığı söylenebilir. Bu durumu önlemek için arazi kullanımı sürdürülebilirlik ilkelerine uygun şekilde planlanması önerilir.

Bölgede yapılan tarımsal faaliyetler, özellikle suya yüksek ihtiyaç duyan bitkiler için yapılan sulama, göl suyunun seviyesinde azalmaya neden olabilir. Bölgede tarım planlaması yapılarak su kaynaklarının kullanımı aza indirilebilir.

Göl çevresindeki kumsal alanın rüzgâr fırtınalarıyla birlikte bitki örtüsünün tahribatını ortaya çıkarmaktadır. Bunun sonucunda bitki örtüsünün azalmasına neden olur. Bitki örtüsünün azalması bölgedeki su döngüsü bozarak olumsuz etkileyebilmektedir. Bunun için göl çevresinde kurak iklim şartlarına uyum sağlayabilecek ve su döngüsüne katkısı olabilecek bitkiler yetiştirilmelidir.

Göle yakın bölgelerdeki yerleşimlerden veya sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan atık sular, göl suyunun kalitesini düşürebilir, ekosistemdeki canlılar için tehdit oluşturabilir. Göle yakın bölgelerdeki yerleşimlerin ve sanayi faaliyetlerinin atık su deşarjını minimize etmek için arıtma tesislerinin etkinliği artırılmalı ve göl çevresinde sıkı denetim mekanizmaları uygulanmalıdır.

Göl hacim değişimi hesaplanması ve bu olguyu meydana getiren faktörlerin araştırılması çevresel, ekonomik ve sosyal açılardan sürdürülebilir bir su yönetimi için kritik bir role sahiptir. Bu tür çalışmaların farklı kaynaklarca üretilmiş veri setlerinin de dahil edilerek geliştirilmesi gelecekte özellikle tatlı su yönetimi için oldukça önemlidir.

7. KAYNAKÇA

- Acar, V. (2022). Derin Öğrenme Tabanlı Görüntü Gürültü Giderme İçin Yoğun Bağlantı Kullanan Yeni Yaklaşımlar. İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ahrens, C., & Henson, R. (2022). Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment. Cengage Learning Publishing.
- Akagündüz, E. (2013). Scale invariant sillhouette features. 21.Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı, 1-4. Haspolat, Türkiye. doi:10.1109/SIU.2013.6531586
- Aksu, O. (2003). Fotogrametrik Nirengi Yöntemlerindeki Gelişmeler ve Harita Genel Komutanlığı'ndaki Durum. Harita Genel Müdürlüğü.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., & Gökarp, Z. (2010). Türkiye'de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 67 - 74.
- Alevkayalı, Ç., Atayeter, Y., Yayla, O., Bilgin, T., & Akpınar, H. (2023). Burdur Gölü'nde uzun dönemli kıyı çizgisi değişimleri ve iklim ilişkisi: Zamansal-mekânsal eğilimler ve tahminler. Türkiye Coğrafya Dergisi, 82, 37-50. doi:10.17211/tcd.1287976
- Aouiche, İ., Davudi, L., Anthony, E., Sedrati, M., Ziane, E., Harti, A., & Dussouillez, P. (2015). Anthropogenic effects on shoreface and shoreline changes: Input from a multi-method analysis, Agadir Bay, Morocco. Geomorphology, 254, 16-31.
- Arıcan, D., & Uzar, M. (2018). Üç Boyutlu Modellemede Filtrelem ve Birleştirme Analizi. 3. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi. Gaziantep: ResearchGate.
- Arıtürk, S. K. (2021). Salda Gölü Havzası'nda İklim Koşullarındaki Değişikliğin Etkilerinin Belirlenmesi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi-Sosyal Bilimler Enstitüsü-Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Aslan, N., & Koc-San, D. (2021). Investigation Of The Changes Of Lake Surface Temperatures And Areas: Case Study Of Burdur And Eğirdir Lakes, Turkey. XXIV ISPRS Congress. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. doi:10.5194/isprs-archives-XLIII-B3-2021-299-2021
- Assouline, S., & Thommpson, S. (2023). Crusts and seals: Structural In: Goss. Michail, Oliver, & Margaret içinde, Encyclopedia of Soils in the Environment, Second Edition (s. 57-68). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-822974-3.00041-0
- Assouline, S., Sela, Ş., Dorman, M., & Svoray, T. (2024). Runoff generation in a semiarid environment: The role of rainstorm intra-event temporal variability and antecedent soil moisture. Advances in Water Resources, 188. doi:https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2024.104715

- Atak, V. O. (2007). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinin Geometrik Doğruluk Ve Detay Değerlendirme Yönünden İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Doktora tezi, İstanbul.
- Ateş, İ. (2008). Küresel Isınmanın Sebep Olacağı Siyasal ve Ekonomik Gelişmeler ve Muhtemel Türkiye Yansımaları. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- Aydın, F. (2009). Türkiye Buharlaşma Verilerinin Bölgesel Ortalama Gidiş Analizi. Çukurova Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Ayva, C., Dutucu, A. A., & Ustaoglu, B. (2023). İklim Değişikliklerinin Su Kaynaklarına Etkisi ve Uyum Önerileri: Kirazdere Havzası Örneği. Sosyal Bilimler Dergisi, 33/1, 47-64. doi:<https://doi.org/10.18069/firatsbed.1131015>
- Bahadır, M., & Özdemir, M. A. (2012). Acıgöl Havzası'nda Yağışın Trend Analizi ve Haritalanması. Türk Coğrafya Dergisi(57), 33-42.
- Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., & Van Gool, L. (2008). Speeded-up robust features (SURF). Computer vision and image understanding, 110(3), 346-359.
- Bozkurt, H., & Kurban, R. (2021). Bölge Büyütmeli ve Kümeleme Tabanlı Yöntemler ile 3 Boyutlu Nokta Bulutlarının Bölünmesi. European Journal of Science and Technology(29), 99-104. doi:10.31590/ejosat.1012062
- BÖHBÜY. (2018). Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Yönetmeliği. Ağustos 10, 2024 tarihinde <https://mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.201811962.pdf> adresinden alınmıştır.
- Bracht-Flyr, B., İstanbulluoğlu, E., & C. Fritz, S. (2013). A hydro-climatological lake classification model and its evaluation using global data. Journal of Hydrology, 486, 376–383. doi:10.1016/j.jhydrol.2013.02.003
- Brooks, R., & Hayashi, M. (2002). Depth-area-volume and hydroperiod relationships of ephemeral (vernal) forest pools in Southern New England. Wetlands, 22(2), 247-255. doi:10.1672/0277-5212(2002)022[0247:DAVAHR]2.0.CO;2
- Chang, Y.-L., Fang, C.-Y., Ding, L.-F., Chen, S.-Y., & Chen, L.-G. (2007). Depth Map Generation for 2D-to-3D Conversion by Short-Term Motion Assisted Color Segmentation. IEEE International Conference on Multimedia and Expo, (s. 1958-1961). Pekin, Çin. doi:10.1109/ICME.2007.4285061
- Chen, Y., Ruys, W., & Biros, G. (2024). KNN-DBSCAN: a DBSCAN in high dimensions. ACM Transactions on Parallel Computing. doi: 10.1145/3701624
- Citakoğlu, H., & Güney, M. (2017). L-Momentler Yöntemiyle Türkiye'ye Aİt Açık Yüzey Buharlaşma Değerlerinin Bölgeselleştirilmesi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(2), 546-559. doi:10.28948/ngumuh.341696
- Çatal, A., & Dengiz, O. (2015). Akşehir Gölünün Akşehir Çölüne Dönüşü Süreci ve Etki Eden Faktörler. Toprak Su Dergisi, 1, 18-26. doi:10.21657/tsd.93404

- Çelik, M., Saygın, Ö., Süer, A., Kınacı, O., Günay, E., Çaçtaş, E., & Dal, F. (2004). Şehir Planlamada Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Çalışmaları. 3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, (s. 113). İzmir.
- Çoşkun, M., & Minaz, D. (2024). Suğla Gölü (Konya) Alansal Değişiminin(1984-2022) Uzaktan Algılama ve Cbs Teknikleriyle analizi. *International Journal of Geography*, 52, 141-158. doi:10.32003/igge.1403272
- Dağlar, A. (2011). Acı sona 10 kala. *Hürriyet*. <https://www.hurriyet.com.tr/gundem/aci-sona-10-kala-18594890> adresinden alınmıştır.
- Daixian, Z. (2010). SIFT Algorithm Analysis and Optimization. 2010 International Conference on Image Analysis and Signal Processing. doi:10.1109/IASP.2010.5476084
- Demir, V., Citakoglu, H., & Aktürk, G. (2024). Beyşehir Göl Hacminin Çok-Genli Genetik Programlama (ÇGGP) Yaklaşımı Kullanılarak Tahmin Edilmesi. XII. Ulusal Hidroloji Kongresi, (s. 285-292). Samsun, Türkiye.
- Demirtaş, M. A. (2022). Derin öğrenme ile 3 boyutlu nokta bulutlarının sınıflandırılmasına genel bir bakış. *Dicle University Journal of Engineering*, 13(1), 1-9. doi:10.24012/dumf.1067736
- Dihkan, M. (2019). Uzaktan Algılanmış Görüntülerin SURF Özellik Verileri ve RANSAC. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 425-432. doi:10.17714/gumusfenbil.486585
- Doğrul, G., & Alkan, M. (2022). İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri ile İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 25(3), 1349-1358. doi:<https://doi.org/10.2339/politeknik.1169913>
- Donat, M., Lowry, A., Alexander, L., O'Gorman, P., & Maher, N. (2016). More extreme precipitation in the world's dry and. *Nature Climate Change*, 6. doi:<https://doi.org/10.1038/nclimate2941>
- Dönmez, F. (2023). Türkiye yağışlarının gruplandırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Ebadi, H. (2006). Advanced Analytical Aerial Triangulation. K.N.Toosı Unversity Of Technology.
- El-Ashmawy, H. L. (2015). A comparison study between collinearity condition, coplanarity condition, and direct linear transformation (DLT) method for camera exterior orientation parameters determination. *Engineering Research Journal*, 41(2), 66-73. doi:<https://doi.org/10.3846/20296991.2015.1051335>
- Fischler, M., & Bolles, R. (1981). Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Graphics and Image Processing*(24(6)), 381-395.
- Gleick, P. (1993). Water And Conflict. *Fresh Water Resources and International Security*(18), 79-112.

- Goyal, R. (2004). Sensitivity of evapotranspiration to global warming: A case study of arid zone of Rajasthan (India). *Agricultural Water Management* 69(1), 1-11. doi: 10.1016/j.agwat.2004.03.014
- Gözükara, G., & Altunbaş, S. (2018). Göller Bölgesi'ndeki bazı göllerin zamana bağlı mekansal değişimleri; 1975-2017. *International Conference on Agriculture, Forest, Food SSciences and Technologies*. İzmir: ResearchGate.
- Grun, A. (1982). The accuracy potential of the modern bundle block adjustment in aerial photogrammetry. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 48(1), 45-54.
- Hayashi, M., & Kamp, G. (2000). Simple Equations to Represent the Volume-Area-Depth Relations of Shallow Wetlands in Small Topographic Depressions. *Journal of Hydrology*, 237(1), 74-85. doi:10.1016/S0022-1694(00)00300-0
- He, Q., Huang, Z., Wei, W., & Hongjun Li. (2003). Analysis on the change of the water area of Ebinur, Bosten and Aydingkol lakes in Xinjiang, China, by remote sensing climatology. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 4890, 276-284. doi:10.1117/12.466184
- Heipke, C. (1996). Overview of image matching techniques. *OEEPE Workshop on the Application of Digital Photogrammetric Workstations*.
- Huang, C. M., & Tseng, Y.-H. (2008). Plane fitting methods of LiDAR point cloud. *29th Asian Conference on Remote Sensing*, (s. 1925-1930). Sri Lanka-Colombo.
- Huybers, K., Rupper, Y., & Karaca, G. (2015). Response of closed basin lakes to interannual climate variability. *Climate Dynamics* 46, 3709-3723. doi:https://doi.org/10.1007/s00382-015-2798-4
- IPCC. (2013). *Intergovernmental Panel on Climate . Climate Change*.
- Kadioğlu, M. (2012). Türkiye'de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını s.172.
- Kapan, İ. (2009). *Dünyayı Su Savaşları mı Bekliyor Suyun Stratejik Dalgaları*. İstanbul: Babıali Kültür Yayıncılığı.
- Karalar, F., Uysal, M., Varlık, A., & Can, Z. C. (2003). Dijital Ortofoto Üretimi. Harita Genel Müdürlüğü. https://www.harita.gov.tr/images/dergi/makaleler/130_4.pdf adresinden alınmıştır.
- Karaman, M., Budakoglu, M., Avcı, Z. D., Tasdelen, S., Bülbül, A., & Civaş, M. (2013). Chris/Proba Hiperspektral Uydu Görüntüleri ile Sulak Alanların Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi: Acıgöl (Denizli). 3. Coğrafya Sempozyumu. Antalya: ResearchGate.
- Karaman, M., Budakoğlu, M., Taşdelen, S., Avcı, Z. U., & Duman, A. (2011). Acıgöl'ün (Denizli) Uzaktan Algılama Yöntemleri ve CBS Kullanılarak Rezervinin Hesaplanması. II. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi (s. 63-71). Kırşehir,Türkiye: ResearchGate.

- Keskin, M. E., Aksoy, Y. R., Aksoy, A. S., & Yılmazkoç, B. (2017). Göl Seviye Tahmini: Eğirdir Göl. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(3), 601-608. doi: 10.21923/jesd.340383
- Kiracı, A. C., İşcan, L., Eker, O., Yılmaz, A., Özerbil, T., Maraş, H. H., . . . Akabalı, O. (2010). Sayısal Hava Kamerası ve Fotogrametriye Kazandırdıkları. Harita Dergisi(143).
- Koning, C. O. (2005). Vegetation patterns resulting from spatial and temporal variability in hydrology, soils, and trampling in an isolated basin marsh, New Hampshire, USA. Wetlands, 25(2), 239-251.
- Kurnaz, L. (2014). Kuraklık ve Türkiye. İstanbul Politikalar Merkezi. https://www.researchgate.net/publication/316190379_Kuraklik_ve_Turkiye/references adresinden alınmıştır.
- Kurnaz, L., & Şahin, Ü. (2014). İklim Değişikliği ve Kuraklık. İstanbul: İstanbul Politikalar Merkezi. https://www.researchgate.net/publication/316190182_Iklim_Degisikligi_ve_Kuraklik?enrichId=rgreq-70b1140e161129d7e4fb95030d2afb7d-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxNjE5MDE4MjBUzo0ODQ0MzMwMTU5MDYzMDRAMTQ5MjUwOTIzOTQxOA%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPd adresinden alınmıştır.
- Lathia, N., Hailes, S., & Capra, L. (2008). Trust-Based Collaborative Filtering. IFIP International Conference on Trust Management, (s. 119-134). Boston.
- Liu, J., Gao, J., Ji, S., Zeng, C., Zhang, S., & Gong, J. (2023). Deep learning based multi-view stereo matching and 3D scene reconstruction from oblique aerial images. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 204, 42-60. doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.08.015>
- Liu, Y., Ye, Z., Jia, Q., Guan, H., & Mamat, A. (2022). Multi-Source Remote Sensing Data for Lake Change Detection in Xinjiang, China. Atmosphere 13(5), 713. doi:10.3390/atmos13050713
- Long, C., Tang, W., & John, N. (2018). Self-Supervised Monocular Image Depth Learning and Confidence Estimation. <https://arxiv.org/pdf/1803.05530> adresinden alınmıştır.
- Lowe, D. (1999). Object Recognition From Local Scale-Invariant Features. Proceedings of the International Conference on Computer Vision(2), 1150–1157.
- Lu, S., Ouyang, N., Wu, B., Wei, Y., & Tesemma, Z. (2013). Lake water volume calculation with time series. International Journal of Remote Sensing(34(22)), 7962-7973. doi:10.1080/01431161.2013.827814
- Marr, D., & Hildreth, E. (1980). Theory of edge detection. " Proc. of the Royal Society London B, (s. 187-217). doi:10.1098/rspb.1980.0020
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., & Shaw, D. (1994). The impact of global warming on agriculture: A ricardian analysis. ,American Economic Review(84(4)), 753-771.

- Merrell, P., Akbarzadeh, A., Wang, L., Mordohai, P., Frahm, J.-M., Yang, R., . . . Pollefeys, M. (2007). Real-Time Visibility-Based Fusion of Depth Maps. *International Conference on Computer Vision*, (s. 1-8).
- Mills, S., Park, D., Gizle, C., Barnsdale, K., & Pinc, J. (2009). Integrating GNSS, IMU and Imagery for Automatic Orthomosaic Generation. *Proceedings of the 22nd International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation*, 442-452.
- Mishra, A. K. (2018). Quantifying the impact of global warming on precipitation patterns in India. 26(1), 1-170. doi:<https://doi.org/10.1002/met.1749>
- Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *Science*, 313(5790), 1068-1072. doi:10.1126/science.112884
- Ölgen, K. (2010). Türkiye'de Yıllık ve Mevsimsel Yağış Değişkenliğinin Alansal Dağılımı. *Ege Coğrafya Dergisi*, 19(1), 85-95.
- Özbay, E. (2018). Nokta Bulutu Verilerinden Nesne Ayırt Etme, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, Doktora Tezi, Elazığ.
- Özdemir, M., & Bahadır, M. (2009). Çölleşme Sürecinde Acıgöl. *İstanbul Coğrafya Dergisi*, 18(1), 1-20.
- Özdemir, M., & Bahadır, M. (2010). Uzaktan algılama ile Acıgöl Havzasında arazi kullanımının zamansal değişim analizi (1975- 2005). *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(12), 335-351.
- Öztürk, E., & Koçak, E. (2007). Farklı Kaynaklardan Değişik Yöntem Ve Ölçeklerde Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması. *Harita Genel Komutanlığı*(137).
- Peker, E. (2019). Spatio-Temporal Changes Of Lake Water Extents In Lakes Region (Turkey) Using Remote Sensing. Middle East Technical University-A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural and Applied Sciences.
- Peker, E. a., Sağır, Ç., Yılmaz, K., Lutfi, M., & Süzen, M. L. (2023). Burdur Gölü Yüzey Alanının Zamansal Değişimi ve İklimsel Parametrelerle İlişkisi. *Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu*. Trabzon.
- Pinarlık, M., İbiş, A., & Selek, Z. (2023). İklim Değişikliği Etkisi Altında Burdur Gölü Su Seviyesi Değişimlerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi. *Journal of Engineering Sciences and Design* 11, 81-93. doi:10.21923/jesd.1144586
- Ranftl, R., & Koltun, V. (2018). Deep Fundamental Matrix Estimation. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, (s. 284-299).
- Rowell, J. (2023). Semantic Validation in Structure from Motion. doi:10.48550/arXiv.2304.02420

- Sağlam, A. (2020). 3D Lidar Nokta Bulutu İşlemede Sınır Gözetimli Voksel Tabanlı Bir Segmentasyon Yöntemi İle Geliştirilmesi. Konya Teknik Üniversitesi , Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya.
- Sarıcan, Y. (2015). Avrupa Birliği ve Türkiye'de Kuraklık Yönetimi Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Tarım ve Orman Bakanlığı. [https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/Yeliz%20SARICAN-Uzmanl%C4%B1k%20Tezi%20\(2\).pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/Yeliz%20SARICAN-Uzmanl%C4%B1k%20Tezi%20(2).pdf) adresinden alınmıştır.
- Sarp, G., & Özcelik, M. (2017). Water body extraction and change detection using time series: A case study of Lake Burdur, Turkey. Journal of Taibah University for Science 11, 381-391. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtusci.2016.04.005>
- Sledevič, T., & Serackis, A. (2012). SURF algorithm implementation on FPGA. 13th Biennial Baltic Electronics Conference. doi:10.1109/BEC.2012.6376874
- Şahin, B., Güzel, C., Baş, S., & Türker, M. (2018). 3 Detector-Lidar nokta Bulutu Verisinden Otomatik Ağaç Konumu Belirleme Sistemi. VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu, (s. 21). Eskişehir.
- Şanlı, B., & Özekicioğlu, H. (2007). Küresel Isınmayı Önlemeye Yönelik Çabalar ve Türkiye. Selçuk Üniversitesi Karaman İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 456-482.
- Şen, Z. (2005). İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi. 22 Mart Dünya Su Günü Paneli. ResearchGate.
- Şener, E., Davraz, A., & Şener, S. (2010). Investigation of Akşehir and Eber Lakes (SW Turkey) Coastline Change with Multitemporal Satellite Images. Water Resour Manage, 24(4), 727-745. doi:10.1007/s11269-009-9467-5
- Şiltu, E., & Akça, L. (2023). İklim Değişikliği, Türkiye Yeraltı ve Yüzeysel Su Kaynakları. Türkiye Bilimler Akademisi. doi:10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch01
- Tao, C. V., Hu, Y., & Jiang, W. (2004). Photogrammetric exploitation of IKONOS imagery for mapping application. International Journal of Remote Sensing 25(14), 2833-2853. doi:10.1080/01431160310001618392
- Temiz, F., & Durduran, S. (2016). Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technology: A case study of Acıgöl Lake, Turkey. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, 44. doi:10.1088/1755-1315/44/4/042033
- Thacker, W. C. (1989). The role of the Hessian matrix in fitting models to measurements. Journal of Geophysical Research: Oceans, 94(C5), 6177-6196. doi:10.1029/JC094iC05p06177
- Tong, X., Pan, H., Xie, H., Xu, X., Li, F., Chen, L., . . . Jin, Y. (2016). Estimating water volume variations in Lake Victoria over the past 22 years using multi-mission altimetry and remotely sensed images. Remote Sensing of Environment 187, 400-413.

- Tosunoğlu, F. (2014). Türkiye'deki Meteorolojik Ve Hidrolojik Kuraklıkların Atmosferik Salınımlarla Olan İlişkilerin İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Erzurum.
- Tourian, M., Elmi, O., Chen, Q., B. D., Roohi, S., & Sneeuw, N. (2015). A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake. *Remote Sensing of Environment*, 156 , 349-360.
- Türkeş, M. (2012). Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Marmara Avrupa Araştırma Dergisi*, 20(1), 7-55.
- Ullah, R., Abdul-Jauwad, S. H., & Yahya, K. M. (2012). Structure from Motion using Tomasi-Kanade Factorization, SIFT and RANSAC. https://www.researchgate.net/publication/258614098_Structure_from_Motion_using_Tomasi-Kanade_Factorization_SIFT_and_RANSAC/citations adresinden alınmıştır.
- URL-1.(2024, Haziran 5). Meteorolojik Parametrelerin Türkiye Analizi: www.mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-ortalama-sicaklik.pdf adresinden alınmıştır.
- URL-2.(2024, Haziran 5). Meteorolojik Parametrelerin Türkiye Analizi: <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-yagis.pdf> adresinden alınmıştır.
- URL-3.(2024, Temmuz 20). Meteorolojik Parametrelerin Türkiye Analizi: <https://mgm.gov.tr/FILES/resmi-istatistikler/parametreAnalizi/2023-buharlasma.pdf> adresinden alınmıştır.
- URL-4.(2024, Haziran 25). İklim İndisleri: <https://mgm.gov.tr/iklim/indis.aspx> adresinden alınmıştır.
- URL-5. (2024, Temmuz 10). Kuraklık Analizi <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx> adresinden alınmıştır.
- USGS. (2019). USGS science for a changing world. <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth#overview> adresinden alınmıştır.
- Uzar, M., Tunalioglu, N., Arican, D., & Arda, T. (2019). Investigation of the filtering methods on 3D models using terrestrial laser scanning data. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(4), 1765-1775. doi:10.17341/gazimmfd.571546
- Westoby, M., Brasington, J., Glasser, N. ..., Hambrey, M. ..., & Reynolds, J. (2011). Structure-from-Motion': a high resolution, low-cost photogrammetric tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314. doi:10.1016/j.geomorph.2012.08.021
- Winarso, G., & Budhiman, S. (2000). The Potential Application Remote Sensing Data For Coastal Study. *ResearchGate*.

- Wu, W., Xian, Y., Li, S., Su, J., & Zhang, D. (2022). A multi-level image alignment method for aerial image and road-based geo-parcel data. *Displays*, 76(2). doi:10.1016/j.displa.2022.102361
- Yanalak, M. (1997). Sayısal Arazi Modellerinden Hacim Hesaplarında En Uygun Enterpolasyon Yönteminin Araştırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Yang, R., Zhu, L., Wang, J., Ju, J., Ma, Q., Turner, F., & Guo, Y. (2017). Spatiotemporal variations in volume of closed lakes. *Climatic Change* 140, 621-633.
- Yapıcı, A., & Akcayol, M. (2022). Derin Öğrenme ile Görüntülerde Gürültü Azaltma Üzerine Kapsamlı Bir İnceleme. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 34(1), 65-90. doi: 10.7240/jeps.938188
- Yastıklı, N. (2003). GPS/IMU Verileri Kullanılarak Hava Fotoğraflarının Doğrudan Yöneltilmesi ve Birleştirilmiş Blok Dengeleme Olanakları. Yıldız Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- Yaşayan, A. (1997). Fotogrametri II Ders Notları. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Yılmaz, A. (2002). Farklı Kaynaklardan Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Yuan, Y., Zeng, G., Liang, J., Lu Huang, S. H., Yuan Zhu, H. W., Liu, J., . . . He, Y. (2015). Variation of water level in Dongting Lake over a 50-year period: Implications for the impacts of anthropogenic and climatic factors. *Journal of Hydrology*, 450-456. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.010
- Zhang, G., Yaoa, T., Chena, W., Zhenga, G., Şum, C., Yanga, K., . . . Jia, Y. (2019). Regional differences of lake evolution across China during 1960s–2015 and. *Remote Sensing of Environment*, 221, 386-404.
- Zhang, Z., Deriche, R., Faugeras, O., & Luong, Q. T. (1994). A Robust Technique for Matching Two Uncalibrated Images Through the Recovery of the Unknown Epipolar Geometry. *Institut National De Recherche En Informatique et En Automatique*.
- Zitová, B., & Flusser, J. (2003). Image Registration Methods: A Survey. *Image and Vision Computing*, 21(11), 977-1000. doi:10.1016/S0262-8856(03)00137-9
- Zlotnik, V., Olaguera, F., & Ong, J. (2009). An approach to assessment of flow regimes of groundwater-dominated lakes in arid environments. *Journal of Hydrology* 371(1-4), 22-30. doi:10.1016/j.jhydrol.2009.03.012

ÖZGEÇMİŞ

Zeliha İSKENDER, ilköğrenimini Yomra Merkez İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini 2013 yılında İMKB Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi'nde Bilişim Teknolojileri bölümünde tamamladı. 2013- 2014 öğretim yılında Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği lisans eğitimine başladı 2017 yılında bu bölümden mezun oldu. 2018 yılında Harita Mühendisi olarak özel sektörde çalışmaya başladı. 2020 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim dalında tezli yüksek lisans programına başladı. 2024 yılında "Göllerde Uzun Dönemli Su Bütçesi Dinamiğinin Fotogrametrik Teknikler ile Gözlemlenmesi: Denizli Acıgöl Örneği" başlıklı yüksek lisans tezini sundu.