

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SAR VE LIDAR VERİSİ KULLANILARAK KIYI ÇİZGİSİNİN TESPİT
EDİLMESİ**

Selen OY

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2019

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SAR VE LIDAR VERİSİ KULLANILARAK KIYI ÇİZGİSİNİN TESPİT
EDİLMESİ**

Selen OY

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

HAZİRAN 2019

ANTALYA

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

**SAR VE LIDAR VERİSİ KULLANILARAK KIYI ÇİZGİSİNİN TESPİT
EDİLMESİ**

**Selen OY
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez TÜBİTAK tarafından 115Y718 nolu proje ile desteklenmiştir.

HAZİRAN 2019

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAR VE LIDAR VERİSİ KULLANILARAK KIYI ÇİZGİSİNİN TESPİT
EDİLMESİ

Selen OY

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

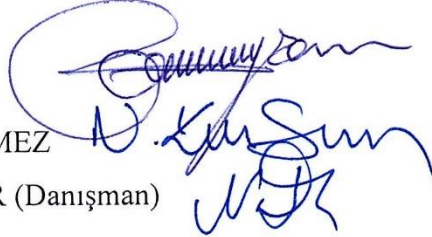
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 14/06/2019 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bülent BAYRAM

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR (Danışman)



ÖZET

SAR VE LIDAR VERİSİ KULLANILARAK KIYI ÇİZGİSİNİN TESPİT EDİLMESİ

Selen OY

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR

Haziran 2019; 76 sayfa

Kıyı alanları su ile karanın sürekli etkileşim halinde olduğu aktif bölgelerdir ve dünyada en hızlı değişen alanlar arasında bulunmaktadır. Meydana gelen bu hızlı değişim incelendiğinde başta gelgitler olmak üzere erozyon, su seviyesinin yükselmesi ve toprak çökmesi gibi fiziksel olayların etkileri dikkat çekmektedir. Buna ek olarak artan kıyı kullanımı ve beşerî faktörlerde bu süreci hızlandırmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde kıyı alanları ve sulak bölgeler barındırdığı canlı çeşitliliği, doğal kaynak zenginliği ve sahip olduğu ılıman iklim sebebiyle geçmişten günümüze kadar yerleşim veya üretim faaliyetleri için en çok tercih edilen alanlardan biri olmuştur. Artan nüfus ve ekonomik kalkınma faaliyetleri sulak alanlarının azalması ve hızla yok olması gibi dezavantajları da beraberinde getirmiştir. Bu nedenler ile son yıllarda, sulak alanlar için sürdürülebilir yönetim stratejilerinin oluşturulması ve bu stratejilerin yürütülmesi önem kazanmıştır. Çünkü bu bölgelerde yaşanan kayıpların geri dönüşü mümkün değildir. Bu yüzden hızlı tekniklerle yapılan tespit ve takipler kıyı ve sulak alanların sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bunlara ek olarak kıyı çizgisinin tespit edilmesi coğrafik haritalama, kıyı erozyonu ve kıyı takibi, kara ve su kaynaklarının yönetimi açısından da büyük bir önem teşkil etmektedir.

Sunulan tez kapsamında, Synthetic Aperture Radar (SAR) verisi kullanılarak otomatik olarak kıyı çizgisinin tespit edilmesi ve bu alanların verimli bir şekilde yönetilmesi için önemli bilgilerin çıkartılmasını kolaylaştırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla, SAR ve LIDAR verinin bütünleşik kullanımı ile otomatik kıyı çizgisi çıkarma üzerine bir yöntem önerilmiştir. Yöntem belirlenen çalışma alanına ait SAR verisinde uygulanmıştır. Önerilen yaklaşımda, LIDAR ve SENTINEL-1A veri setinden elde edilen sonuçlar, kullanılan referans vektör verileri ile değerlendirilerek 1 pikselin (10m) altındaki farklarla tespit edilmiştir.

Önerilen yöntemin SAR verisinden kıyı çizgisi çıkarmadaki performansının değerlendirilmesi için LIDAR verisinden daha düşük çözünürlükteki optik görüntülerin entegrasyonu yapılarak kıyı çizgisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar yöntemin otomatik kıyı çıkarmak için kullanılabilirliğini göstermiştir. Her iki veri seti kullanılarak elde edilen sonuçlar yaklaşık 1 piksel farkla kıyı çizgisinin tespitini sağlamış ve yöntem başarılı sonuçlar vermiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Bulanık Sınıflandırma, Çoklu Görüntü, Kıyı Çizgisi, LIDAR, MNDWI, SAR, Uzaktan Algılama

JÜRİ: Prof. Dr. Bülent BAYRAM

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR

ABSTRACT

EXTRACION OF COASTLINES USING SAR AND LIDAR DATA

Selen OY

MSc Thesis in Space Sciences and Technologies

Supervisor: Asst. Prof. Nusret DEMİR

June 2019; 76 pages

Coastal areas are active zone where sea and soil interact each other. Because of this interaction, those areas are assumed as the most changing locations on earth. The subjected changes cause several disasters such as erosion, rising level of water and landing subsidence. Furthermore, active coast usage and human based effects accelerate these affects.

Due to it is enrich structure such as creature diversity, rich natural resources and temperate climate, coastal areas and wetland areas have been chosen for accommodation as well as production for the human being in all over the world including Turkey. Following high population increments and economic developments, wetland areas start to get smaller. As a consequence of wetland problems, requirement of sustainable management systems and their implementation raise in importance. Unfortunately, deprivation of these areas is an irremediable mechanism. Therefore, fast made determination and tracking is crucial. Additionally; extraction of coastline, geographic mapping, coastline erosion and coastline traction are essential for management of these resources.

In this thesis, automatic extraction of coastline and its efficient management is aimed by using Synthetic Aperture Radar (SAR). Hence, whole significant information about subjected areas will be generated. In line with this aim, a method which uses integrated SAR and LIDAR data has been proposed. The method has been implemented in study area by using SAR data. In the proposed approach, the results from LIDAR and SENTINEL-1A dataset was finding, with differences below 1 pixel (10m) by evaluation with the used reference vector data.

In order to evaluate performance of coastline extraction from SAR data, coastline has been obtained by integrating optic images which has lower resolution than LIDAR data have been used.

KEYWORDS: Coastline, Fuzzy Clustering, LIDAR, Multispectral Image, MNDWI, Remote Sensing, SAR

COMMITTEE: Prof. Dr. Bülent BAYRAM

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Asst. Prof. Nusret DEMİR

ÖNSÖZ

Öncelikle bu alanda yüksek lisansa başlamamda büyük katkısı olan ve beni bu yolda motive eden, yüksek lisans tezimin planlanması ve yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR'e benimle paylaştığı tecrübeleri, yapmış olduğu yönlendirme ve bilgilendirme için kendisine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yürütücülüğünü Prof. Dr. Bülent Bayram'ın yaptığı 115Y718 numaralı projede çalışmamı sağlayan ve bu proje ile ortak çalışma imkânı bulduğum Prof. Dr. Bülent BAYRAM ve Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER'e paylaştıkları bilgi ve tecrübeleri için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezim kapsamında yapmış olduğum staja beni kabul eden DLR (German Aerospace Center) Fotogrametri ve Görüntü Analiz Departmanının Müdürü Prof. Dr. Peter Reinartz'a, staj süresince beni yönlendiren ve bilgi paylaşımında bulunan koordinatörlerimden başta Dr. Jiaojiao Tian olmak üzere Dr. Stefan Auer ve diğerlerine bana sağlamış oldukları fırsat ve tecrübe için teşekkür ederim.

Yüksek lisansım boyunca her zaman yanımda olan arkadaşlarım Nagihan Aslan, Gülizar SARIYER, Saliha EREN, Nurdan KARAPINAR, Duygugül AKSU, Gürkan ASLAN, Mehmet ALPSOY ve Gökhan YÜCEL'e sağladıkları manevi destek ve yardım için teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, hedeflerimi gerçekleştirmem için beni motive eden ve destekleyen Selçuk Şahin'e her şey için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca verdiğim her kararda yanımda olan, bana yol gösteren, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Güleser KESKİNKILIÇ OY, babam Derviş Mehmet OY, kardeşlerim Ceren OY ve İrem OY'a çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
AKADEMİK BEYAN.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Geleneksel Yöntemler ve Hava Fotoğrafçılığı.....	3
2.2. Uzaktan Algılama Verileri.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1. Çalışma Alanları.....	14
3.2. Kullanılan Veri Setleri.....	16
3.2.1. SENTINEL-1.....	16
3.2.2. LIDAR nokta bulutu.....	20
3.2.3. SENTINEL-2.....	22
3.2.4. LANDSAT-8.....	24
3.3. Metot.....	25
3.3.1. LIDAR yoğunluk verisi işleme.....	27
3.3.2. Optik veri işleme.....	29
3.3.3. SAR veri ön işleme.....	29
3.3.4. Bulanık kümeleme.....	32
3.3.5. Son işleme.....	34
3.3.6. Kalite analizi.....	36
3.4. Kullanılan Yazılımlar.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1. Kestel Baraj Gölü Sonuçları.....	37
4.1.1. LIDAR yoğunluk verisi işleme.....	37
4.1.2. LANDSAT-8 verisinden elde edilen sonuçlar.....	39
4.1.3. SENTINEL-1A verisinden elde edilen sonuçlar.....	41

4.1.4. Referans kıyı çizgisi	46
4.1.5. LIDAR yoğunluk verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgilerinin kalite analizi sonuçları	47
4.1.6. LANDSAT-8 OLI verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgilerinin kalite analizi sonuçları	50
4.1.7. Alansal doğruluk değerlendirilmesi.....	54
4.2. Whanganui Körfezi Sonuçları	54
4.2.1. LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen sonuçlar	55
4.2.2. SENTINEL-1A verisinden elde edilen sonuçlar	57
4.2.3. LIDAR yoğunluk verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgilerinin kalite analizi sonuçları	60
5. SONUÇLAR	64
6. KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “SAR ve LIDAR Verisi Kullanılarak Kıyı Çizgisinin Tespit Edilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/06/2019

Selen OY



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	: Santimetre
km	: Kilometre
m	: Metre
m_k	: Arazi piksellerine ait ortalama değeri
m_s	: Su piksellerine ait ortalama değeri
σ_k	: Arazi piksellerine ait standart sapma değeri
σ_s	: Su piksellerine ait standart sapma değeri

Kısaltmalar

LIDAR	: Işık Tespiti ve Ölçümü (Light Detection and Ranging)
L8	: LANDSAT-8
NDWI	: Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (Difference Water Index)
MNDWI	: Modifiye Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (Modification of Normalized Difference Water Index)
SAR	: Sentetik Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar)
S1A	: SENTINEL-1A
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kıyı kanunda tanımlanan temel kıyı elemanlarının görseli	2
Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum	4
Şekil 3.1. Çalışma alanı: Kestel baraj gölü	15
Şekil 3.2. Çalışma alanı: Whanganui Körfezi	16
Şekil 3.3. Kestel baraj gölüne ait ön analiz işlemleri tamamlanmış SENTINEL-1A görüntüsü	19
Şekil 3.4. Whanganui Körfezine ait ön analiz işlemleri tamamlanmış SENTINEL-1A görüntüsü	20
Şekil 3.5. Kestel baraj gölüne ait LIDAR veri: a) LIDAR nokta bulutu görüntüsü; b) LIDAR yoğunluk görüntüsü	21
Şekil 3.6. Whanganui Körfezine ait LIDAR veri: a) LIDAR nokta bulutu görüntüsü; b) LIDAR yoğunluk görüntüsü	22
Şekil 3.7. Whanganui Körfezine ait doğru renk kombinasyonu ile açılmış SENTINEL-2 görüntüsü	23
Şekil 3.8. Bergama bölgesine ait doğru renk kombinasyonu ile açılmış LANDSAT-8 görüntüsü	25
Şekil 3.9. SAR ve LIDAR veri entegrasyonu ile önerilen yöntemin iş akışı	26
Şekil 3.10. SAR ve optik veri entegrasyonu ile önerilen yöntemin iş akışı	27
Şekil 3.11. SAR veri ön işleme adımları	30
Şekil 3.12. SAR görüntülerinde topografik bozulmaların geometrisi	32
Şekil 3.13. Son işleme aşaması iş akış şeması	35
Şekil 3.14. Douglas-Peucker algoritması	35
Şekil 3.15. Near analizi ile en yakın mesafe seçimi	36
Şekil 4.1. a) LIDAR yoğunluk verisi; b) Ortalama kayma segmentasyon sonucu; c) Eşik değeri uygulanan görüntü; d) Elde edilen kara-su sınıfı görüntüsü	38
Şekil 4.2. a) LIDAR yoğunluk verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	39

Şekil 4.3. a) Doğrusal renk kombinasyonu ile açılmış LANDSAT-8 verisi; b) MNDWI görüntüsü; c) Eşik değeri uygulanmış görüntü; d) Kara-su sınıfı görüntüsü	40
Şekil 4.4. a) LANDSAT-8 OLI verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	41
Şekil 4.5. a) Ham SAR verisi; b) Gürültü filtrelemesi uygulanmış SAR görüntüsü; c) Arazi düzeltmesi tamamlanmış SAR verisi	42
Şekil 4.6. Bulanık üyelik grafiği	42
Şekil 4.7. a) LIDAR veri seti kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucu; b) LANDSAT-8 kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucu	44
Şekil 4.8. a) LIDAR veri kullanılarak SAR verisinden elde edilen kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	45
Şekil 4.9. a) LANDSAT-8 veri kullanılarak SAR verisinden elde edilen kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	46
Şekil 4.10. a) Referans kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	47
Şekil 4.11. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	49
Şekil 4.12. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile LIDAR veriden çıkarılan kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	49
Şekil 4.13. LIDAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	49
Şekil 4.14. En büyük farkın tespit edildiği alanlar: a) SAR verisi; b) LIDAR yoğunluk verisi; c) SAR verisi üzerinde kıyı çizgilerinin gösterimi	50
Şekil 4.15. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	51
Şekil 4.16. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile LANDSAT-8 verisinden çıkarılan kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	52
Şekil 4.17. LANDSAT-8 verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	53
Şekil 4.18. En büyük farkın tespit edildiği alanlar: a) SAR verisi; b) L8 verisi; c) SAR verisi üzerinde kıyı çizgilerinin gösterimi	53

Şekil 4.19. a) Referans kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	55
Şekil 4.20. a) LIDAR yoğunluk verisi; b) Ortalama kayma segmentasyon sonucu; c) Eşik değeri uygulanan görüntü; d) Elde edilen kara-su sınıfı görüntüsü	56
Şekil 4.21. a) LIDAR yoğunluk verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	57
Şekil 4.22. LIDAR veri seti kullanılarak elde edilen SAR veri sınıflandırma sonucu	59
Şekil 4.23. a) LIDAR yoğunluk verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler	59
Şekil 4.24. LIDAR veri kullanılarak SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	61
Şekil 4.25. LIDAR veri kullanılarak SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirmesi	61
Şekil 4.26. SAR ve LIDAR kıyı çizgisi arasında en büyük farkın bulunduğu alan: a) Google Earth görüntüsü; b) LIDAR yoğunluk verisi; c) SAR verisi; d) SAR (sarı) ve LIDAR (kırmızı) veriden elde edilen kıyı çizgilerinin gösterimi	62
Şekil 4.27. SAR ve referans kıyı çizgisi arasında en büyük farkın bulunduğu alan: a) Google Earth görüntüsü; b) LIDAR yoğunluk verisi; c) SAR verisi; d) SAR (sarı) ve referans (mavi) veriden elde edilen kıyı çizgilerinin gösterimi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. SAR verileri kullanılarak yapılan çalışmalar	8
Çizelge 2.2. LIDAR veri kullanılarak yapılan çalışmalar	10
Çizelge 3.1. SENTINEL-1 uydu özellikleri	17
Çizelge 3.2. SENTINEL-1 görüntüleme modları ve özellikleri	18
Çizelge 3.3. Kullanılan verinin özellikleri: SENTINEL-1	19
Çizelge 3.4. Optech Pegasus HA500 uçuş özellikleri	20
Çizelge 3.5. SENTINEL-2 spektral bant özellikleri	22
Çizelge 3.6. LANDSAT-8 OLI/TIRS teknik özellikleri	24
Çizelge 4.1. Ortalama kayma segmentasyon parametreleri	38
Çizelge 4.2. Kestel baraj gölü S1A verileri için LIDAR verisi kullanılarak hesaplanan parametreler	43
Çizelge 4.3. Kestel baraj gölü S1A verileri için LANDSAT-8 verisi kullanılarak hesaplanan parametreler	43
Çizelge 4.4. Kestel baraj gölü S1A-LIDAR kıyı çizgileri kalite analizi sonuçları	48
Çizelge 4.5. Kestel baraj gölü S1A- LANDSAT-8 kıyı çizgileri kalite analizi sonuçları	51
Çizelge 4.6. Kestel baraj gölünün alansal değerlendirme sonuçları	54
Çizelge 4.7. LIDAR yoğunluk verisi segmentasyon parametreleri	56
Çizelge 4.8. Whanganui Körfezi S1A verileri için LIDAR verisi kullanılarak hesaplanan parametreler	58
Çizelge 4.9. Whanganui Körfezi S1A-LIDAR kıyı çizgileri kalite analizi sonuçları	60

1. GİRİŞ

Dünyada yaklaşık 346.000 km'lik bir kıyı şeridi olduğu tahmin edilmektedir (Anonymous 1). Amerika Birleşik Devleti'nde yaşayan nüfusun yaklaşık %50'lik kısmı denize 50 km'lik mesafe bir mesafe içinde yaşarken; dünya nüfusunun ise %50'den fazlasının denizin 100 km içinde yaşadığı tahmin edilmektedir (Anonymous 2; Taoure vd. 2019). Bu nedenle kıyı bölgeleri ve kıyıları, dünya çapında ekonomik ve sosyal açıdan büyük öneme sahiptir. Ancak kıyı habitatları taşkın, fırtına, erozyon, deniz seviyesinin yükselmesi gibi doğal süreçler ve kentleşme faaliyetleri gibi antropojenik etkiler nedeniyle sürekli baskı altındadır (Brown vd. 2016). İklim değişimleri ve artan nüfus ile artan bu baskı ise kıyı bölgeleri üzerinde yıkıcı etkileri beraberinde getirerek kıyı çizgisinde değişimlere ve geri dönüşü olmayan tahribatlara neden olmaktadır. Kıyı bilimcileri, mühendisler ve yöneticiler için kıyı çizgisi ve bu kıyı çizgisinin zaman içindeki değişiminin tespit edilmesi büyük bir öneme sahiptir. Ancak kıyı alanlarının yönetimi ve sürdürülebilirliği açısından kıyı çizgisinin şu anki konumunun tespitinin yanı sıra geçmişteki konumu ve gelecekte nerede olabileceği ile ilgili çalışmaların yapılarak bir yönetim politikası belirlenmesi gerekmektedir.

Kıyı çizgisinde meydana gelen değişiklikleri ve eğilimleri analiz etmek için ise kıyı çizgisi ile ilgili kavram ve tanımların bilinmesi önemli bir gereklik oluşturmaktadır. Kıyı çizgisi, "Su ile karanın oluşturduğu fiziksel ara yüzey" tanımı ile temsil edilmektedir (Dolan vd. 1980). Bazı kaynaklarda, "Kara ve okyanus kütleleri arasındaki sınır" ve "Kara ve deniz arasındaki geçiş" olarak tanımlanmıştır (Liu ve Jezek 2004; Taoure vd. 2019). 4 Nisan 1990 yılında kabul edilmiş ve şu an yürürlükte olan 3621 sayılı Kıyı Kanunu kapsamında temel kıyı elemanları şu şekilde ifade edilmiştir (Sesli 2006; Turoğlu 2009; Özçelik 2017):

"Kıyı çizgisi: Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgiyi,

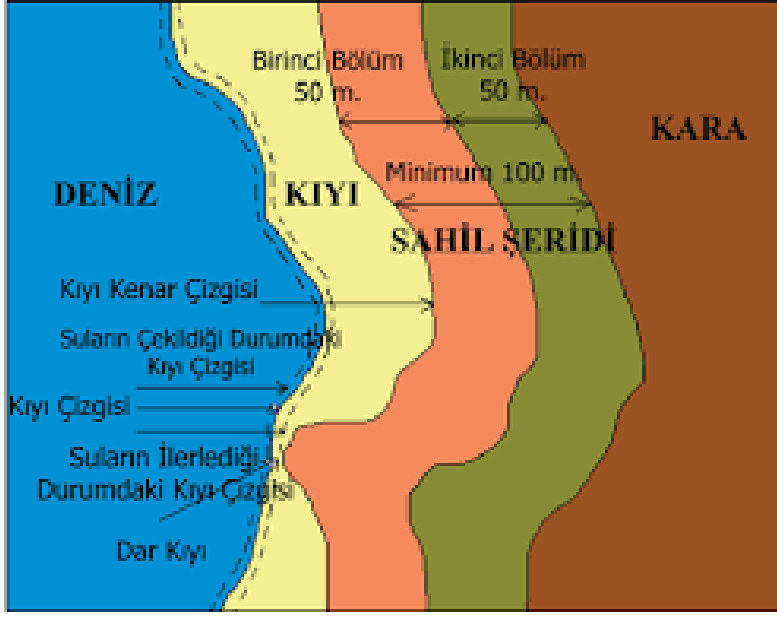
Kıyı Kenar çizgisi: Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırını,

Kıyı: Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alanı,

Sahil şeridi: Kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde yatay olarak en az 100 metre genişliğindeki alanı,

Dar Kıyı: Kıyı kenar çizgisinin, kıyı çizgisi ile çakışmasını ifade eder."

Kıyı kanunu kapsamında yapılan bu tanımlara ait detaylı gösterim Şekil 1.1'de mevcuttur.



Şekil 1.1. Kıyı kanunda tanımlanan temel kıyı elemanlarının görseli (Sesli 2006)

Bu tez çalışması ile SAR verilerinden kıyı çizgisi tespiti için bulanık sınıflandırma tabanlı bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yöntemin amacı, kullanıcı tarafından herhangi bir müdahale olmadan ve parametreden bağımsız olarak otomatik bir şekilde kıyı çizgisinin tespit edilmesidir. Bu amaçla, SAR ve LIDAR verinin entegrasyonu kullanılmıştır. Önerilen yöntem, aktif sistemler kullanıldığı için büyük avantaja sahiptir; ancak LIDAR sistemleri yüksek çözünürlüklü veri elde edilmesine imkân sağlamasına rağmen yüksek maliyete sahiptir. Bu nedenle önerilen yöntem ücretsiz optik verilerle desteklenerek test edilmiştir. Bu sayede ücretsiz ulaşılabilen SAR ve optik verilerin kullanımı ile düşük maliyetli yüksek doğrulukta kıyı çizgisi elde edilmesi sağlanmıştır.

Tezin ikinci bölümünde, literatür taraması yapılarak SAR ve LIDAR veri kullanımı ile yapılan kıyı çizgisi tespiti çalışmalarından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde çalışma alanı, kullanılan veriler, yöntem ve kullanılan araçlar hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde her iki çalışma alanı ayrı olarak değerlendirilmiş ve işlemler sonucunda elde edilen sonuç ve çıktılar sunulmuş, sonuçlar hakkında çıkarımlar yapılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Kıyı bölgeleri, doğası gereği karmaşık bir ekosisteme sahiptir ve dünya ve ülkemiz açısından değerlendirildiğinde sosyoekonomik açıdan önemli bir kaynağı temsil etmektedir (Boak ve Turner 2005; Alesheikh vd. 2007; Gens 2010; Bendell ve Wan, 2011). Kıyı da meydana gelen değişiklikler, kıyı bölgesinin izlenmesi ulusal kalkınma ve çevre korumada önemli bir araçtır. Bu nedenle geçmiş yıllardan itibaren kıyı çizgisinin belirlenmesi bir ihtiyaç haline gelmiş ve birçok veri kaynağı üzerinde farklı yöntemlerle kıyı çizgisi çalışması yapılmıştır (Boak ve Turner 2005; Alesheikh vd. 2007; Gens 2010; Zhang vd. 2013; Toure vd. 2019).

2.1. Geleneksel Yöntemler ve Hava Fotoğrafçılığı

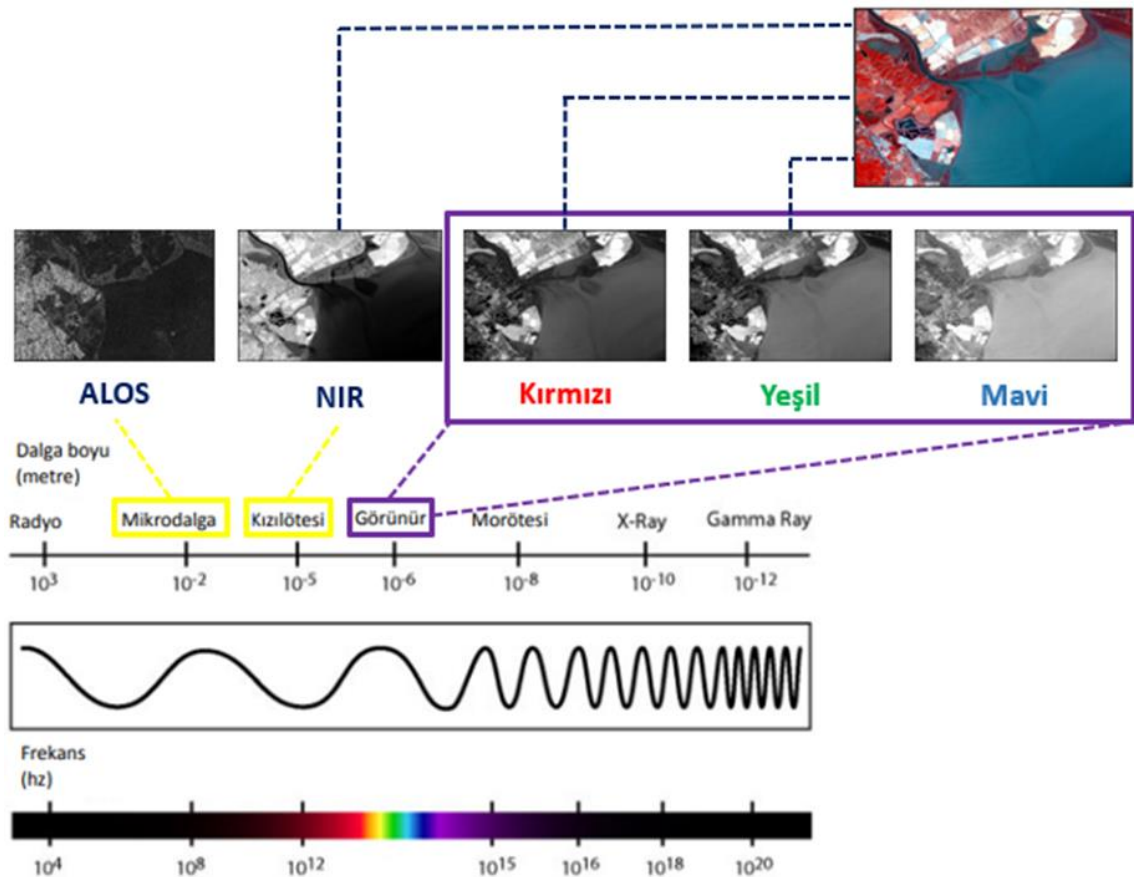
1750 yılına kadar üretilen haritalar, küçük ölçekli haritalardı ve haritalarda sunulan bilgilerin elde edilmesinde kullanılan yöntemler çoğunlukla bilinmemekteydi. Bu nedenle, on sekizinci yüzyılın ikinci yarısına kadar arazi ve deniz araştırmalarına dair doğru nicel bir çalışmanın olmadığı iddia edilmiştir (Carr 1962). 1800'lü yıllara kadar hazırlanan mevcut harita ve çizelgeler incelendiğinde, bu kaynakların sınırlı bilgi içermesi ve mevcut hataların tespit edilmesi bu iddiayı desteklemektedir. Birleşik Krallık'ta bu hatalar fark edilerek düzeltme çalışmaları ile geliştirmeler yapılmıştır (Carr 1962; Baily ve Nowell 1996; Boak ve Turner 2005). Bu düzeltmelere rağmen, tarihi kıyı haritaları ve çizelgeleri dijital olmadığı için ölçek ve projeksiyon hataları gibi birçok hatayı içermekteydi. Bunlara ek olarak, dijital olmayan bu harita ve çizelgeler yırtılma, buruşma ve kıvrımlardan kaynaklı veri kaybına, bozulmalara maruz kalmakta ve revizyonu zorlaştırmaktaydı. Bu teknikle yapılan kıyı çizgisi haritaları 1807 yılından 1927 yılına kadar oluşturulmaya devam etmiştir (Alesheikh vd. 2007).

Yersel yöntemlerle yapılan kıyı haritalarının yerini hava fotoğraflarına bırakması düşey hava fotoğraflarının toplanmaya başlandığı 1920'li yıllara denk gelmektedir (Crowell 1999; Boak ve Turner 2005). Düşey olarak alınan hava fotoğrafları 1920'lerin sonunda toplanmaya başlanmıştır ve bu görüntüler siyah beyaz olarak elde edilmekteydi. 1940'larda ise kaliteli stereo hava fotoğrafları toplanmaya başlanmıştır (Anders ve Byrnes 1991).

1925 yılında şehir planlarının etüdünde kullanılmaya başlayan bu hava fotoğrafları, 1927 yılında kıyı çizgisi haritalarını tamamlamada kullanıldı ve bu konudaki potansiyelinin farkına varıldı. 1927 yılından 1980 yılına kadar hava fotoğrafları kıyı haritalarının çıkarılmasında tek kaynak olarak biliniyordu (Alesheikh vd. 2007). Bu yöntem bilgilerin toplanması, düzeltilmesi, analizi ve aktarılması gibi uzun bir işlem süreci gerektirmekteydi. Bu nedenle hem maliyetli hem de uzun bir işlem olarak görülmekteydi. Bunlara ek olarak siyah beyaz görüntüler kıyının sahip olduğu aktif yapı, bulanık veya çamurlu suların karanın kontrast oluşturması gibi zorluklarla yorumlamayı zorlaştırmıştır (De Jong ve Van der Meer 2004).

2.2. Uzaktan Algılama Verileri

Uzaktan Algılama ile elde edilen veriler, sensör veya güneş tarafından gönderilen enerjinin uydu alıcıları tarafından toplanıp işlenmesi ile elde edilir. Yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerji çeşitli bantlara kaydedilir ve yeryüzüne ait elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarında bilgi alınabilmesini mümkün kılar (Doğan 2008). Her bant kapsadığı aralığa ait yansıma değerlerini gösterir. Bu bantlar tek başına görüntü oluşturabildiği gibi çoklu bantlarla da görüntü oluşturulmaktadır. Şekil 2.1’de elektromanyetik spektrum ve farklı dalga boylarında elde edilmiş olan aynı alanı kapsayan veriler gösterilmiştir. Şekil 2.1’de de gösterildiği gibi, Uzaktan Algılama sayesinde elde edilen verilerin spektral aralığı genişlemiş ve spektral bant sayısı artmıştır. Uzaktan Algılama görüntülerinin kullanımı ile daha geniş çalışma alanlarına ulaşılmış ve topografyaya ait daha fazla konumsal bilgi elde edilmesi sağlanmıştır. Bu gelişmeler kıyı çizgilerinin gözlemine kolaylaştırırken kıyıya ait harita ve grafiklerin güncellenmesini hızlandırmıştır. Bu durum kıyı araştırmacılarının, değişiklik tespiti için gerekli olan güncel verinin doğrudan görüntülerden alınarak haritalara aktarılmasını sağlamıştır.



Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum (Anonymous 3)

Kara ve suyun daha iyi tanımlanabilmesini sağlayan dijital görüntülerin kullanımı, 1972 yılı itibari ile LANDSAT-1 ve diğer uzaktan algılama uydularının sağladığı veriler ile başlamıştır. 1975 yılında LANDSAT-2 ile başarılı görüntülerin elde edilmesi uydu görüntülerinin güvenilirliğini artırarak sivil uygulamalarda kullanımının artmasını sağlamıştır. Orta çözünürlüklü olan bu görüntülerin artan kullanımı IKONOS, Quickbird, WorldView gibi birçok ticari yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntülerinin kullanımını alternatif haline getirmiştir (Gens 2010). Bunları Hiperspektral, Radar, LIDAR ve diğer uzaktan algılama verileri takip etmiştir.

Veri çeşitliliğinin artması ve harita oluşturma işlemlerinin iyileştirilmesi; otomatik ve yarı otomatik özellik çıkarma yöntemlerinin araştırılıp geliştirilmesinin önünü açmıştır. Görüntülerin dijitalleştirilmesi ve bilgisayar kullanımı, kıyı çizgisinin tespiti ve mevcut haritaların güncellenmesi için bu görüntülerden bilgi elde edilmesini mümkün kılmıştır. Bu gelişmeler ile birlikte kıyı çizgisinin uzaktan algılama verilerinden tespiti için hızlı ve etkili yöntemlerin gerekliliği ortaya çıkmış ve bu yönde çalışmalar ilerlemiştir. Literatür incelendiğinde, uzaktan algılama görüntülerinden otomatik kıyı çizgisi çıkarma çalışmalarının dört kategoriye ayrılarak incelendiği çalışmalar görülmektedir (Toure vd. 2019; Zhang vd. 2013) ve bu çalışmalar yöntemsel bazlı bir incelemeyi kapsamaktadır. Bu yaklaşıma göre oluşturulan kategoriler aşağıda özetlenmiştir:

- i) Kenar Belirleme Yaklaşımları: Kıyı çizgisinin belirlenmesini bir kenar belirleme problemi olarak inceleyen çalışmaları kapsamaktadır. Kıyı çizgisinin tespitinde birçok kenar belirleme algoritması kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Mason ve Davenport 1996; Heene ve Gautama 2000; Liu ve Jezek 2004; Chong vd. 2008; Yu vd. 2013; Paravolidakis vd. 2018; Toure vd. 2018).
- ii) Eşik Değeri Belirleme Yaklaşımları: Lokal uygulanabilir yöntemler veya insan-makine etkileşimli yaklaşımlarla belirlenen eşik değeri ile görüntülerin eşiklenmesini kapsayan çalışmalardır. Eşikleme, en basit segmentasyon tekniği olarak görülmektedir (Toure vd. 2019) ve görüntü eşikleme yöntemi ile kıyı çizgisinin tespit edildiği çalışmalar mevcuttur (Sohn ve Jezek 1999; Jishuang vd. 2002; Maiti ve Bhattacharya 2009; Kuleli vd. 2011; Aedla vd. 2015).
- iii) Sınıflandırma Yöntemleri: Uzaktan algılama görüntülerini, toprak ve su bileşenlerine ayırmayı temel alan bu çalışmalar her iki alan arasındaki sınır çizgisini kıyı şeridi olarak almayı amaçlamaktadır. Sınıflandırma teknikleri kullanılarak kıyı çizgisi belirlenmesi Taure vd. (2019) tarafından Obje Bazlı (Bayram vd. 2015; Ghoneim vd. 2015) ve Piksel Bazlı Sınıflandırma teknikleri (Kerh vd. 2014; Masria vd. 2015; Demir vd. 2016; Dewi vd. 2016; Tsekouras vd. 2018) olarak iki ayrı başlıkta değerlendirilmiş ve sonuçlar başarılı bulunmuştur.
- iv) Füzyon Teknikleri: Diğer kategorilerde kullanılan tekniklerin eksikliklerini tamamlamak ve daha detaylı sonuçlar elde etmek amacıyla füzyon teknikleri kullanılmıştır. Bu teknik ile yapılan çalışmalar incelendiğinde LIDAR veri ile uygulanan füzyon teknikleri dikkat çekmektedir (Smith vd. 2000; Lee ve Shan 2003; Deronde vd. 2006).

Bu çalışmalar içerisinde optik görüntülerin kullanıldığı araştırmalar, çalışmaların sayıca üstün olması ile dikkat çekmektedir (Zeybek vd. 2013; Maglione vd. 2014; Beyazıt vd. 2014; Sekovski vd. 2014; Aedla vd. 2015; Choung vd. 2017; Kocababa 2017; Liu vd. 2017; Zhang vd. 2017; Erdem 2018; Erdem vd. 2018; Ince 2018). Değişen mekânsal çözünürlükle çalışmaya imkân verdiği ve piksel seviyesinde ölçülen bir hassasiyetle kıyı şeridi üretmeyi sağladığı için bu alanda birçok çalışmada kullanılmıştır; ancak optik sistemlerin avantajları yanında pasif bir sistem olmasından dolayı güneşin aydınlatmasını ve etkinliğini azaltacak meteorolojik koşullardan etkilenmesi ve görüntülerin bulut kapsamı gibi dezavantajları da mevcuttur (Alesheikh vd. 2007; Baselice ve Ferraioli 2013; Buono vd. 2014). Aktif Uzaktan Algılama uydu sistemlerinin kullanımı ile veriler meteorolojik koşullardan bağımsız hale getirilmiş, gece ve gündüz görüntü alınmasına imkân sağlanmıştır. Aktif sistemler sahip olduğu mikrodalga frekans sayesinde yüzeye daha fazla etkileşime girerek yüzeyin sahip olduğu şekil ve yapı hakkında optik veriye göre daha fazla bilgi elde edilmesini sağlamıştır (Herold vd. 2004).

SAR görüntüleri Seasat uydusunun 1978'de piyasaya sürülmesiyle kıyı çalışmaları için yeni bir alternatif haline gelmiştir (Gens 2010). Lee ve Jurkevich (1990) tarafından yapılan çalışma, SAR görüntülerinden otomatik kıyı çıkarımı konusunda ilk çalışmalardan sayılmaktadır (Fuse ve Ohkura 2018) ve kıyı çizgisinin tespiti için kenar algılama yöntemi kullanılmışlardır. Yöntem kıyı çizgisinin genel hattını ve konumunu elde etmek için yeterli gözükse de SAR görüntüsünün düşük çözünürlüğü ve barındırdığı gürültü nedeniyle özellikle dar körfezler üzerinde elde edilen sonuçlar yeterli bulunmamıştır. Zhang vd. (1994) deniz alanının karadan daha homojen olduğunu varsayarak segmentasyon tabanlı bir yöntem önermiştir. Fuse ve Ohkura (2018), bu yöntem ile homojen olmayan deniz alanlarının hatalı sınıflandırabileceğini vurgulamıştır. Mason ve Davenport (1996), gürültüye duyarlı kenar belirleme algoritması ve aktif kontur algoritması kullanarak düşük çözünürlüklü görüntülerden kıyı çıkarımı yöntemi önermiştir. Belirlenen kıyı çizgisinde, kullanılan aktif kontur yönteminin sınırlamaları nedeni ile hatalı sonuçlar gözlemlenmiştir. Niedermeier vd. (2000) dalga dönüşüm yöntemi tabanlı bir yöntem uygulamıştır ve 2.5 piksel hata ile kıyı çizgisi tespit etmişlerdir. Dellepiane vd. (2004) InSAR görüntü çiftinden oluşturulan tutarlılık bilgisini kullanarak kıyı çizgisini tespit etmişlerdir. Önerdikleri yöntemin, diğer yöntemlerin aksine az sayıda parametre ve eşik değeri gerektirdiğini savunmuşlardır. Liu ve Jezek (2004) Canny kenar belirleme algoritması ve eşikleme tekniğine dayalı bir yöntem önermiştir. Sonuçlar görsel yorumlama ile değerlendirilmiş ve bir piksellik hata tespit edilmiştir. Yu ve Acton (2004), polarimetrik SAR verilerinden su ve toprak sınırının tanımlanması için kenar tespitine dayalı bir yöntem sunmuştur. Önerilen yöntem farklı yöntemlerle karşılaştırıldığında sonuçlar tatmin edici bulunmuştur. Baghdadi vd. (2004) yaptıkları çalışmada optik görüntü ile radar görüntüsünün potansiyelini karşılaştırmıştır. Elde ettikleri sonuçlar radar görüntülerinin kıyı çizgisi elde etmekte daha başarılı sonuçlar verdiğini göstermiş ve bu radar görüntülerinin sahip olduğu yüksek insidans açılarına bağlanmıştır. Wang ve Allen (2008), körfezlerin kıyı çizgisini belirlemek için SAR görüntülerinden bir yöntem önermiştir. SOBEL filtresi uyguladıkları görüntüye minimum ve maksimum filtresini uygulayarak elde ettikleri sonuçların farkını almışlar ve kıyıda bu farkın arttığını savunmuşlardır.

Hava LIDAR teknolojisi ile kıyı topografyası ve kıyı çizgisine ait özelliklerin çok yüksek doğruluk ve esneklikle birleştirilmesi yeni bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Liu vd. 2011). LIDAR verilerinden elde edilen kıyı çizgileri sahip olduğu yüksek doğruluk ile değişim analizi için bir temel oluşturabileceği söylenmiştir (Liu 2009). Düşük su seviyelerinde elde edilen LIDAR verileri ile farklı gelgit verilerinden çeşitli kıyı şeridi göstergeleri elde etmenin mümkün olduğu gösterilmiştir (Liu vd. 2007, Liu 2009). Bu nedenle, LIDAR verileri uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gibi farklı verilerle kullanılarak uygulanacak yeni yaklaşımlarla kıyı çalışmaları için yeni bir perspektif sunmuştur. Stockdon vd. (2002) LIDAR yükseklik profillerinden regresyon çizgilerini kullanarak kıyıyı tanımlamışlardır. Bu yöntem birçok araştırması tarafından kıyı çizgisi belirlemede kullanılmıştır (Parker 2003; Robertson vd. 2004). Liu vd. (2007), LIDAR DEM ve gelgit datum yüzeyini kullanarak segmentasyon tabanlı bir görüntü işleme yöntemi önermiştir. Monte Carlo simülasyonuna dayanan doğruluk analizi ile yatay pozisyonda %95 güven seviyesinde 4,5 m içinde doğruluk tespit etmişlerdir. Wu vd. (2009) LIDAR verisi ile havadan görüntülerini su özelliklerini elde etmek için birleştirmiş ve LIDAR veriden düzensiz üçgen ağı (TIN) oluşturup ortalama kayma segmentasyonu ile kaba su özelliklerinden daha detaylı bir sonuç elde edilmesini sağlamıştır. Lee vd. (2009) ve Lee vd. (2010), entegre edilmiş LIDAR nokta bulutu ve ortofotolarına uyguladıkları ortalama kayma segmentasyonu ile kıyı çıkarımı için bir yöntem önermiştir. Önerdikleri yöntem ile segmentasyonu sınıflandırmaya ek olarak en iyi bant genişliği parametresini seçmek amacıyla kullanmışlardır.

Son on yıl içerisinde yapılan çalışmalar incelendiğinde kıyı çizgisi tespiti çalışmalarının sayısının artışı dikkat çekmektedir. Bu tez çalışması kapsamında, son yıllarda SAR ve LIDAR verileri kullanılarak yapılan çalışmaların sınıflandırılmış hali uygulanan yöntemlerin ve sonuçlarının incelenmesini kolaylaştırmak amacıyla Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmiştir.

1990 yılından beri kıyı çizgisi tespiti için oldukça fazla sayıda algoritma önerilmiş ve yayınlanmıştır. Sonuçların kalite değerlendirilmesi kısmında arazide yer gerçeği oluşturmanın zorluğu ve maliyetli olması farklı analizlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Ancak SAR verisi kullanılarak yapılan çalışmaların önemli bir kısmında sayısal bir değerlendirilme yapılmayıp görsel olarak değerlendirildiği görülmektedir (Lee ve Jurkevich 1990; Zhang vd. 1994; Mason ve Davenport 1996; Niedermeier vd. 2000; Baselice ve Ferraioli 2013). Billa ve Pradhan (2011) 2005 tarihli verilerden elde ettiği sonuçları 2001 tarihli kıyı haritası ile kontrolünü yapmış ve kıyı çizgisinin eğriliğinde genel bir benzerlik olduğu görmüş, bozulmaları erozyona bağlamıştır. Wiehle ve Lehner (2015) sonuçları görsel olarak yorumlamış ve sonuçları iyi bulmuşlardır.

İlerleyen çalışmalar, elde edilen kıyı çizgisinin kontrolünün görsel yorumlama ile sınırlandırılmayacağını düşünerek farklı verilerden elde edilen kıyı çizgisi ve GPS kontrol noktaları ile belirlenen referanslarla kalite değerlendirmesini yapmıştır (Dellepiane vd. 2004; Liu ve Jezek 2004).

Shu vd. (2010) elde ettikleri kıyı çizgisi ve elle sayısallaştırdıkları kıyı çizgisini tampon bölge yaklaşımını (Li vd. 2008) kullanarak değerlendirmiş ve bir piksel altı hata ile kıyı çizgisi bulmuşlardır. Acar vd. (2012) manuel olarak çıkardıkları kıyı çizgisi ile analiz yapmış ve 1 piksel altı hata tespit etmişler. Buono vd. (2014) elle

sayısallaştırdıkları referans veri ile sonuçlarını karşılaştırarak %80 üstü bir çakışma ile başarılı bir tespit elde ettiklerini göstermiş. Ding ve Li (2014) çift polarizasyon yöntemi ile sayısal bir değerlendirme yapmış. Kıyı boyunca birkaç metre ile 30 metre arasında değişen hatalar bulduklarını ifade etmişlerdir. Liu, Z. vd (2016) elle sayısallaştırdıkları kıyı çizgisi ile yaptıkları kalite analizi ile ortalama 0.79 piksel, RMSE hatasını ise 2.15 piksel olarak tespit etmişlerdir. Schmitt vd. (2019) referans veri ile Öklid mesafesini ölçerek değerlendirmiş ve her iki test alanı için medyan mesafelerini 2,2 m ile 9,0 m olarak tespit etmişler. İki test alanında farklı sonuçlar elde edilmesini ikinci veride mevcut olan çok sığ su alanına sahip plaj alana ve limanın hatalı tahminine bağlamış. Bu hatalı tespit alanlarında 250 m civarı hatalar bulunduğunu ifade etmişler.

GPS noktaları kullanılarak yapılan kalite analizinin mevcut olduğu çalışmalarda dikkat çekmektedir. Bruno vd. (2016) çalışma alanından 50 tane GPS kontrol noktası toplamış ve bu noktaların belirlenen kıyı çizgisi ile analizinden 1 piksel civarı bir hata tespit edilmiştir. Nunziata vd (2016) ise 100 adet GPS noktası ile iki farklı veri setinden elde ettiği kıyı sonuçlarının kalite analizini yapmış. Sonuçlar RADARSAT için 5 piksel altı hatayı gösterirken, CSK verisinden elde edilen sonuç 7 piksellik bir hata vermiştir. Liu vd. (2017) karadan manuel olarak belirlenen GPS noktaları ile kalite değerlendirmesi yapmış ve ortalama 10-15 metrelik sapma olduğunu ifade etmişler. Vandebroek vd. (2017) çalışma alanında belirledikleri 27 bölgede topoğrafik inceleme alanı oluşturmuş ve buradan belirledikleri 124 kesit ile değerlendirme yapmışlardır. Sonuçların %95 kesiştiğini belirtmişler. Fuse ve Ohkura (2018) ise ortalama olarak birkaç metrelik hata ile iyi sonuçlar elde etmişlerdir.

Modava ve Akbarizadeh (2017) önerdikleri yöntemin doğruluğunu sayısal olarak ifade edebilmek için komşu piksellere dayanan bir yöntem oluşturmuşlar. Bu yöntem ile çıkarılan kıyı çizgisini 1 piksel toleransla yaklaşık %26,11'i manuel belirlenen kıyı çizgisine tam olarak yerleştirmişler. En yüksek doğruluk 3 piksel toleransla %94 bulunmuştur. Aynı kalite analizini uygulayan Wang ve Liu (2019) 1 piksel toleransla %50 civarı eşleşme bulurken 4 piksel toleransla %90 üstü doğruluk elde etmişlerdir.

Çizelge 2.1. SAR verileri kullanılarak yapılan çalışmalar

Çalışma	Veri	Band	Polarizasyon	Yöntem
Shu vd. (2010)	RADARSAT 2	C	HV	Dar bant seviyesi seti segmentasyonu
Al Fugura vd. (2011)	RADARSAT 1	C	HH	Geliştirilmiş Filtreleme Tekniği-Eşikleme
Acar vd. (2012)	PALSAR	L	HH-HV	Fit-coast Algoritması

Çizelge 2.1'in devamı

Baselice ve Ferraioli (2013)	COSMO-SkyMed	X	HH-HV	Markov Rasgele Alan-Eşikleme
Ding ve Li (2014)	ERS 2-COSMO-SkyMed	C X	HH HH	Çok Ölçekli Normalleştirilmiş Kesim Segmentasyonu
Nunziata vd. (2014)	CSK PingPong	X	HH-VV	Çift kutuplu saçılma modeli- Gauss Şekilli Filtre
Paes vd. (2015)	RADARSAT 2	C	Hibrid Polarite	K-Ortalamalar Kümeleme ve Canny Kenar Belirleme
Wiehle ve Lehner (2015)	TerraSAR-X	X	VV	Kenar Çizimi (Edge Drawing) Yöntemi, Eşikleme
Bruno vd. (2016)	COSMO-SkyMed	X	HH	Yerel Gauss Dağılımı Uyarlama (LGDF)
Gou vd. (2016)	PolSAR	L	HH-HV-VV	Seyrek Temsil (sparse representation) Sınıflandırması-SVM
Liu, X. vd. (2016)	SAR-RGB U.A.V.	-	-	K-Ortalama- Basit Doğrusal İteratif Kümelendirme (SLIC)
Liu,Z. vd. (2016)	SENTINEL-1A	C	VV	Modifiye K-Ortalama Metodu-Adaptif Nesne Tabanlı Bölge Birleştirme
Liu vd. (2017)	RADARSAT 2 TerraSAR-X	C X	HH-HV-VV-VH HH-HV-VV-VH	Bölgeye Dayalı Seviye Kümesi Yöntemi-Yılan Aktif Kontur Modeli
Modava ve Akbarizadeh (2017)	PALSAR-2	L	HH	Mekânsal Bulanık C-Ortalama Sınıflandırması-Aktif Kontur Modeli

Çizelge 2.1'in devamı

Vandebroek vd. (2017)	TerraSAR-X	X	HH	K-Ortalama Sınıflandırması-Bölge Büyütme Algoritması
Fuse ve Ohkura (2018)	PALSAR-2	L	HH	Morfolojik Bileşen Analizine (MCA)-Yılan Algoritması
Modava vd. (2018)	TerraSAR-X	X	HH-VV	Yerel Spektral Histogram ile Segmentasyon-Seviye Set Yöntemi
	SENTINEL-1A	C	HV	
Wu vd. (2018)	PALSAR-2	L	HH-HV-VV-VH	Incident Angle Ranging
	CSK	X	HH-HV-VV-VH	
Schmitt vd. (2019)	TanDEM-X	X	-	K-Medyan Sınıflandırması-Morfolojik Filtreleme
Wang ve Liu (2019)	RADARSAT 2	C	HH	Sırt İzleme Algoritması (Ridge Tracing Algorithms)
	SENTINEL-1A	C	VV	

Çizelge 2.2. LIDAR veri kullanılarak yapılan çalışmalar

Çalışma	Veri-1	Veri-2	Yöntem
Lee vd. (2009)	LIDAR nokta bulutu	Ortofoto	Ortalama Kaydırma Algoritması- Modifiye Edilmiş Dışbükey Gövde Algoritması
Wu vd. (2009)	LIDAR nokta bulutu	Hava Fotoğrafları	Ortalama Kaydırma Algoritması- Dört Kenar Tabanlı Artımlı Yerleştirme Algoritması
Zhou ve Xie (2009)	LIDAR nokta bulutu	LANDSAT-7 Ortofoto	Kontur Çizgileri

Çizelge 2.2'nin devamı

Lee (2012)	LIDAR nokta bulutu	WorldView-2	NDVI-Ortalama Kayma Segmentasyonu
Smeeckaert vd. (2013)	LIDAR nokta bulutu	-	Destek Vektör Makineleri Sınıflandırması
Kolednik (2014)	Çok Zamanlı LIDAR veri	-	Hareket Kestirimi Algoritması-Kd-tree En Yakın Komşu Araması Algoritması
Yousef ve Iftekharuddin (2014)	LIDAR SYM	Hava Fotoğrafları	Genetik Algoritmaları-Destek Vektör Makineleri Sınıflandırması
Choung (2015)	LIDAR SYM	KOMPSAT-2	NDWI-ISO Data Sınıflandırması
Sesli ve Caniberk (2015)	LIDAR nokta bulutu	-	Kontur Çizgileri
Bayram vd. (2016)	LIDAR yoğunluk verisi	Ortofoto	Ortalama Kaydırma ve Parçacık Sürü Optimizasyonu
Sukcharoen pong vd. (2016)	LIDAR SYM	AVIRIS	Karar Ağacı Tekniği-Aktif Kontur Metodu
Wernette vd. (2016)	LIDAR SYM	-	Göreceli Kabartma (Relative Relief) Metodu
Aucoin (2018)	LIDAR SYM	Ortofoto	Topografik Kontur Çizgisi
Morsy vd. (2018)	Multispektral LIDAR	-	Ekilen Bölge Yetiştirme Algoritması

LIDAR verisinin tek başına yüksek kalitede sonuçlar verdiği bilinmektedir (Smeeckaert vd. 2013; Kolednik 2014; Sesli ve Caniberk 2015; Morsy vd. 2018); ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde LIDAR verisi ile farklı verileri birleştirerek kullanan çalışmalar dikkat çekmektedir (Lee vd. 2009; Wu vd. 2009; Lee 2012; Sukcharoenpong vd. 2016). Wu vd. (2009) yaptıkları çalışma ile LIDAR veri ile hava fotoğraflarını entegre ederek su özelliklerinin çıkarımını amaçlamıştır. Kullanılan yöntemler ile kaba su özelliklerinden ince özelliklere geçiş hedeflenmiştir ve elde edilen sonuçlar yapay değerlendirilmelerle başarılı bulunmuştur. Çıkarım çalışmaları için otomasyon sağlayabilecek bir yöntem olduğu ifade edilmiştir. Lee vd. (2009) LIDAR nokta bulutu verilerini ortofotolarla birleştirerek kıyı çizgisinin çıkarılmasına odaklanmıştır. Üç farklı test alanından çıkarılan kıyı çizgileri manuel olarak sayısallaştırılan çizgilerle değerlendirilmiş 0,5 m ile 1,5 metre arasında doğruluk elde edilmiş, maksimum hata 4 m ile 12 m arasında tespit edilmiştir. Lee (2012) kıyı çizgisi çıkarmayı amaçlamıştır ve bu nedenle, uydu görüntüsünün sınıflandırma performansını iyileştirmeyi hedefleyerek topografya ile gölge ilişkilerini analiz etmiştir. Çıkartılan kıyı çizgisi %95 güven aralığında 1,5 m (RMSE) doğrulukla bulunmuştur. Choung (2015) KOMPSAT-2 ve LIDAR verilerinden 3 Boyutlu kıyı çizgisi belirlemeyi amaçlamıştır. Kıyı çizgisi, yatayda ortalama 0,9 m dikeyde ortalama 0,1 m doğruluk sahiptir. Yousef ve Iftekharuddin (2014) kaynaştırılmış LIDAR SYM ile hava fotoğraflarından kıyı çizgisinin çıkarılması amaçlamıştır. Kendi yöntemlerinin sonuçlarını Lee vd. (2009)'nin önerdiği yöntemle karşılaştırmıştır ve kendi yöntemleri yer doğruluğu ile değerlendirildiğinde 2,37 m iken Lee vd. (2009) yöntemi ile 4,92 m olarak tespit edilmiştir.

Sulak alanlar ve kıyı alanları ile ilgili farklı veri türleri ve yöntemler kullanılarak yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Son on yıl içerisinde bakıldığında ise LIDAR ve SAR verilerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar artış göstermiştir. Örneğin; Millard ve Richardson (2013) LIDAR ve SAR verilerini birlikte kullanarak sulak alan sınıflandırması yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda her iki verinin kaynaştırılmasının sınıflandırma doğruluğuna belirgin bir iyileşme sağlamadığını tespit etmişlerdir. Franklin ve Ahmed (2017) ise yapmış oldukları çalışmada Random Forest makine öğrenme algoritması ile LANDSAT-8, RADARSAT-2 ve havadan LIDAR verilerini kullanarak sulak alan sınıflandırma çalışması yapmışlardır. Verilerin tek ve birlikte kullanımının sulak alan sınıflandırmasındaki etkinliğini değerlendirilmiş ve tüm verilerin kullanımının sınıflandırmanın genel doğruluğunu artırdığını tespit etmişlerdir. Verilerin birlikte kullanımı ile sulak alanların sınıflandırılmasında %91'in üzerinde doğruluk elde etmişlerdir. Irwin vd. (2017) su ve su dışı alanları sınıflandırmak ve sınıflandırmanın belirsiz olduğu alanları tespit etmek için piksel tabanlı karar ağacı analizini birleştirdiği SAR, havadan LIDAR ve optik görüntülere uygulamıştır. Sonuçlar verilerin bütünleşik kullanımı ile model belirsizliğinin düştüğünü göstermiştir. Jahncke vd. (2018) RADARSAT-2 SAR polarimetrik görüntülerle, QuickBird optik ve LIDAR DEM verileri kullanılarak sulak alanların haritalamasını amaçlamıştır. LIDAR, RADARSAT-2 HH, HV, VH, VV yoğunluk ve polarimetrik verisi ile QuickBird multispektral görüntülerin birlikte kullanımı ile genel sınıflandırma doğruluğu %89,2 olarak tespit edilmiş ve en yüksek sınıflandırma doğruluğu bu verilerin kombinasyonu ile elde edilmiştir. LIDAR ve SAR verilerinin birlikte kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde çalışmaların ek verilerle desteklendiği çalışmalar dikkat çekmektedir. Bu

çalışmalar genellikle verilerin tek tek veya birleştirilerek kullanımının sınıflandırma doğruluğuna olan etkisinin değerlendirilmesini kapsamaktadır.

Literatür taraması göstermiştir ki SAR verisi sahip olduğu fiziksel özellikler nedeniyle sınıflandırma aşamasında parametrelerin hesaplanması zor ve karmaşık olmaktadır. Bulanık yöntemler kullanılarak yapılan segmentasyon çalışmaları (Bo vd. 2001, Tian vd. 2013; Modava ve Akbarizadeh 2017) ise kıyı çizgisi belirlemede iyi sonuçlar vermektedir; ancak gerekli olan parametrelerin belirlenmesi deneysel olarak yapılmaktadır. Bu parametrelerin deneysel olarak belirlenmesi ise kolay değildir. Sunulan tez kapsamında, SAR verinin sınıflandırma zorluğunun ve sınıflandırma parametrelerinin belirlenmesindeki dezavantajların düzeltilmesi amaçlanarak parametrik olmayan yeni bir bulanık kümeleme yöntemi önerilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, tez kapsamında yapılan uygulamalara ait bilgiler verilmiştir. Birinci kısımda uygulamanın gerçekleştirildiği çalışma alanları gösterilmiş ve alanlara ait kısa bilgiler verilmiştir. İkinci kısımda tez kapsamında kullanılan veriler ve verilerin özellikleri, üçüncü kısımda uygulanan metot anlatılmış ve kullanılan algoritmalar hakkında detaylı bilgilendirme yapılmıştır. En son kısımda ise sunulan tez kapsamında kullanılan yazılımlar verilmiştir.

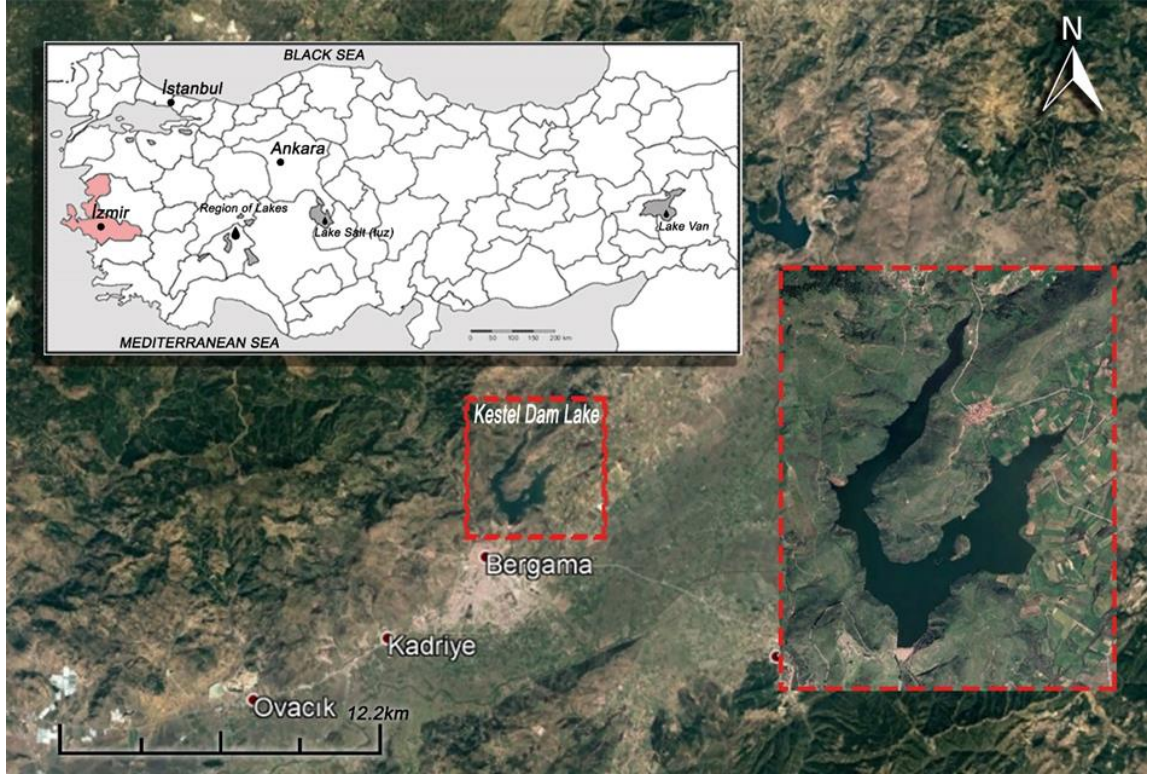
3.1. Çalışma Alanları

Bu tez kapsamında iki farklı çalışma alanı seçilmiştir. Bu çalışma alanlarından ilki İzmir'in Bergama ilçesinde bulunan Kestel Baraj Gölü'dür. Bu baraj gölü, DSİ tarafından 01.01.1976 tarihinde inşasına başlanmış ve 01.07.1990 tarihinde tamamlanmıştır (Anonim 1). Göl, Kestel Deresi üzerinde Devlet Su İşleri tarafından toprak dolgu ile doldurularak kurulmuş bir barajdır. Kestel Çayına bağlı olan göl, Bergama ovasının sulanması amacıyla kullanılmaktadır.

Gölün normal su kotunda ölçülen hacmi 37,4 hektometreküp iken gövde hacmi 1,04 hektometreküptür (Akış 2007). Silat ve Tomar (2013) yaptıkları çalışmada toplamda 4260 hektarlık alanın sulanabilmesine imkân sağlayacak suyu barındırdığını söylemiştir; ancak DSİ yayınları içerisinde 2013 yılından beri net sulama miktarı 3716 hektar olarak yayınlanmaktadır (Anonim 2).

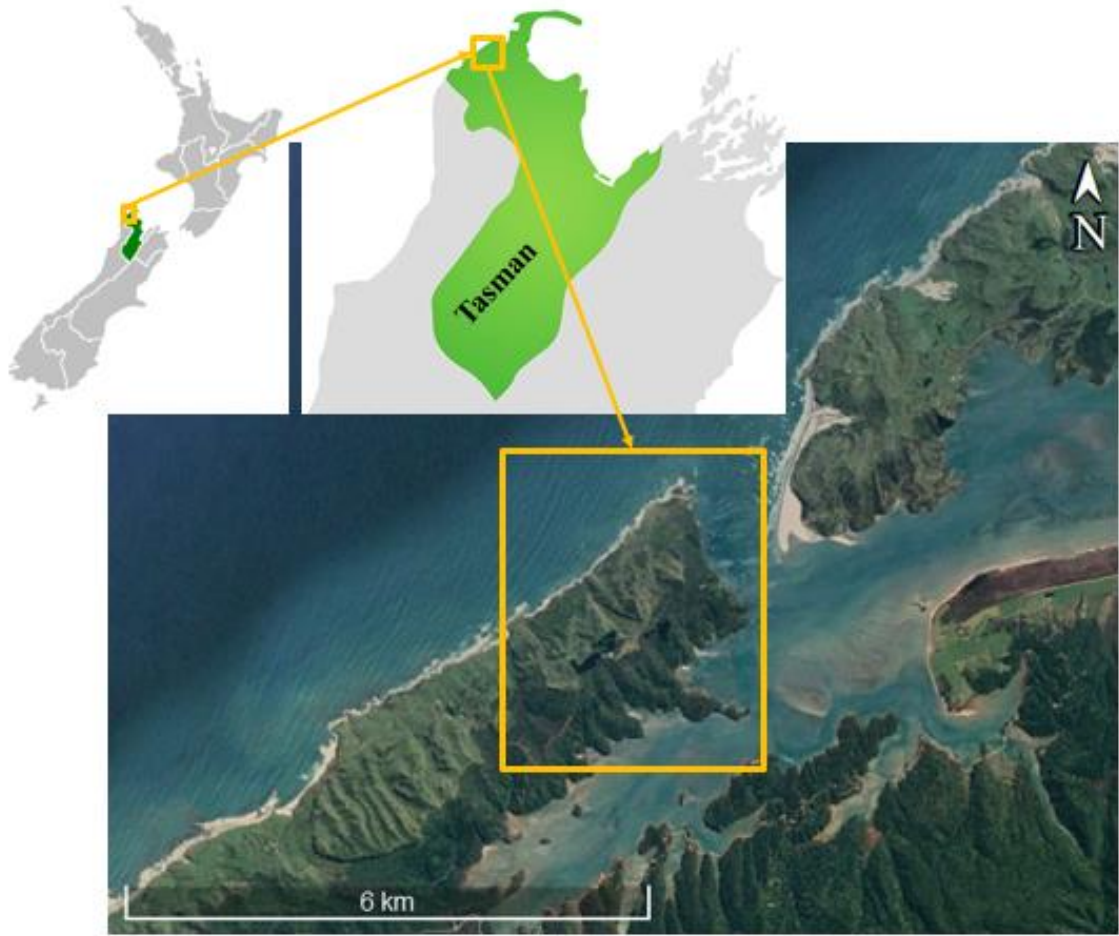
Bergama'nın ekonomisi incelendiğinde, tarım ve hayvancılık ön plana çıkmaktadır. Pamuk, zeytin, domates, buğday, tütün ve mısır gibi tarım ürünleri de halkın başlıca geçim sağladığı tarım ürünlerinden sayılabilir (Anonim 3). Bu açıdan da Kestel Baraj Gölü tarım faaliyetlerin devamı ve halkın geçimi açısından büyük bir önem teşkil etmektedir. Bu nedenle, gölün takibi ve yönetimi tarımsal faaliyetlerin devamı ve halkın geçimi açısından büyük bir önem teşkil etmektedir.

Kestel Barajı ve rezervuarı, Bergama olarak bilinen antik bir Yunan kenti olan Pergamon Akropolü'ne yakın bir konumda bulunmaktadır. Bu bölge, Türkiye Harita Genel Komutanlığı tarafından farklı sensörlerle (LIDAR, hava görüntüleri, hiperspektral veriler) birçok araştırma kampanyasının düzenlendiği bir test alanı olarak ilan edilmiştir (Demir vd. 2019). Bu nedenle, SAR ve LIDAR yoğunluk verilerinin kıyı şeridi çıkarmadaki etkinliğinin test edilmesi amacıyla bu alan seçilmiştir. Kestel Baraj Gölü'nün Google Earth görüntüleri üzerindeki görüntüsü Şekil 3.1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı: Kestel Baraj Gölü

İkinci çalışma alanı, Yeni Zelanda'nın güney adasının kuzeybatısında bulunan Tasman Bölgesi'ndeki Whanganui Körfezi olarak belirlenmiştir. Yeni Zelanda'nın en büyük ve en iyi korunan gelgit nehirlerinden biri olarak gösterilmektedir. Güney Adasında bulunan körfezler arasında değerlendirildiğinde üçüncü büyük körfez olarak gösterilmektedir (Robertson ve Stevens 2012). Körfez, Mangarakau Drenajı, Mangarakau Deresi, Wairoa Nehri ve Muddy Deresi olarak bilinen dört ana akarsu ile çok sayıda küçük akarsu tarafından beslenmektedir. Bitki örtüsü neredeyse hiç bozulmamış olan körfez, büyük bir habitat çeşitliliği barındırmaktadır. Geniş deniz alanları, kum tepeleri, uçurumlar, adalar, kaya platformları, su altı resifleri ve kıyı ormanları bölgeye hâkim olan türler arasında ifade edilmektedir (Robertson ve Stevens 2012; Stevens ve Robertson 2017). Körfezin üçte birini deniz rezervi oluştururken kalan üçte ikilik kısmı koruma alanlarını kapsamaktadır ve bölge Tasman İlçe Meclisi'nin Çevre Haliç İzleme Programı kapsamında takip edilmektedir (Stevens ve Robertson 2017).



Şekil 3.2. Çalışma alanı: Whanganui Körfezi

3.2. Kullanılan Veri Setleri

Bu tez kapsamında SAR veri olarak SENTINEL-1A görüntüleri, LIDAR yoğunluk görüntüleri, çok zamanlı LANDSAT-8 ve SENTINEL-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

3.2.1. SENTINEL-1

Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ortaklaşa finanse edilen Copernicus programı çerçevesinde dünya gözlem verileri sağlamak amacıyla beş Sentinel uydusu için farklı misyonlar belirlenerek geliştirilmiştir (Torres vd 2012). Gece ve gündüz çalışabilen SENTINEL-1, hava koşullarından bağımsız olarak görüntü elde etmeyi sağlayan sentetik açıklıklı radar görüntülemesi yapan bir uydudur. SENTINEL-1 uydusuna ait özellikler Çizelge 3.1’de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. SENTINEL-1 uydu özellikleri (ESA 2012)

Ömür	7 yıl
Yörünge	693 km yükseklikte yakın kutup güneş eşzamanlı yörünge; 12 günlük tekrar döngüsü; Döngü başına 175 yörünge
Orbital Dönem	98,6 dakika
Maksimum Tutulma Süresi	19 dakika
Konum Dengeleme	3-eksenli stabilize
Konum Doğruluğu	0,01 ° (her eksen)
Aygıt	Uçuş yönüne göre sağa bakıyor
Yörünge Bilgisi	GPS kullanarak 10 m (her eksen, 3σ)
Operasyon Özerkliği	96 saat
Fırlatma Kütlesi	2300 kg
Boyutlar	3900 × 2600 × 2500 mm
Solar Ortalama Gücü	5900 W
Akü Kapasitesi	324 Ah
Uydu Kullanılabilirliği	0.998
Fırlatıcı	Soyuz Roket

SENTINEL-1 uydusu kullanıcı gereksinimlerini yerine getirebilmek amacıyla dört farklı görüntüleme moduna sahiptir (Torres vd. 2012). İlk aşamada sadece İnterferometrik Geniş Şerit modu (IW) ve Dalga modu (WV) ile gereksinimlerin karşılanması amaçlanmış ve daha sonra alınan talepler doğrultusunda eklenen iki modla bu talepler karşılanmıştır. SENTINEL-1 ölçüm modlarına ve özelliklerine ait özet bilgi Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. SENTINEL-1 görüntüleme modları ve özellikleri (ESA 2012)

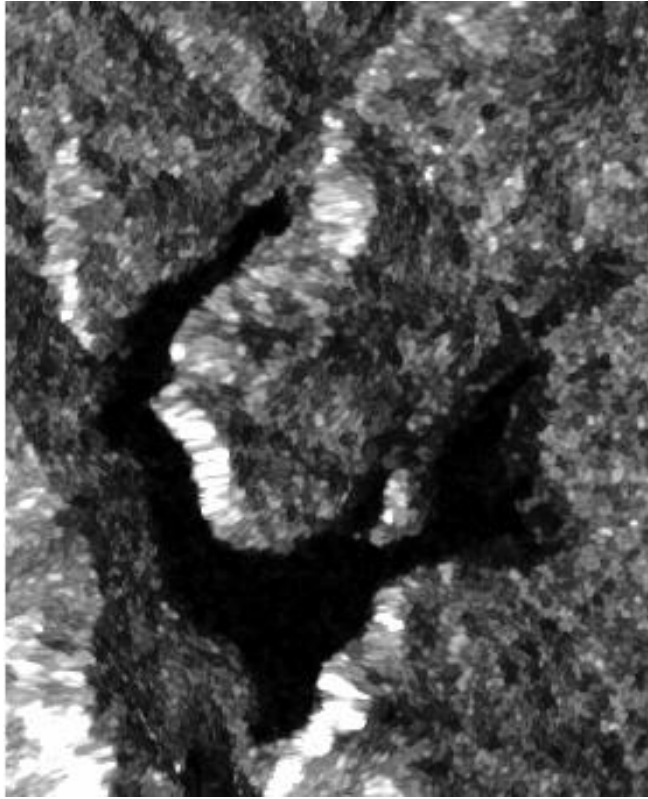
	IW Mod	WV Mod	SM Mod	EW Mod
Polarizasyon	Çift	Tek	Çift	Çift
Geliş Açıları	31 ° -46 °	23 ° -37 °	23 ° -37 °	20 ° -47 °
Azimut Çözünürlüğü	<20 m	<5 m	<5 m	<40 m
Zemin Aralığı Çözünürlüğü	<5 m	<5 m	<5 m	<20 m
Azimut ve Seri Görünümleri	Tek	Tek	Tek	Tek
Şerit	>250 km	20x20 km	>80 km	> 410 km
Radyometrik Stabilite	0.5 dB	0.5 dB	0.5 dB	0.5 dB
Radyometrik Doğruluk	1 dB	1 dB	1 dB	1 dB
Faz Hatası	5°	5°	5°	5°

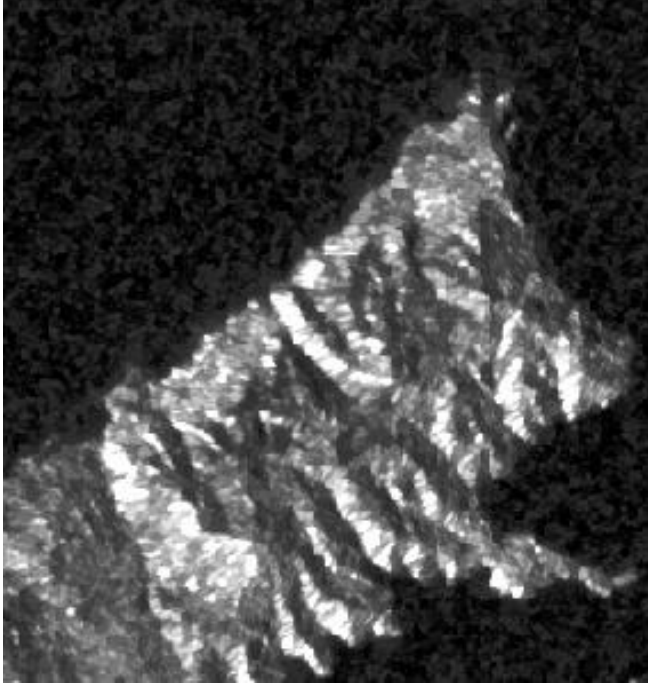
SAR veri, kara ve sudan elde edilen geri saçılmadaki kontrast farkının büyük olması nedeniyle kıyı bilgilerinin çıkarılmasını mümkün kılmaktadır; ancak rüzgâr, dalga gibi olaylar sudaki yüzey pürüzlülüğünü artırarak su ve toprak ara yüzeyi arasındaki kontrastın düşmesine neden olabilmekte ve bu durum kıyı çizgisinin belirlenmesini zorlaştırabilmektedir. Bu, rüzgarla pürüzlü hale gelen su ve kara arasında zayıf kontrastın meydana geldiği VV polarizasyonundaki görüntüler için geçerli olmaktadır (Anonymous 4). VH polarizasyonundaki görüntüler ise rüzgâr kaynaklı yüzey pürüzlülüğüne daha az hassasiyet göstermektedir. Bu nedenle, sunulan tez kapsamında SAR verisinden kıyı çizgisi elde edilmesi amacıyla SENTINEL-1A verisinin VH polarizasyon görüntüleri kullanılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan SENTINEL-1A uydu görüntüleri Seviye 1 Ground Range Detected (GRD) ürünüdür. Seçilen görüntülere ait detaylı bilgi Çizelge 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 çalışma alanlarına ait ön analiz işlemleri tamamlanmış SENTINEL-1A görüntüleri verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kullanılan verinin özellikleri: SENTINEL-1

	Kestel Baraj Gölü	Whanganui Körfezi
Tarih	26.10.2014	28.11.2017
Band	C	C
Operasyonel Mod	IW şerit mod	IW şerit mod
Polarizasyon	VH	VH
Menzil ve Azimut Aralığı:	10 m	10 m
Azimut ve Menzil Görünümü	Tek	Tek

**Şekil 3.3.** Kestel baraj gölüne ait ön analiz işlemleri tamamlanmış SENTINEL-1A görüntüsü



Şekil 3.4. Whanganui Körfezine ait ön analiz işlemleri tamamlanmış SENTINEL-1A görüntüsü

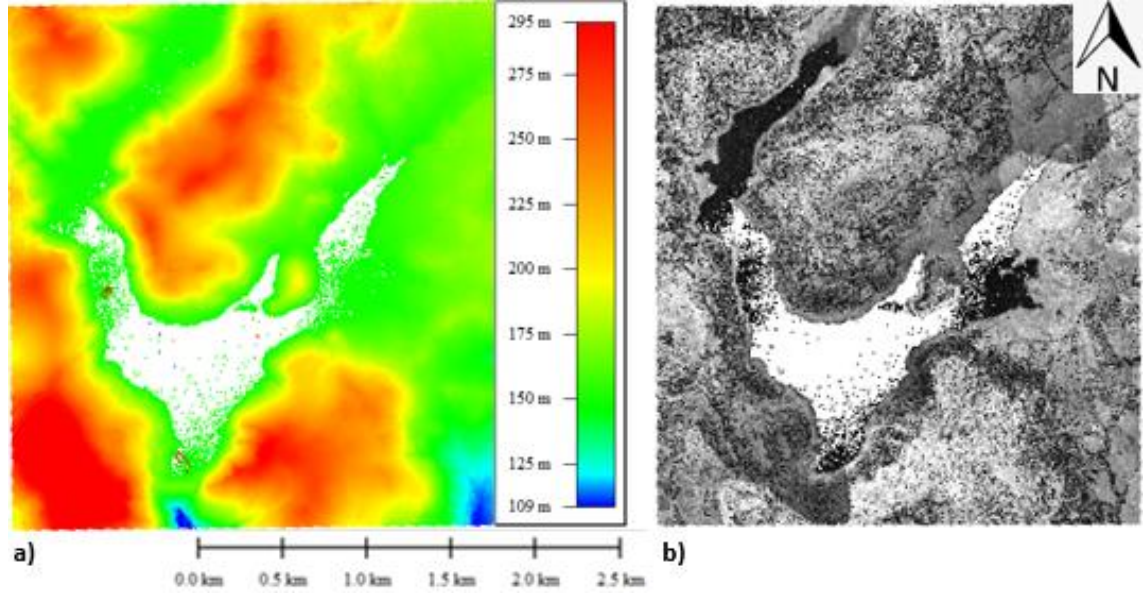
3.2.2. LIDAR nokta bulutu

Kestel Baraj Gölü LIDAR verileri Harita Genel Komutanlığına ait Beechcraft B200 uçağına monte edilen Optech Pegasus HA500 sistemi ile toplanmıştır. Uçuş iki farklı yükseklikte 20-21 Ekim 2014 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Uçuşlara ait detaylı bilgi Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Optech Pegasus HA500 uçuş özellikleri (Kayi vd. 2015)

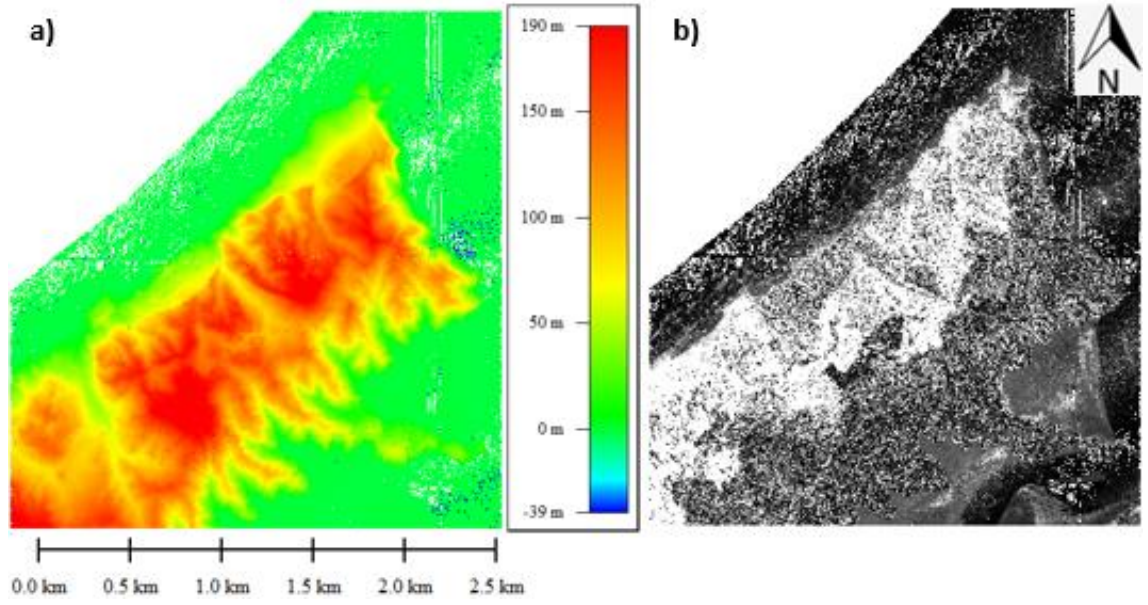
Kolon Sayısı	Bindirme	Hız (knots)	Uçuş Yüksekliği	Açı (+/-)	Yoğunluk (nokta/m ²)
18	%50	150	2600 m	20	2
32	%25	150	1200 m	35	8

Kayi vd. (2015) yaptıkları çalışmada verinin karesel ortalama hatası 7 cm olarak hesaplanmıştır. Bu tez kapsamında LIDAR nokta bulutundan elde edilen yoğunluk verileri kullanılmıştır. Yoğunluk görüntüleri 8bit olarak raster forma dönüştürülmüştür. Kestel Baraj Gölü'ne ait LIDAR nokta bulutu ve nokta bulutuna ait yoğunluk görüntüsü Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Kestel baraj gölüne ait LIDAR veri: a) LIDAR nokta bulutu görüntüsü; b) LIDAR yoğunluk görüntüsü

İkinci veri seti, bir coğrafi çözüm şirketi olan AAM Yeni Zelanda tarafından Tasman İlçe Meclisi için toplanmış ve orijinal veri setleri de AAM Yeni Zelanda tarafından üretilmiştir. Toplanan veri toplamda alan 715,67 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Nokta bulutu, 24 Kasım 2017 – 16 Aralık 2017 tarihleri arasında toplanmış olup OpenTopography üzerinde 9 Nisan 2018 tarihinde yayınlanmıştır. Havadan LIDAR ile toplanan veri ile ilgili uçuş yüksekliği ve açısı ile ilgili detay verilmemiştir. Veriye ait nokta bulutu yoğunluğu 9,54 nokta/m²'dir (Anonymous 5). Bu alana ait görüntü Şekil 3.6'daki gibidir.



Şekil 3.6. Whanganui Körfezine ait LIDAR veri: a) LIDAR nokta bulutu görüntüsü; b) LIDAR yoğunluk görüntüsü

3.2.3. SENTINEL-2

SENTINEL-2'nin MSI cihazı, 13 spektral banda sahiptir. 290 km tarama genişliği ve yüksek tekrar ziyaret frekansı ile geniş bir arazi çalışmasını desteklemektedir. SENTINEL-2'nin spektral bantlarının özellikleri Çizelge 3.5'de detaylandırılmıştır.

Çizelge 3.5. SENTINEL-2 spektral bant özellikleri (Drush vd. 2012)

Bantlar	Merkez Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği	Mekânsal Çözünürlük (m)
1	443	20	60
2	490	65	10
3	560	35	10
4	665	30	10
5	705	15	20
6	740	15	20
7	783	20	20

Çizelge 3.5'nin devamı

8	842	115	10
8a	865	20	20
9	945	20	60
10	1380	30	60
11	1610	90	20
12	2190	180	20

SENTINEL-2 görüntüsü Whanganui Körfezi için kullanılmıştır ve görüntünün doğru renk kombinasyonu ile açılmış hali Şekil 3.7'de verilmiştir. Görüntü 10.12.2017 tarihine aittir.



Şekil 3.7. Whanganui Körfezine ait doğru renk kombinasyonu ile açılmış SENTINEL-2 görüntüsü

3.2.4. LANDSAT-8

LANDSAT-8 OLI/TIRS uydu görüntüleri toplamda 11 bantta sahiptir. Bu bantlardan 8'i renkli, 2'si termal ve 1'i ise pankromatik banttır. 705 km yükseklikten görüntü alan uydu 12 bit radyometrik çözünürlüğe, 16 gün çevrim süresine sahiptir. LANDSAT-8 OLI/TIRS uydu görüntülerinin teknik özellikleri Çizelge 3.6'da detaylandırılmıştır.

Çizelge 3.6. LANDSAT-8 OLI/TIRS teknik özellikleri

Bantlar	Dalga Boyu Aralığı (μm)	Çözünürlük (m)
Bant 1	0.43-0.45	30
Bant 2	0.45- 0.51	30
Bant 3	0.53- 0.59	30
Bant 4	0.64- 0.67	30
Bant 5	0.85- 0.88	30
Bant 6	1.57- 1.65	30
Bant 7	2.11- 2.29	30
Bant 8	0.50- 0.68	15
Bant 9	1.36- 1.38	30
Bant 10	10.6- 11.19	100
Bant 11	11.50- 12.51	100

LANDSAT-8 OLI/TIRS uydu görüntüsü Bergama Bölgesinde kullanılmıştır. 21.10.2014 tarihli görüntünün doğru renk kombinasyonu ile açılmış hali Şekil 3.8'de verilmiştir.

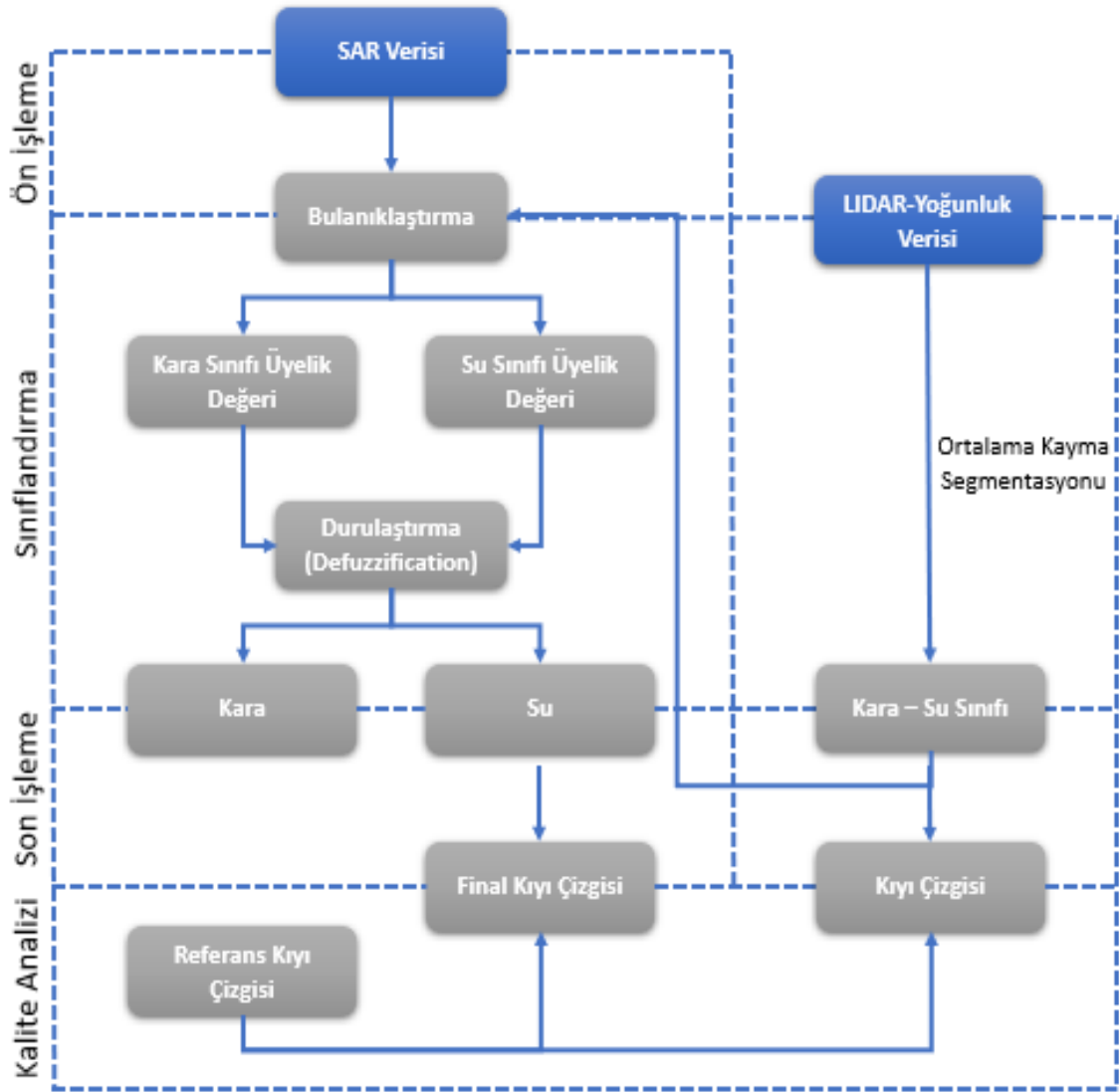


Şekil 3.8. Bergama bölgesine ait doğru renk kombinasyonu ile açılmış LANDSAT-8 görüntüsü

3.3. Metot

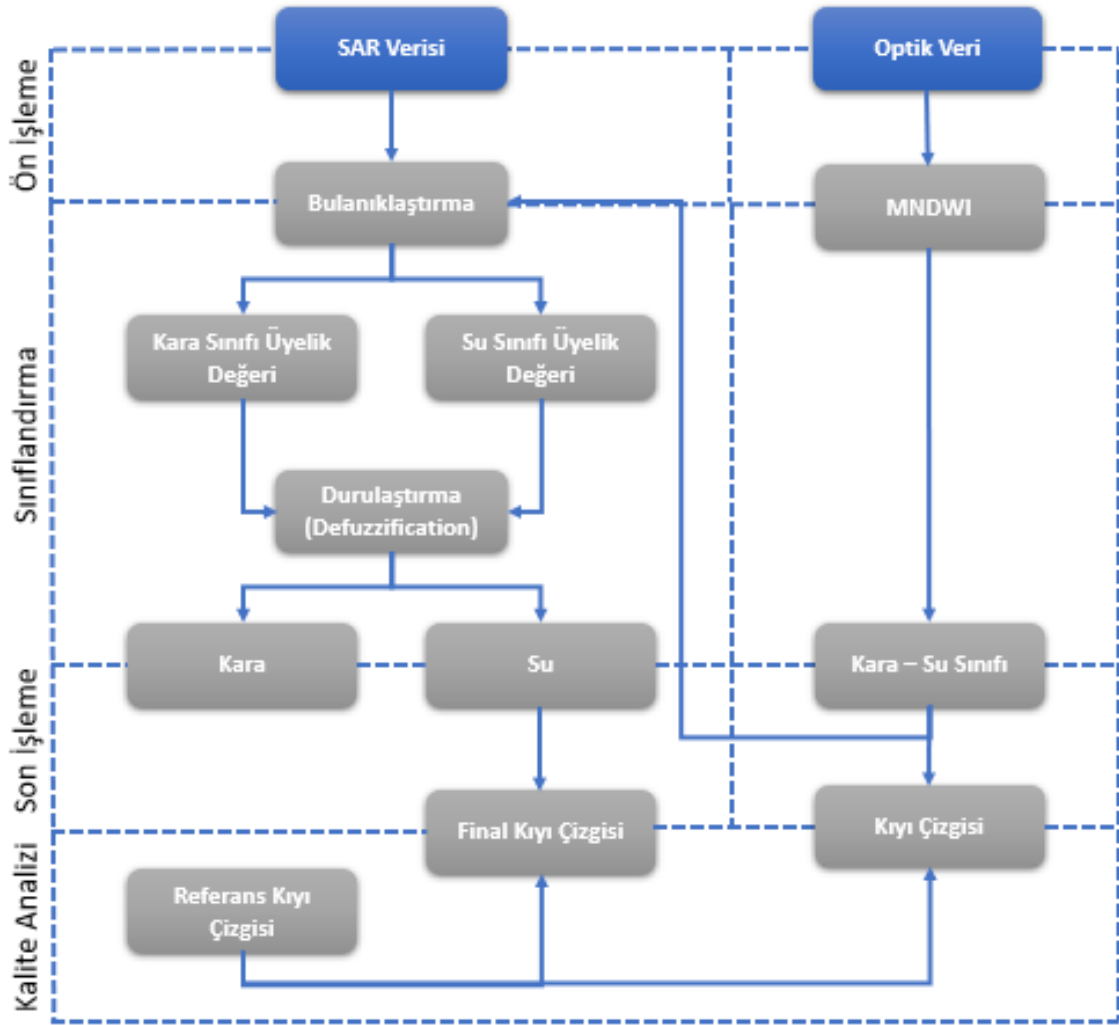
Çalışma kapsamında SAR ve LIDAR verinin entegrasyonu ile otomatik kıyı çizgisi çıkarma üzerine bir yöntem önerilmiştir. Yöntem beş aşamadan oluşmaktadır: (i) LIDAR yoğunluk verisinin işlenmesi-Optik görüntülerin işlenmesi, (ii) SAR veri ön işleme, (iii) SAR verinin sınıflandırılması, (iv) Son işleme ve (v) Kalite analizleri. Önerilen yöntemin iş akış şeması Şekil 3.9'da detaylandırılmıştır.

Çalışma, LIDAR-yoğunluk veri setinin segmentasyon tekniği kullanılarak bölütlenmesi ile başlamıştır. Bu amaçla ortalama kayma yöntemi kullanılmıştır. Segmentasyon sonucunda, su ve kara sınıfları tespit edilmiştir. Bu sınıflar, SAR görüntüsü ile birleştirilerek parametrelerin otomatik olarak belirlenmesi sağlanmıştır. Arazi ve su için ayrı ayrı hesaplanan üyelik parametreleri ile su sınıfını belirleyen net değer belirlenerek SAR görüntüsünde kara ve su sınıflandırılması yapılmıştır. Daha sonra, çıkartılan kıyı çizgileri işlenerek kalite analizi ile değerlendirilmeleri yapılmıştır.



Şekil 3.9. SAR ve LIDAR veri entegrasyonu ile önerilen yöntemin iş akışı

Çalışmanın ilerleyen kısmında ise önerilen bütünleşik yöntemin performansının değerlendirilmesi için SAR veri ile LIDAR veriden daha düşük çözünürlükteki optik görüntülerin entegrasyonu yapılarak kıyı çizgisi belirlenmiştir. Çalışmanın bu aşamasında Şekil 3.10'da verilen işlem adımları uygulanmıştır ve yöntemde farklı olarak optik görüntülerden su ve arazi sınıflarının tespiti için farklı bir yöntem kullanılmıştır. Optik görüntüler üzerinden modifiye normalleştirilmiş fark su indeksi (MNDWI) kullanılarak su ve kara sınıfının tespiti sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlarla aynı işlem adımları uygulanarak sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.



Şekil 3.10. SAR ve optik veri entegrasyonu ile önerilen yöntemin iş akışı

3.3.1. LIDAR yoğunluk verisi işleme

Sunulan tez kapsamında kullanılan LIDAR-yoğunluk verileri ile SAR verisinin işlenmesinde gerekli olan parametrelerin otomatik tespitini sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaçla, LIDAR yoğunluk verisini işlemek için parametrik olmayan ve nesneye dayalı bir yaklaşım olan Ortalama Kayma Segmentasyon yöntemi kullanılmıştır.

Ortalama Kayma yöntemi parametrik olmayan başarılı bir yoğunluk analiz yöntemidir. Bu yöntem ilk olarak Fakunaga ve Hostetler (1975) tarafından yoğunluk tespiti için önerilmiş bir algoritmadır. Yaklaşık 20 yıl sonra Cheng (1995) yaptığı çalışma ile bu algoritmayı geliştirerek ayırık verilerin kümeleneşmesi için bu algoritmayı kullanmıştır. Cheng (1995) çalışması ile çekirdek işlevini ortalama kayma prosedürüne dahil ederek algoritmaya önemli bir katkı sağlamıştır. Daha sonra Comanicu ve Meer (2002) ise bu algoritmayı görüntü segmentasyonuna başarılı bir şekilde uygulamıştır. Yaptıkları bu çalışma ile ortalama kayma algoritmasını hem geliştirmiş hem de kullanıcılar için bir kullanım alanı sunmuşlardır. Comanicu ve

Meer (1999) yaptıkları başka yayında algoritmayı şu şekilde özetlemiştir: Bu algoritma küme sayısının önceden belirlenmesine ihtiyaç duymadan çalışır ve genel mantığı, yoğunluk fonksiyonunun gradyanının ortalama kayma ile tahminine dayanır ve bu işlem merkez noktası değişmeyene kadar yinelenir. Ortalama kayma algoritması iki adımdan oluşur: (i) Yoğunluk fonksiyonunun gradyanının belirlenmesi ve (ii) sonuçların küme oluşturulması için kullanılması. Yoğunluk fonksiyonunun gradyanı parametrik olmayan bir yoğunluk tahmini yöntemi ile tahmin edilir. Daha sonra, her bir örnek noktadan başlayarak, ortalama kayma prosedürü yinelenmeli bir şekilde gradyan yönü boyunca devam eder.

Yöntemin matematiksel arka planı incelendiğinde çekirdek yoğunluk kestirimi yaklaşımı olan yöntemde d-boyutlu R^d uzayında verilen i noktaları $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ kümesi için kernel yoğunluk fonksiyonu eşitlik 3.1'de verilmiştir (Yang vd. 2003; Qui 2014):

$$f(x) = \frac{c}{nh^d} \sum_{i=1}^n K\left(\left\|\frac{x - x_i}{h}\right\|^2\right) \quad (3.1)$$

Kernel fonksiyonu $K(x)$, veri kümesi $\{x_i\}$ ile yoğunluk merkezi x arasındaki korelasyonu modellemektedir ve bu amaçla Gauss kerneli kullanılmıştır. Fonksiyonda, h bant genişliğini ve c normalizasyon parametresini ifade etmektedir. Ortalama kayma algoritması $\Delta f=0$ olan gradyanın sıfırını bularak kernel fonksiyonunun yerel maksimumlarını hesaplamayı hedefler. Ortalama kayma analizi çok bantlı raster görüntülerde iki farklı alana bölünerek eşitlik 3.2'de verildiği gibi modellenmiştir:

$$f(x) = \frac{c}{nh_s^2 n_r^p} + \sum_{i=1}^n K\left(\left\|\frac{x_s - x_{si}}{h_s}\right\|^2 + \left\|\frac{x_r - x_{ri}}{h_r}\right\|^2\right) \quad (3.2)$$

Eşitlik (3.2)'deki x_s görüntüdeki mekânsal alanları, x_r ise spektral alanları belirtir. h_r mekânsal bant genişliğinin, h_s spektral bant genişliğini ifade ederken p görüntüdeki bant sayısını gösterir. Son terim ortalama kayma vektörü ise eşitlik 3.3'de verildiği gibi tanımlanmıştır:

$$m(x) = \frac{\sum_{i=1}^n \left[g\left(\left\|\frac{x - x_i}{h}\right\|^2, x_i\right) \right]}{\sum_{i=1}^n \left[g\left(\left\|\frac{x - x_i}{h}\right\|^2\right) \right]} - x \quad (3.3)$$

$g(x)$ kernel fonksiyonunu göstermektedir. Bu algoritma yinelenmeli olarak uygulanır. Önce ortalama kayma vektörü $m(x^k)$ hesaplanır. Aday küme merkezi sabitlenene kadar eşitlik 3.4'de verilen güncelleme yapılmaya devam edilir.

$$x^{k+1} = x^k + m(x^k) \quad (3.4)$$

3.3.2. Optik veri işleme

SENTINEL-2 görüntüleri Çizelge 3.5’de gösterildiği gibi farklı bant çözünürlüklerine sahiptir. Bantlar SNAP yazılımı kullanılarak yeniden örneklendirilmiş ve 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip bantların oluşturulması sağlanmıştır. Elde edilen görüntü Koordinat Referans Sisteminin belirlenmesi için SNAP yazılımındaki Reprojected algoritması kullanılmıştır. Bu veri Whanganui Körfezine ait referans kıyı çizgisinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Veri üzerinden elle sayısallaştırma yapılarak referans kıyı çizgisi çıkartılmıştır.

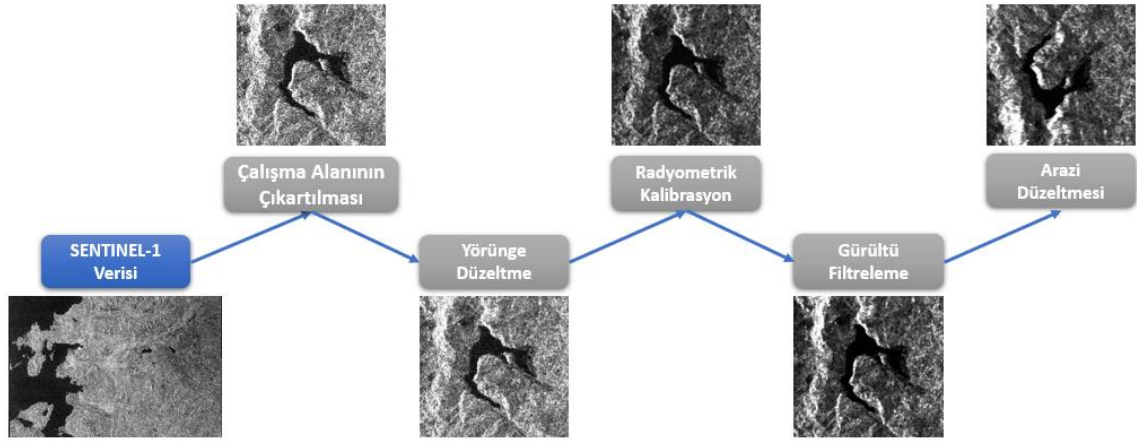
LANDSAT-8 OLI uydu görüntüleri 30 metre çözünürlüğe sahiptir. Bu bantlar, 15 metre çözünürlüğe sahip pankromatik kullanılarak keskinleştirme işlemi yapılmış ve bant çözünürlükleri 15 metre olarak keskinleştirilmiştir. Bu işlem QGIS ile birlikte kullanılan açık kodlu Orfeo Toolbox kullanılarak yapılmıştır.

Kula ve Demir (2018) tarafından yapılan çalışma ile farklı indekslerle kıyı çizgisi belirleme çalışmaları yapılmış ve MNDWI indeksi kullanılarak elde edilen sonuçların daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, optik görüntülerin ön analiz işlemleri tamamlandıktan sonra kara-su sınıfının oluşturulması amacıyla MNDWI indeksi kullanılmıştır. NDWI, McFeeters (1996) tarafından bant oranları kullanılarak su özelliklerinin tespiti için önerilmiştir. Yapılan çalışmalar ile araziden gelen sinyallerin etkisinin bastırılmamasında dolayı çıkarılan su özellikleri arazi gürültüsüyle karıştırılmaktaydı (Xu 2006). Bu sorunu çözmek amacıyla indeks geliştirilmiş ve MNDWI indeksi oluşturulmuştur. İndeks eşitlik 3.5’de verildiği gibi ifade edilir:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR}{Green + SWIR} \quad (3.5)$$

3.3.3. SAR veri ön işleme

Ön işleme aşaması, verilerin SAR verilerinin temel düzeltmelerinin yapıldığı adımdır. Bu aşamada uygulanan yöntemler, elde edilecek olan son sahil şeridinin doğruluğunu etkileyebileceği için kritiktir. Bu nedenle, verilere adapte edilmiş iyi bir ön işleme yöntemi kullanılarak kıyı çizgisi tespitini ve sonucunu iyileştirmek mümkündür (Toure vd. 2019). Sunulan tez kapsamında, ön işleme aşamasında SENTINEL-1 verilerine uygulanan işlem adımları Şekil 3.11’de detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 3.11. SAR veri ön işleme adımları

SENTINEL-1 görüntüleri geniş bir alanı kaplamaktadır. İşlem hızını azaltmak ve çalışma alanının çıkartılması için öncelikli olarak görüntü kesilir ve çalışma alanı çıkartılır. Bu işlem için çalışma alanında belirlenen doğrultular girilerek alanın çıkartılması sağlanır. Çalışma alanı çıkartıldıktan sonra SENTINEL-1 görüntüleri yörünge dosyaları yardımıyla güncellenir. SAR verilerine meta dataları ile birlikte ulaşılmaktadır; ancak genellikle bu meta datalardan sağlanan yörünge durum vektörleri doğru olmamaktadır. Bu nedenle ürün üretildikten sonra ulaşılabilen kesin yörünge dosyaları ile veriyi düzeltmek gerekmektedir. Yörünge konum düzeltme ana işlem adımları şu şekilde ifade edilebilir: (i) Kullanılan verinin başlangıç zamanını alınır, (ii) Kullanılan veriye uygun tipte ve başlama zamanındaki yörünge dosyasını bulunur; (iii) Her yörünge durum vektörü için sıfır Doppler zamanını alınır; (iv) Sıfır Doppler süresi etrafındaki en yakın 9 yörünge konumunun tespiti yapılır. Bu verilere Lagrange interpolasyonu ile yeni yörünge durum vektörünü hesaplanır.

Seviye 1 SAR verileri radyometrik düzeltme içermez ve bu nedenle radyometrik sapmalar içerir. SAR verisinde yapılan radyometrik kalibrasyonunun amacı, SAR görüntülerinin piksel değerlerinin sinyalin yansıdığı yüzeyin radar geri saçılmasını temsil etmesini sağlamaktır. S1A Seviye 1 ürünleri dijital numara (DN) olarak saklanır ve kalibrasyon için dört LookUp Tablosu (LUT) sağlar. Bunlar beta, gama, sigma değerlerini üretmeyi veya tekrar DN değerlerine dönmeyi sağlamaktadır.

Verilere uygulanan radyometrik kalibrasyonun matematiksel ifadesi eşitlik 3.6'da verilmiştir (Anonymous 6):

$$value(i) = \frac{|DN_i|^2}{A_i^2} \quad (3.6)$$

Seçilen LUT'lara bağlı olarak $value(i)$ β_{0i} , σ_{0i} , γ_i veya orijinal DN_i değerlerinden biri olurken; A_i için $betaSifir(i)$, $sigmaSifir(i)$, $gama(i)$ veya $dn(i)$ değerlerinden biri kullanılır.

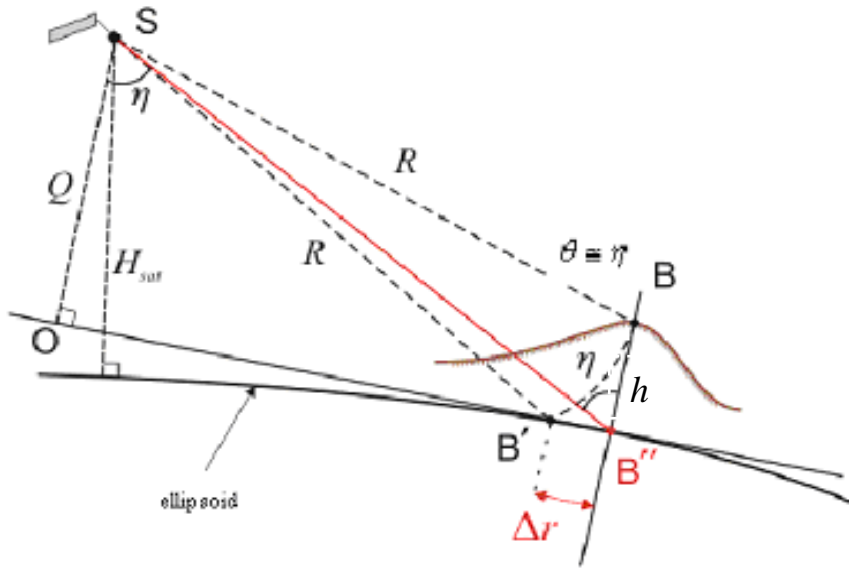
SAR görüntüleri, tuz ve karabiber dokusuna benzeyen kendine has lekeler barındırır. Benek gürültüsü olarak da adlandırılan bu lekeler, görüntünün kalitesini düşürmekte ve görüntünün yorumlanmasını zorlaştırmaktadır. Filtreleme ile mekânsal çözünürlüğü ve saçılma özelliğinin mevcut istatistiksel özellikleri koruyarak benek gürültü seviyesini azaltmak amaçlanmaktadır. Sunulan tez kapsamında SAR verilerine geliştirilmiş Lee filtresi (Refined Lee Filter) uygulanmıştır. Bu filtre, yerel gradyan bilgilerini kullanmak için değiştirilmiş istatistik bir yöntemdir. Bu yöntem, lokal istatistik filtreleme yöntemi tabanlıdır. Lokal istatistik filtreleme algoritması eşitlik 3.7’de verilmiştir:

$$Z_{i,j} = X_{i,j} + W_{i,j} \quad (3.7)$$

İki boyutlu $N \times N$ ’lik görüntünün (i,j) pikselinin parlaklığını $Z_{i,j}$, gürültü giderilmeden önceki pikseli ise $X_{i,j}$ gösterir. Yerel ortalama ve varyans, kenar yönüne bağlı olarak azaltılmış bir piksel kümesinden hesaplanır. Daha sonra kenarlar için bir eşik belirlenir ve eşikten daha düşük yerel varyansa sahip olan 7×7 piksellik alan düz olarak kabul edilir. Bu alanlar, normal Yerel İstatistik Filtresi kullanılarak filtrelendir. Yerel varyans eşikten büyükse, 7×7 piksellik alan kenar olarak kabul edilir ve filtreleme için geliştirilmiş Lee filtresi kullanılarak filtrelendir. Yöntemin sonuçları incelendiğinde kenar boyunca gürültünün azaltıldığı ve kenarın keskinliğinin arttığı tespit edilmiştir (Lee 1981).

SAR görüntülerinde, görüntü alınan alandaki topografik değişimler ve uydu sensörünün eğimi nedeniyle mesafe bozulmaları meydana gelebilir. Şekil 3.12’de SAR görüntülerinde meydana gelen topografik bozulmaların geometrisi gösterilmiştir. Elipsoid üzerindeki h yüksekliğinde bulunan B noktası, SAR görüntüsünde B' görülmektedir; ancak gerçekte bulunması gereken konum ise B'' noktasıdır. Bu B' ve B'' noktaları arasında bulunan Δr ise bize topografik bozuklukların etkisini göstermektedir.

Arazi düzeltmeleri ile amaçlanan görüntüdeki bu bozukluk ve çarpıklıkların düzeltilmesidir. Bu düzeltme sonucunda elde edilen görüntüler geometrik olarak alınan yer yüzeyiyle mümkün olduğunca yakın olması sağlanır. Düzeltme için Small ve Schubert (2008) tarafından önerilmiş olan Range Doppler Ortorektifikasyon Yöntemi kullanılmıştır. Burada algoritma ile meta verideki yörünge durum vektör bilgisini, radar zaman bilgileri, referans SYM verilerini kullanarak kesin coğrafi konum bilgisini elde etmek amaçlanır ve bunun için dönüşüm parametreleri kullanılır. Görüntü enterpolasyon tekniği kullanılarak yeniden örneklendirilerek düzeltme işlemi tamamlanır.



Şekil 3.12. SAR görüntülerinde topografik bozulmaların geometrisi (Anonymous 6)

3.3.4. Bulanık kümeleme

SAR görüntüleri, barındırdıkları yüksek gürültü ve deniz yüzeyinden dönen sinyallerin düzgün olmaması nedeniyle yorumlanması zor verilerdir. Bu sorunlar, kara ve su arasındaki kontrastın azalmasına neden olmaktadır (Liu and Jezek 2004). Kontrast farkının az olması kara-su geçişinin sınıflandırma teknikleri ile ayrılmasını ve kıyı çizgisinin kesin konumunun belirlenmesini zorlaştırmaktadır (Modava ve Akbarizadeh 2017). SAR görüntülerinin histogramı incelendiğinde düzenli bir Gauss dağılımı göstermediği görülmektedir. Bu düzensizlik, parametrik sınıflandırma teknikleri kullanırken parametrelerin deneysel olarak belirlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle parametrik olmayan sınıflandırma teknikleri, klasik sınıflandırma yöntemleri ile yapılan sınıflandırmaya göre daha yüksek doğruluk vermektedir (Demir vd. 2019).

Bulanık yöntemler kullanılarak yapılan segmentasyon çalışmaları (Bo vd. 2001, Tian vd. 2013; Modava ve Akbarizadeh 2017), kıyı çizgisi belirlemede iyi sonuçlar vermesine rağmen parametrelerin deneysel olarak belirlenmesini gerektirmektedir ve bu parametrelerin seçimi de kolay olmamaktadır (Xiang vd. 2013). Sunulan tez kapsamında, bu dezavantajın düzeltilmesi için ortalama kayma algoritmasının entegrasyonu ile parametrik olmayan yeni bir bulanık kümeleme yöntemi önerilmiştir.

Bulanık küme, sürekliliğe bağlı üyeliği olan objeler sınıfıdır. Bu kümeler, her bir objenin sıfır ile bir arasında değişen üyelik değerleri atayan bir üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Üyelik değerleri, kümelerin özelliklerine uygun üyelik fonksiyonu seçilerek belirlenmelidir (Zadeh 1965). Bu çalışmada, SAR verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan bulanık kümeleme yöntemi, González vd. (2014) tarafından önerilmiş ve Demir vd. (2016,2017,2019) tarafından yapılan çalışmalarda kıyı çizgisi belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Kıyı çizgisi pikselleri dışında kalan su ve arazi sınıfları için

standart sapma ve ortalama değerler arasındaki farkların büyük olması beklenmektedir. Bu nedenle, kıyı çizgisi belirlemek amacıyla ortalama ve standart sapmaya dayalı olan MS Large üyelik fonksiyonunun kullanımı tercih edilmiştir. Araziye ait piksellerin üyelik değerlerini belirlemek amacıyla aşağıda verilen 3.8 eşitliği kullanılmıştır:

$$\begin{aligned} & \text{if } x > a_k \cdot m_k: \\ \mu(x) &= 1 - \frac{(b_k \cdot \sigma_k)}{(x - (a_k \cdot m_k) + (b_k \cdot \sigma_k))} \end{aligned} \quad (3.8)$$

else:

$$\mu(x) = 0$$

Eşitlik 3.8 ile hesaplanan üyelik değerleri, 1'e yakın değer aldıklarında yüksek derecede bir üyeliğe sahip olduğu anlamına gelmektedir (Anonymous 7). Yöntem, su alanlarında uygulandığında ise piksel değeri arttıkça üyelik değerinin artması beklenmektedir. Bu amaçla, MS Large fonksiyonu ters çevrilerek yöntem su piksellerine uygulanmıştır. Suya ait piksellerin üyelik değerlerini belirlemek için 3.9 eşitliği kullanılmıştır:

$$\begin{aligned} & \text{if } x < a_s \cdot m_s: \\ \mu(x) &= \frac{(b_s \cdot \sigma_s)}{(x - (a_s \cdot m_s) + (b_s \cdot \sigma_s))} - 1 \end{aligned} \quad (3.9)$$

else:

$$\mu(x) = 0$$

Eşitlik 3.8 ve 3.9'da gösterilen m , piksellerinin ortalamasını ifade ederken; σ , piksellerinin standart sapmasını ifade etmektedir. a ve b çarpanları ise giriş parametrelerini gösterir ve bu parametrelerin kullanıcı tarafından belirlenmesi gerekmektedir. Parametrelerin belirlenmesi için SAR veri ile birlikte kullanılan ikinci veri setinden elde edilen kara ve su sınıfları kullanılmıştır. Bu sınıflar kullanılarak SAR verideki kara ve su pikselleri ayrıştırılarak her iki alana ait ortalama ve standart sapma değerlerinin tespiti sağlanmıştır.

Belirlenen bu istatistiksel değerler yardımıyla eşitliklerin Excel'de çözümünü yapılarak parametrelerin otomatik kestirimi sağlanmıştır. Arazi için gerekli parametrelerin belirlenmesi eşitlik 3.8 göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Araziye ait piksellerin üyelik grafiği düşünöldüğünde grafikte arazi piksellerinin ortalamasının üyelik değerinin 1 olması beklenirken su piksellerinin ortalamasının sahip olduğu üyelik değerinin 0 olması beklenmektedir. Bu değerler, Eşitlik 3.8'de kullanılarak arazi alanı için gerekli olan a ve b parametrelerinin belirlenmesi sağlanmıştır.

Su alanı için gerekli parametrelerin belirlenmesi eşitlik 3.9 kullanılmıştır. Suya ait üyelik grafiği düşünüldüğünde ise arazi piksellerinin tam tersi bir durum beklenmektedir. Burada su piksellerinin ortalamasının üyelik değerinin 1 olması ve kara piksellerinin ortalamasının üyelik değerinin ise 0 olması beklenmektedir. Su piksel ortalaması ve kara piksel ortalaması eşitlik 3.9'da kullanılarak su alanı için gerekli olan a ve b parametrelerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Belirlenen a ve b parametreleri kullanılarak her iki alan için üyelik değerleri belirlenmiştir.

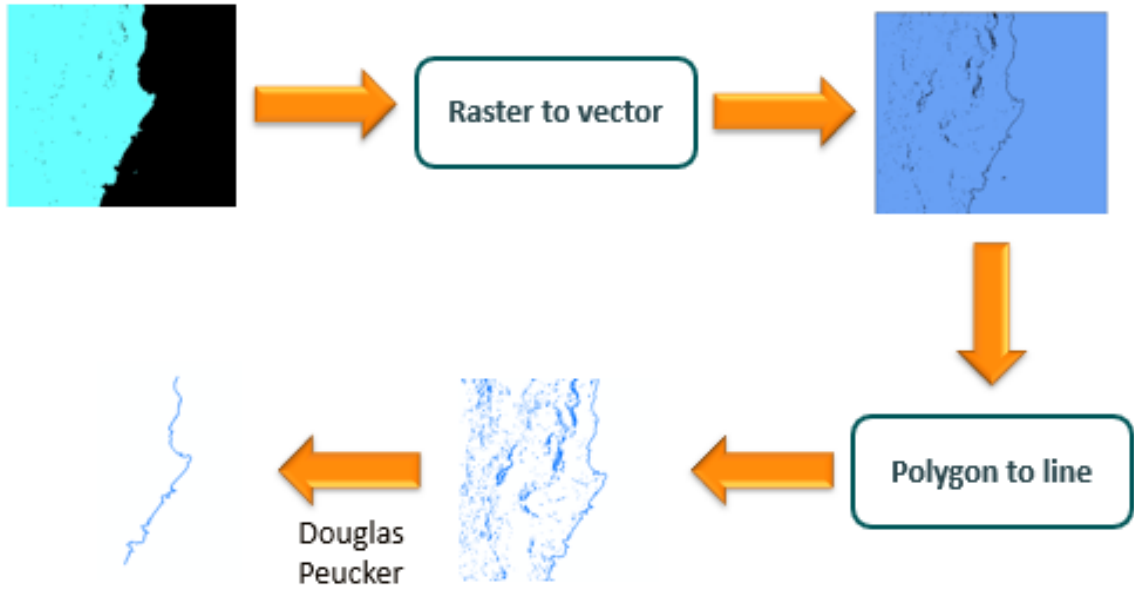
MS Large fonksiyonu ile üyelik değerleri belirlenerek elde ettiğimiz sonuçlar arazi ve suya ait piksellerin 0 ile 1 arasında değişen üyelik değeridir. Bu üyelik değerleri bize sınıfların açıkça tanımlanmadığı belirsiz bir alanı ifade eder. Sonuçların net değerlere dönüştürülmesi için durulaştırma (Defuzzification) denilen yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında yaygın kullanılan durulaştırma yöntemlerinden olan Merkezi Yöntem (Centroid Method) kullanılmıştır. 1985 yılında Sugeno tarafından geliştirilen bu yöntem (Sugeno 1985), ağırlık merkezi veya alan belirsizleştirme merkezi yöntemi olarak da adlandırılmaktadır (Naaz vd. 2011). Merkezi yöntem Naaz vd. (2011) tarafından 3.10 eşitliğindeki gibi formüleştirmiştir:

$$z_{cog} = \frac{\int_z \mu_A(z)zdz}{\int_z \mu_A(z)dz} \quad (3.10)$$

zcog net değeri, $\mu_A(z)$ toplu üyelik fonksiyonunu ve z çıktı değişkenini ifade eder. Merkezi yöntem uygulanarak elde edilen net değer, su ve arazi piksellerini belirlemek için eşik değeri olarak kullanıldı.

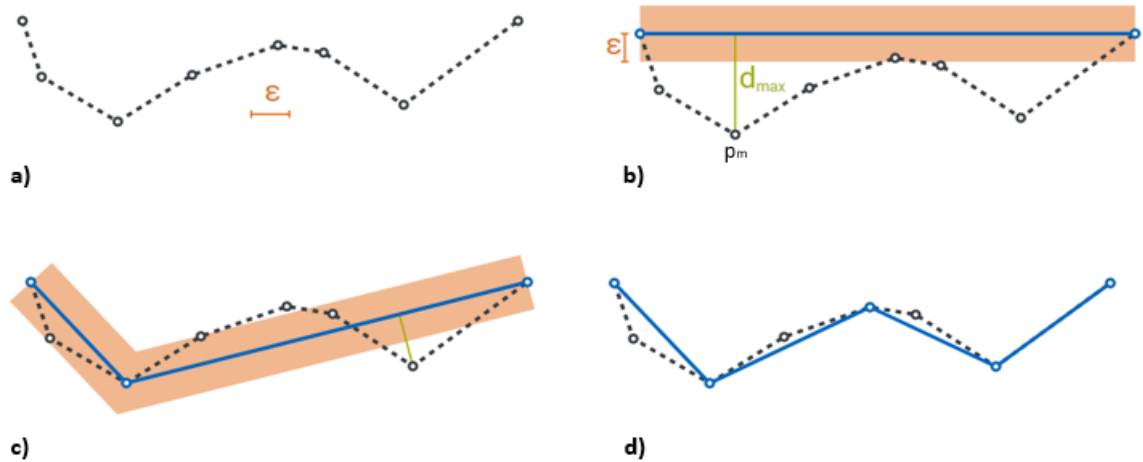
3.3.5. Son işleme

Yöntemin bu aşamasında verilerden elde edilen su-kara sınıflarına ait raster formatındaki görüntüler QGIS programı kullanılarak sırasıyla poligon ve çizgi vektör formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra en uzun çizginin seçimi ile kıyı çizgisi tespiti yapılmıştır. Elde edilen kıyı çizgileri raster verilerden çıkarıldıkları için zikzaklı bir yapıya sahiptir. Kıyı çizgisinde mevcut olan bu zikzaklı yapıyı ortadan kaldırmak için, Douglas-Peucker düzenleme algoritması (Douglas ve Peucker 1973) uygulanmıştır. Son işleme aşamasında yapılan işlemler Şekil 3.13'de detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 3.13. Son işleme aşaması iş akış şeması

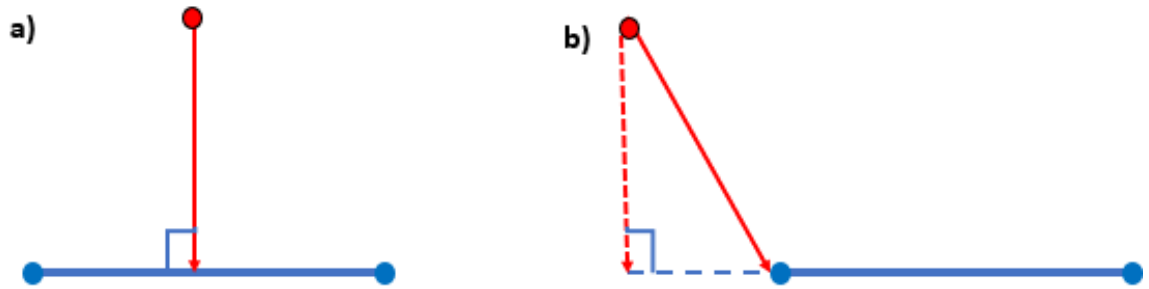
Douglas-Peucker algoritması, en yaygın kullanılan çizgi basitleştirme yöntemlerinden biridir. Çizginin genel hattını bozmadan gerekli olmayan noktaların çıkartılmasını sağlar. Algoritmanın mantığı, başlangıçta verilen n tane noktadan oluşan C çizgisinde ($C=p_1, p_2, \dots, p_n$), kullanıcı tarafından belirlenen ϵ tolerans mesafesi ile başlar. Daha sonra başlangıç p_1 noktası ile son nokta p_n noktasından bir eğri çizilir (Şekil 3.14.a), geriye kalan $(n-2)$ tane noktanın bu çizgiye olan uzaklıkları hesaplanır. Bu eğriye en uzak olan p_m noktası belirlenir (Şekil 3.14.b). Bu d_{max} mesafesi belirlenen tolerans mesafesinden büyükse p_m noktası tutularak nokta kümesi p_1, p_2, \dots, p_m ve p_m, p_2, \dots, p_n olarak parçalanarak algoritma tekrar uygulanır (Şekil 3.14.c). Bu işlem yineleme durana kadar devam ederek nihai çizgi elde edilir (3.14.d).



Şekil 3.14. Douglas-Peucker algoritması (Anonymous 8)

3.3.6. Kalite analizi

Elde edilen kıyı çizgilerinin doğruluklarının gösterilmesi için nicel bir analiz yapılması gerekmektedir. Sunulan bu tez kapsamında elde edilen kıyı çizgilerinin kaliteleri Near analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu analizin mantığı, belirlenen iki katman arasındaki en yakın mesafeyi hesaplamaya dayanmaktadır. Nokta verilerinin diğer çizgiye olan en yakın mesafesi hesaplanır. Near analizi ile mesafe hesaplanmasında iki yaygın durum vardır (Anonymous 9). Bu durumlarda mesafe hesaplaması şu şekilde yapılır: Noktanın belirlenen çizgiye en yakın mesafesi çizgiyi dik olarak kestiği mesafe alınır (Şekil 3.15.a) ya da nokta çizgiyi dik olarak kesmiyor ise en yakın uç köşeye olan mesafe en kısa mesafe olarak alınır (Şekil 3.15.b).



Şekil 3.15. Near analizi ile en yakın mesafe seçimi

3.4. Kullanılan Yazılımlar

Bu tez kapsamında önerilen yöntemin uygulanması amacıyla aşağıdaki yazılımlardan yararlanılmıştır.

SNAP 6.0

ArcGIS 10.5

QGIS 3.6

Orfeo Toolbox

Global Mapper 18

Python 3.5

Excel

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sunulan tez kapsamında Kestel Baraj Gölü ve Whanganui Körfezi olmak üzere iki farklı çalışma alanı üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Bu nedenle, sonuçlar değerlendirilirken iki ana başlık altında incelenmiştir.

4.1. Kestel Baraj Gölü Sonuçları

Bu bölümde her veri setinden elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında verilmiş ve diğer kısımda elde edilen sonuçlara ait kalite analizi verilerek sonuçlar tartışılmıştır.

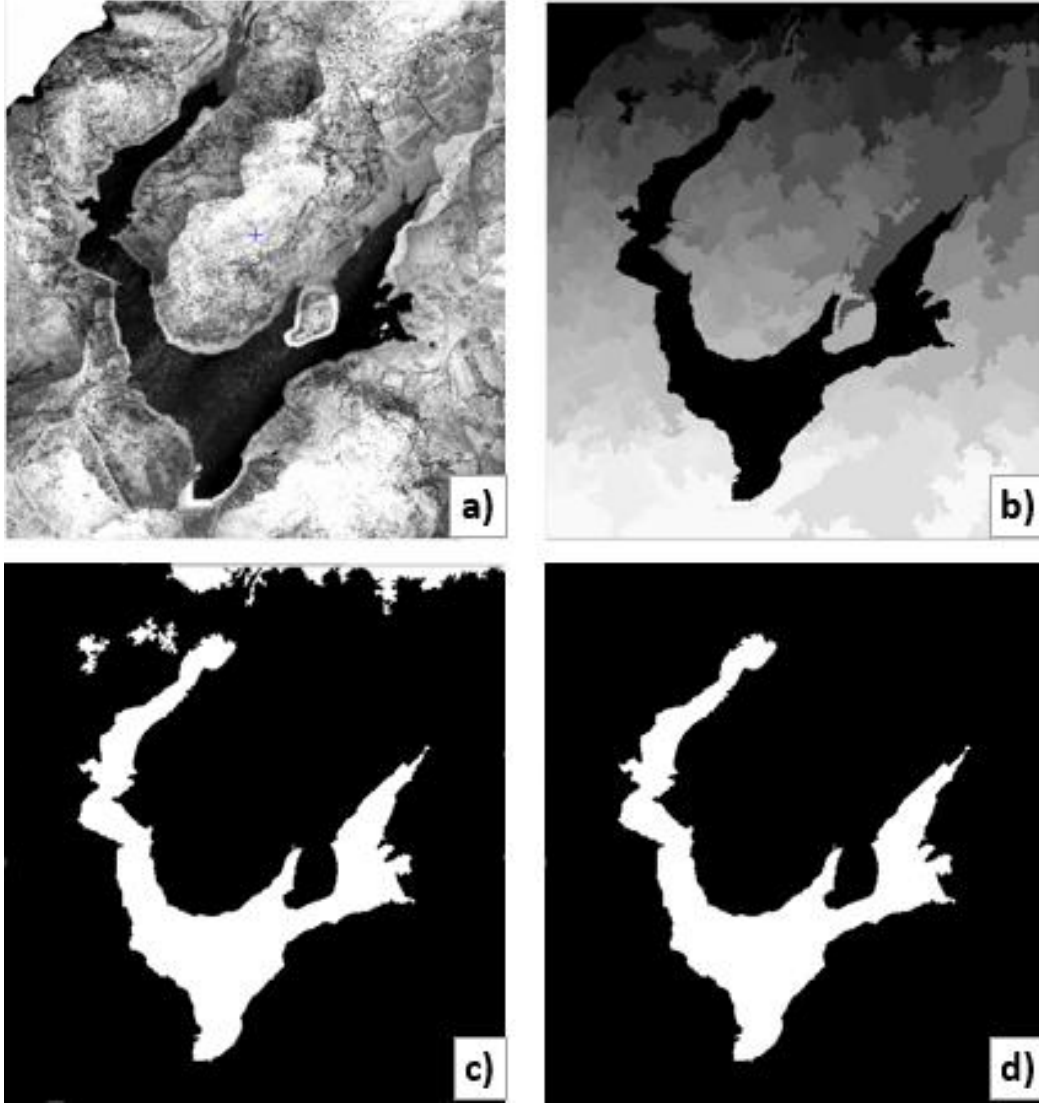
4.1.1. LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen sonuçlar

LIDAR verisine uygulanan segmentasyon işlemi üç ana adımdan oluşmuştur: (i) LIDAR yoğunluk verilerinin belirlenen grid büyüklüğünde birleştirilmesi, (ii) Filtreleme ve ortalama kayma segmentasyonunun uygulanması ve (iii) ikili görüntünün oluşturulması. LIDAR yoğunluk verilerine uygulanan bu üç adım sonucunda, kara-su sınıflarını içeren ikili görüntü elde edilmiştir.

LIDAR yoğunluk verisi, yüksek çözünürlüğü sahiptir; ancak 10 metre çözünürlüğe sahip SENTINEL-1A verilerinden parametre elde etmek için kullanılacağından grid büyüklüğü 3 m olarak ayarlanmıştır (Şekil 4.1.a). Veri ortalama kayma segmentasyonu ile sınıflandırılmadan önce Orfeo Toolbox'da bulunan ortalama kayma yumuşatma filtresi kullanılarak filtrelenmiştir. Filtrelenen veri, ortalama kayma segmentasyonu kullanılarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.1.b). Ortalama Kayma filtreleme ve sınıflandırma işlemi aşamasında kullanılan parametreler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sınıflandırılan görüntüye Otsu yöntemi uygulanarak global eşik değeri belirlenmiştir. Bu işlem sonucunda eşik değeri 68 olarak belirlenmiştir. Bu eşik değeri, görüntüye uygulanarak kara ve suyun bulunduğu ikili görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.1.c). Şekil 4.1.c'de verilen görüntüde görüldüğü gibi elde edilen ikili görüntüde göl dışında kalan bazı arazi alanları da su alanı olarak tespit edilmiştir. Bu küçük alanların ayıklanarak doğru kara-su alanlarının tespitinin yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, python programlama dili kullanılmış ve hatalı tespit edilen küçük alanların eliminasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, binary görüntüdeki alanlar kullanılan komut ile etiketlenmiş ve en büyük alana sahip etiket seçilerek diğer alanlar çıkartılmıştır. Bu işlem sonucunda kara-su sınıflarının nihai sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 4.1.d). Elde edilen bu ikili görüntü, SAR verisi için gerekli olan parametrelerin belirlenmesi için kullanılmıştır.

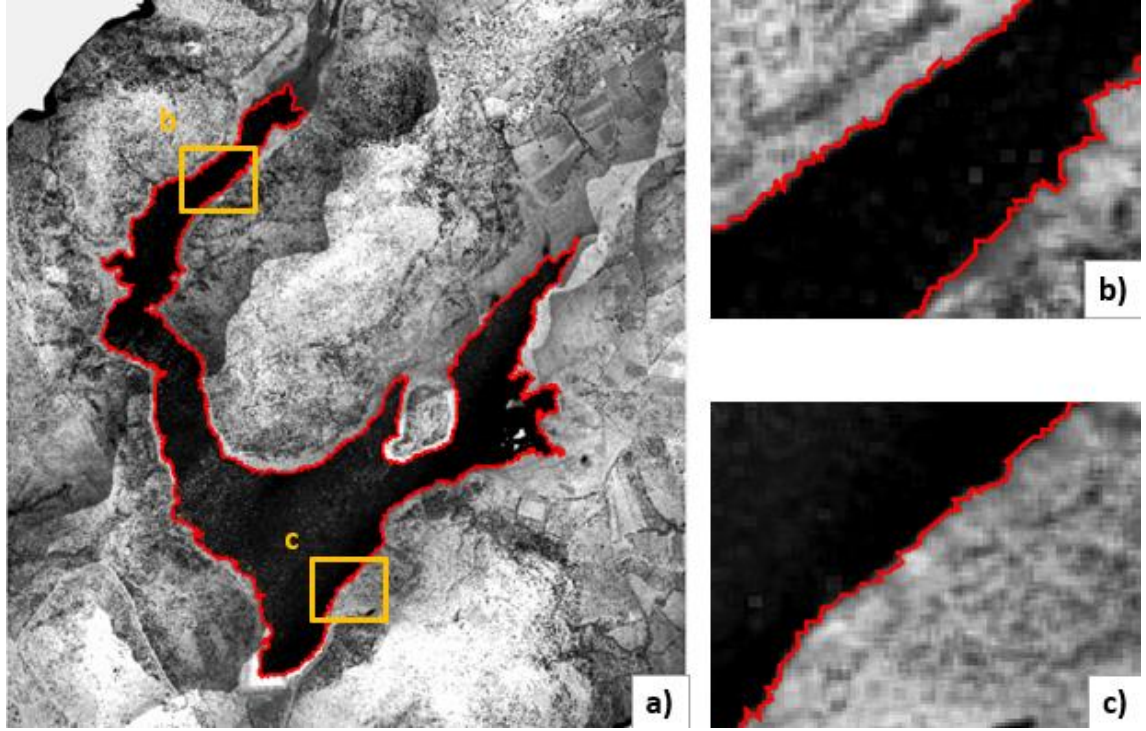
Çizelge 4.1. Ortalama kayma segmentasyon parametreleri

	Ortalama Kayma Filtresi	Ortalama Kayma Segmentasyonu
Mekânsal Yarıçap	5	5
Menzil Yarıçapı	10	10
Maksimum Yineleme	100	100
Minimum Bölge	-	1000



Şekil 4.1. a) LIDAR yoğunluk verisi; b) Ortalama kayma segmentasyon sonucu; c) Eşik değeri uygulanan görüntü; d) Elde edilen kara-su sınıfı görüntüsü

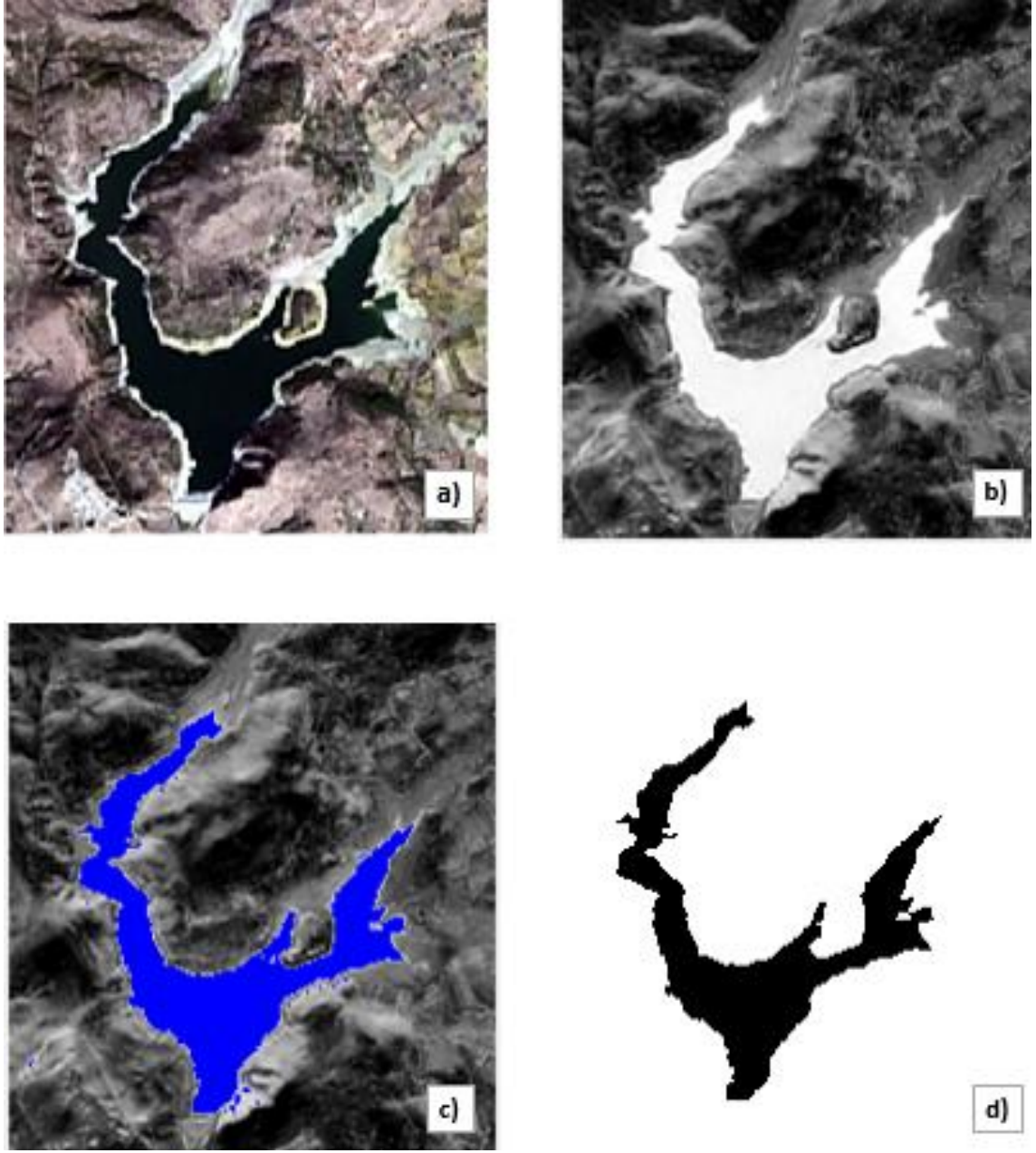
LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen ikili görüntü işlenerek kıyı çizgisi çıkartılmıştır. Bu kıyı çizgisi daha sonra sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmış olup yapılan vektörizasyon işlemlerinden sonra LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen kıyı çizgisinde Douglas-Peucker algoritması uygulanmıştır. Elde edilen kıyı çizgisinin son hali Şekil 4.2.a'da, alınan kesitler ise Şekil 4.2.b ve Şekil 4.2.c'de verilmiştir.



Şekil 4.2. a) LIDAR yoğunluk verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

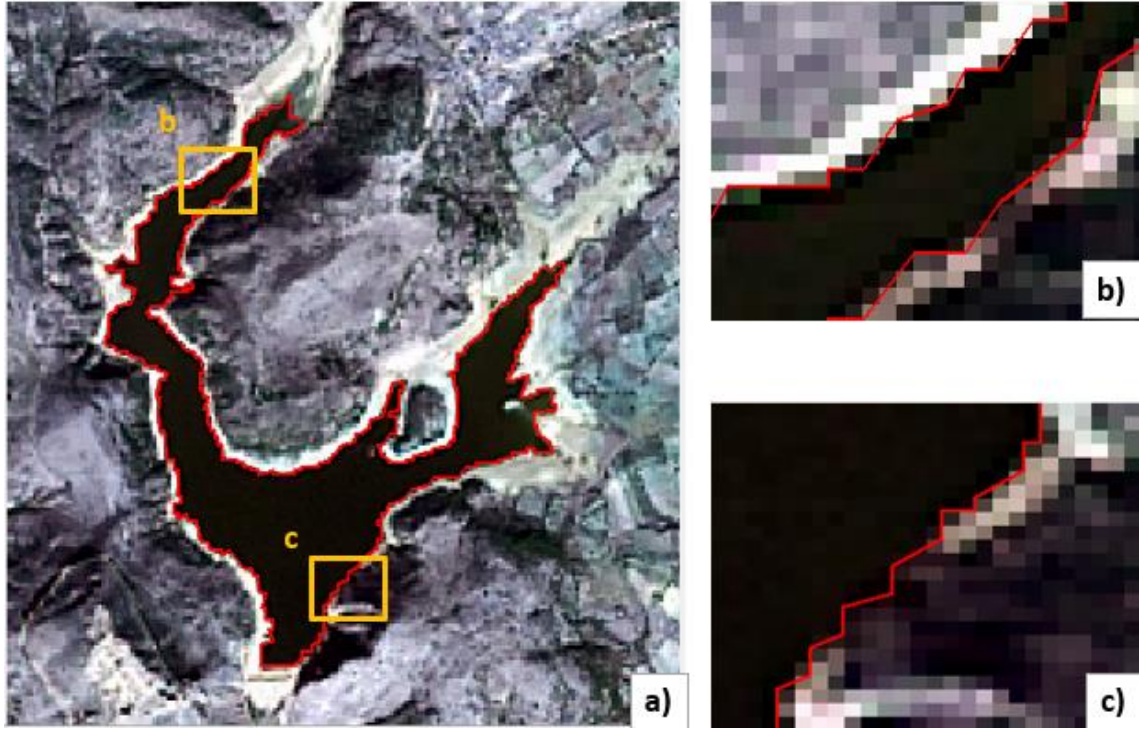
4.1.2. LANDSAT-8 verisinden elde edilen sonuçlar

LANDSAT-8 verilerinin işlenmesinde ön aşama olarak bantlar birleştirilmiştir. Birleştirilen bantlar, pankromatik bant kullanımı ile keskinleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda 30 m mekânsal çözünürlüklü LANDSAT-8 görüntüsünden 15 m mekânsal çözünürlüklü görüntü elde edilmiştir (Şekil 4.3.a). Bir sonraki aşamada verinin Yeşil ve SWIR bantları kullanılarak MNDWI indeksi hesaplanmıştır (Şekil 4.3.b). MNDWI ile piksel değerleri -1 ile 1 arasında değişen, su ve kuru alan arasında ki ayrımın daha kolay yapılmasını sağlayan görüntünün elde edilmesi sağlanmıştır. Daha sonra Kula ve Demir (2018) tarafından önerilen yöntem kullanılarak kara ve su sınıfını tespit etmek için gerekli olan eşik değeri belirlenmiştir. Eşik değeri 0,04 olarak hesaplanmış ve bu eşik değeri yardımıyla su alanının görüntüden ayrılması sağlanmıştır. Şekil 4.3.c'de gösterilmiş olan mavi alan eşik değeri ile belirlenen su alanını göstermektedir. Daha sonra belirlenen küçük alanlar çıkartılarak Şekil 4.3.d'de gösterilmiş olan su ve kara alanına ait ikili görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.3. a) Doğrusal renk kombinasyonu ile açılmış LANDSAT-8 verisi; b) MNDWI görüntüsü; c) Eşik değeri uygulanmış görüntü; d) Kara-su sınıfı görüntüsü

LANDSAT-8 görüntüsünden kıyı çizgisi elde edilmesi amacıyla ikili görüntü vektöre çevrilerek işlenmiştir. Douglas-Peucker algoritması uygulandıktan sonra elde edilen kıyı çizgisi ve alınan kesitler Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

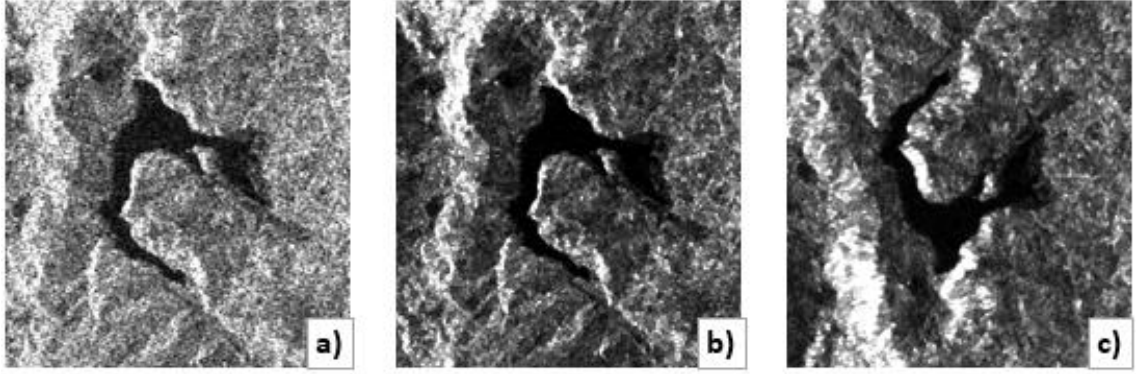


Şekil 4.4. a) LANDSAT-8 OLI verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

4.1.3. SENTINEL-1A verisinden elde edilen sonuçlar

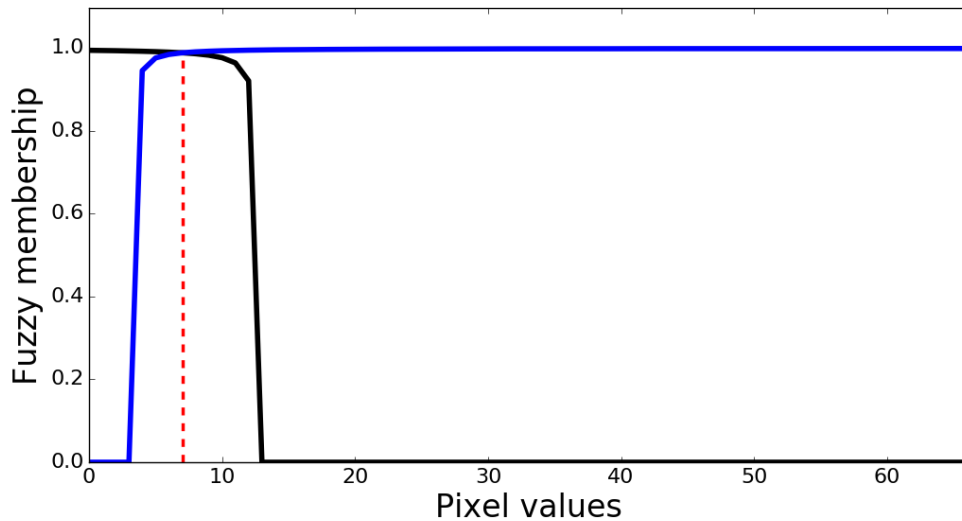
SENTINEL-1A görüntüsü LIDAR ve LANDSAT-8 OLI görüntüleri ile çakışmamaktadır. Görüntüleri çakıştırmak için LIDAR veri referans alınarak SAR verisi ile özellik eşleştirme yapılmıştır. Bu amaçla yaklaşık 25 tane nokta eşleştirilmiştir. 2.derece polinomal transfer türü ve yeniden örnekleme için en yakın komşuluk yöntemi seçilerek görüntüler çakıştırılmıştır.

SAR verisi önce kesilerek tahmini çalışma alanı çıkartılmış (Şekil 4.5.a) ve yörünge düzeltme işlemi uygulanmıştır. Görüntülerden sigma değerlerinin çıkarılması için görüntü kalibrasyonu yapılmıştır. Bir sonraki aşamada yoğun tuz-biber gürültüsü içeren SAR verisine Refined Lee filtresi uygulanmıştır. Filtreleme sonucunda elde edilen görüntü Şekil 4.5.b'de verilmiştir. Ön analizin son aşaması olan arazi düzeltmesinde SRTM 1sec HGT modeli seçilerek bilinear interpolasyon yöntemi ile görüntü yeniden örneklenmiştir. Arazi düzeltmesi sonrasında elde edilen Kestel Gölü'ne ait SAR verisi Şekil 4.5.c'de verilmiştir.



Şekil 4.5. a) Ham SAR verisi; b) Gürültü filtrelemesi uygulanmış SAR görüntüsü; c) Arazi düzeltmesi tamamlanmış SAR verisi

Şekil 4.5.c’de verilen görüntü SAR veri çalışma alanını göstermekte olup bu verinin sınıflandırılması için öncelikle veriden kara ve suya ait ortalama ve standart sapma değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, LIDAR yoğunluk verisi ve LANDSAT-8 OLI görüntülerinden elde edilen kara-su sınıfları kullanılmış ve sınıflandırma için gerekli parametrelerin hesaplanması yapılmıştır. Bu parametreler kullanılarak MSLarge bulanık üyelik fonksiyonu kullanılarak piksellerin üyelik değeri belirlenmiştir. Şekil 4.6 bulanık üyelik grafiği verilmiştir. Burada mavi alan kara piksellerinin bulanık üyeliğini temsil ederken siyah su piksellerinin bulanık üyeliğini belirlemektedir. Kırmızı çizgi ise merkezi yöntem kullanılarak belirlenen eşik değerini göstermektedir. Önerilen yöntem ile her iki alana ait otomatik olarak belirlenen istatistiksel değerler ve parametreler Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.6. Bulanık üyelik grafiği

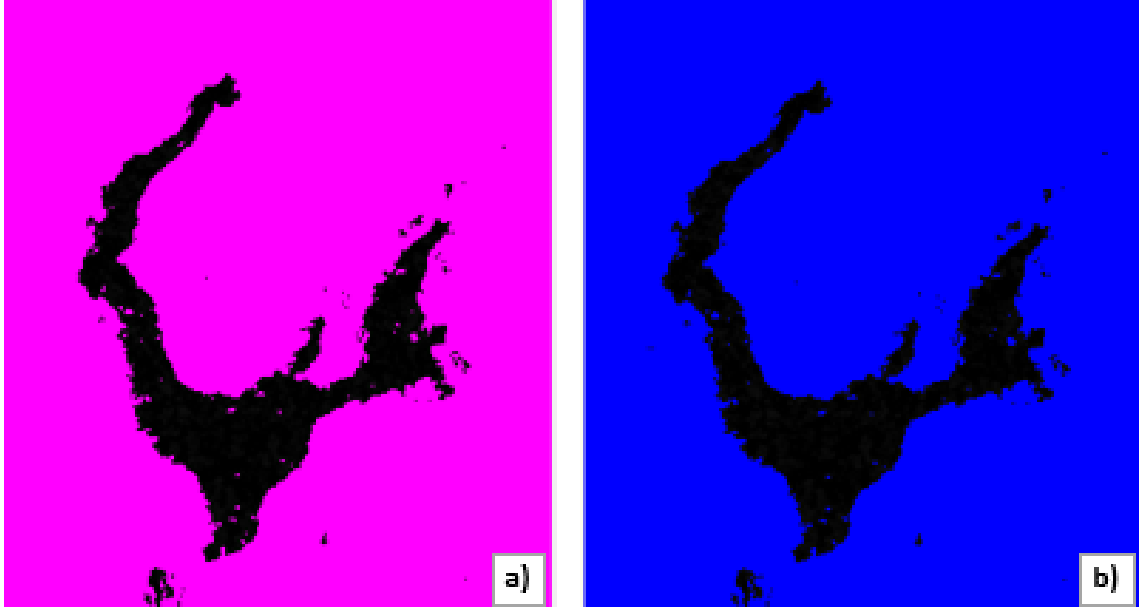
Çizelge 4.2. Kestel baraj gölü S1A verileri için LIDAR verisi kullanılarak hesaplanan parametreler

Kara		Su	
Ortalama	29,63	Ortalama	4,46
Standart Sapma	61,78	Standart Sapma	3,54
a	0,05	a	2,07
b	0,005	b	0,013
Eşik Değeri = 6,25			

Çizelge 4.3. Kestel baraj gölü S1A verileri için LANDSAT-8 verisi kullanılarak hesaplanan parametreler

Kara		Su	
Ortalama	29,30	Ortalama	4,74
Standart Sapma	63,16	Standart Sapma	7,26
a	0,06	a	1,87
b	0,004	b	0,006
Eşik Değeri = 6,08			

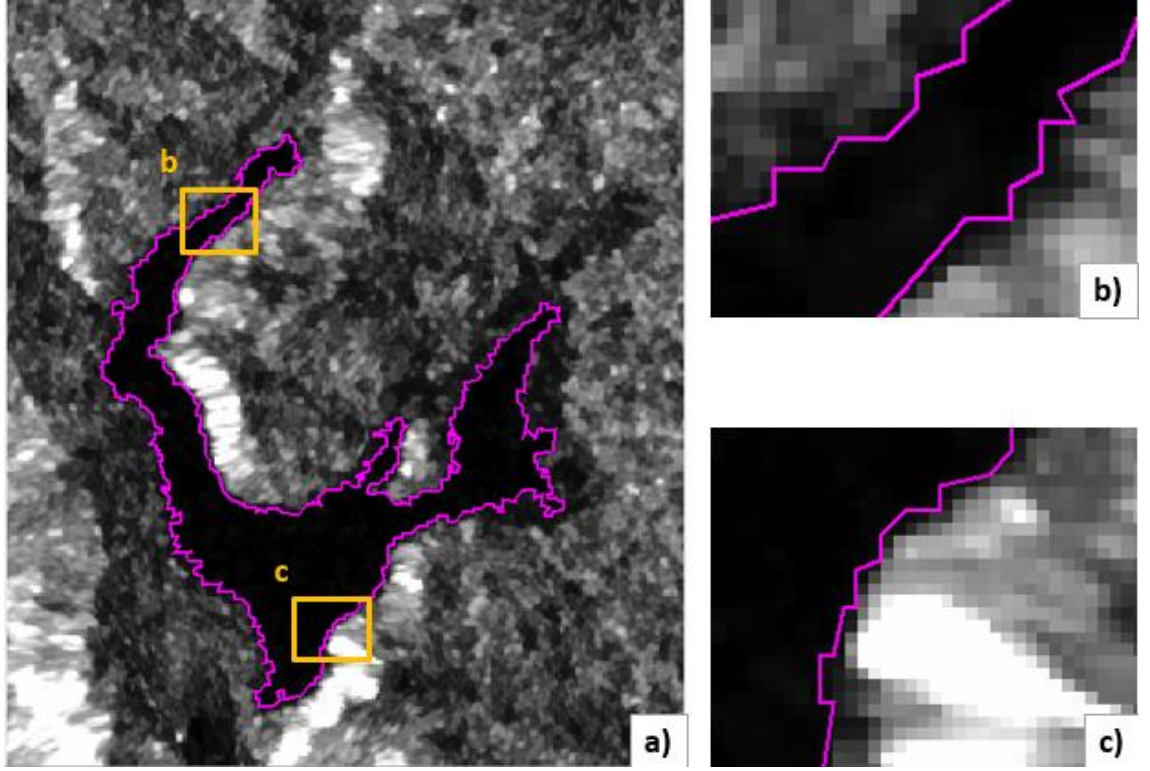
SENTINEL-1A verisi, her iki veri setinden elde edilen su-kara sınıfı görüntüleri kullanılarak belirlenen istatistiksel parametreler kullanılarak bulanık üyelikleri hesaplanmıştır. Merkez yöntemi ile belirlenen eşik değerleri Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de de belirtildiği gibidir. LIDAR veri seti kullanılarak elde edilen 6,25 eşik değeri kullanılarak elde edilen kara-su sınıflandırılmasına ait görüntü Şekil 4.7.a'da verilmiştir. Şekil 4.7.b'de, LANDSAT-8 veri seti ile yapılan analiz sonucunda belirlenen 6,08 eşik değeri ile yapılan sınıflandırma sonucu görülmektedir.



Şekil 4.7. a) LIDAR veri seti kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucu; **b)** LANDSAT 8 kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucu

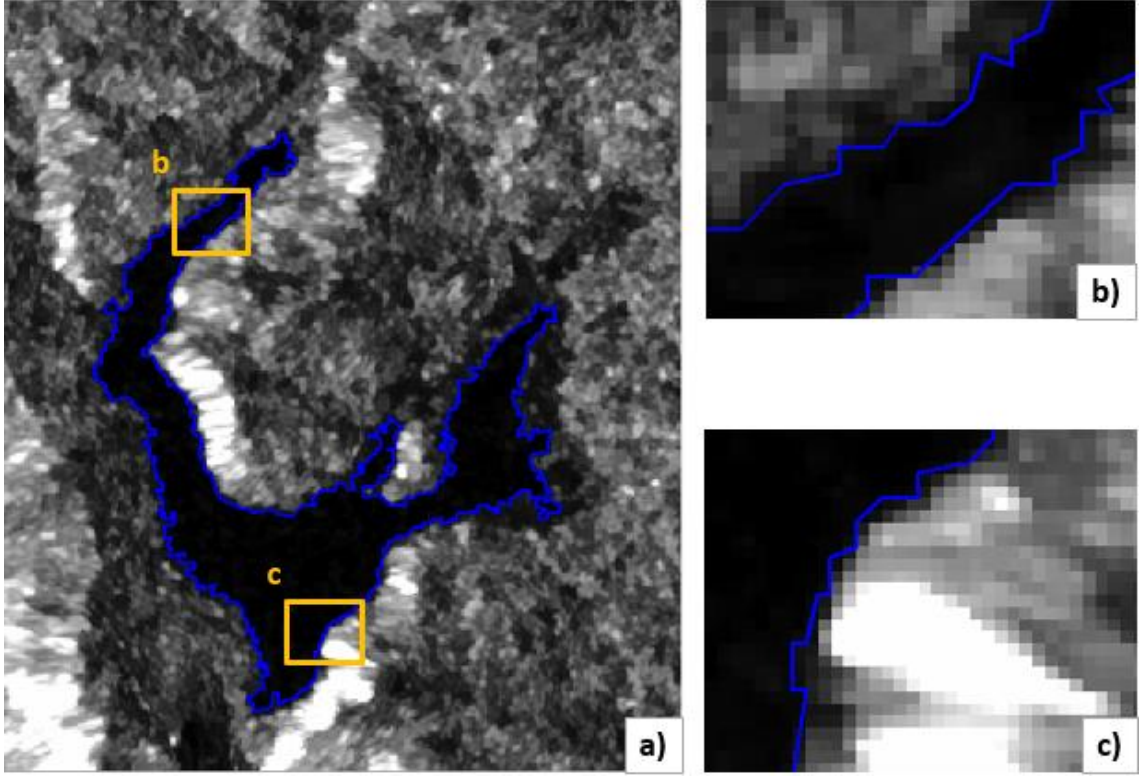
Raster veri formatındaki sınıflandırma sonuçları vektör formatına dönüştürülerek çizgi veri formatında çıktı elde edilmesi sağlanmıştır. Elde edilen sonuçtan en uzun çizginin seçimi yapılarak kıyı çizgisinin çıkartılması sağlanmış olup uygulanan Douglas-Peucker algoritması ile kıyı yapısına daha uygun kıyı çizgisinin elde edilmiştir. Çalışma sonucunda Kestel Baraj Gölü'nde ait iki farklı veri seti kullanılarak yapılan analizler doğrultusunda iki farklı nihai kıyı çizgisi elde edilmiştir.

LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen kara-su sınıfı kullanılarak otomatik olarak elde edilen kıyı çizgisi Şekil 4.8.a'da verilmiştir. Şekil 4.8.b ve Şekil 4.8.c çıkartılan kıyı çizgisinden yakınlştırılmış kesitleri göstermektedir.



Şekil 4.8. a) LIDAR veri kullanılarak SAR verisinden elde edilen kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

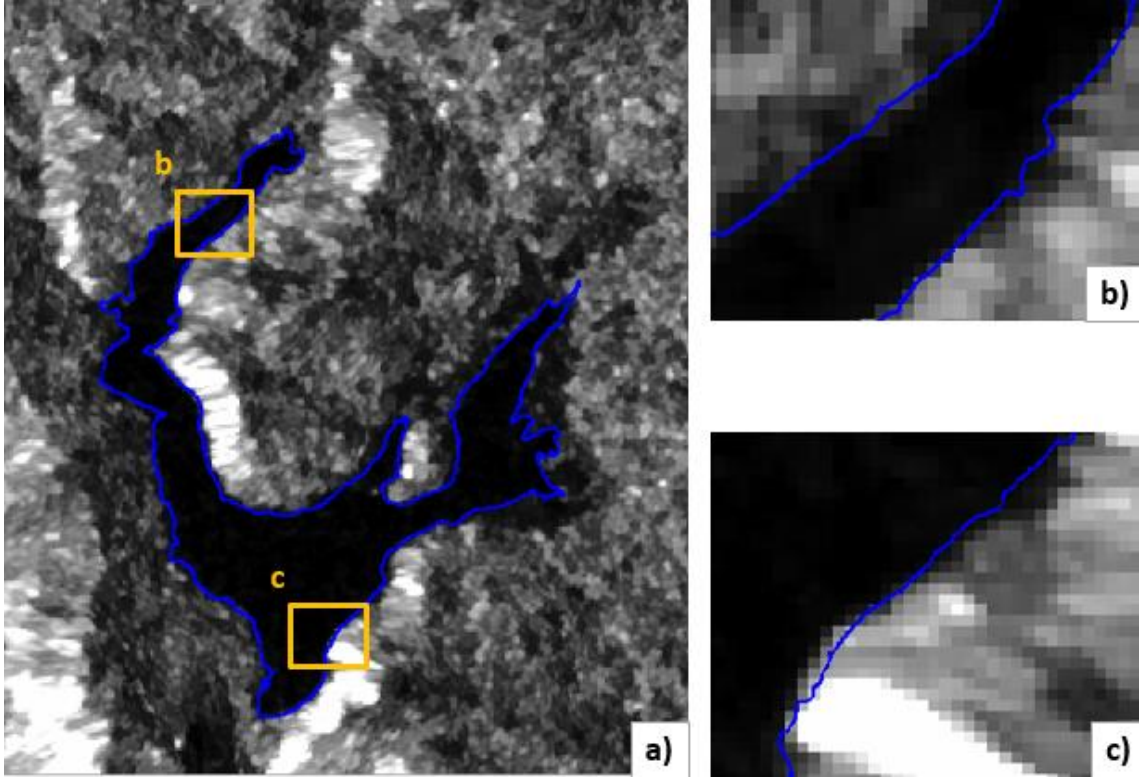
Önerilen yöntem ile LANDSAT-8 verisinden elde edilen kara-su sınıfı kullanılarak otomatik olarak elde edilen kıyı çizgisi sonucu ise Şekil 4.9.a'da görülmektedir. Çıkartılan kıyı çizgisinden alınan kesitleri Şekil 4.9.b ve Şekil 4.9.c'de detaylı olarak görebilirsiniz.



Şekil 4.9. a) LANDSAT-8 veri kullanılarak SAR verisinden elde edilen kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

4.1.4. Referans kıyı çizgisi

Kıyı çizgileri uygulanan algoritma ile düzenleştirdikten sonra referans veri ile kalite değerlendirilmesi yapılmıştır. Referans veri, Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan hava fotoğraflarından elde edilmiştir. 11 Mayıs 2014 tarihinde toplanan bu görüntüler Ultracam Eagle Kamera ile zeminden 10 cm yükseklikten toplanmıştır. Hava fotoğraflarının fotogrametrik olarak değerlendirilmesi ile referans kıyı çizgisi elde edilmiştir. Referans kıyı çizgisinin SAR verisi üzerinde görselleştirilmiş hali Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10. a) Referans kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

4.1.5. LIDAR yoğunluk verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgilerinin kalite analizi sonuçları

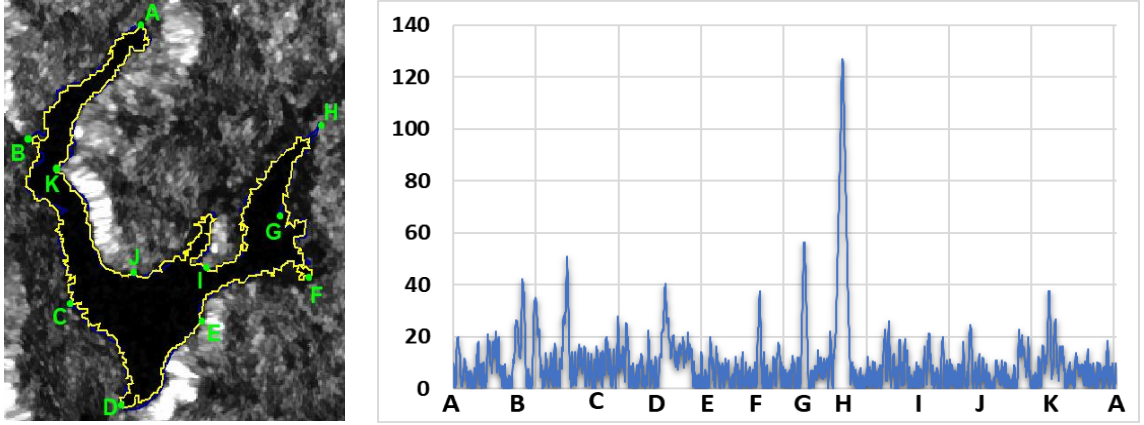
LIDAR yoğunluk verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgileri referans veri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz aşamasında öncelikli olarak kıyı çizgisi dönüşümü yapılmıştır. Bu amaçla elde edilen kıyı çizgileri 3m’de bir nokta olacak şekilde nokta veri formatına dönüştürülmüştür. 3 m’de bir noktaya dönüştürülmesinin sebebi ise LIDAR yoğunluk verisi çözünürlüğü 3m iken S1A 10 m çözünürlüğe sahiptir. Nokta veriye dönüştürülen kıyı çizgisi diğer kıyı çizgileri Near analizi ile değerlendirilmiştir. Nokta verisinin çizgiye olan en yakın uzaklığının hesaplanması mantığı ile çalışan bu algoritma ile kıyı çizgileri arasındaki mesafeler ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kestel baraj gölü S1A-LIDAR kıyı çizgileri kalite analizi sonuçları (Referans: referans kıyı çizgisi, S1A: LIDAR veri eğitim seti olarak kullanıp S1A'dan elde edilen kıyı çizgisi, LIDAR: ortalama kayma segmentasyonu ile LIDAR veriden elde edilen kıyı çizgisi)

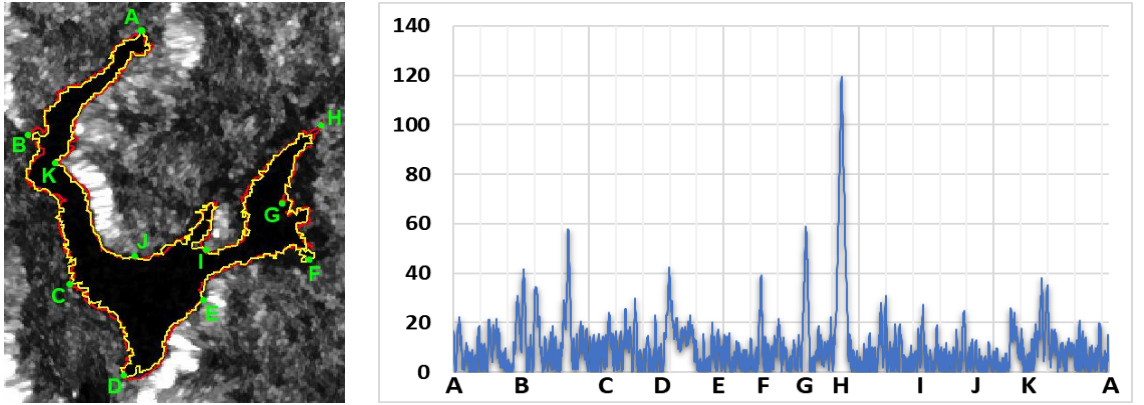
Referans – S1A		Referans -LIDAR		S1A -LIDAR	
Ortalama	9,87 m	Ortalama	1,76 m	Ortalama	9,76 m
Standart Sapma	10,04 m	Standart Sapma	1,51 m	Standart Sapma	11,45 m
Medyan	6,53 m	Medyan	1,36 m	Medyan	6,70 m

Çizelge 4.4'de de görüldüğü gibi referans kıyı çizgisi ile SENTINEL-1A'dan elde edilen kıyı çizgisi arasında ortalama 9,87 m'lik bir hata tespit edilmişken LIDAR veriden elde edilen sonuçla ortalama 1,76 m'lik bir hata bulunmuştur. SENTINEL-1A ve LIDAR karşılaştırmasında ise ortalama hata 9,76 m bulunmuştur. Sonuçlarda da görüldüğü gibi LIDAR veri en iyi sonucu vermiştir; ancak piksel bazlı hata değerlendirildiğinde ortalama hataların hepsinin bir piksel altı olduğu belirlenmiştir.

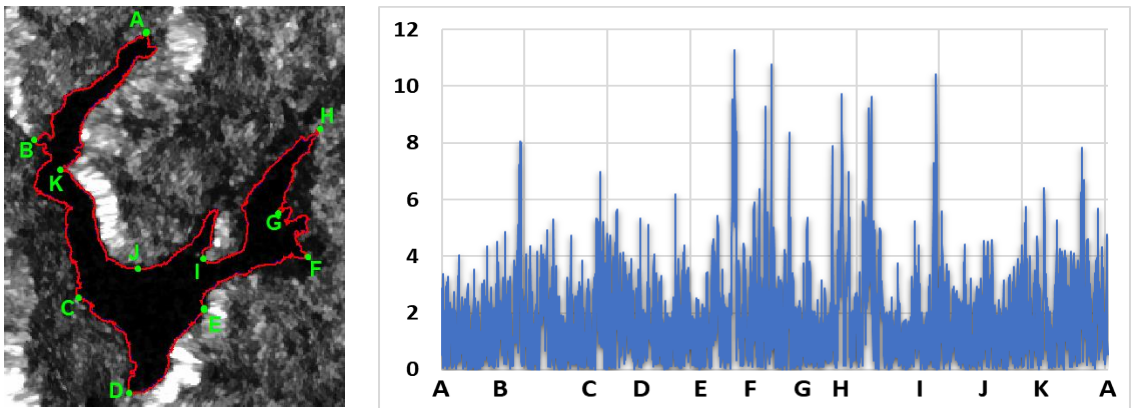
Bu tez kapsamında uygulanan kalite analizi ile kıyı çizgisi boyunca tespit edilen farklılıkların görülmesi sağlanmıştır. Elde edilen bu konumsal farkların daha detaylı incelenebilmesi için grafik üzerinde gösterilmiştir (Bkz Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Grafik A noktasından K noktasından tekrar A noktasına bağlanmaktadır. Grafik bu noktalar arasında hesaplanan farkları göstermektedir. Grafikler incelendiğinde H noktası 60 m'nin üstündeki farkla en büyük hata değerine sahiptir. Önerilen yöntem ile bu alanda SAR verisinden su sınırının çıkarımında başarılı sonuçlar elde edilememiştir. H noktasının bulunduğu alan Şekil 4.14'de detaylandırılmıştır. Şekil 4.14.a'da verilmiş olan alana ait SAR görüntüsü değerlendirildiğinde yanlış tespit edilen bölgede suya ait bir yansıma görülmemektedir. Arazi ile benzer bir yansıma göstermektedir ve bu alan suyun çekildiği nemli toprak alan olarak değerlendirilebilir. Şekil 4.14.b'de verilen LIDAR veride net olarak alan görülmektedir ve Şekil 4.14.c'de kıyı çizgileri görselleştirilerek tespit edilen farkın görsel olarak verilmesi sağlanmıştır. Farkların 20 metrenin üzerinde olduğu kısımlar kıyıda olan küçük girinti ve çıkıntıların olduğu alanlarda görülmektedir.



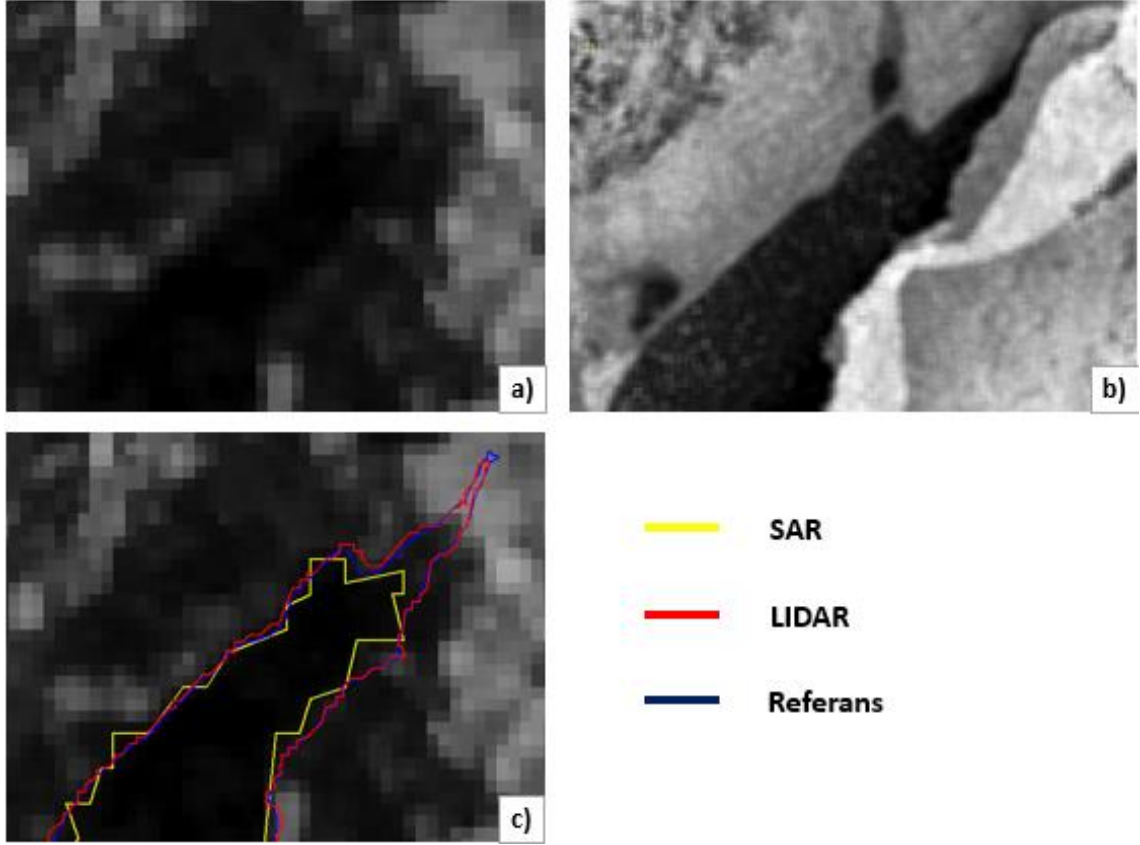
Şekil 4.11. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (SAR: sarı, referans: mavi)



Şekil 4.12. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile LIDAR veriden çıkarılan kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (SAR: sarı, LIDAR: kırmızı)



Şekil 4.13. LIDAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (LIDAR: kırmızı, referans: mavi)



Şekil 4.14. En büyük farkın tespit edildiği alanlar: a) SAR verisi; b) LIDAR yoğunluk verisi; c) SAR verisi üzerinde kıyı çizgilerinin gösterimi

4.1.6. LANDSAT-8 OLI verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgilerinin kalite analizi sonuçları

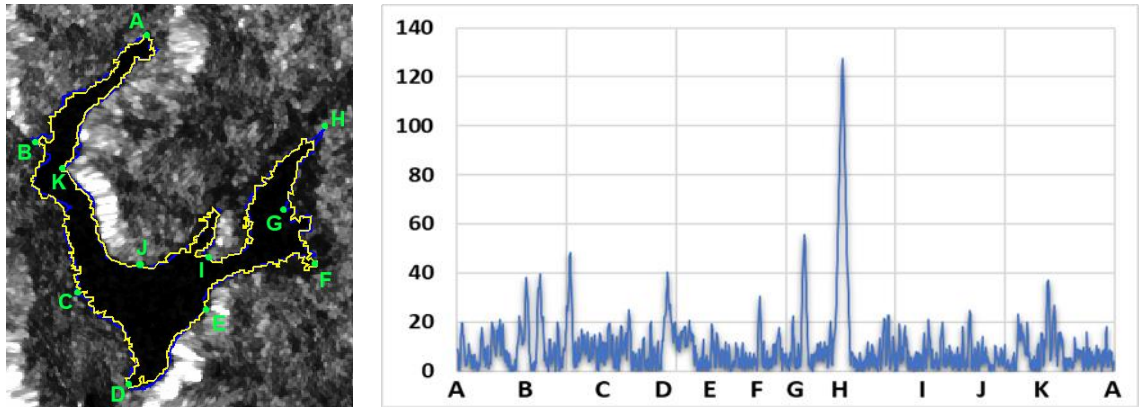
LANDSAT-8 görüntüleri keskinleştirme yapılarak görüntüler 30 m çözünürlükten 15 m çözünürlüğe getirilmiştir. Bu değerlendirme kısmında en yüksek çözünürlüklü veri 10 m ile SENTINEL-1A verisidir. Bu nedenle, kalite analizi için kıyı çizgileri 10 m’de bir nokta veriye dönüştürülmüştür. Daha sonra kıyı çizgileri arasında kalite analizi işlemi tamamlanmıştır. Kalite sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kestel baraj gölü S1A- LANDSAT-8 kıyı çizgileri kalite analizi sonuçları (Referans: referans kıyı çizgisi, S1A: LANDSAT-8 veri eğitim seti olarak kullanıp S1A'dan elde edilen kıyı çizgisi, L8: MNDWI ile L8 veriden elde edilen kıyı çizgisi)

Referans -S1A		Referans -L8		S1A- L8	
Ortalama	9,94 m	Ortalama	11,51 m	Ortalama	10,63 m
Standart Sapma	12,98 m	Standart Sapma	11,84 m	Standart Sapma	9,34 m
Medyan	6,43 m	Medyan	8,85 m	Medyan	8,30 m

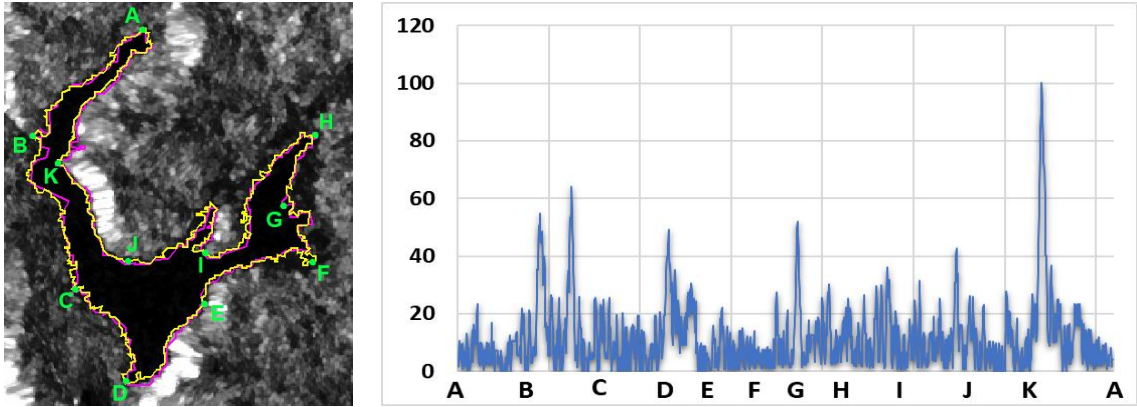
LANDSAT-8 optik görüntüsü kullanılarak elde edilen sonuçlar incelendiğinde SENTINEL-1 verisi ile elde edilen kıyı çizgisi ortalama 9,94 m'lik hata ile yaklaşık 1 piksellik hata ile tespit edilmiştir. LANDSAT-8 verisinden elde edilen kıyı çizgisi, referans kıyı çizgisi ve SENTINEL-1A'dan elde edilen kıyı çizgisi ile yapılan kalite değerlendirmesinde sırasıyla 11,51 m ve 10,63 m'lik hata ile tespit edilmiştir.

Kalite analizinden elde edilen farkların kıyı boyunca konumsal olarak verildiği grafikler aşağıda verilmiştir. Şekil 4.15'de SAR veri ile referans veri arasında hesaplanan kalite analizi sonuçları verilmiştir. Mesafe farkları genel olarak 0 ile 20 metre arasında değişmektedir; ancak H noktası 120 m üstü farkla dikkat çekmektedir. Bir önceki sonuçlarda en fazla hata veren nokta ile aynıdır. SAR görüntüsü değişmediğinden yansımadan dolayı doğru tespit edilemeyen bu nokta aynı kalarak yüksek fark vermiştir. Şekil 4.18.a'da bu alanın görseli kıyı çizgileri ile birlikte verilmiştir.



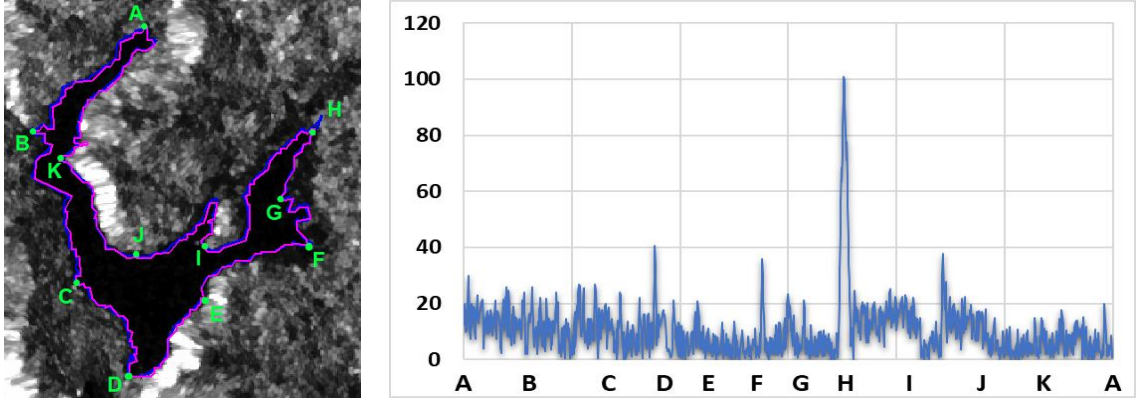
Şekil 4.15. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (SAR: sarı, referans: mavi)

Şekil 4.16’da verilen LANDSAT-8 ile SAR veri kıyı çizgilerine ait kalite analizi grafiği incelendiğinde mesafe farklarının 0 ile 20 metre arasında değiştiği görülmektedir. Belirgin birkaç noktada hatalar bu değerlerin üstüne çıkış göstermiş ve en büyük farka sahip olan nokta 100 m civarı farkla dikkat çekmektedir. Bu alan Şekil 4.18.b’de verilen alana denk gelmektedir. Bu alan, LANDSAT-8 görüntülerinde incelendiğinde hatalı olarak tespit edilen bölgede karanın su ile benzer yansıma gösterdiği gözükmemektedir. Bu alan sığ suyun bulunduğu girintili bir alan olarak gözükmemekte ve nemli olan toprak MNDWI kullanılarak su alanı olarak belirlenmiştir. LANDSAT-8 görüntülerinden hatalı olarak tespit edilen bu alan iki kıyı çizgisi arasındaki kalite analizinde yüksek bir hata vermiştir.

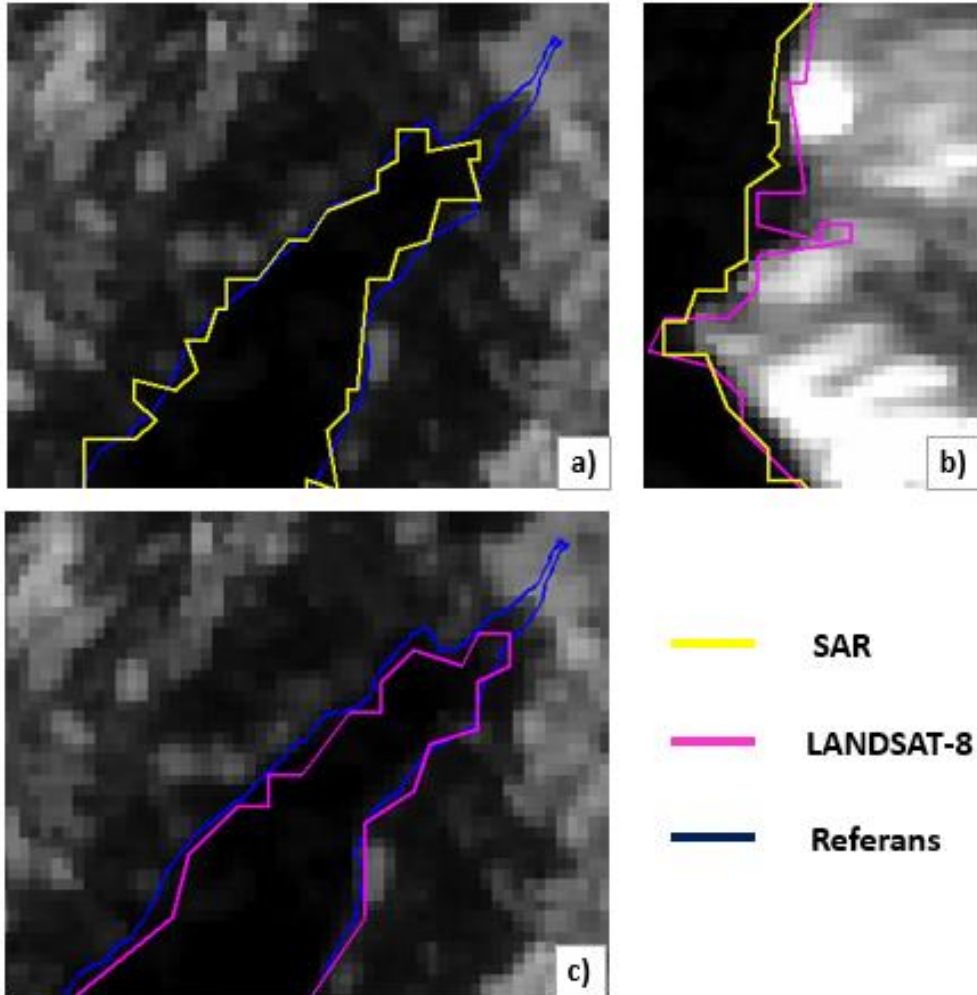


Şekil 4.16. SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile LANDSAT-8 verisinden çıkarılan kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (SAR: sarı, LANDSAT-8: pembe)

Şekil 4.17’de verilmiş olan LANDSAT-8 ile referans kıyı çizgisi arasındaki kalite analizi grafiği incelendiğinde diğer grafiklerle benzer hatalar arasında bir değişim olduğu görülmektedir. Bu kalite analizi grafiğinde ise H noktası en büyük fark miktarı ile dikkat çekmektedir. Bu nokta incelendiğinde 100 m’nin üstünde bir mesafe farkının olduğu gözükmemektedir. Şekil 4.18.c’de görüldüğü gibi SAR’dan çıkarılan kıyı çizgisinden daha iyi tespit edilmesine rağmen yine de hatalı tespit edilen bir noktadır. Gölün bu kısmında nemli toprak alanı ve sığ suyun bulunduğu görülmektedir. LANDSAT-8 görüntüsünde de incelenen bu alan su alanı olarak gözükmemektedir. MNDWI görüntüsü de incelendiğinde alan kara ile benzer yansıma vermiş ve sınıflandırma ile de kara alanı olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.18.c incelendiğinde alanın verdiği yüksek hata görülebilmektedir.



Şekil 4.17. LANDSAT-8 verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (LANDSAT-8: pembe, referans: mavi)



Şekil 4.18. En büyük farkın tespit edildiği alanlar: a) SAR verisi; b) L8 verisi; c) SAR verisi üzerinde kıyı çizgilerinin gösterimi

4.1.7. Alansal doğruluk değerlendirilmesi

Tezin bu aşamasında yapılan kıyı çizgileri kalite analizine ek olarak alansal doğruluk hesaplaması yapılmıştır. Alansal doğrulukta referans veriden elde edilen alana göre değerlendirme yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda her veriden elde edilen gölün alanları ve hesaplanan alansal doğrulukları yüzde olarak verilmiştir.

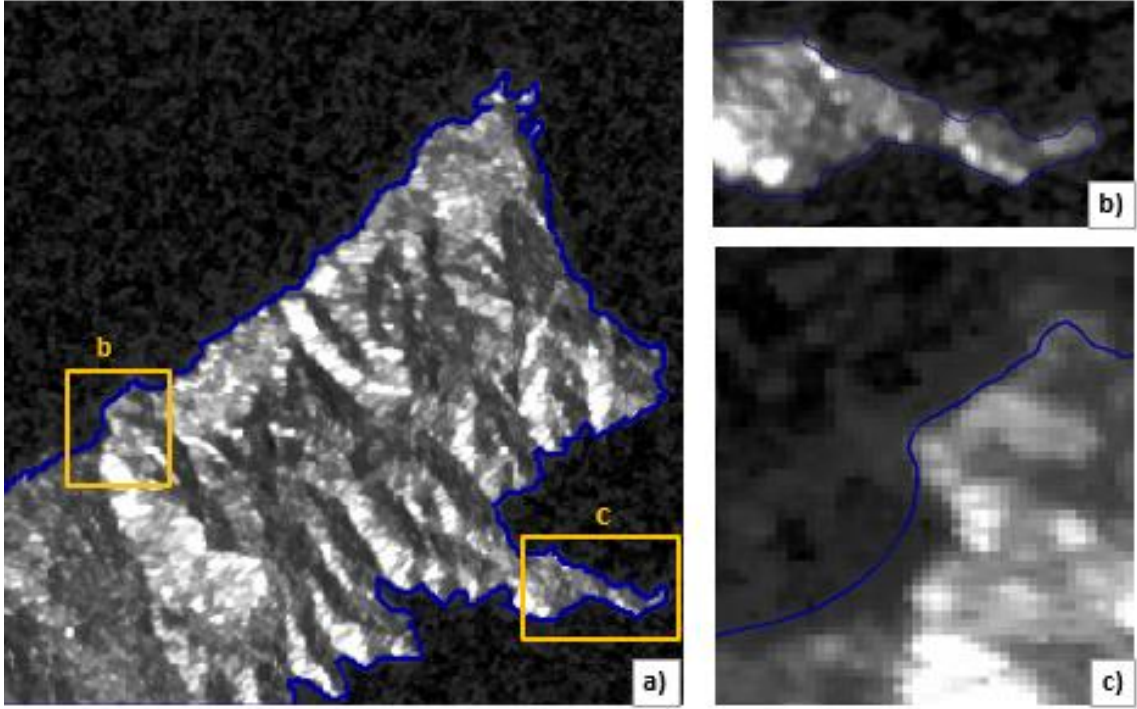
Çizelge 4.6. Kestel baraj gölünün alansal değerlendirme sonuçları

S1A-LIDAR			S1A-LANDSAT 8		
	Alan (m ²)	Alansal Doğruluk (%)		Alan (m ²)	Alansal Doğruluk (%)
S1A	999.894	95,7	S1A	1.004.814	96,1
LIDAR	1.057.358	98,8	L-8	985.607	94,3

Alansal doğruluklar değerlendirildiğinde LIDAR veriden elde edilen göl alanı en yüksek doğruluğu vermiştir. LIDAR veri ile SAR verinin birlikte kullanımı ile elde edilen göl alanı, LANDSAT-8 ile SAR verinin birlikte kullanımı ile elde edilen göl alanı karşılaştırıldığında ise LANDSAT-8 ile SAR veriden elde edilen alan daha yüksek doğruluk vermiştir; ancak yüzde ve alan olarak LIDAR ve LANDSAT-8 kullanımı ile elde edilen sonuçlar arasında büyük bir fark görülmemektedir.

4.2. Whanganui Körfezi Sonuçları

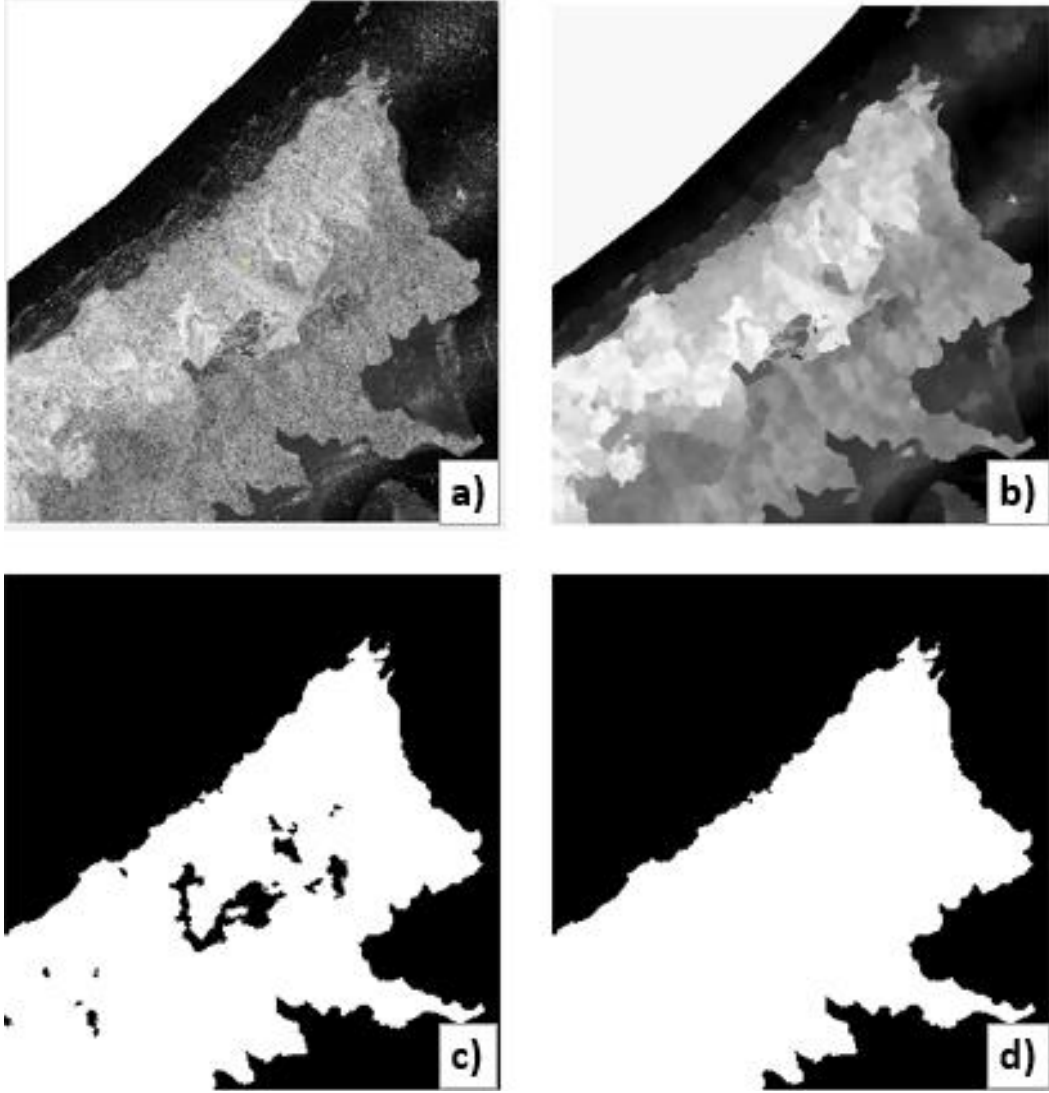
Bu bölümde her veri setinden elde edilen sonuçlar ayrı başlıklar altında verilmiş ve diğer kısımda elde edilen sonuçlara ait kalite analizi verilerek sonuçlar tartışılmıştır. Bu bölümde kalite analizi için kullanılan referans kıyı çizgisi SENTINEL-2 verisinden elle sayısallaştırılarak çıkarılmıştır.



Şekil 4.19. a) Referans kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

4.2.1. LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen sonuçlar

LIDAR verisine uygulanan segmentasyon işlemi 4.1.1 bölümünde anlatılan üç ana adım uygulanarak yapılmıştır. Yüksek çözünürlüğe sahip olan LIDAR yoğunluk verisi, grid büyüklüğü 3 m olarak ayarlanmış ve raster formatına dönüştürülmüştür (Şekil 4.20.a). Veri ortalama kayma segmentasyonu ile sınıflandırılmadan önce Orfeo Toolbox'da bulunan ortalama kayma yumuşatma filtresi kullanılarak filtrelenmiş ve daha sonra ortalama kayma segmentasyonu kullanılarak sınıflandırılma işlemi tamamlanmıştır (Şekil 4.20.b). Bu aşamada kullanılan parametreler Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Sınıflandırılan görüntüye Otsu yöntemi uygulanarak kara ve su sınıfının elde edilmesi için gerekli olan eşik değeri 104 olarak belirlenmiştir. Bu eşik değeri, görüntüye uygulanması ile elde edilen ikili görüntü Şekil 4.1.c'de gösterilmiştir. Bir sonraki işlem adımı bu ikili görüntüde su alanı dışında elde edilen hatalı alanların çıkartılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla binary görüntüdeki alanlar etiketlenmiş ve en büyük alana sahip etiket seçilerek diğer alanlar çıkartılmıştır. Bu işlem sonucunda elde edilen nihai kara-su sınıfı nihai sonucu Şekil 4.20.d'de gösterilmiştir. Elde edilen kara-su sınıfı SAR verisinin sınıflandırılma aşamasında kullanılmıştır.

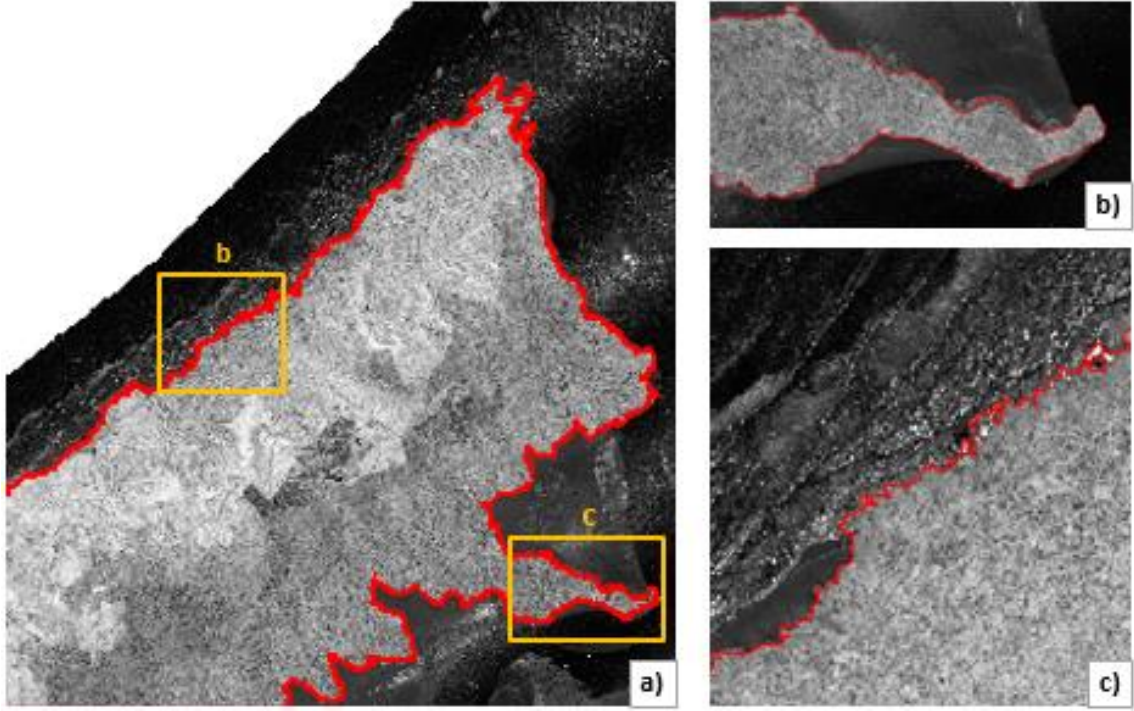


Şekil 4.20. a) LIDAR yoğunluk verisi; b) Ortalama kayma segmentasyon sonucu; c) Eşik değeri uygulanan görüntü; d) Elde edilen kara-su sınıfı görüntüsü

Çizelge 4.7. LIDAR yoğunluk verisi segmentasyon parametreleri

	Ortalama Kayma Filtresi	Ortalama Kayma Segmentasyonu
Mekânsal Yarıçap	10	7
Menzil Yarıçapı	15	15
Maksimum Yineleme	100	100
Minimum Bölge	-	1000

Şekil 4.20.d’de gösterilmiş olan LIDAR yoğunluk verisine ait kara-su sınıfı görüntüsü işlenmiş ve LIDAR verisinden kıyı çizgisi belirlenmiştir. Bu kıyı çizgisine Douglas-Peucker algoritması uygulanarak son kıyı çizgisi elde edilmiştir. Elde edilen kıyı çizgisinin son hali Şekil 4.21.a’da gösterilmiştir. Elde edilen kıyı çizgisine ait detayların gösterilmesi amacıyla alınan iki farklı kesit Şekil 4.2.b ve Şekil 4.2.c’de verilmiştir.



Şekil 4.21. a) LIDAR yoğunluk verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

4.2.2. SENTINEL-1A verisinden elde edilen sonuçlar

SENTINEL-1A ve SENTINEL-2 verileri ile LIDAR yoğunluk verisi çakışmamaktadır. Görüntüleri çakıştırmak için LIDAR veri referans alınarak SENTINEL-1A ve SENTINEL-2 verileri ile özellik eşleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlemde ortalama 20 tane noktanın eşleştirilmesi yapılmıştır. 2.derece polinomal transfer türü ve yeniden örnekleme için en yakın komşuluk yöntemi seçilerek görüntüler çakıştırılma işlemi tamamlanmıştır.

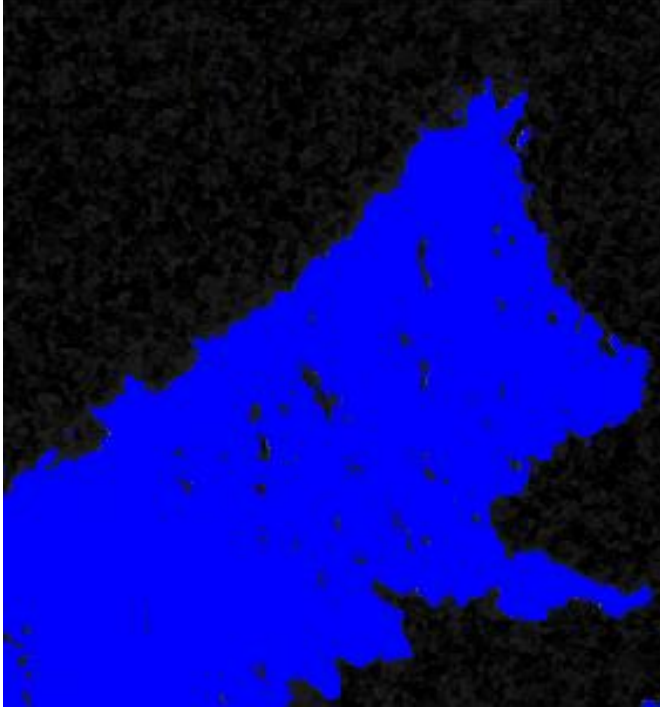
SENTINEL-1A GRD verisinden Whanganui Körfezine ait tahmini alan çıkartılarak yörünge düzeltme işlemi uygulanmıştır. Görüntüye radyometrik kalibrasyon işlemi uygulanarak sigma değerleri elde edilmiştir. SAR görüntüsünün barındırdığı yoğun benek gürültüsünün giderilmesi için Refined Lee filtresi uygulanmış ve SRTM 1sec HGT modeli kullanılarak arazi düzeltmesi işlemi yapılmıştır.

LIDAR yoğunluk verisinden elde edilen kara-su görüntüsü kullanılarak ön analiz işlemleri tamamlanan SAR veriden kara ve suya ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Bu parametreler kullanılarak MSLarge bulanık üyelik fonksiyonu kullanılarak piksellerin üyelik değeri belirlenmiştir ve merkezi yöntem ile eşik değeri belirlenmiştir. Önerilen yöntem ile belirlenen istatistiksel değerler ve parametreler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

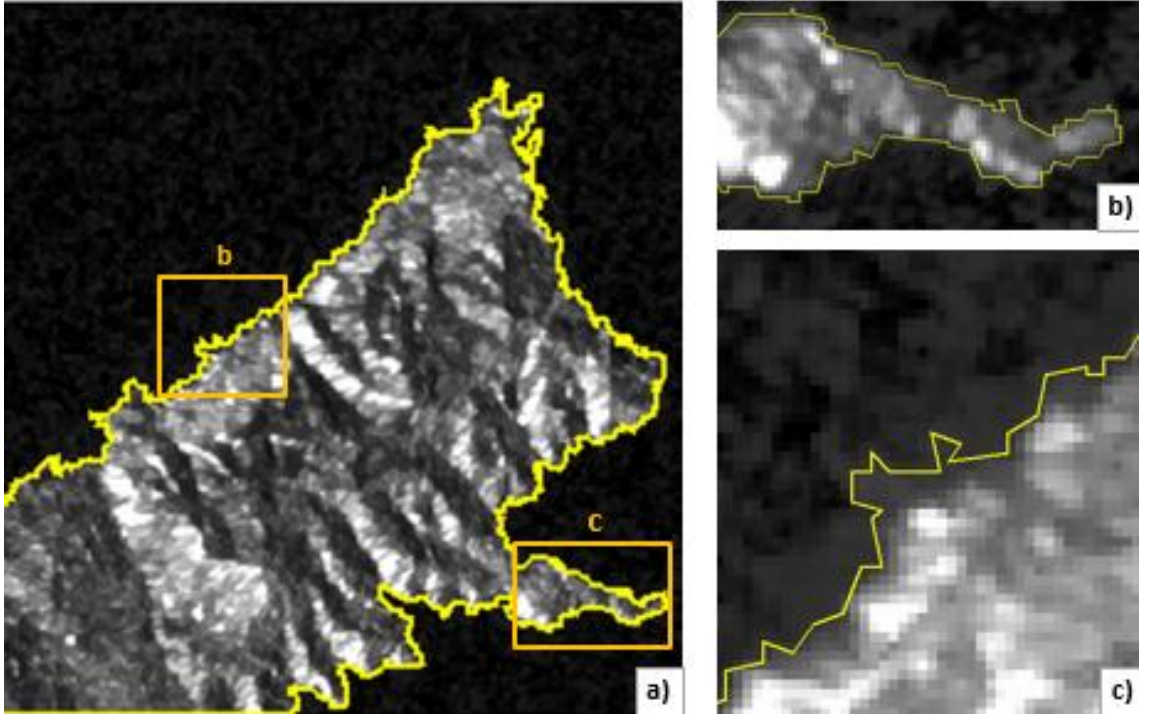
Çizelge 4.8. Whanganui Körfezi S1A verileri için LIDAR verisi kullanılarak hesaplanan parametreler

Kara		Su	
Ortalama	26,11	Ortalama	4,87
Standart Sapma	22,34	Standart Sapma	2,84
a	0,08	a	1,33
b	0,011	b	0,002
Eşik Değeri = 6,04			

Hesaplanan 6,04’lük eşik değeri SAR görüntüsüne uygulanarak sınıflandırma görüntüsü elde edilmiş ve bu işlem sonucunda bulunan kara-su sınıfına ait görüntü Şekil 4.22’de verilmiştir. Elde edilen sınıflandırma görüntüsü işlenerek SAR görüntüsünden nihai kıyı çizgisi çıkartılmıştır. Kıyı çizgisinin görselleştirilmiş hali Şekil 4.23.a’da verilmiştir. Şekil 4.23.b ve c görüntüleri ise görüntüden seçilen iki farklı alandaki kıyı çizgilerini göstermektedir.



Şekil 4.22. LIDAR veri seti kullanılarak elde edilen SAR veri sınıflandırma sonucu



Şekil 4.23. a) LIDAR yoğunluk verisinden çıkartılan kıyı çizgisi; b) ve c) Kıyı çizgisinden alınan kesitler

4.2.3. LIDAR yoğunluk verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgilerinin kalite analizi sonuçları

LIDAR yoğunluk verisi ve SAR verisinden elde edilen kıyı çizgileri referans veri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Analiz aşamasında öncelikli olarak kıyı çizgisi dönüşümü yapılmıştır. Bu amaçla elde edilen kıyı çizgileri 3m’de bir nokta olacak şekilde nokta veri formatına dönüştürülmüştür. 3 m’de bir noktaya dönüştürülmesinin sebebi ise LIDAR yoğunluk verisi çözünürlüğü 3m iken S1A 10 m çözünürlüğe sahiptir. Nokta veriye dönüştürülen kıyı çizgisi diğer kıyı çizgileri Near analizi ile değerlendirilmiştir. Nokta verisinin çizgiye olan en yakın uzaklığının hesaplanması mantığı ile çalışan bu algoritma ile kıyı çizgileri arasındaki mesafeler ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9’da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

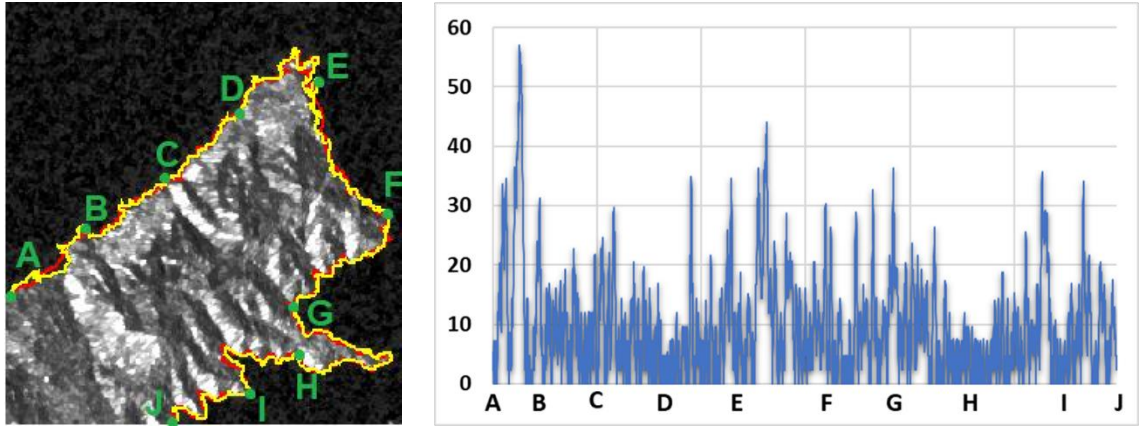
Çizelge 4.9. Whanganui Körfezi S1A-LIDAR kıyı çizgileri kalite analizi sonuçları (Referans: referans kıyı çizgisi, S1A: LIDAR veri eğitim seti olarak kullanıp S1A’dan elde edilen kıyı çizgisi, LIDAR: ortalama kayma segmentasyonu ile LIDAR veriden elde edilen kıyı çizgisi)

Referans – S1A		S1A -LIDAR	
Ortalama	9,29 m	Ortalama	9,59 m
Standart Sapma	6,85 m	Standart Sapma	8,47 m
Medyan	8,81 m	Medyan	7,20 m

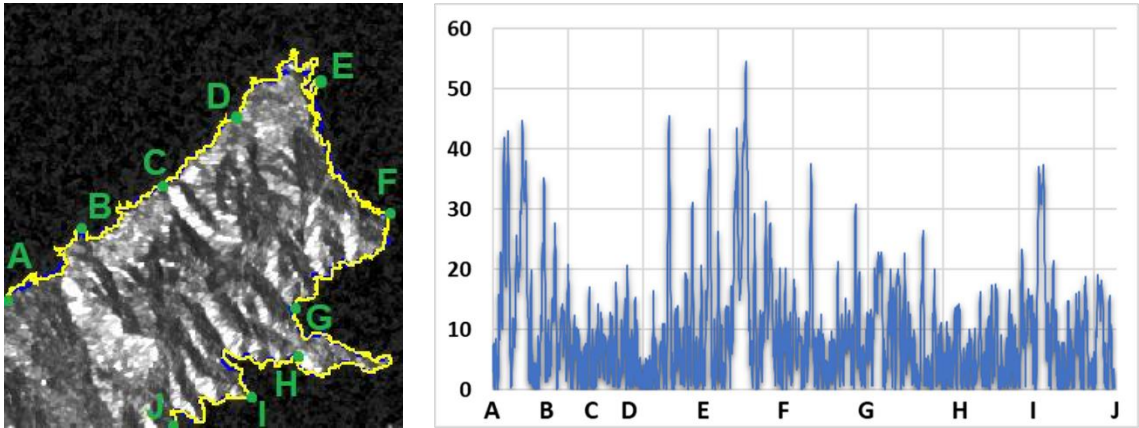
Çizelge 4.9’da de görüldüğü gibi önerilen yöntemle SENTINEL-1A’dan elde edilen kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisi arasında ortalama 9,29 m’lik bir hata tespit edilmiştir. SENTINEL-1A ve LIDAR karşılaştırmasında ise ortalama hata 9,59 m bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar 10 m’nin altında hata olduğunu göstermektedir. Hesaplanan hatalar, piksel bazlı değerlendirildiğinde ise hataların tümünün bir pikselin altında olduğu görülmektedir.

Kıyı çizgisi boyunca tespit edilen farklılıkların gösterildiği kalite analizi grafikleri Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’de gösterilmiştir. Şekil 4.24 LIDAR yoğunluk verisinden ortalama kayma segmentasyonu ile belirlenen kıyı çizgisi ile LIDAR veri kullanılarak SAR veriden belirlenen kıyı çizgisi arasındaki mesafe farklarını göstermektedir. Grafik A noktasından başlayarak J noktasına kadar kıyı boyunca hesaplanan mesafe farklarını göstermektedir. Grafik incelendiğinde farkların genel olarak 0 ile 20 metre arasında değiştiği gözükmemektedir. Birkaç noktada ise bu fark 40 metre üzerine çıkmıştır. Bu alan körfezin giriş kısmında yer almakla birlikte bir kısmı okyanusa bakarken iç kısımlarda yer alan kısımlarda sığ bir su mevcuttur. Sığ olan bölgeler ve çok fazla girinti olan bölgelerde kıyı çizgisinde hatalar tespit edilmiştir. Farkın büyük olduğu bu alanlar incelendiğinde kumlu bölgelerin olduğu dikkat

çekmiştir. En büyük hatanın bulunduğu A ve B noktası arasında bulunan alana ait görüntüler Şekil 4.26'da verilmiştir. Şekil 4.26.a'da alana ait Google Earth görüntüsü verilmiştir. Alan görüldüğü gibi kumlu bir sahil alanı, ağaçlık bölge ve su alanından oluşmaktadır. Şekil 4.26.b'de verilmiş olan LIDAR veride bu alanla benzer bir görünüme sahip gözükmemektedir; ancak Şekil 4.26.c'de verilen SAR görüntüsü incelendiğinde kumul bölgenin su ile benzer yansıma verdiği gözükmemektedir. Alana ait SAR verisi incelendiğinde kumul bölge ayırt edilemediğinden su alanı olarak tespit edilmiş ve bu alanda büyük mesafe farklarının tespitine neden olmuştur.

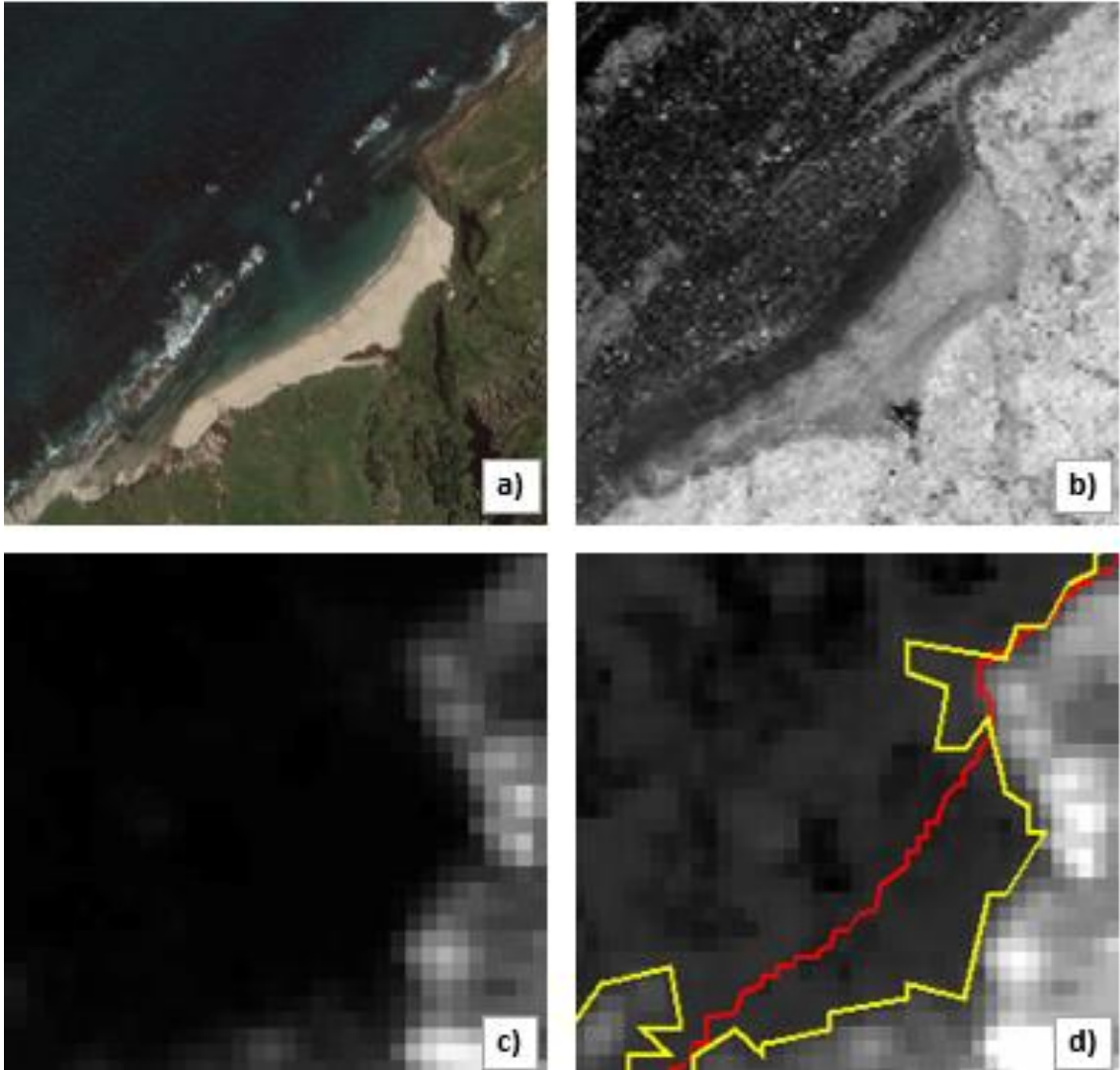


Şekil 4.24. LIDAR veri kullanılarak SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (SAR: sarı, LIDAR: kırmızı)

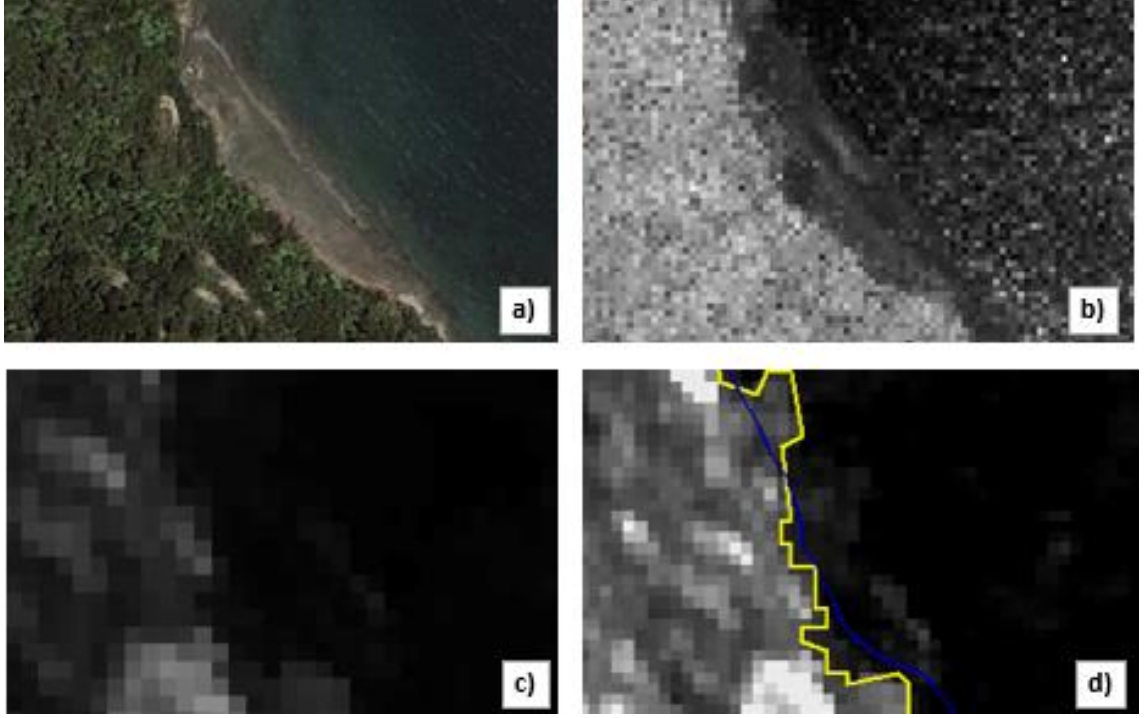


Şekil 4.25. LIDAR veri kullanılarak SAR verisinden çıkarılan kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisinin kalite analizi değerlendirilmesi (SAR: sarı, referans: mavi)

Şekil 4.25 referans kıyı çizgisi ile LIDAR veri kullanılarak SAR veriden çıkartılan kıyı çizgisi arasındaki mesafe farklarını göstermektedir. A noktasından J noktasına kadar hesaplanmış olan mesafe farklarını incelendiğinde Şekil 4.24 ile benzer gözükmektedir. Genel farklar belli bir aralıkta değişirken birkaç noktada büyük farklar tespit edilmiştir. En büyük fark, E ve F noktaları arasında tespit edilen bir alanı göstermektedir ve bu alana ait görüntüler Şekil 4.27’de görselleştirilmiştir. Şekil 4.27.a’da bu alana ait Google Earth görüntüsü verilmiştir. Alanda görüldüğü gibi kum ve suyun birlikte bulunduğu bir alan gözükmektedir. Aynı alana ait LIDAR yoğunluk verisi Şekil 4.27.b’de, SAR veri ise Şekil 4.27.c’de verilmiştir. Bu alana ait SAR veri incelendiğinde kumlu bölge su alanı ile çok benzer bir yansıma vermiştir ve uygulanan yöntem ile doğru olarak tespit edilememiştir. Aynı alana ait LIDAR veriden elde edilen kıyı çizgisi ile referans kıyı çizgisi benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.26. SAR ve LIDAR kıyı çizgisi arasında en büyük farkın bulunduğu alan: **a)** Google Earth görüntüsü; **b)** LIDAR yoğunluk verisi; **c)** SAR verisi; **d)** SAR (sarı) ve LIDAR (kırmızı) veriden elde edilen kıyı çizgilerinin gösterimi



Şekil 4.27. SAR ve referans kıyı çizgisi arasında en büyük farkın bulunduğu alan: **a)** Google Earth görüntüsü; **b)** LIDAR yoğunluk verisi; **c)** SAR verisi; **d)** SAR (sarı) ve referans (mavi) veriden elde edilen kıyı çizgilerinin gösterimi

5. SONUÇLAR

Kıyı bölgeleri, atmosfer, hidrosfer ve litosferin bir araya geldiği eşsiz bir ortamdır ve çok zengin bir ekosistemi kapsarlar. Son on yıl içerisinde hızla artan sel, deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı erozyonu, dalgaların yoğunluğundaki değişiklikler ve hava olayları gibi küresel ısınma etkileri bu bölgeleri tehlike altına almaktadır. Buna ek olarak kıyı bölgelerinin maruz kaldığı insan kaynaklı müdahalelerde bu tehlikeyi artırmaktadır. Kıyı bölgeleri bu tehlikeler açısından değerlendirildiğinde gelen tehlikelere açık ve karşı savunmasız bölgelerdir. Bu da kıyı bölgelerinin takibinin, kıyıların ve çevrenin korunmasındaki önemi göstermektedir. Kıyı bölgelerinde yapılmak istenen kıyı yöntemi için güncel ve doğru bilgi gerektirmektedir. Güncel ve doğru bilginin sağlanmasında uzaktan algılama araçları önemli bir rol oynamaktadır. Otomatik tekniklerle bu bilgilerin hızlı ve doğru olarak elde edilmesi ise sürdürülebilir yönetimin en önemli noktasını oluşturmaktadır.

Mevcut yaklaşım ile SAR verilerinden kıyı çizgisi çıkarımı için parametrelerin otomatik olarak tespit edildiği bir yöntem önerilmiştir. Entegre edilmiş SAR ve LIDAR verilerinin kullanıldığı bu yöntem, SAR verilerinin eğitilmesini amaçlamaktadır. Bu amaçla, LIDAR yoğunluk verisinden ortalama kayma segmentasyonu ile karasınıflarının çıkarımı yapılmıştır. Yöntemin en önemli kısmı, elde edilen bu sınıflar kullanılarak SAR verisinden bulanık kümeleme için gerekli parametrelerin otomatik olarak belirlenmesidir. Yöntemin bu kısmında python programlama dili ile oluşturulmuş kod dizini kullanılmakta ve gerekli eşik değerinin tespiti yapılmaktadır.

Tez kapsamında sunulan yöntem öncelikle aktif sistem verileri olan SAR ve LIDAR entegrasyonu ile iki farklı test alanında denenmiştir. Yöntem ile her iki veriden de parametre kullanılmadan otomatik olarak kıyı çizgisi tespiti gerçekleştirilmiştir. LIDAR yoğunluk verisine uygulanan ortalama kayma segmentasyonu ile elde edilen sonuçlar referans veri ile değerlendirilmiş ve başarılı sonuçlar elde edildiği gösterilmiştir. SAR veriden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, LIDAR yoğunluk verisi ile SAR verinin birlikte kullanımı ile uygulanan yöntemin kabul edilebilir bir hassasiyetle kıyı çizgisi tespiti yaptığı kanıtlanmıştır. Bu hassasiyet, SENTINEL-1A verisinin mekânsal çözünürlüğünü göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve bir pikselin altında bir hata ile yüksek doğrulukla kıyı çizgisinin SAR veriden tespit edilmesi başarılmıştır.

Buna ek olarak, önerilen yöntem SAR verisi ile pasif sistem verisi olan LANDSAT-8 OLI optik görüntüleriyle entegre edilerek yöntemin performansı denenmiştir. LANDSAT-8 OLI verisinden kara-su sınıfı çıkarmada MNDWI kullanılarak farklı bir yaklaşımla sonuç elde edilmiş ve verinin çözünürlüğü göz önünde bulundurularak referans veri ile yapılan değerlendirmelerde sonuçlar başarılı olmuştur. SAR veriden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, LANDSAT-8 OLI ile SAR verinin birlikte kullanımı ile elde edilen sonuçlar, SAR ve LIDAR veri entegrasyonu ile benzer bir başarı göstermiştir. Kalite analizleri, yöntemin bu test alanı için bir piksel altı hata ile kıyı çizgisi çıkarmayı başardığını ispatlamıştır.

Tez kapsamında sunulan yöntem, SAR veriden kıyı çıkarmanın hem aktif hem de pasif sistem verileri kullanarak uygulanabileceğini göstermiştir. LIDAR ve optik veri kullanılarak SAR verisinden elde edilen sonuçların referans veri ile analizi yapılmış ve yapılan karşılaştırılmada ortalama 7 cm'lik bir fark bulunduğu tespit edilmiştir. LIDAR veri kullanılarak çıkartılan kıyı çizgisi, LANDSAT-8 OLI görüntüsü kullanılarak çıkartılandan daha iyi sonuç vermiştir. Bu sonuç kara ve sudan alınan istatistik değerlerin değişiminin yöntem üzerindeki etkisini göstermektedir. Kara ve su alanlarına ait hesaplanan doğru ortalama ve standart sapma değerleri yöntemin kıyı çizgisi elde etmedeki performansını etkilemektedir. Tez kapsamında elde edilen ve incelenen sonuçlar yöntemin kullanılabilirliğini kanıtlamış ve optik veya LIDAR veri ile SAR verilerinin birlikte kullanılarak uygulanmasının mümkün olduğunu göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, U., Bayram, B., Sanli, F. B., Abdikan, S., Sunar, F., Cetin, H. I. 2012. An algorithm for coastline detection using SAR images. In: XXII ISPRS Congress, pp. 457-460, 25 August – 01 September, Melbourne, Australia.
- Aedla, R., Dwarakish, G. S., Reddy, D. V. 2015. Automatic shoreline detection and change detection analysis of netravati-gurpurrivermouth using histogram equalization and adaptive thresholding techniques. *Aquatic Procedia*, 4, 563-570.
- Akış, A. 2007. İklim Değişikliklerinin İzmir Barajları Üzerindeki Etkileri ve Sonuçları. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 54 s.
- Al Fugura, A., Billa, L., Pradhan, B. 2011. Semi-automated procedures for shoreline extraction using single RADARSAT-1 SAR image. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95(4), 395-400.
- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A., Nouri, N. 2007. Coastline change detection using remote sensing. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 4(1), 61-66.
- Anders, F. J., Byrnes, M. R. 1991. Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 59(1), 17-26.
- Anonim 1: <http://bolge02.dsi.gov.tr/isletmedekitesisler/baraj-g%C3%B6let> [Son erişim tarihi: 04.05.2019].
- Anonim 2: [http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/dsi/ce-in%C5%9Fa-edilerek%C5%9Fletmeye-a%C3%A7%C4%B1lan-sulama-vebatakl%C4%B1k-%C4%B1slah%C4%B1-tesisleri\(2018-2019\).pdf?sfvrsn=4](http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/dsi/ce-in%C5%9Fa-edilerek%C5%9Fletmeye-a%C3%A7%C4%B1lan-sulama-vebatakl%C4%B1k-%C4%B1slah%C4%B1-tesisleri(2018-2019).pdf?sfvrsn=4) [Son erişim tarihi: 04.05.2019].
- Anonim 3: <http://www.izmirkulturturizm.gov.tr/TR-77442/bergama.html> [Son erişim tarihi: 04.05.2019].
- Anonymous 1: <https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-worldfactbook/fields/282.html> [Son erişim tarihi: 10.04.2019].
- Anonymous 2: http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com_2006_0275_en_part2.pdf [Son erişim tarihi: 10.04.2019].
- Anonymous 3: <https://westernreservepublicmedia.org/ubiscience/electromagnetic.htm> [Son erişim tarihi: 10.04.2019].
- Anonymous 4: <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9581> [Son erişim tarihi: 31.05.2019].
- Anonymous 5: <http://opentopo.sdsc.edu/datasetMetadata?otCollectionID=OT.072018.2193.2> [Son erişim tarihi: 31.05.2019].
- Anonymous 6: <http://step.esa.int/main/doc/tutorials/> [Son erişim tarihi: 12.05.2019].
- Anonymous 7: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/analyze/arcpy-spatial-analyst/feature-class.htm> [Son erişim tarihi: 12.05.2019].

- Anonymous 8: <http://129.187.45.33/CartographyPlayground/playgrounds/douglaspeucker-algorithm/> [Son erişim tarihi: 12.05.2019].
- Anonymous 9: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/analysis/near.htm> [Son erişim tarihi: 13.05.2019].
- Aucoin, L. 2018. Detection and Analysis of Shoreline Changes Along Louisiana Barrier Islands: Grand Isle and Isle West Grand Terre. Doctoral Dissertation, Sam Houston State University, Texas, 67 p.
- Baghdadi, N., Gratiot, N., Lefebvre, J. P., Oliveros, C., Bourguignon, A. 2004. Coastline and mudbank monitoring in French Guiana: contributions of radar and optical satellite imagery. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30(2), 109-122.
- Baily, B., Nowell, D. 1996. Techniques for monitoring coastal change: a review and case study. *Ocean & coastal management*, 32(2), 85-95.
- Baselice, F., Ferraioli, G. 2013. Unsupervised coastal line extraction from SAR images. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 10(6), 1350-1354.
- Bayram, B., Janpaule, I., Oğurlu, M., Bozkurt, S., Reis, H. Ç., Şeker, D. Z. 2015. Shoreline extraction and change detection using 1: 5000 scale orthophoto maps: A case study of Latvia-Riga. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2(3), 1-6.
- Bayram, B., Demir, N., Ogurlu, M., Reis, H.C., Seker, D.Z. 2016. 3D shoreline extraction using orthophoto and LiDAR data. In: 37 th Asian Conference on Remote Sensing, pp. 829–833, 17-21 October, Colombo, Sri-Lanka.
- Bendell, L. I., Wan, P. C. 2011. Application of aerial photography in combination with GIS for coastal management at small spatial scales: a case study of shellfish aquaculture. *Journal of Coastal Conservation*, 15(4), 417-431.
- Beyazıt, I., Öztürk, D., Kılıç, F. 2014. Kızılırmak Deltasının Zamansal Değişimi. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, ss. 1-10, 4-17 Ekim, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bo, G., Delleplane, S., De Laurentiis, R. 2001. Coastline extraction in remotely sensed images by means of texture features analysis. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 1493-1495, 9-13 July 2001, Sydney, Australia.
- Boak, E. H., Turner, I. L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. *Journal of coastal research*, 21(4), 688-703.
- Brown, S., Nicholls, R.J., Lowe, J.A. and Hinkel, J., 2016. Spatial variations of sea-level rise and impacts: An application of DIVA. *Climatic change*, 134(3), 403-416.
- Buono, A., Nunziata, F., Mascolo, L., Migliaccio, M. 2014. A multipolarization analysis of coastline extraction using X-band COSMO-SkyMed SAR data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(7), 2811-2820.

- Bruno, M. F., Molfetta, M. G., Mossa, M., Nutricato, R., Morea, A., Chiaradia, M. T. 2016. Coastal observation through Cosmo-SkyMed high-resolution SAR images. *Journal of Coastal Research*, 75(1), 795-800.
- Carr, A. P. 1962. Cartographie Record and Historical Accuracy. *Geography*, 47(2), 135-144.
- Cheng, Y. 1995. Mean shift, mode seeking, and clustering. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 17(8), 790-799.
- Chong, J., Ouyang, Y., Zhu, M. 2008. Two coastline detection methods based on improved level set algorithm in synthetic aperture radar images. In: Dragon 1, pp. 2004-2007, 21– 25 April, Beijing, China.
- Choung, Y. J. 2015. Mapping 3D shorelines using KOMPSAT-2 imagery and airborne LiDAR data. *Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, 33(1), 23-30.
- Choung, Y. J., Jo, M. H. 2017. Comparison between a Machine-Learning-Based Method and a Water-Index-Based Method for Shoreline Mapping Using a High-Resolution Satellite Image Acquired in Hwado Island, South Korea. *Journal of Sensors*, 2017, 1-13.
- Comaniciu, D., Meer, P. 1999. Mean shift analysis and applications. In: 17. IEEE International Conference on Computer Vision, pp. 1197-1203, 20-27 September, Kerkyra, Greece.
- Comaniciu, D., Meer, P. 2002. Mean shift: A robust approach toward feature space analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence*, 24(5), 603-619
- Crowell, M., Honeycutt, M., Hatheway, D. 1999. Coastal erosion hazards study: phase one mapping. *Journal of Coastal Research*, 28, 10-20.
- Douglas, D. H., Peucker, T. K. 1973. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature. *Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization*, 10(2), 112-122.
- De Jong, S.M., Van Der Meer, F.D. 2004. Remote sensing image analysis: Including the spatial domain. Springer, Netherlands, 359 p.
- Dellepiane, S., De Laurentiis, R., Giordano, F. 2004. Coastline extraction from SAR images and a method for the evaluation of the coastline precision. *Pattern Recognition Letters*, 25(13), 1461-1470.
- Demir, N., Bayram, B., Şeker, D. Z., Oy, S., İnce, A., Bozkurt, S. 2019. Advanced Lake Shoreline Extraction Approach by Integration of SAR Image and LIDAR Data. *Marine Geodesy*, 42(2), 166-185.
- Demir, N., Kaynarca, M., Oy, S. 2016. Extraction of coastlines with fuzzy approach using SENTINEL-1 SAR image. XXIII ISPRS Congress, pp. 747-751, 11-19 July, Prague, Czech Republic.

- Demir, N., Oy, S., Erdem, F., Şeker, D. Z., Bayram, B. 2017. Integrated shoreline extraction approach with use of Rasat MS and SENTINEL-1A SAR Images. In: The ISPRS Geospatial Week 2017, pp. 445-449, 18-22 September, Wuhan, China.
- Deronde, B., Houthuys, R., Debruyne, W., Fransaer, D., Lancker, V. V., Henriët, J. P. 2006. Use of airborne hyperspectral data and laserscan data to study beach morphodynamics along the Belgian coast. *Journal of Coastal Research*, 22(5), 1108-1117.
- Dewi, R., Bijker, W., Stein, A., Marfai, M. 2016. Fuzzy classification for shoreline change monitoring in a part of the northern coastal area of Java, Indonesia. *Remote sensing*, 8(3), 190-215.
- Ding, X., Li, X. 2014. Coastline detection in SAR images using multiscale normalized cut segmentation. In: IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 4447-4449, 13-18 July, Quebec City, Canada.
- Doğan, İ. 2008. Uzaktan Algılama Verileri ile Kıyı Çizgisi Değişiminin Zamansal Olarak Belirlenmesi: Alaçatı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 52 s.
- Dolan, R., Hayden, B. P., May, P., May, S. 1980. The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore and beach*, 48(4), 22-29.
- Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., ... & Meygret, A. 2012. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote sensing of Environment*, 120, 25-36.
- Erdem, F. 2018. LANDSAT-8 Uydu Görüntülerinden Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Kıyı Çizgisi Çıkarımı. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 113 s.
- Erdem, F., Derinpinar, M. A., Nasirzadehdizaji, R., Selen, O. Y., Şeker, D. Z., Bayram, B. 2018. Rastgele Orman Yöntemi Kullanılarak Kıyı Çizgisi Çıkarımı İstanbul Örneği. *Geomatik*, 3(2), 100-107.
- ESA.2012. Sentinel-1: ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services. ESA Communications, Noordwijk, The Netherlands, 86 p.
- Franklin, S. E., Ahmed, O. S. 2017. Object-based Wetland Characterization Using Radarsat-2 Quad-Polarimetric SAR Data, Landsat-8 OLI Imagery, and Airborne Lidar-Derived Geomorphometric Variables. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 83(1), 27-36.
- Fukunaga, K., Hostetler, L. 1975. The estimation of the gradient of a density function, with applications in pattern recognition. *IEEE Transactions on information theory*, 21(1), 32-40.
- Fuse, T., Ohkura, T. 2018. Development of shoreline extraction method based on spatial pattern analysis of Satellite SAR images. *Remote Sensing*, 10(9), 1361.
- Gens, R. 2010. Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *International Journal of Remote Sensing*, 31(7), 1819-1836.

- Ghoneim, E., Mashaly, J., Gamble, D., Halls, J., AbuBakr, M. 2015. Nile Delta exhibited a spatial reversal in the rates of shoreline retreat on the Rosetta promontory comparing pre-and post-beach protection. *Geomorphology*, 228, 1-14.
- González, V. E., Salvador, L. G., López, V. L. 2014. Measuring landscapes quality using fuzzy logic and GIS. In: Foundations and Applications of Intelligent Systems, Springer, Berlin, pp. 433-441.
- Gou, S., Li, X., Yang, X. 2016. Coastal zone classification with fully polarimetric SAR imagery. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 13(11), 1616-1620.
- Heene, G., Gautama, S. 2000. Optimisation of a coastline extraction algorithm for object-oriented matching of multisensor satellite imagery. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2632-2634, 24-28 July, Honolulu, USA.
- Herold, N. D., Haack, B. N., Solomon, E. 2004. An evaluation of radar texture for land use/cover extraction in varied landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5(2), 113-128.
- Irwin, K., Beaulne, D., Braun, A., Fotopoulos, G. 2017. Fusion of SAR, optical imagery and airborne LiDAR for surface water detection. *Remote Sensing*, 9(9), 890.
- İnce, A. 2018. Yapay Sinir Ağları ve Rastgele Orman Yöntemleri ile LANDSAT-8 Görüntülerinden Otomatik Kıyı Çizgisi Çıkartılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 59 s.
- Jahncke, R., Leblon, B., Bush, P., LaRocque, A. 2018. Mapping wetlands in Nova Scotia with multi-beam RADARSAT-2 Polarimetric SAR, optical satellite imagery, and Lidar data. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 68, 139-156.
- Jishuang, Q., Chao, W., Zhengzhi, W. 2002. A multi-threshold based morphological approach for extracting coastal line feature in remote sensed images. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34(1), 184-188.
- Kayi, A., Erdoğan, M., Eker, O. 2015. OPTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile gerçekleştirilen LİDAR test sonuçları. *Harita dergisi*, 153, 42-46.
- Kerh, T., Lu, H., Saunders, R. 2014. Shoreline change estimation from survey image coordinates and neural network approximation. *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering*, 8(4), 372-377.
- Kocababa, S. 2017. Uydu Görüntüleri ile Kıyı Çizgisi Değişimi ve Risk Analizi: Konyaaltı Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 75 s.
- Kolednik, D. 2014. Coastal monitoring for change detection using multi-temporal LiDAR data. In: Central European Seminar on Computer Graphics, pp. 73-78, 25-27 May, Smolenice, Slovakia.

- Kula, E.K., Demir, N. 2018. Farklı İndeksler Kullanılarak Otomatik Kıyı Çizgisi Çıkarımı. 7.Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, ss.238-244, 18-21 Eylül 2018, Eskişehir, Türkiye.
- Kuleli, T., Guneroglu, A., Karsli, F., Dihkan, M. 2011. Automatic detection of shoreline change on coastal Ramsar wetlands of Turkey. *Ocean Engineering*, 38(10), 1141-1149.
- Lee, D. S., Shan, J. 2003. Combining LIDAR elevation data and IKONOS multispectral imagery for coastal classification mapping. *Marine Geodesy*, 26(1-2), 117-127.
- Lee, I. 2012. Instantaneous shoreline extraction utilizing integrated spectrum and shadow analysis from LiDAR data and high-resolution satellite imagery. Doctoral dissertation, The Ohio State University. Columbus, 224 p.
- Lee, I. C., Cheng, L., Li, R. 2010. Optimal parameter determination for mean-shift segmentation-based shoreline extraction using lidar data, aerial orthophotos, and satellite imagery. In: ASPRS Conference, pp. 1-8, 26-30 April, San Diego, California.
- Lee, I. C., Wu, B., Li, R. 2009. Shoreline extraction from the integration of lidar point cloud data and aerial orthophotos using mean-shift segmentation. In: ASPRS Annual Conference, pp. 3033-3040, 9-13 March, Baltimore, Maryland.
- Lee, J. S. 1981. Refined filtering of image noise using local statistics. *Computer graphics and image processing*, 15(4), 380-389.
- Lee, J. S., Jurkevich, I. 1990. Coastline detection and tracing in SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28(4), 662-668.
- Li, Y., Li, J., Lu, Y. 2008. A fuzzy segmentation-based approach to extraction of coastlines from IKONOS imagery. *Geomatica*, 62(4), 396-408.
- Liu, C., Xiao, Y., Yang, J. 2017. A coastline detection method in polarimetric SAR images mixing the region-based and edge-based active contour models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(7), 3735-3747.
- Liu, H. 2009. Shoreline mapping and coastal change studies using remote sensing imagery and LIDAR data. In: Remote sensing and geospatial technologies for coastal ecosystem assessment and management. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 297-322.
- Liu, H., Jezek, K. C. 2004. Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating Canny edge detection and locally adaptive thresholding methods. *International journal of remote sensing*, 25(5), 937-958.
- Liu, H., Sherman, D., Gu, S. 2007. Automated extraction of shorelines from airborne light detection and ranging data and accuracy assessment based on Monte Carlo simulation. *Journal of Coastal Research*, 23(6), 1359-1369.
- Liu, H., Wang, L., Sherman, D. J., Wu, Q., Su, H. 2011. Algorithmic foundation and software tools for extracting shoreline features from remote sensing imagery and LiDAR data. *Journal of Geographic Information System*, 3(02), 99.

- Liu, X., Jia, H., Cao, L., Wang, C., Li, J., Cheng, M. 2016. Superpixel-based coastline extraction in SAR images with speckle noise removal. In: IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 1034-1037, 10-15 July, Beijing, China.
- Liu, Y., Wang, X., Ling, F., Xu, S., Wang, C. 2017. Analysis of coastline extraction from Landsat-8 OLI imagery. *Water*, 9(11), 816.
- Liu, Z., Li, F., Li, N., Wang, R., Zhang, H. 2016. A novel region-merging approach for coastline extraction from sentinel-1A IW mode SAR imagery. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 13(3), 324-328.
- Maglione, P., Parente, C., Vallario, A. 2014. Coastline extraction using high resolution WorldView-2 satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 685-699.
- Maiti, S., Bhattacharya, A. K. 2009. Shoreline change analysis and its application to prediction: A remote sensing and statistics based approach. *Marine Geology*, 257(1-4), 11-23.
- Masria, A., Nadaoka, K., Negm, A., Iskander, M. 2015. Detection of shoreline and land cover changes around Rosetta promontory, Egypt, based on remote sensing analysis. *Land*, 4(1), 216-230.
- Mason, D. C., Davenport, I. J. 1996. Accurate and efficient determination of the shoreline in ERS-1 SAR images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34(5), 1243-1253.
- McFeeters, S. K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International journal of remote sensing*, 17(7), 1425-1432.
- Millard, K., Richardson, M. 2013. Wetland mapping with LiDAR derivatives, SAR polarimetric decompositions, and LiDAR-SAR fusion using a random forest classifier. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 39(4), 290-307.
- Modava, M., Akbarizadeh, G. 2017. Coastline extraction from SAR images using spatial fuzzy clustering and the active contour method. *International journal of remote sensing*, 38(2), 355-370.
- Modava, M., Akbarizadeh, G., Soroosh, M. 2018. Integration of spectral histogram and level set for coastline detection in SAR images. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 55(2), 810-819.
- Morsy, S., Shaker, A., El-Rabbany, A. 2018. Using multispectral airborne LIDAR data for land/water discrimination: A case study at Lake Ontario, Canada. *Applied Sciences*, 8(3), 349-370.
- Naaz, S., Alam, A., Biswas, R. 2011. Effect of different defuzzification methods in a fuzzy based load balancing application. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 8(5), 261-267.
- Niedermeier, A., Romaneessen, E., Lehner, S. 2000. Detection of coastlines in SAR images using wavelet methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38(5), 2270-2281.

- Nunziata, F., Migliaccio, M., Li, X., Ding, X. 2014. Coastline extraction using dual-polarimetric COSMO-SkyMed PingPong mode SAR data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(1), 104-108.
- Özçelik, M. 2017. Kıyı Alanlarının Kullanılmasında Kıyı Kenar Çizgisinin Önemi: Eğirdir Yerleşim Alanı Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 5(3), 595-600.
- Paes, R. L., Nunziata, F., Migliaccio, M. 2015. Coastline extraction and coastal area classification via SAR hybrid-polarimetry architecture. In: 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), pp. 3798-3801, 26-31 July, Milan, Italy.
- Paravolidakis, V., Ragia, L., Moirogiorgou, K., Zervakis, M. 2018. Automatic coastline extraction using edge detection and optimization procedures. *Geosciences*, 8(11), 407-426.
- Parker, B. B. 2003. The difficulties in measuring a consistently defined shoreline—the problem of vertical referencing. *Journal of Coastal Research*, 38(44-45), 44-56.
- Qin, R. 2014. A mean shift vector-based shape feature for classification of high spatial resolution remotely sensed imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 8(5), 1974-1985.
- Robertson, B. M., Stevens, L., 2012. Tasman Coast: Waimea Inlet to Kahurangi Point, habitat mapping, risk assessment and monitoring recommendations. Çevre Raporu, Tasman Bölge Konseyi Raporu Ref: 12002, Richmond.
- Robertson, W., Whitman, D., Zhang, K., Leatherman, S. P. 2004. Mapping shoreline position using airborne laser altimetry. *Journal of Coastal Research*, 35(4), 884-892.
- Schmitt, M., Baier, G., Zhu, X. X. 2019. Potential of nonlocally filtered pursuit monostatic TanDEM-X data for coastline detection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 148, 130-141.
- Sekovski, I., Stecchi, F., Mancini, F., Del Rio, L. 2014. Image classification methods applied to shoreline extraction on very high-resolution multispectral imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 35(10), 3556-3578.
- Sesli, A. F. 2006. Sayısal Fotogrametri ile Kıyı Alanlarındaki Değişimin İzlenmesi. *Jeodezi, Jeoinformasyon, ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(95), 11-17.
- Sesli, F. A., Caniberk, M. 2015. Estimation of the Coastline Changes Using LIDAR. *Acta Montanistica Slovaca*, 20(3), 225-233.
- Shu, Y., Li, J., Gomes, G. 2010. Shoreline extraction from RADARSAT-2 intensity imagery using a narrow band level set segmentation approach. *Marine Geodesy*, 33(2-3), 187-203.
- Silat, A. E., Tomar, A 2013. Su Kaynakları Yatırımlarının 2009-2013 Yılları Arasında İzmir Ölçeğinde İrdelenmesi. TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu, ss. 683-691, 28-30 Kasım, TMMOB, İzmir.
- Small, D., Schubert, A. 2008. Guide to ASAR geocoding. University of Zurich Remote Sensing Laboratories, Zurich, 36 s.

- Smeeckaert, J., Mallet, C., David, N., Chehata, N., Ferraz, A. 2013. Large-scale classification of water areas using airborne topographic lidar data. *Remote sensing of environment*, 138, 134-148.
- Smith, R.A., Irish, J.L., Smith, M.Q. 2000. Airborne lidar and airborne hyperspectral imagery: a fusion of two proven sensors for improved hydrographic surveying. In: Canadian Hydrographic Conference, pp. 1-11, 5-7 January, Montreal, Canada.
- Sohn, H. G., Jezek, K. C. 1999. Mapping ice sheet margins from ERS-1 SAR and SPOT imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 20(15-16), 3201-3216.
- Stevens, L.M. and Robertson, B.M. 2017. Whanganui Inlet: 2016 Broad Scale Habitat Mapping. Çevre Raporu, Tasman Bölge Konseyi Raporu Ref: 17004, Richmond.
- Stockdon, H. F., Sallenger Jr, A. H., List, J. H., Holman, R. A. 2002. Estimation of shoreline position and change using airborne topographic lidar data. *Journal of Coastal Research*, 18(3), 502-513.
- Sugeno, M. 1985. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 15 (1), 116–132.
- Sukcharoenpong, A., Yilmaz, A., Li, R. 2016. An integrated active contour approach to shoreline mapping using HSI and DEM. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 54(3), 1586-1597.
- Tian, X., Jiao, L., Zhang, X. 2013. A clustering algorithm with optimized multiscale spatial texture information: application to SAR image segmentation. *International journal of remote sensing*, 34(4), 1111-1126.
- Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., ... Traver, I. N. 2012. GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sensing of Environment*, 120, 9-24.
- Toure, S., Diop, O., Kpalma, K., Maiga, A. S. 2018. Coastline detection using fusion of over segmentation and distance regularization level set evolution. In: GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM), pp. 513-518, 18–21 March, Istanbul, Turkey.
- Toure, S., Diop, O., Kpalma, K., Maiga, A. S. 2019. Shoreline Detection using Optical Remote Sensing: A Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 75.
- Tsekouras, G. E., Trygonis, V., Maniatopoulos, A., Rigos, A., Chatzipavlis, A., Tsimikas, J., Velegrakis, A. F. 2018. A Hermite neural network incorporating artificial bee colony optimization to model shoreline realignment at a reef-fronted beach. *Neurocomputing*, 280, 32-45.
- Turoğlu, H. 2009. 3621 Sayılı Kıyı Kanunu ve onun uygulama problemleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 31-40.
- Vandebroek, E., Lindenbergh, R., van Leijen, F., de Schipper, M., de Vries, S., Hanssen, R. 2017. Semi-automated monitoring of a mega-scale beach nourishment using high-resolution terrasars-x satellite data. *Remote Sensing*, 9(7), 653.

- Wang, Y., Allen, T. R. 2008. Estuarine shoreline change detection using Japanese ALOS PALSAR HH and JERS-1 L-HH SAR data in the Albemarle-Pamlico Sounds, North Carolina, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 29(15), 4429-4442.
- Wang, D., Liu, X. 2019. Coastline Extraction from SAR Images Using Robust Ridge Tracing. *Marine Geodesy*, 1-30.
- Wernette, P., Houser, C., Bishop, M. P. 2016. An automated approach for extracting Barrier Island morphology from digital elevation models. *Geomorphology*, 262, 1-7.
- Wiehle, S., Lehner, S. 2015. Automated waterline detection in the Wadden Sea using high-resolution TerraSAR-X images. *Journal of Sensors*, 2015(1), 1-6.
- Wu, H., Liu, C., Zhang, Y., Sun, W., 2009. Water feature extraction from aerial-image fused with airborne lidar data. In: Joint Urban Remote Sensing Event, pp. 1-7, 20-22 May, Shanghai, China.
- Wu, L., Tajima, Y., Yamanaka, Y., Shimozono, T., Sato, S. 2019. Study on characteristics of synthetic aperture radar (SAR) imagery around the coast for shoreline detection. *Coastal Engineering Journal*, 61(2), 152-170.
- Xiang, D., Tang, T., Hu, C., Li, Y., Su, Y. 2013. A kernel clustering algorithm with fuzzy factor: Application to SAR image segmentation. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, 11(7), 1290-1294.
- Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of remote sensing*, 27(14), 3025-3033.
- Yang, C., Duraiswami, R., DeMenthon, D., Davis, L. 2003. Mean-shift analysis using quasinewton methods. In Proceedings 2003 International Conference on Image Processing, 14-17 Sept. 2003, Barcelona, Spain.
- Yousef, A., Iftekharruddin, K. 2014. Shoreline extraction from the fusion of LiDAR DEM data and aerial images using mutual information and genetic algorithms. In: Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), pp. 1007–1014, 6–11 July, Beijing, China.
- Yu, Y., Acton, S. T. 2004. Automated delineation of coastline from polarimetric SAR imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 25(17), 3423-3438.
- Yu, S., Mou, Y., Xu, D., You, X., Zhou, L., Zeng, W. 2013. A new algorithm for shoreline extraction from satellite imagery with non-separable wavelet and level set method. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 3(1), 158-163.
- Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Zeybek, H.İ., Uzun, A., Yılmaz, C., Bahadır, M., Dinçer, H. 2013. Kızılırmak Deltasında Kıyı Çizgisindeki Değişiklerinin CBS ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Değerlendirilmesi. III. Ulusal Sulak Alanlar Kongresi, ss. 203-208, 23-25 Ekim, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

- Zhang, D., Van Gool, L., Oosterlinck, A. 1994. Coastline detection from SAR images. In: Proceedings IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 2134-2136, 8-12 August, Pasadena, USA.
- Zhang, T., Yang, X., Hu, S., Su, F. 2013. Extraction of coastline in aquaculture coast from multispectral remote sensing images: Object-based region growing integrating edge detection. *Remote sensing*, 5(9), 4470-4487.
- Zhou, G., Xie, M. 2009. Coastal 3-D morphological change analysis using LiDAR series data: a case study of Assateague Island National Seashore. *Journal of Coastal Research*, 435-447.

ÖZGEÇMİŞ

SELEN OY

selenoy171@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2015-2019	Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya
Lisans	Erciyes Üniversitesi
2009-2013	Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kayseri

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Demir, N., Bayram, B., Şeker, D. Z., Oy, S., İnce, A., Bozkurt, S. (2019). Advanced Lake Shoreline Extraction Approach by Integration of SAR Image and LIDAR Data. Marine Geodesy, 42(2), 166-185. Doi:10.1080/01490419.2019.1581861

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Demir N., Kaynarca M., Oy S. (2016). Extraction Of Coastlines With Fuzzy Approach Using Sentinel-1 SAR Image. XXIII ISPRS Congress, pp. 747-751, 11-19 July, Prague, Czech Republic. (Bildiri /Sözlü Sunum)

2- Oy S., Yavuz H.B., Demir N. (2016). Sosyal Sorumluluk Kampanyalarına Destek İçin Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılması. 6.Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, ss. 666-672, 5-7 Ekim 2016, Çukurova Üniversitesi, Adana. (Bildiri /Sözlü Sunum)

- 3- Demir N., Oy S., Erdem F., Şeker D.Z., Bayram B. (2017). An Automated Shoreline Extraction Approach Using RASAT MS and SENTINEL-1A SAR Images. 28. International Cartographic Conference, pp. 1-8, 2-7 July, Washington- DC. (Bildiri /Sözlü Sunum)
- 4- Demir N., Oy S., Erdem F., Bayram B., Şeker D.Z. (2017). Integrated Shoreline Extraction Approach With Use of RASAT MS and SENTINEL-1A SAR Images. In: The ISPRS Geospatial Week 2017, pp. 445-449, 18-22 September, Wuhan, China. (Bildiri /Sözlü Sunum)
- 5- Demir N., Bayram B., Şeker D.Z., Oy S., Bozkurt S., Ince A. (2017). Analyzing the Impact of an Earthquake on the Shoreline with use of SAR Images as Alternative Dataset. In: 19th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, pp. 1-4, 4-6 October, Rome, Italy. (Bildiri /Sözlü Sunum)
- 6- Erdem, F., Derinpınar, M. A., Nasirzadehdizaji, R., Selen, O. Y., Şeker, D. Z., Bayram, B. (2018). Rastgele Orman Yöntemi Kullanılarak Kıyı Çizgisi Çıkarımı İstanbul Örneği. *Geomatik*, 3(2), 74-81.
- 7- Demir, N., Eryılmaz, E.R., Oy, S. (2018). Post-hurricane Damage Assesment on Greenhouse fields with Use of SAR Images. In: 2018 Geo-Information For Disaster Management (Gi4DM), pp. 191-195, 18–21 March, Istanbul, Turkey. (Bildiri /Sözlü Sunum)
- 8- Bayram, B., Demir, N., Akpınar, B., Oy, S., Erdem, F., Vögtle, T., Seker, D. Z. (2018). Effect of Different Segmentation Methods Using Optical Satellite Imagery to Estimate Fuzzy Clustering Parameters for SENTINEL-1A SAR Images. In: 2018 ISPRS TC I Mid-term Symposium “Innovative Sensing – From Sensors to Methods and Applications, pp. 39-43, 10–12 October, Karlsruhe, Germany. (Bildiri /Sözlü Sunum)
- 9- Demir, N., Bayram, B., Seker, D. Z., Oy, S., Bozkurt, S., Ince, A. (2019). Analyzing the Impact of an Earthquake on the Shoreline with use of SAR Images as Alternative Dataset. *FEB-Fresenius Environmental Bulletin*, 21, 980-984.