

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SAR VE OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK MUZ
ALANLARININ SAÇILMA DEĞERLERİ ANALİZİ VE TESPİTİ**

Duygugül AKSU

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

EKİM 2020

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**SAR VE OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK MUZ
ALANLARININ SAÇILMA DEĞERLERİ ANALİZİ VE TESPİTİ**

Duygugül AKSU

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

EKİM 2020

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAR VE OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK MUZ
ALANLARININ SAÇILMA DEĞERLERİ ANALİZİ VE TESPİTİ

Duygugül AKSU
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 22/10/2020 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doc. Dr. Nusret DEMİR (Danışman)

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Doc. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ

ÖZET

SAR VE OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK MUZ ALANLARININ SAÇILMA DEĞERLERİ ANALİZİ VE TESPİTİ

Duygugül AKSU

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Doc. Dr. Nusret DEMİR

Ekim 2020; 78 sayfa

Arazi örtüsünün izlenmesi, doğru tarım politikalarının uygulanabilirliği için oldukça önemlidir. Bu bakımdan, ülkelerin kalkınmalarında diğer faktörlerin yanı sıra tarım alanlarının sürdürülebilir ve etkin bir şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle hızla artan nüfus ile birlikte gıda güvenliği devletler için çok daha büyük bir önem kazanmıştır. Tarımsal arazi kullanımlarının doğru bir şekilde belirlenmesi ve izlenmesi, yanlış arazi kullanımı ile ortaya çıkan sorunların en aza indirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Tarım alanlarının izlenmesinde, sonuçlara kısa sürede ulaşabilmek için, uzaktan algılama teknolojisi hızlı ve etkin çözümler sunmakta. Bunun nedeni, uzaktan algılama verilerinin nesnelerden yayılan enerjiyi algılayıp, analiz edilerek, incelenen nesneler hakkında hızlı ve doğru bilgi elde edilmesini sağlamasıdır. Radar ve optik uydu teknolojilerindeki çeşitli sınırlamalar, her iki sensörün farklı avantaj ve dezavantajlara sahip olmasını sağlamaktadır. Elektromanyetik spektrumun görünür ve kızılötesi bölgesindeki güçlü kontrast sayesinde çeşitli indeksler üretilerek daha iyi sınıflandırma elde edilmektedir. Buna rağmen optik sensörlerden, bulut örtüsü ve zamansal çözünürlük gibi kısıtlayıcı faktörlerden dolayı istenen bilgiyi sağlamak her zaman mümkün olmamaktadır. SAR uyduları ise atmosferik koşullardan etkilenmez ve gece-gündüz görüntüleme yeteneğine sahiptir. Bu uydulardan elde edilen görüntü pikselleri geri saçılma yoğunluğunu, sinyalin fazını ve sensörden hedefe olan mesafe bilgisini içermektedir. Geri saçılma dielektrik, nemlilik ve cisimlerin yüzey pürüzlülüğü, cinsi gibi birçok özellikten etkilenmektedir.

Sunulan tez kapsamında, Sentinel-1 radar ve Sentinel-2 optik verileri kullanılarak, Antalya-Gazipaşa bölgesinde bulunan muz alanlarındaki saçılım değerlerindeki değişimin zamansal olarak izlenmesi sonucunda, muz tarım alanları ile orman alanlarının birbirinden ayrılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı olarak, Antalya ilinin Gazipaşa ilçesine bağlı Yakacık ve Zeytinada bölgeleri belirlendi. Bu bölgelerde açık ve kapalı (sera) alanlarda muz yetiştirilmektedir. Muz ağaçları bakımı şubat ayında başlayıp mart sonuna kadar sürmektedir. Bu dönemler muz ağaçlarının hacimsel yoğunluğunun en düşük olduğu zamanlardır. Daha sonra, diğer ağaçlardan ayrılmalarının bir göstergesi olarak muzların büyüüp, olgunlaşması ile birlikte muz ağaçlarının hacmi artmaktadır. Bu değişimlerin tanımlanmasında SAR görüntüler oldukça avantajlıdır.

İlk olarak, Sentinel-1 SAR görüntüler üzerinde muz ve orman alanlarının zamana bağlı geri saçılım değerlerindeki değişim izlenerek, muz ağaçlarının hacimsel olarak en yoğun ve en az yoğun olduğu tarihler belirlenmiştir. SAR veri seti üzerinde iki görüntü

farkı ve zenginleştirilmiş görüntülerin ortalama değeri farkı olmak üzere iki ayrı yöntem uygulanmıştır. Daha sonra, Sentinel-2 optik görüntüleri Geliştirilmiş Bitki İndeksi (EVI) uygulanarak çalışma alanları sınıflandırılmıştır. EVI, bitkinin yapısal varyasyonlarına karşı daha duyarlı olması nedeniyle, örtü-altı muz üretiminde kullanılan ve çalışma alanının belli bir kısmını kaplayan seralar ile açık alanda yetiştirilen muz alanlarının kolayca ayrılmasını sağlamıştır. Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntüler üzerinde histogram yardımıyla muz alanlarının minimum ve maksimum piksel değeri belirlenmiştir. Elde edilen muz alanlarının, alansal doğruluklarının değerlendirilmesinde Google Earth platformu üzerinden elle oluşturulan vektör veri seti kullanılmıştır.

Yakacık bölgesinde, iki görüntü farkı yöntemi ile 223.93 ha, zenginleştirilmiş görüntülerin ortalama değeri farkı yöntemi ile 184.83 ha ve Geliştirilmiş Bitki İndeksi kullanarak 143.11 ha muz alanı belirlenmiştir. Zeytinada bölgesinde ise iki görüntü farkı yöntemi ile 330.20 ha, zenginleştirilmiş görüntülerin ortalama değeri farkı ile 204.98 ha ve Geliştirilmiş Bitki İndeksi ile 155.00 ha muz alanı belirlenmiştir. Son olarak, farklı yöntemlerle elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde Google Earth üzerinden elle vektörel olarak elde edilen alanlar, Yakacık bölgesi için 163.27 ha, Zeytinada bölgesi için de 197.89 ha olarak hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: SAR, Tarım, Muz Alanı, EVI, Uzaktan Algılama

JÜRİ: Doc. Dr. Nusret DEMİR (Danışman)

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Doc. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ

ABSTRACT

THE ANALYSIS AND DETERMINATION OF BANANA FIELDS BACKSCATTER VALUES USING SAR AND OPTICAL SATELLITE IMAGES.

Duygugül AKSU

MSc Thesis in Space Sciences and Technologies

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

October 2020; 78 pages

Monitoring of the agricultural fields is important for creating the policies and the decision makers. Because sustainable and effective use of agricultural land is of great importance in the development of countries. Rapidly increasing population, food security has become important for the societies. Therefore, a correct determination and detection of the agricultural fields will help to minimize the problems and setting up a good agricultural planning policy by the governments. To monitor the agricultural fields, remote sensing technology is useful to achieve results in a short time with low cost. Optical and radar sensors have been used frequently for agricultural studies. Optical sensors have rich spectral resolution but have limitation in terms of data acquisition time and weather conditions. On the other hand, radar sensor have advantages with their capability to acquire image data in all weather conditions and 7/24 hours since they are passive sensors, do not need solar radiation to derive the images and sensors are sensitive to the object geometry, and soil moisture which is important for the agricultural fields.

In our study, the banana fields in Antalya-Gazipaşa are investigated with the use of Sentinel-1 SAR and also Sentinel-2 optical datasets for comparison. The aim is separation of the banana fields from the forest area. The banana fields are open areas and also greenhouses. As agricultural cycle, the banana trees volume decreases by February till March, this is also time period of maintenance of the banana greenhouses. After this period, the volume of the banana trees increases, which are the indicators for their separation from the other trees. Radar images are useful to identify these changes as we have used.

First, the temporal change in backscatter values of banana and forest areas with time was observed on Sentinel-1 SAR images. The dates when banana trees had minimum and maximum volumetric density were determined. Two different methods were applied on the SAR dataset: the two images difference and the difference in mean values of the enhanced images. After that, Sentinel-2 optical images were applied the Enhanced Vegetation Index (EVI) to classify the study areas. The EVI made it easy to separate greenhouses covering a certain part of the study area and banana areas grown in the open field, as it is more sensitive to the structural variations of the vegetation. Minimum and maximum pixel values of banana areas were determined on Sentinel-1 SAR and Sentinel-2 optical images with the help of histogram. In evaluating the area accuracy of the banana fields, the fields obtained manually from Google Earth were used.

In the Yakacık region, 223.93 ha with the two images difference, 184.83 ha with the difference of average values of the enhanced images and 143.11 ha with the Enhanced Vegetation Index were determined. In the Zeytinada region, 330.20 with the two images difference, 204.98 ha with the difference of average values of the enhanced images and 155.00 ha with the Enhanced Vegetation Index were determined. Finally, in the evaluation of the results obtained by different methods, the areas obtained manually were calculated as 163.27 ha for the Yakacık region and 197.89 ha for the Zeytinada region.

KEYWORDS: SAR, Agriculture, Banana Area, EVI, Remote Sensing

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR (Supervisor)

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ

ÖNSÖZ

“İnsan ancak önündeki modele bakarak kendini belirleyebilir. O model, başka dünyalar kurabilen biriyse sen de o dünyaya adım atabilirsin. Kendinize iyi modeller seçin.” Öncelikle, yüksek lisans yapma şansını bana vererek farklı dünyaların kapılarını açan, yol gösteren, sabır ve ilgiyle destekleyen danışmanım Doç. Dr. Nusret DEMİR’e,

Yüksek lisans eğitimim boyunca derslerine katılmaktan keyif aldığım, bilgisini, tecrübesini ve desteğini esirgemeyen bir diğer değerli hocam Prof. Dr. Bekir Taner SAN’a,

Tezim ile ilgili görüş ve önerileriyle çalışmama katkıda bulunan Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ’e ve Doc. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ’ye,

Aynı yolu birlikte yürüdüğüm ve bu zorlu yolda her zaman yanımda olup beni destekleyen değerli arkadaşlarım Selen OY ŞAHİN, Nagihan-Elif-Gürkan ASLAN ve Gökhan YÜCEL’e

Son olarak, bana her daim inanan ve destekleyen aileme,

Her şey için sonsuz teşekkürlerimi sunarım...

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
AKADEMİK BEYAN	ixiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ixx
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tarımsal Uygulamalarda Uzaktan Algılamanın Avantajları.....	3
1.2. Çalışmanın Amacı	6
1.3. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar.....	6
2.KAYNAK TARAMASI.....	7
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Çalışma Alanları.....	13
3.2. Çalışma Alanında Kullanılan Veri Setleri.....	15
3.2.1. SENTİNEL-1 Radar Görüntü	15
3.2.1.1. Çalışmada Kullanılan Sentinel-1 SAR Veri Setinin Özellikleri ve Tarihleri.....	18
3.2.2. SENTİNEL-2 Çok Bantlı Görüntü	21
3.3. Metot	24
3.3.1. SENTİNEL-1 SAR Veri Ön İşlem Adımları.....	26
3.3.2. SENTİNEL-2 Veri Seti Ön İşlem Adımları	28
3.3.3. SENTİNEL-1 Geri Saçılım Değerleri ile Muz Alanlarının Zamansal Değişiminin İzlenmesi	29
3.3.2.1. İki Görüntü Farkı Yöntemi ile Muz Alanlarının Belirlenmesi	32
3.3.2.2. Konstrast Zenginleştirme Yöntemi ile Muz Alanlarının Belirlenmesi	34
3.3.2.3. Geliştirilmiş Bitki İndeksi Yöntemi ile Muz Alanlarının Belirlenmesi.....	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
4.1. Histogram Kullanarak Muz Alanlarını Elde Etme	36

4.1.1. İki Görüntü Farkı Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçlar	38
4.1.2. Konstrast Zenginleştirme Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçlar	41
4.1.3. Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi ile Elde Edilen Sonuçlar	43
4.2. Yöntemlerin Alansal Doğruluklarının Değerlendirilmesi	45
4.2.1. Yakacık Bölgesi Alansal Doğruluk Sonuçları	47
4.2.2. Zeytinada Bölgesi Alansal Doğruluk Sonuçları	50
5. SONUÇLAR	54
6. KAYNAKLAR	57
7.ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “SAR ve Optik Uydu Görüntüleri Kullanılarak Muz Alanlarının Saçılma Değerleri Analizi ve Tespiti” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22/10/2020

Duygugül AKSU



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

ha	: Hektar
km	: Kilometre
m ²	: Metre Kare
β_{0i}	: Beta
σ_{0i}	: Sigma
γ_i	: Gama
>	: Büyüktür İşareti
<	: Küçüktür İşareti

Kısaltmalar

DN	: Parlaklık Değeri (Digital Number)
EMS	: Elektromanyetik Spektrum
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
EVI	: Geliştirilmiş Bitki Örtsü İndeksi (Enhanced Vegetation Index)
GRD	: Yer Aralığı Tespiti
NIR	: Kızılötesi Bölge
S1A	: SENTINEL-1A
S2B	: SENTINEL-2B
SAR	: Sentetik Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar)
SNAP	: Sentinel Uygulama Platformu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum özellikleri.....	2
Şekil 1.2. Landsat 7 ve 8 bantlarının Sentinel-2 bantları ile karşılaştırılması (NASA, 2018).....	4
Şekil 1.3. Farklı dalga boylarında radar sinyali nüfuz etme kabiliyeti.....	5
Şekil 3.1. Çalışma alanı 1: Yakacık.....	14
Şekil 3.2. Çalışma alanı 2: Zeytinada.....	15
Şekil 3.3. Yakacık çalışma bölgesi, radar VV bant görüntü.....	19
Şekil 3.4. Zeytinada çalışma bölgesi, radar VV bant görüntü.....	19
Şekil 3.5. Yakacık çalışma bölgesine ait RBG görüntü.....	22
Şekil 3.6. Zeytinada çalışma bölgesine ait RGB görüntü.....	22
Şekil 3.7. Sentinel-2 optik uydu görüntüleri.....	23
Şekil 3.8. SAR görüntü ile önerilen yöntemin iş akış şeması.....	26
Şekil 3.8. Sentinel-1 görüntü ön işlem adımları.....	27
Şekil 3.9. a) SAR filtresiz görüntü b) SAR 11*11 pencere boyutunda filtrelenmiş görüntü.....	28
Şekil 3.10. Sentinel-1 SAR RGB görüntü (R:18 Mart 2019, G:18 Mart 2019, B:18 Mart 2019-16 Haziran 2019).....	31
Şekil 3.11. Çalışma alanı üzerine homojen olarak atılmış pinler (Sarı pinler muz alanını, yeşil pinler ise orman alanını temsil etmekte).....	32
Şekil 3.12. Yakacık, radar veri iki görüntü farkı.....	34
Şekil 3.13. Zeytinada, radar veri iki görüntü farkı.....	34
Şekil 3.14. Yakacık, radar veri görüntü ortalamalarının farkı.....	35
Şekil 3.15. Zeytinada, radar veri görüntü ortalamalarının farkı.....	36
Şekil 3.16. a) Sentinel-2, Yakacık RGB görüntü b) EVI uygulanmış görüntü.....	38
Şekil 3.17. a) Sentinel-2, Zeytinada RGB görüntü b) EVI uygulanmış görüntü.....	38
Şekil 4.1. Yakacık, İki Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği ((a) Radar, iki görüntü farkı).....	40

Şekil 4.2. Yakacık, eşik değeri uygulanmış radar görüntü.....	40
Şekil 4.3. Zeytinada, İki Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği ((a) Radar, iki görüntü farkı)	41
Şekil 4.4. Zeytinada, eşik değeri uygulanmış radar görüntü.....	41
Şekil 4.5. Yakacık, Ortalama Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği ((a) Radar, Ortalama görüntü farkı)	42
Şekil 4.6. Yakacık, eşik değeri uygulanmış radar görüntü.....	43
Şekil 4.7. Zeytinada, İki Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği ((a) Radar, iki görüntü farkı)	43
Şekil 4.8. Zeytinada, eşik değeri uygulanmış radar görüntü.....	44
Şekil 4.9. Yakacık, a) Sentinel-2 RBG görüntü b) Gelişmiş Bitki İndeksi (EVI) uygulanmış Görüntü c) Eşik değeri uygulanmış görüntü.....	45
Şekil 4.10. Zeytinada, a) Sentinel-2 RBG görüntü b) Gelişmiş Bitki İndeksi (EVI) uygulanmış görüntü c) Eşik değeri uygulanmışgörüntü.....	45
Şekil 4.11. Sentinel-1 SAR çalışma alanı 1:Yakacık a) İki görüntü farkı yöntemi ile elde edilen fark görüntüsü b,e) Eşik değeri uygulanmış görüntü c,f) Filtrelenmiş görüntü d) Ortalama görüntülerin farkı yöntemiyle elde edilmiş fark görüntüsü.....	46
Şekil 4.12. Sentinel-1 SAR çalışma alanı 2: Zeytinada a) İki görüntü farkı yöntemi ile elde edilen fark görüntüsü b, e) Eşik değeri uygulanmış görüntü c, f) Filtrelenmiş görüntü d) Ortalama görüntülerin farkı yöntemiyle elde edilmiş fark görüntüsü	47
Şekil 4.13. Sentinel-2 çalışma alanı 1:Yakacık a) RGB olarak açılmış görüntü b) EVI ile sınıflandırılmış görüntü c) Eşik değeri uygulanmış görüntü d) Filtrelenmiş görüntü.....	48
Şekil 4.14. Sentinel-2 çalışma alanı 2: Zeytinada a) RGB olarak açılmış görüntü b) EVI ile sınıflandırılmış görüntü c) Eşik değeri uygulanmış görüntü d) Filtrelenmiş görüntü.....	48
Şekil 4.15. Çalışma alanı 1: Yakacık a) Sentinel-1 SAR, İki görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri b) Sentinel-2 vektörel referans veri c) Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli.....	49
Şekil 4.16. Çalışma alanı 1: Yakacık a) Sentinel-1 SAR, ortalama görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri b) Sentinel-2 vektörel referans veri c) Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli.....	49

Şekil 4.17.Çalışma alanı 2: Zeytinada **a)** Sentinel-1 SAR, İki görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri **b)** Sentinel-2 vektörel referans veri **c)** Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli.....52

Şekil 4.18.Çalışma alanı 2: Zeytinada **a)** Sentinel-1 SAR, ortalama görüntü Farkı ile elde edilmiş vektör veri **b)** Sentinel-2 vektörel referans veri **c)** Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli.....52



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. SENTINEL uydu serisi ve özellikleri.....	16
Çizelge 3.2. SENTINEL-1 uydu görüntüleme modları ve özellikleri.....	16
Çizelge 3.3. SENTINEL-1 radar uydunun teknik özellikleri.....	17
Çizelge 3.4. Çalışma alanlarında kullanılan Sentinel-1 verinin özellikleri.....	18
Çizelge 3.5. Çalışma alanlarında ki değişimin zamansal olarak izlenmesinde kullanılan görüntü tarihleri.....	20
Çizelge 3.6. Çalışma alanlarında değişim tespitinde kullanılan görüntü tarihler.....	20
Çizelge 3.7. Çalışma alanlarında ortalama görüntü değerleri ile değişim tespitinde kullanılan görüntü tarihleri.....	21
Çizelge 3.8. SENTINEL-2 uydu ve bant özellikleri.....	23
Çizelge 3.9. Muz ve orman alanlarının geri saçılım değerleri.....	32
Çizelge 4.1. Çalışma alanı 1: Yakacık, Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntülerden elde edilen toplam muz alanları.....	50
Çizelge 4.2. Çalışma alanı 1: Zeytinada, Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntülerden elde edilen toplam muz alanları.....	53

1.GİRİŞ

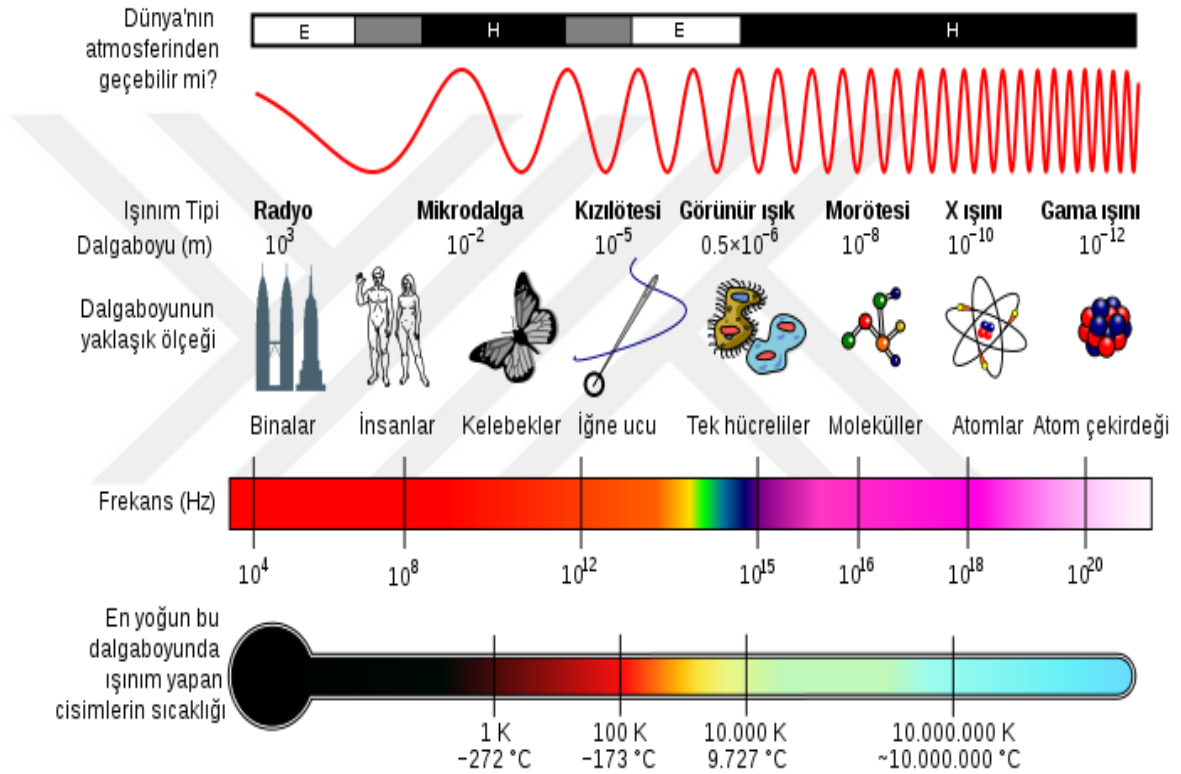
Günümüzde hızlı ve kontrolsüz bir şekilde artan nüfus ve buna bağlı olarak değişen tüketim şeklimiz sınırlı olan toprak varlığımız üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Kırsal kesimden kentlere göç eden insan sayısının artmasıyla birlikte dünyadaki kentleşme oranı yükselmekte, bu oran arttıkça da kentsel alanlarda yaşayan insanlara sürdürülebilir ve sağlıklı besin kaynakları sunmak da giderek zorlaşmaktadır. Dünyada, gıda güvenliği ve kalitesinin sağlanması amacıyla etkin ve doğru tarım uygulama çalışmaları ilk olarak Avrupa’da başlamıştır. 2018 yılında Küresel Riskler Raporu’nun neredeyse tamamı tarım ve gıda güvenliği konuları üzerinedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), teknolojik gelişmeler sayesinde tarım alanlarında ki üretimin son 50 yılda %170 arttığına işaret ederek, 2050 yılındaki gıda talebinin karşılanabilmesi için üretimin, 2005-2007 senelerine göre %60 artması gerektiğini belirtmiştir. Bu çerçevede gıda güvenliğini, toprağı, suyu ve doğal kaynakları koruyabilmenin en temel yolu sürdürülebilir tarımdır (Anonim 1).

Hızla artan nüfusun, besin ihtiyacını karşılayabilmesi için gerekli olan ekilebilir alanların genişleme olasılığı her geçen gün daha da kısıtlı hale gelmektedir. Bu tarımsal alanlar ancak doğal ortamların yok edilmesiyle elde edilmektedir. Bu durumda da tarımsal üretimin artırılması, birim alandan daha çok ürün alınarak verimin artırılmasıyla mümkün olmaktadır. Tarımsal ürün deseninin korunması, izlenmesi ve geliştirilmesi yönünde yapılacak çalışmaların artırılması ülke ekonomisine büyük katkı sağlayacağı gibi aynı zamanda yöre halkı için de önemli bir gelir kaynağı olacaktır (Taşlıgil, 2010)

Gıda en temel ekonomik ürünlerden biri olsada, birçok ülke üretimde başarılı değildir. Çoğu tarımsal ürün çok fazla arazi alanı gerektirir ve büyük ülkeler bu arazi alanlarına fazlasıyla sahiptirler. Dünyanın en fazla coğrafi arazi alanına sahip ilk beş ülkesinden, yoğun gıda üretimi yapan dört ülke; ABD, Çin, Hindistan ve Brezilya’dır. ABD, uzun yıllardan beri gıda pazarının en büyük ihracatçılarından biridir. Çin ve Hindistan’da büyük gıda üreticilerinden olmasına rağmen, ürettiklerinden daha fazlasını tüketme eğilimindedirler (Anonymous 1). Dünyanın en fazla tarım arazilerine sahip lider üretici konumunda olan bu dört ülkeden ilk sıradaki ABD’yi, yüz ölçümü 41.543 km² Hollanda ikinci sırada takip etmektedir. Hollanda tarımdaki bu başarısını sürdürülebilir, doğru tarım teknolojileri ile gerçekleştirmektedir. Tarım teknolojisi, mahsüllerin ekim döneminden hasat dönemine kadar çok kapsamlı bir süreçtir. Bu süreç tarımın başarısında büyük öneme sahiptir.

Uzaktan Algılamanın en yaygın kullanım alanlarından biri de dinamik alanlar olması nedeniyle tarımsal uygulamalardır. Tarımsal ürün deseninin korunması, izlenmesi ve geliştirilmesinde özellikle uzaktan algılama teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bu teknoloji sayesinde tarımsal ürün desen tespiti, biyokütle, verim, su tüketimi ve arazi örtüsü değişimi belirlenerek, hızlı ve yüksek doğrulukta haritalar elde edilmektedir. Uzaktan algılama uyduları genellikle sahip oldukları aktif veya pasif sensörlere göre

kategorize edilirler. Tarımsal alanlarda kullanılan uzaktan algılama uygulamalarında, SAR (Sentetik Açıklıklı RADAR, aktif) ve optik (pasif) uydu görüntülerinin her ikisi kullanılmaktadır. Pasif sensörler, dünya yüzeyinden yansıyan veya yayılan güneş enerjisini ölçerken, aktif sensörler kendi ürettikleri sinyallerden dönen yansımaları ölçmektedirler. Uydular tarafından ölçülen bu yansıma değerleri elektromanyetik spektrum içinde tanımlanmaktadır. EMS (Elektromanyetik spektrum), elektromanyetik dalgaların frekans değerlerine göre gösterim şeklidir. Elektromanyetik spektrum ayrıntılı bir şekilde Şekil 1.1 de gösterilmiştir. $0-\infty$ arasında farklı değerlere sahip olan EMS, çalışmalarda kolaylık sağlanabilmesi adına belirli bölümlere ayrılmıştır.



Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum özellikleri (NASA,2015)

Pasif sensörler çoğunlukla EMS'un kızılötesi ve görünür bölümlerinde çalışsada, toprak nemi, su buharı, rüzgar hızı ve deniz yüzeyi sıcaklığı gibi parametreleri ölçen bazı pasif mikrodalga sensörler de bulunmaktadır. Pasif sensörlerin avantajı, kendi enerjilerine ihtiyaç duymadan güneş enerjisini kullanabilmeleridir. Kendi enerjilerini üretmedikleri için geceleri veri elde edemezler. Bu sensörlerin çoğu kızılötesi ve görünür dalga boylarında çalıştığından, bulut ve kötü hava koşullarından da olumsuz yönde etkilenmektedirler. Ayrıca, güneş ışınlarının, orman alanlarının yarattığı gölgelik etkisinden dolayı bitki örtüsünü görmesi mümkün değildir. Bu türde bilgileri elde etmek için aktif sensörlerin kullanılması gerekmektedir (Mulla 2013; Chappelle vd. 1991).

Radar ve Lidar gibi aktif sensörler, bir sinyal oluşturucu ile kendi yaydıkları enerjiyi kullanmaktadırlar. Dönen sinyalin gücünü ve aletin yaydığı enerji ile geri dönen darbeyi aldığı zaman arasındaki gecikmeyi ölçmesi bitki örtüsünün yapısının tanımlanmasında büyük avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, EMS'nin uzun dalga boylu mikrodalga bölümünde çalışan radar sistemler, bu sayede bulut ve yağmurdan büyük ölçüde etkilenmediği için tüm hava koşullarında görüntüleme yeteneğine sahiptirler. Radar uyduların bir diğer avantajıda kendi yaydıkları enerjiyi kullandıkları için gece ve gündüz görüntü elde edebilmeleridir.

Bu çalışmada, muz ve orman alanlarındaki zamansal değişimin izlenmesi hedeflenmiş ve bu alanların belirlenmesinde Sentinel-1 SAR uydu görüntüleri, elde edilen sonuçların doğruluk değerlerinin desteklenmesi aşamasında da Sentinel-2 optik görüntülerden yararlanılmıştır. Radar ve optik uydu teknolojilerindeki çeşitli sınırlamalar nedeniyle, her iki sensörün sahip olduğu avantajlardan yararlanarak muz alanlarının elde edilmesi sağlanmıştır. Muz bahçelerinin büyüme evreleri, bakım ve dikim zamanları hakkında yapılan ön araştırma sonucunda, çalışma alanlarına ait uydu görüntüleri Mart-Eylül tarihleri arasında olması gerektiğine karar verilerek, Avrupa Uzay Ajansı'ndan ücretsiz bir şekilde temin edilmiştir. Toplamda, Sentinel-1B Yer Örneklem Mesafesi (GRD) formatında, görüntülerden 5 tanesi ortak olmak üzere 14 adet çift polarize (VV ve VH) görüntü kullanılmıştır. Sentinel-1 SAR görüntüler üzerinde muz alanlarını elde etmek için iki görüntü farkı ve zenginleştirilmiş görüntülerin ortalama değerlerinin farkı olmak üzere 2 farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemlerle elde edilen sonuçların doğruluk değerlerinin karşılaştırılması aşamasında da Sentinel-2 optik uydu görüntülerinden yararlanılmıştır. Uydu görüntülerinin işlenmesi ve kullanılan yöntemler ile elde edilen muz alanları ayrıntılı bir şekilde Bölüm 3'de anlatılmıştır.

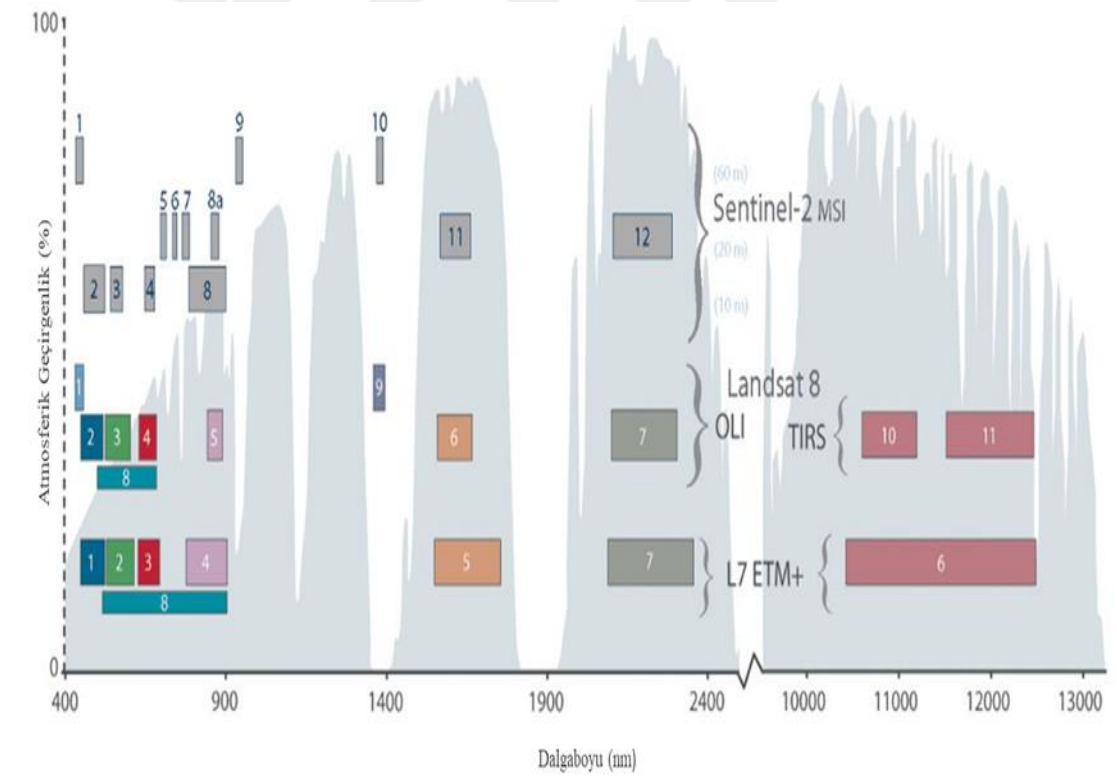
1.1. Tarımsal Uygulamalarda Uzaktan Algılamanın Avantajları

Tarım alanlarının tespiti, tanımlanması, ölçülmesi ve izlenmesi sahip oldukları varsayılan spektral imzalarının uzaktan algılama verileri üzerinde tanımlanabilirliklerine bağlıdır. Bu imzaların tanımlanabilirliği mahsul türü, olgunluk durumu, mahsul yoğunluğu ve geometrisi, mahsul nem ve sıcaklığı, mahsulün canlılığı ve toprağın nemi gibi bazı parametrelere bağlıdır. Görüntüler üzerinde yapılan analizlerle, belirli bir spektral imza bu parametrelerden herhangi biri ile ilişkilendirilebilmektedir. Spektral imzaların bilgisi, uzaktan algılama tekniklerinin potansiyelini kullanmak için gereklidir. Ayrıca, herhangi bir uzaktan algılama görevi için gereksinimleri belirlememize de yardımcı olmaktadır. Örneğin, hangi optimum dalga uzunluğu bantlarının kullanılacağı veya belirli bir görev için hangi tip sensörün en uygun olacağı gibi (Balaselvakumar ve Saravanan, 2009) Bu nedenle, tarım ürünleri üzerine yapılan araştırmalarda optimum faydayı sağlamak adına doğru sensör sistemine ait görüntüler üzerinde çalışmak büyük önem taşımaktadır.

Pasif algılayıcılara sahip optik uydular, enerji için güneş enerjisini kullanır ve yansıtılan radyasyonu EMS'un kızılötesi ve görünür bölgesinde ölçmektedir. Elektromanyetik spektrumun görünür kısmında, yeşil bitkiler kırmızı ve mavi bantlarda düşük yansıma, yakın kızılötesi bölgede ise bitki yansıması yüksektir (Chappelle 1991)

Bitkilerin bu yansıma özellikleri kullanılarak farklı birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Özellikle, görünür ve kızılötesi bölgesindeki güçlü kontrast, farklı indeksler üreterek görüntünün sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Bitki indeksleri, bitkinin sağlığı hakkındaki bilgileri belirlemek amacıyla spektral verileri işleyen algoritmalarlardır. Yansıma değerleri bitki türü, klorofil içeriği, şeker içeriği, dokulardaki su içeriği ve diğer faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bunun sonucunda, uydu görüntüleri tarafından yakalanan spektral yansımalar karbon, nitrojen ve su döngülerinin etkileşimini ve eşleşmesini yansıtabilmektedirler (Chang vd., 2016; Xue vd., 2017). Çeşitli indeksler aracılığıyla çok çeşitli bitki özellikleri çıkartılabilmektedir. Ayrıca, indekslerin farklı kombinasyonları, bazı mahsullerin spektral özelliklerini geliştirirken diğerlerini de bastırmaktadır. (Kuzucu vd., 2017).

Dalgaboyu alanları uydudan uyduya değişmektedir (Şekil 1.2). Örneğin, Landsat-8 uydusunun kırmızı bandı 636 ila 673 nm arasında değişirken, Sentinel-2 uyduları 650 ila 680 nm dalga boyu arasındadır. Farklı uydular, çeşitli spektral bantlarla görüntüler oluşturan farklı sensörlere sahiptirler. Tez kapsamında kullanılan Sentinel-2 uydusu toplamda 13 bantta sahiptir. Bu on üç banttan dört spektral bantın çözünürlüğü 10 metre, altı bantın çözünürlüğü 20 metre, kalan üçünün çözünürlüğü ise 60 metredir. Sentinel-2 uyduların (2A ve 2B) zamansal çözünürlüğü 10 gündür, bu da 5 günlük bir yenileme hızı sağlamaktadır (Anonymous 2).

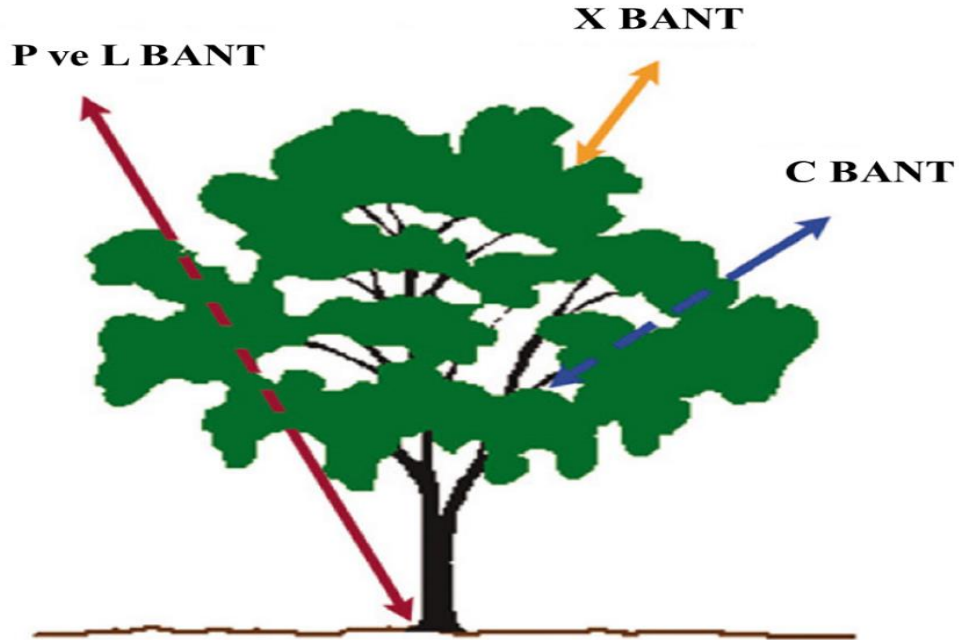


Şekil 1.2.Landsat 7 ve 8 bantlarının Sentinel-2 bantları ile karşılaştırılması (NASA, 2018)

Optik uydu görüntüleri, arazi yüzeyini sınıflandırmada ilerleme kaydetmesine rağmen, zamansal çözünürlük ve bulut örtüsü gibi hava olaylarından kolayca etkilendiği için her zaman istenilen veriyi elde etmek mümkün olmamaktadır. Aktif sensörler ise neredeyse her türlü hava koşulunda hem gündüz hem gece yeryüzünü görüntüleyebilme özelliğine sahiptir. Ayrıca, görsel yorumlama yoluyla saptanamayan bilgileri çıkarmak içinde oldukça yararlıdır. SAR sensörleri hedef yüzeyin “pürüzlülüğüne” ve “nem içeriğine” duyarlı olduğundan, bitki örtüsü türü, deniz kirliliği kaynakları ve hatta orman biyokütlesi hakkında da bize birçok bilgi sağlamaktadır.

Genel olarak, bir SAR görüntüsündeki parlak alanlar, kentsel alanlardaki binalar gibi güçlü yansıtıcıları, su gibi çok az veya hiç enerji yansıtmayan yüzeyleride karanlık alanlar temsil etmektedir. Radar sinyalinin dalga boyuna bağlı olarak, topraktaki minerallere, su, donma / çözülme, tuz içeriği, demir oksitler ve kil gibi dielektrik özellikleri tespit ederek orman örtüsüne ve Dünya yüzeylerine nüfuz etmektedir. SAR verilerinin avantajlarından tam olarak yararlanmak için parametrelerin doğru değerlendirilmesi gerekmektedir.

Radar uzaktan algılama elektromanyetik spektrumun 0,3 GHz ila 300 GHz frekanstaki mikrodalga kısmını kullanır. Çoğu radar uydusu, 0,5 cm ile 75 cm arasındaki dalga boylarında çalışmaktadır. Kısa dalga boyları (X-bant = 3 cm) bitki örtüsünün tepesinden yansıtılırken, daha uzun dalga boyları (L-bant= 24 cm) yere iner ve oradan yansır (Anonymous 3). Farklı dalga boylarının bu özelliğinin kullanılması, görüntü üzerindeki biyokütlelerin ayırt ediciliğini arttırmaktadır. Farklı dalga boylarının nüfuz etme kabiliyeti Şekil 1.3’de gösterilmiştir.



Şekil 1.3. Farklı dalga boylarında radar sinyali nüfuz etme kabiliyeti (Eijournal,2012)

Radar uyduların bir diğer önemli parametresi de gönderilen ve alınan sinyallerin polarizasyonudur. Yatay (H) ve dikey (V) olmak üzere iki farklı şekilde yayılmaktadırlar. Dikey polarize dalgalar, bitki örtüsünün dikey bir şekilde saplarıyla etkileşime girerken, yatay polarize dalgalar bitki örtüsünden geçmektedir. Bu nedenle, farklı polarizasyon kombinasyonları farklı görüntü özellikleri sağlamaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Antalya İlinin Gazipaşa Bölgesi'nde yetiştirilen muz tarım alanları ile orman alanlarının, Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik uydu görüntüleri kullanılarak birbirlerinden ayrılmasıdır. Sunulan tez kapsamında ilk olarak, Uzaktan Algılamanın tarım alanlarındaki avantajları anlatılmış ve ayrıntılı bir şekilde geçmiş yıllarda tarım alanlarında yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Daha sonra, çalışmada kullanılan veriler ve yöntemler metot kısmında anlatılmıştır. Son olarakda, elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların değerlendirilmesiyle tez çalışması tamamlanmıştır.

1.3. Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Bu tez kapsamında, muz alanlarının tespit edilerek orman alanlarından ayrılması için önerilen yöntemlerin uygulanması aşamasında aşağıdaki yazılımlar kullanılmıştır:

- SNAP 7.0
- ArcGIS 10.5
- QGIS 3.14
- PowerPoint

Çalışmada, veri setlerinin ön-işlem adımları ve yöntemlerin uygulanması aşamasında Sentinel Uygulama Platformu olan SNAP yazılımı kullanılmıştır. Raster veri olarak elde edilen sonuçları gözlemlenebilir durumdan sayısal sonuçlar üretebilir nicel veriye dönüştürmede QGIS yazılımı kullanılmıştır. Son olarak, görsellerin harita özelliklerinde hazırlanması aşamasında ArcGIS ve diğer görsel sunumların hazırlanması aşamasında da PowerPoint programlarından yararlanılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Uzun yıllardan beri arazi örtüsü ve tarım alanlarının izlenerek tarım alanlarındaki ürün türlerinin sınıflandırılmasında, uzaktan algılama ile elde edilen görüntülerin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Uydu verileri, arazi kullanımı ve arazi örtüsü haritalaması için değerli bir kaynaktır. Tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliği sosyo-ekonomik koşullar ve çevresel etkilerin, optimum seviyede yeterli mahsul verimliliğine ulaşabilmesine bağlıdır. Bu bağlamda, mahsul yönetiminin mevcut modellerini yönlendiren süreçlerin tam olarak anlaşılması önemlidir. Uzaktan algılama verileri, bitki örtüsünün fenolojik durumu hakkında kesin ve zamanında bilgi sağlayarak, mahsulün gelişim aşamalarının izlenmesine yardımcı olmaktadır. Özellikle mahsul verimi ile ilgili çalışmalarda yerelden küresele farklı ölçeklerde bu sorunların üstesinden gelmek için değerli bir araçlardır (Duchemin vd, 2015 ; Baup vd, 2015).

Optik uzaktan algılama, son yıllarda tarımsal alanların haritalaması ve mahsullerin sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ürün türü ayrımı için MODIS gibi bitki örtüsü indekslerini kullanan yaklaşımlar, MODIS verilerinin düşük çözünürlüğü (250-500 m) nedeniyle yalnızca geniş açık alanlar için uygun olmaktadır. (Wardlow vd 2008; Arvor vd. 2011). Ürün haritalaması için Landsat spektrumu ve bitki örtüsü indekslerini kullanıldığı çalışmalarda da Landsat'ın 16 günlük ziyaret süresi nedeniyle veri kullanılabilirliği sınırlı olmaktadır (Azzari vd. 2017). Landsat verileri ayrıca, heterojen küçük tarım alanlarında, farklı alanlara ait piksel değerlerinin karışması gibi problemlerde neden olmaktadır. Farklı mahsul türlerinin doğru sınıflandırılabilmesi için daha yüksek çözünürlükte görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Sentinel-2 optik görüntülerin yükselen moddaki mekânsal ve spektral çözünürlüğü diğer optik sensörlere kıyasla heterojen mahsul tipini sınıflandırmada çok daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Korets vd. 2016; Fernandez-Manso 2016). Ancak, tüm optik sensörler gibi Sentinel-2 verilerin kullanımı bulut örtüsünden etikendiği için sınırlı olmaktadır. Radar sistemler ise bulut örtüsüne nüfuz eder ve güneş ışığına bağlı değildir. Daha da önemlisi, bitkinin nem içeriği, boyutu, şekli gibi birçok parametreye karşı duyarlı olması tarımsal ürünlerdeki yapısal değişikliğin algılanmasında büyük avantaj sağlamaktadır (Bush ve Ulaby, 1978; Wang vd. 1987).

Tüm gün, tüm hava koşullarında, geniş kapsama alanı ve güçlü nüfuz etme kabiliyetine sahip olan SAR sistemler, mahsul sınıflandırmasında giderek daha da fazla kullanılmaktadır. Sentinel-1 A ve B uydularının çift polarizasyon modları, 12 günlük ziyaret sıklığı ve 20 m mekânsal çözünürlük ile ücretsiz olarak temin edilebilmesi SAR verilerinin önemini daha da arttırmaktadır. Bununla birlikte, SAR görüntülerde bulunan benek etkisi, SAR verilerin mahsul tipi haritalamada doğruluğunu etkilemektedir. (Jia vd 2012). Ban ve ark. Beneklerin yanı sıra, çalışmalarında kullanılan tek parametrelili, yüksek insidans açılı SAR sisteminin bazı ekin türlerini ayırt etmek için yeterli farklar sağlamadığını öne sürmüştür (Ban vd. 2003). Bu nedenle, çoğu çalışmada mevcut SAR verilerinin mahsul tipi sınıflandırması için yeterli olmadığı görülerek, çalışmalar optik

verilerle desteklenmiştir. Mahsul sınıflandırması için SAR ve optik görüntüleri birleştirmeye yönelik mevcut çalışmalara rağmen, bazı çalışmalarda da mahsul türü tanımlamasında iki sisteme ait performanslar ayrı ayrı araştırmıştır. Literatür kapsamında tarım alanlarında ve değişim tespitinde, Uzaktan Algılama verileri kullanarak yapılan çalışmalar şu şekildedir:

- **Ruiz-Luna vd (1999)** bataklık, tarım, sulu alanlar ve kuru orman sınıflarındaki değişiklikleri değerlendirmek için 1973 ile 1997 yılları arasında çekilen dört Landsat MSS ve TM kullanılmıştır. Görüntüler, temel bileşenler analizi ile geliştirilmişti. Homojen Nesnelerin Çıkarılması ve Sınıflandırılması Algoritması (ECHO) ile denetimli sınıflandırma kullanılarak her bir alt görüntü için tematik bir harita oluşturulmuştur. Sınıflandırmayı doğrulamak için hava fotoğrafçılığı ve kontrol noktaları kullanılmıştır. Ayrıca, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ile yapılan sınıflandırmada doğruluk değerlendirmesinde kullanılmıştır.
- **Mercier vd. (2001)**, Landsat-5 TM, SPOT-2 HRV, SPOT-4 HRVIR ve RADARSAT-1 SAR verileri ile pirinç tarlasının özelliklerinin izlenmesi üzerine yapılan bir çalışmadır. Bitki örtüsü indeksleri NDVI (Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) ve farklı optik sensörlerden türetilen EVI (Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi) kullanılmıştır. SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) verileriyle birlikte kullanılan NDVI ve EVI ile çeltik ekilen alanların % 2'den daha az hata ile tahmin edilebileceği görülmüştür.
- **Moran vd. (2002)**, ERS-2 SAR ve Landsat TM görüntülerini kullanarak tarım ve toprak koşullarını izlemeyi amaçlamıştır. Optik ve SAR verileri, zamansal analize izin vermek için her tarih için meteorolojik koşullara ve geometrisine bağlı olarak 0 ile 1 arasında değişen indekslere normalize edilmiştir. SAR geri saçılım değerlerinin toprak yüzeyi ve nemine, bitki örtüsü yoğunluğu ve bitki yapısındaki değişikliklere karşı duyarlı olduğu görülmüştür. Optik verilerin kuru, çıplak toprak alanları için, normalleştirilmiş SAR görüntüleri ile arasında önemli bir korelasyon ($r^2 = .67$) olduğu fakat bulut ve atmosferik olaylardan etkilendiği için mahsul ve toprak değerlendirmesinde yeterli olmadığı görülmüştür.
- **Magnusson vd. (2004)**, CARABAS-II VHF SAR and Landsat TM görüntü kombinasyonu ile ağa gövde hacminin hesaplanması amaçlanmıştır. Her sensor ve kombinasyonu için regresyon analizi kullanılmıştır. Yüksek gövde hacimleri için CARABAS-II en iyi sonucu verirken, daha düşük gövde hacimleri için Landsat TM daha doğru sonuç vermiştir. Bu nedenle, iki tekniğin kombinasyonu tüm gövde hacimlerinde önemli ölçüde daha iyi sonuçlar sağlamıştır.

- Optik ve radar sensörler farklı hedef özelliklerine yanıt vererek, mahsul izlemedeki rollerinin tamamlayıcı olduğunu göstermektedir. **Liu vd. (2005)**, üç Landsat TM uydu görüntüsü ve üç Envisat Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR) uydu görüntüsünü, kış buğdayının gelişim durumunu izlemek ve tahıl verimi, protein içeriğini tahmin etmek için kullanmıştır. Mahsul değişkenlerinin geri saçılmaya karşı doğrusal regresyonuna dayanan iki değişkenli korelasyon sonuçları, ASAR C-HH geri saçılım değerlerinin mahsul veya toprak durumu değişimine duyarlılığının, büyüme aşamasına ve görüntü edinme süresine bağlı olduğunu göstermiştir. Landsat TM görüntüler, ASAR geri saçılım değerlerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında; ürün değişkenlerine karşı daha duyarlı olduğu görülmüştür.
- Habitat yönetimi için orman yapısının ölçümleri oldukça önemlidir. **Hyde vd (2006)** LİDAR, RADAR ve Optik sensörlerden elde edilen ölçümlerle maksimum kanopi yüksekliği, ortalama kanopi yüksekliği, standart sapma kanopi yüksekliği ve biyokütle sonuçlarını karşılaştırmak amacıyla bu çalışmayı yapmıştır. Kanopi yüksekliğini ve biyokütleyi tahmin etmek için LiDAR'ın en iyi tek sensör olduğunu, tüm sensörlerin kombinasyonlarının LiDAR'dan daha doğru olduğu ve diğer kombinasyonların ise yeterince doğru sonuçlar vermediği görülmüştür.
- **Manabu vd. (2007)**, 1990'larda çekilmiş JERS-1 / SAR görüntüleri ve 2000'li yıllarda çekilmiş ALOS / PALSAR görüntülerini kullanarak 14 yıl boyunca bölgedeki ormansızlaşma durumunu incelemiştir. SAR görüntülerin izlenmesi sonucunda, orman alanları ile orman kaybının olduğu alanlarda geri saçılma değerlerinin değiştiği gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda, iki görüntü arasındaki geri saçılma katsayıları farkı kullanılarak birçok ormansız alanın kolaylıkla tespit edildiği görülmüştür.
- **McNaim vd. (2009)**, PALSAR L bant ile mahsul sınıflandırması için polarimetrik ve çok frekanslı SAR verilerinin verileri değerlendirilmiştir. L-bant sonuçları, bir C-bant SAR veri seti (ASAR ve RADARSAT-1), bir birleştirilmiş C- ve L bant veri seti ve optik veri seti ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. L bant doğrusal polarizasyonları kullanılarak mısır, soya fasulyesi, tahıllar ve otlak alanlar % 70'lik bir genel doğrulukla, C-bant veri seti ise % 80'lik bir doğrulukla sınıflandırma sağlamıştır. Üç farklı ayırıştırma (Cloude-Pottier, Freeman-Durden ve Krogager) türetilen L-bant parametreleri, doğrusal polarizasyonlar kullanılarak elde edilenlere göre daha yüksek doğrulukta sınıflandırma sonuçları verdiği görülmüştür. Ayrıca, çalışma Landsat veri seti ile de desteklenmiştir.

- X-bandındaki mikrodalga radyasyonu bitki örtüsünün sadece üst kısmına nüfuz edebilir; bu nedenle, radar geri saçılımı esas olarak bitki örtüsünün üst katmanından gelir ve topraktan saçılmayı neredeyse ihmal edilebilmektedir. **Giacomo vd. (2013)** çalışmada, COSMO-SkyMed ve TerraSAR-X uydularından temin edilen on altı SAR görüntüsü üzerinde, buğday ve arpa bitkilerinin geri saçılma değerlerinin, yaprak alan indeksini (LAI) (HH ve VV polarizasyon) topraktaki nemden ne kadar etkilendiği gözlemlenmiştir. HH polarizasyonun toprak nemindeki değişimlerden büyük ölçüde etkilenmiş olduğu görülmüştür.
- **Violeta vd. (2015)**, toprak tuzlanmasından ve arazi bozulmasından etkilenen bir tarımsal alanı izlemek için, Landsat OLI ve Sentinel-1 C-band radar sinyallerinin hassasiyetini araştırmıştır. Çalışma alanında mısır, buğday, şeker pancarı gibi farklı mahsul tipleri bulunmaktadır. Çalışmada asıl amaç, incelenen alanın toprak tipi, iklim koşulları ve jeomorfolojik özellikleri dikkate alınarak, toprak bozulması ve toprağın nemini izlemek için Sentinel-1 sensörlerin değerlendirilmesidir. Ekim 2014'ten Ocak 2015'e kadar toplanan S1 veri setinin zamana bağlı değişimi izlenmiştir. Landsat OLI görüntüler üzerinde Normalize Edilmiş Fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) ile yaprak alan indeksi, arazi termal indeksi, toprak nem indeksi ve toprak tuzluluğu bilgisi, MODIS'den de toprak tuzluluğunun büyüyen mahsuller üzerindeki etkileri değerlendirmek için hesaplanmıştır.
- Pirinç tarımının geniş alanlarda değerlendirilmesi ve izlenmesi, bulut örtüsü, optik sensörlerin mekânsal ve zamansal çözünürlüklerinin yetersizliği veya ücretsiz erişim radar verilerin olmaması nedeniyle daha sınırlıdır. Güney ve Güney Doğu Asya gibi çoğunlukla bulut örtüsü ve yağmurun hakim olduğu bölgelerde, orta düzeyde mekânsal çözünürlüğe sahip açık erişimli Sentinel-1 C-band veriler tarım alanlarının izlenmesinde büyük önem taşımaktadır. **Torbick vd (2017)**, Sentinel-1, Landsat-8 OLI ve PALSAR-2'yi birleştiren güncellenmiş bir arazi kullanımı haritası elde edilerek, rastgele orman algoritması ile sınıflandırılmıştır. Sentinel-1 zaman serisi analizi ile pirinçlerin gelişim evrelerinin haritalandığı bu çalışmada Kappa doğruluğu %90'ların üzerinde elde edilmiştir.
- **Abdikan vd. (2018)**, tarafından, mısır bitkisinin büyüme evrelerindeki geri saçılım değerlerinin Sentinel-1 (SAR) görüntüler üzerinde izlenmesi amaçlanmıştır. Bu gelişim aşamaları, genel olarak yaprak gelişimi, gövde uzaması, başlık ve çiçeklenme olarak sınıflandırılmıştır. Bitki gelişim evrelerinin erken aşamalarında her iki polarizasyon (VV-VH) için yüksek korelasyon gösterirken, daha geç aşamalarda her iki polarizasyonda daha düşük değerlerde korelasyon göstermiştir. Son olarak nesne tabanlı sınıflandırma ile %80 oranında bir doğruluk elde edilmiştir.

- **Van Tricht vd. (2018)**, bir mahsul haritası oluşturmak için Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntüler kullanmıştır. Radar ve optik görüntü kombinasyonu üzerinde Rastgele Orman Sınıflandırıcısı ile sekiz ürün türü maksimum %82 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmanın, mahsul türleri arasındaki farkların en yüksek olduğu Temmuz ayında daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.
- Uzaktan algılama uygulamalarında bitki örtüsü ve toprak özelliklerini değerlendirmek için çeşitli indeksler kullanılmaktadır. **Zhang vd. (2019)**, bilinen indekslere göre sınıflandırma yapmak yerine farklı bant bilgilerini kullanarak sınıflandırmayı amaçlamışlardır. Sentinel-2A görüntüler üzerinde geleneksel indeksler kullanarak elde ettikleri sonuçları derecelendirmiş ve yeni bant kombinasyonları oluşturulmuştur. Bu çalışma sonucunda, iyi bir sınıflandırma elde edebilmek için 13 bantın hepsinin kullanılmasını önermektedirler.
- **Stendardi vd. (2019)**, tarafından radar sinyalinin bitki örtüsü ve toprak koşulları arasındaki korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Sentinel-1 VH (çapraz polarize) bantın geri saçılma katsayılarının güçlü bitki örtüsü değerlerine sahip olduğu ve optik görüntülerden elde edilen NDVI (Normalleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi) değerleri ile iyi bir korelasyon içinde olduğu görülmüştür. Çayır alanlarının gelişim evrelerinde Sentinel-1 değerleri, düşük rakımda yüksek rakımdaki alanlara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışmada rakım arttıkça doğrulukta bir düşüş olmasına rağmen, SAR-Optik veri entegrasyonunun dağlık bölgelerde fenoloji tespiti için umut verici bir yaklaşım olduğu görülmüştür.
- Ormanlık alanların tarım alanlarından ayrılması, peyzaj heterojenliğini anlamak ve biyolojik çeşitliliği doğru yönetmek açısından oldukça önemlidir. Mercier vd. (2019), bu çalışmada, tek başına Sentinel-1 verilerinin potansiyelini daha sonra tek başına Sentinel-2 verilerini ve son olarak da iki veri setini birlikte sınıflandırarak orman-tarım alanlarını haritalandırmıştır. Tek başına S-2 verileriyle elde edilen sınıflandırmalar (ortalama kappa indeksi = 0.59-0.83), tek başına S-1 verileriyle elde edilenlerden daha doğru (ortalama kappa indeksi = 0.28-0.72) olduğu ve S-1 ve S-2 verilerinin birleşimiyle doğruluğun arttığı (ortalama kappa indeksi = 0,55–0,85) görülmüştür.
- **Arias vd. (2020)**, tarafından Sentinel-1 zaman serilerinden mahsullerin imzalarına dayalı denetimli bir mahsul sınıflandırma yaklaşımının performansı değerlendirilmiştir. Toplamda, farklı kış, yaz mahsülleri ve nadasa bırakılmış olanlar dahil olmak üzere 14 mahsul sınıfı belirlenmiştir. Sınıflandırma sonuçları, kullanılan yöntem ve veri seti özelliklerine göre değişiklik göstermiştir. Veri olarak üç (VH, VV ve VH / VV) band kullanıldığında %70 'in üzerinde bir genel doğruluk elde edilmiştir. Geri saçılma değerlerine göre arpa, pirinç, mısır ve

buğdaydan elde edilen doğruluk ise %75'in üzerinde olduğu görülmüştür. Alan boyutunun küçük alanlara ($<0,5$ ha) kıyasla daha büyük alanlar için (> 1 ha) ~%14 daha iyi sınıflandırma performansı elde edilmiş.

- Karmaşık geri saçılma değerlerine sahip olduğu için Sentinel-1 SAR doğrudan elde edilen sonuçlar tarım alanlarının sınıflandırılmasında yeterli olmamaktadır. **Qu vd (2020)**, daha iyi sınıflandırma sonuçları elde etmek için DSCRNN sinir ağı mimarisini kullanmıştır. Sinir ağını eğitmede Sentinel-1 görüntü kovaryans matrisi, polarimetrik bilginin bütünlüğünü korumak için girdi olarak kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin heterojen tarım alanlarında diğer klasik yöntemlere göre daha iyi doğruluk sağladığını göstermiştir.



3. MATERYAL VE METOT

Tez çalışmasının bu bölümü 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, çalışma alanları gösterilerek, bu alanlar hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci aşamada, kullanılan veriler ve bu verilere ait özellikler ve son aşamada ise tez kapsamında uygulanan metotlar anlatılarak bölüm tamamlanmıştır.

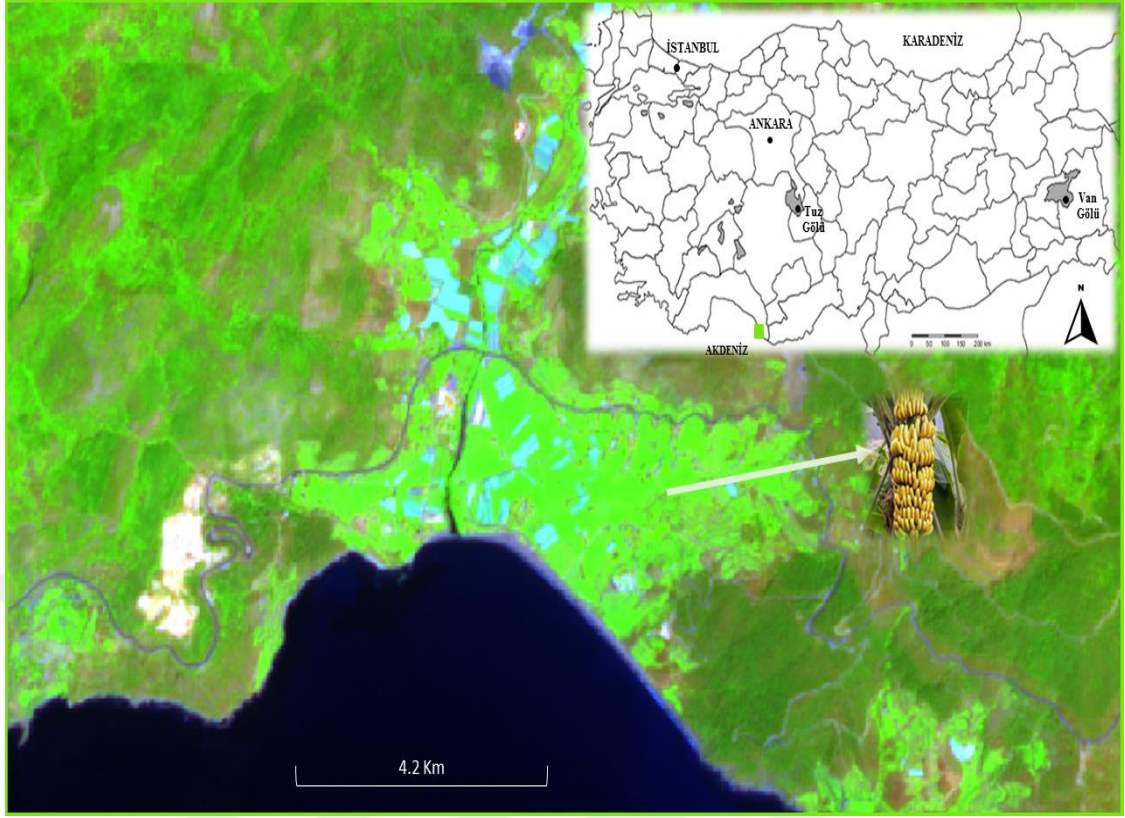
3.1. Çalışma Alanları

Tez kapsamında uygulama yapabilmek için, Akdeniz Bölgesi'nin kıyıları boyunca uzanan Toros Dağları'nın eteklerinden iki farklı çalışma alanı belirlenmiştir. Bu alanlardan ilki Antalya ilinin Gazipaşa ilçesine bağlı olan Yakacık mahallesidir. Yakacık, Antalya iline 217 km, Gazipaşa ilçesine ise 37 km uzaklıktadır. Gazipaşa'nın doğu sınırında yer alan bölge; Mersin'nin Anamur ilçesinin Anıtlı Köyü komşusudur.

Gazipaşa'da, kıyısında bulunduğu Akdeniz ikliminin etkileri görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağmurludur. Sadece ocak ve şubat aylarında düşen yağış oranı, Türkiye'nin en yağışlı yeri olan Rize çevresinin aynı dönemi ile neredeyse eşittir. Ancak bütün bunlara rağmen, yaz aylarının başlamasıyla birlikte kurak bir dönem başlar ve yaklaşık 5 ay neredeyse hiç yağış düşmez. Bitki Örtüsü, 800-1000 metre yüksekliğe kadar olan alanların denize bakan dik yamaçlarında, Akdeniz'in bitki örtüsü olan maki görülmektedir. 800-1200 metreden sonra ise Akdeniz fundası ile karışık durumdaki çam ormanlarını görmek mümkündür. Daha yükseklerde karaçam, sedir, ladin ve ardıç gibi orman çeşitleri yaygındır (Orman Bölge Müdürlüğü, 2020). Bölgede, birçok alanda muz ağaçları ile ormanlık alanların sınırları karışmaktadır.

Gazipaşa ilçesinde iklimin etkisiyle birçok tropikal meyve üretimi yapılmaktadır. Özellikle son dönemde yerli muz üretiminde ülkenin en önemli merkezlerinden biri olmuştur. Gazipaşa'ya bağlı Muzkent, Güney, Macar, Zeytinada, Beyrebucak, Yakacık ve Kuru mahallelerinde 13 bin 400 dekar açık-alan, 3 bin 500 dekarı da örtü-altı olmak üzere toplamda 16 bin 900 dekar alanda muz üretimi yapılmaktadır. Özellikle örtü-altı muz üretiminden yılın 365 günü verim alınabilmektedir. Bunun nedeni, açık-alan muz üretimi ile yılda 1 kez hasat yapılabilirken, örtü-altı muz üretimi sayesinde yılda 2 defa muz hasadı yapılabilir (Tarım ve Orman Dergisi, 2019).

Bölgede açık alandaki muz bahçelerinin bakımı şubat ayında başlayıp mart sonuna kadar sürerken, örtü-altı muz bahçelerinin bakımı aralık ayında başlayıp şubat sonuna kadar devam etmektedir. Bu bakım işlemi her sezon yeniden tekrarlanmaktadır. Bakım yapılırken, meyve veren muz ağaçları ve fazladan olan fidanlar sökülerek 2 veya 3'er olacak şekilde fidanlar bırakılmaktadır. Böylece muz bahçeleri hacimsel olarak azalmaktadır (Anonim 2). Yakacık çalışma alanı ayrıntılı bir şekilde Sentinel-2 optik görüntüsünden de yararlanılarak Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

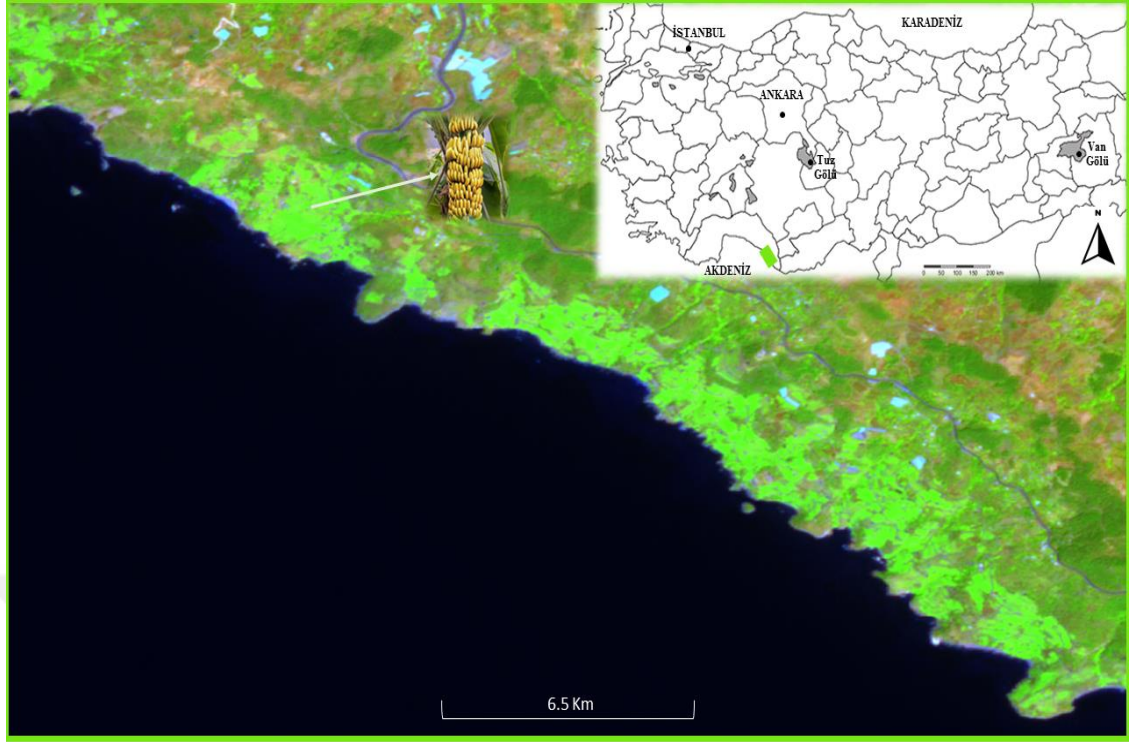


Şekil 3.1. Çalışma alanı 1: Yakacık

İkinci çalışma alanı olarak Antalya ilinin Gazipaşa ilçesine bağlı olan Zeytinada Mahallesi seçilmiştir. Birinci çalışma alanının güneyinde olan bu bölge Antalya iline 180 km, Gazipaşa ilçesine 25 km uzaklıkta bulunmaktadır. Bölgede hayvancılığın yanı sıra yoğun bir şekilde muz üretimi yapılmaktadır. Ülkenin yıllık muz ihtiyacının 5'te 1 buradan karşılanmaktadır (TUİK, 2020)

Birinci çalışma alanında bölgenin yapısal özelliklerinden kaynaklı olarak açık-alan muz üretiminin yanı sıra örtü-altı muz üretimi de yoğun bir şekilde yapılmakta olup, Zeytinada bölgesinde ise çoğunlukla açık-alan muz üretimi yapılmaktadır.

Tez kapsamında uygulama yapılan 2 alanda Gazipaşa ilçesine bağlı bölgelerde olduğundan dolayı aynı iklim ve benzer hava koşullarına sahiptir. Bu nedenle, Zeytinada bölgesinde de açık alandaki muz bahçelerinin bakımı şubat ayında başlayıp mart sonuna kadar sürerken, örtü-altı muz bahçelerinin bakımı aralık ayında başlayıp şubat sonuna kadar devam etmektedir (Anonim 4). Zeytinada çalışma alanı ayrıntılı bir şekilde Sentinel-2 optik görüntüsünden yararlanılarak Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Çalışma alanı 2 : Zeytinada

3.2. Çalışma Alanında Kullanılan Veri Setleri

Bu tez kapsamında, SENTINEL-1B radar görüntüleri ve SENTINEL-2 çok bantlı uydu görüntüleri kullanılmıştır.

3.2.1. SENTINEL-1 SAR Görüntü

Avrupa Uzay Ajansı (ESA), Copernicus Dünya Gözlem Programı'nın ihtiyaçları doğrultusunda geniş bir uygulama yelpazesine sahip Sentinel uydu serisini geliştirmektedir (Çizelge 3.1). Bu uydu serisinden Sentinel-1 SAR, aynı yörünge düzlemini paylaşan 2 uydudan oluşmaktadır. 3 Nisan 2014 yılında ilk olarak Sentinel-1A sonrasında da 25 Nisan 2016 yılında da Sentinel-1B uydusu fırlatılmıştır (Anonymous 4). Farklı çözünürlük ve kapsama alanına sahip bu uydu SM, IW, EW ve WV olmak üzere farklı görüntüleme modlarında çalışmaktadır. Bu dört farklı mod ve özellikleri Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. SENTINEL uydu serisi ve özellikleri (ESA)

Sentinel-1 SAR	Sahip olduğu yapay açıklık ile gece ve gündüz, tüm hava koşullarından bağımsız olarak görüntü elde edilmesini sağlar.
Sentinel-2 MSI	Farklı mekânsal çözünürlüğe sahip 13 band ile toprak, vejetasyon ve su alanlarından veri elde edilmesini sağlar
Sentinel-3 OLCI	Deniz topografyası, okyanus ve kara yüzeyinin rengi, deniz ve kara yüzey sıcaklığı ayrıca çevre ve iklimsel izlemelerin elde edilmesini sağlar.
Sentinel-4	Yüksek çözünürlük ve hızlı tekrar süresi ile Avrupa üzerindeki gaz, aerosoller ve hava kalitesinin izlenmesini sağlar.
Sentinel-5	Atmosferin ve hava kalitesinin izlenmesini sağlar.
Sentinel-5 Precursor	UV ışınlar, hava kalitesi, iklim takip ve tahmini ayrıca yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip atmosferik ölçümleri Envisat Uydusu'nun eksik yönlerinin tamalanması için geliştirilmiştir.
Sentinel-6	Üzere bulunan radar altimetresi ile deniz yüzeyinin topografyasının yüksek doğrulukta ölçülmesini sağlar.

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

Görüntüleme Tipleri	SM Mod	IW Mod	EW Mod	WV Mod
Radyometrik Doğruluk	1 db	1 db	1 db	1 db
Faz Hatası	5°	5°	5°	5°
Polarizasyon	Çift	Çift	Çift	Tek
Çözünürlük Range*Azimut (m)	5*5	5*20	25*100	20*5/20*20
Çerçeve Boyutu	80	240	400	20*20
Yansıma Açısı	20-45	>25	>20	23/36,5

Sentinel-1 SAR, sahip olduğu yapay açıklık ile gece ve gündüz, tüm hava koşullarından bağımsız olarak görüntü elde edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle geniş bir uygulama alanına sahiptir. Sentinel-1 uydu yörüngesinde ki bir tam turunu 12 günde tamamlamaktadır (ESA). Bu da, aynı yörünge düzlemini takip eden iki farklı uydu aracılığıyla, bir alana ait 6 (bölgeye göre değişir) günde bir veri elde edilmesini sağlamaktadır.

SAR teknolojisinin, gece ve gündüz tüm hava koşullarında görüntü elde edebilmesi, birçok alanda olduğu gibi tarım alanlarının izlenmesinde de büyük avantajlar sağlamaktadır. Sentinel-1 uydusunun sık tekrar döngüsü, mahsüllerde ki hızlı değişimin takip edilebilirliğini kolaylaştırmaktadır. Özellikle C-bandın (~5.6 cm dalga boyu), tohum ve meyve gelişimi sırasında ki büyüme aşamalarında, yapısal değişikliklere karşı duyarlı olması Sentinel-1 radar veri kullanımını tarım alanlarının izlenmesinde daha avantajlı bir hale getirmektedir (McNairn vd. 2016). Çalışma alanında kullanılan Sentinel-1 radar verinin teknik özellikleri ayrıntılı olarak Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. SENTINEL-1 radar uydunun teknik özellikleri (ESA)

Operatör/Ülke	Avrupa Uzay Ajansı (ESA)/ Avrupa Birliği
Başlangıç Tarihi	2014
Görüntüleme Tipi	SM / IW / WS / WM
Band Tipi	C Band
Dalga Boyu	~5.6 cm
Polarizasyon	Çift: VV+VH / HH+HV Tek: HH/VV
Ziyaret Sıklığı	6 gün
Ömür	7 yıl
Yörünge	12 günlük tekrar döngüsü; Döngü başına 175 yörünge
Konum Doğruluğu	0,01° (her eksen)
Konum Dengeleme	3-eksenli stabilize
Fırlatma Kütlesi	2300 kg
Boyutlar	3900 × 2600 × 2500 mm
Solar Ortalama Güç	5900 W

3.2.1.1. Çalışmada Kullanılan Sentinel-1 SAR Veri Setinin Özellikleri ve Tarihleri

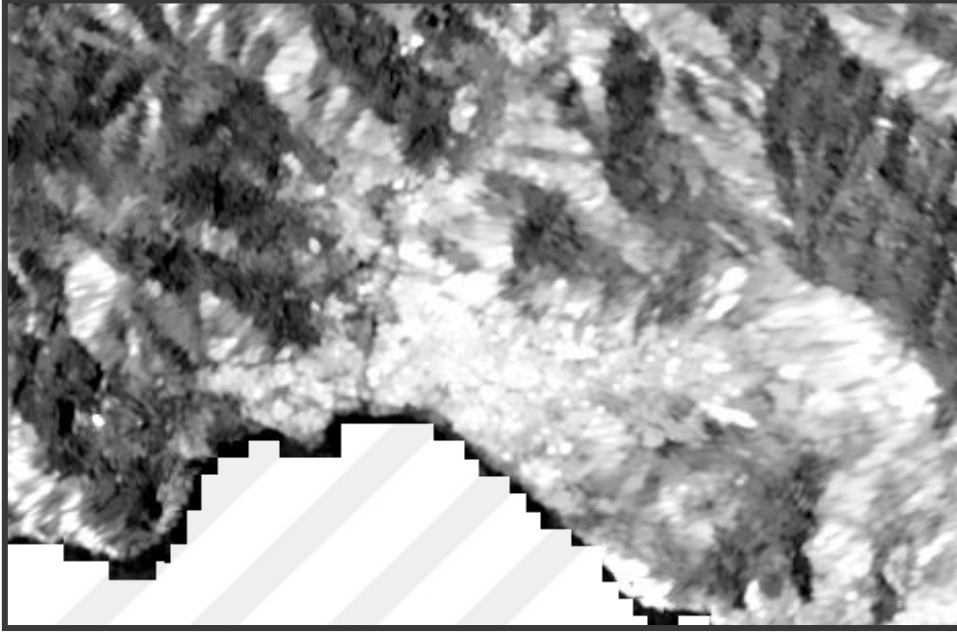
Bu çalışma için, İnterferometrik Geniş Alan modunda Sentinel-1A C-band SAR görüntüleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan Sentinel-1 veri özellikleri Çizelge 3.4 gösterilmiştir. Sentinel-1, gündüz veya gece, tüm hava koşullarında Ekim 2014'ten bugüne kadar veri toplanmasını sağlamaktadır. Bu da optik görüntü ile veri elde etmenin zor olduğu bölgelerde büyük avantaj sağlamaktadır. Veriler hem yükselen hem de alçalan yörüngelerde elde edilmektedir. Farklı yörüngelerden elde edilen veriler, çalışma alanının farklı gözlemleri olarak düşünülebilir. Aradaki fark, yükselen yörüngenin daha dik bir açıda gelmesi sonucunda ortalama geri saçılma değerinin daha yüksek olmasıdır (Koppel vd. 2017). Bu nedenle, çalışma alanında yükselen yörünge ile elde edilen verilerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Sentinel-1, faz koruyucu çift polarizasyona sahip bir SAR sistemidir. Yatay (H) veya dikey (V) polarizasyonda sinyal iletebilir veya sonrada da geri dönüş sinyalini hem yatay hem de dikey polarizasyonlarında alabilmektedir. Sentinel-1 VV ve VH çift polarize bantlara sahiptir (Anonymous 6). Çalışmada, her iki banttan da elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonunda VV polarizasyonu ile daha yüksek doğruluklar elde edildiği görülmüştür.

Çizelge 3.4. Çalışma alanlarında kullanılan Sentinel-1 veri setini özellikleri

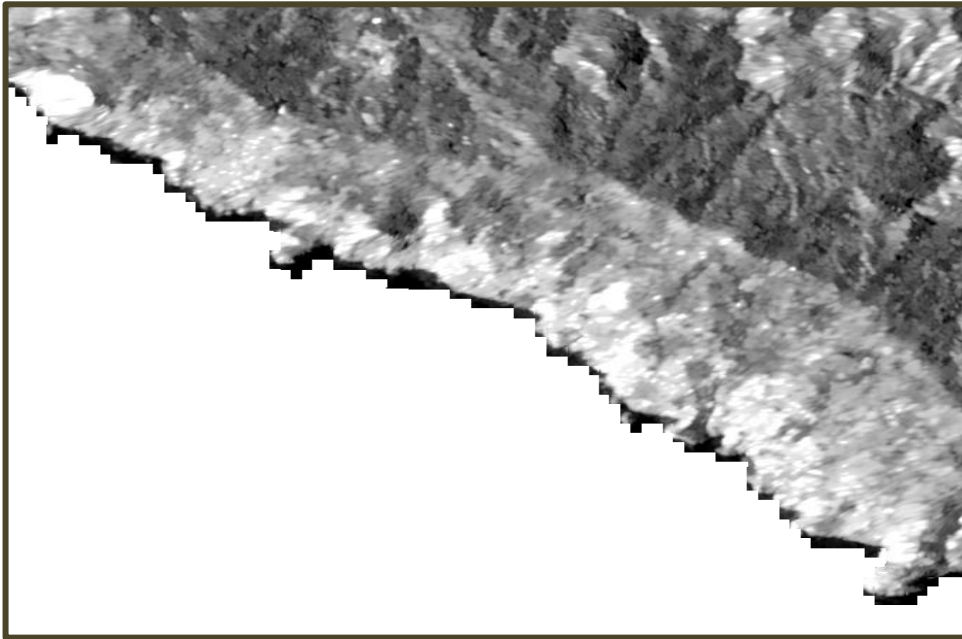
Uydu	Sentinel-1B
Band Türü	C Band
Operasyonel Mod	IW Şerit Modu
Yörünge Mod	Yükselen (Ascending)
Polarizasyon	VV
Çözünürlük	10 m
Azimut ve Menzil Görünümü	Tek

Muz bahçelerinin büyüme evreleri, bakım ve dikim zamanları hakkında yapılan ön araştırma sonucunda, açık alandaki muz bahçelerinin bakımının şubat ayında başlayıp mart sonuna kadar sürdüğü, örtü-altı muz bahçelerinin bakımının ise aralık ayında başlayıp şubat sonuna kadar devam ettiği görülmüştür. Bu bakım işlemleri her sezon yeniden tekrarlanmaktadır. Bakım yapılırken, meyve veren muz ağaçları ve fazladan olan fidanlar sökülerek 2 veya 3'er olacak şekilde fidanlar bırakılmakta, böylece muz bahçeleri hacimsel olarak azalmaktadır. Sonrasında zamanla büyüyerek, olgunlaşan muzlar ağaçların hacimsel olarak artmasına neden olmaktadır. Bu bilgiler göz önünde bulundurularak çalışma alanlarına ait uydu görüntüleri Mart-Eylül tarihleri arasında seçilmiştir. Muzların gelişme süreci göz önüne alınarak her aydan bir görüntü olacak şekilde veri seti oluşturulmuştur. Toplamda, Sentinel-1B GRD biçim yükselen mod da

tarihlerden 5 tanesi ortak olmak üzere 14 adet çift polarize (VV ve VH) görüntü kullanılmıştır. Uydu görüntülerinin 8 tanesi çalışma alanının zamansal izlenmesinde, 2 tanesi değişimin belirlenmesinde ve 8 görüntüde değişim görüntülerinin ortalama değerlerinin alınmasında kullanılmıştır. Seçilen görüntülere ait tarihler ayrıntılı bir şekilde Çizelge 3.5, Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’ de verilmiştir. Çalışma alanına ait birer görüntü ön işlem adımları tamamlanmış olarak Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’de gösterilmiştir. Uydu görüntüleri 16 Temmuz 2019 tarihine aittir.



Şekil 3.3.Yakacık çalışma bölgesi, radar VV polarizasyonu görüntüsü



Şekil 3.4.Zeytinada çalışma bölgesi, radar VV polarizasyonu görüntüsü

Çizelge 3.5. Çalışma alanlarındaki değişimin zamansal olarak izlenmesinde kullanılan görüntü tarihleri

Çalışmada Kullanılan Tarihler	Sentinel-1B
	18 Mart 2019
	23 Nisan 2019
	17 Mayıs 2019
	22 Haziran 2019
	16 Temmuz 2019
	21 Ağustos 2019
	26 Eylül 2019
	20 Ekim 2019

Çizelge 3.5’te verilen Sentinel-1B uydusuna ait görüntü tarihleri, SNAP yazılımı kullanılarak muz ve orman alanlarındaki geri saçılma değerlerinin zamana bağlı değişimi izlenmiştir. Geri saçılma değerlerinin en düşük olduğu tarih 18 Mart, en yüksek olduğu tarih 16 Temmuz olarak gözlemlenmiştir (Çizelge 3.6). Bu nedenle ilk yöntemimiz olan iki görüntü farkı ile muz alanlarının belirlenmesinde, değişimin en belirgin olduğu bu iki tarih kullanılmıştır. Daha iyi sonuçlar elde etmek için uyguladığımız ikinci yöntemimizde, görüntüleri zenginleştirmek için ağaç yoğunluğunun en düşük ve en yüksek olduğu tarihlerin ortalaması alınmıştır. Ortalaması alınacak görüntü tarihlerinin belirlenmesinde daha önceden elde ettiğimiz minimum ve maksimum saçılma değerlerine ait görüntülerin edinme tarihlerine yakın tarihler seçilmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.6. Çalışma alanlarında değişim tespitinde kullanılan görüntü tarihleri

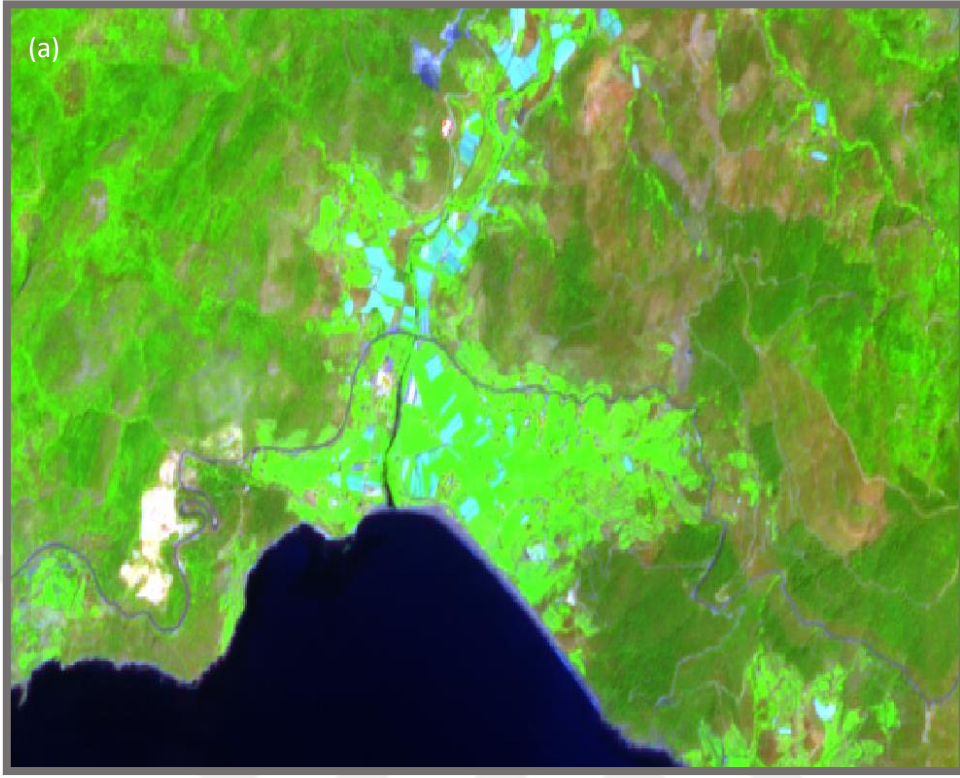
	Ağaç Yoğunluğunun En Düşük Olduğu Tarih	Ağaç Yoğunluğunun En Yüksek Olduğu Tarih
Kullanılan Tarihler	18 Mart 2019	16 Temmuz 2019

Çizelge 3.7. Çalışma alanlarında ortalama saçılma değerleri ile değişim tespitinde kullanılan görüntü tarihleri

	Ağaç Yoğunluğunun En Düşük Olduğu Tarihler	Ağaç Yoğunluğunun En Yüksek Olduğu Tarihler
Kullanılan Tarihler	6 Mart 2019	16 Temmuz 2019
	12 Mart 2019	28 Temmuz 2019
	18 Mart 2019	9 Ağustos 2019
	30 Mart 2019	21 Ağustos 2019

3.2.2. SENTINEL-2 Çok Bantlı Görüntü

Sentinel-2, Avrupa Uzay Ajansı tarafından geliştirilen, orta ve düşük mekansal çözünürlüklü (10-60 m) çok bantlı görüntüleme özelliğine sahip bir dünya gözlem uydusudur. Aynı yörüngede, Sentinel-2A ve Sentinel-2B uydularının birlikte çalışması sonucunda 5 ila 7 gün arasında veri kaydedilmesi sağlanmaktadır. 10 m'de dört bant, 20 m'de altı bant ve 60 m'de üç bant olmak üzere farklı mekansal çözünürlükte 13 banttan oluşmaktadır. Sentinel-2 uydu görüntüleri; arazi örtüsü, arazi kullanımı ve değişim tespit haritalamada ayrıca yaprak alan indeksi, yaprak klorofil ve su içeriği gibi jeofizik değişkenlerin haritalanmasında kullanılmaktadır (Anonymous 7). Sentinel-2 uydu ve bant özellikleri ayrıntılı bir şekilde Çizelge 3.8' de, çalışma alanına ait RGB renk kombinasyonunda açılmış uydu görüntüleri de Şekil 3.5. ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Uydu görüntüleri 23 Temmuz 2019 tarihine aittir. Ayrıca, bulut örtüsü ve zamansal çözünürlük gibi kısıtlayıcı faktörlerden dolayı, optik sensörlerden istenen bilgiyi her zaman sağlamanın mümkün olmadığını göstermek amacıyla muz bitkisinin gelişim dönemlerine ait Sentinel-2 optik görüntüler Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Yakacık çalışma bölgesine ait RGB görüntü



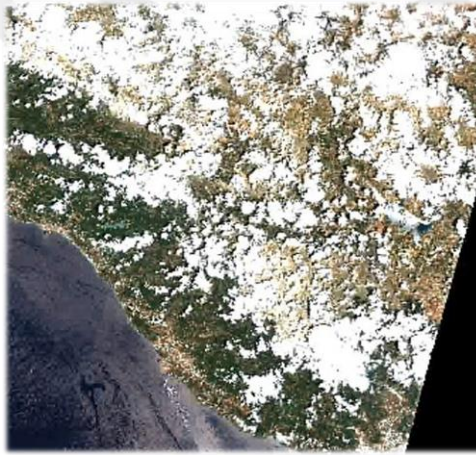
Şekil 3. 6. Zeytinada çalışma bölgesine ait RGB görüntü



18 Mart 2019



22 Nisan 2019



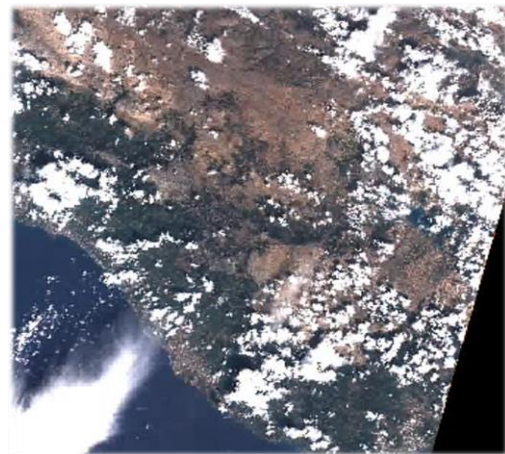
17 Mayıs 2019



21 Haziran 2019



26 Temmuz 2019



25 Ağustos 2019

Şekil 3.7. Sentinel-2 optik uydu görüntüleri

Çizelge 3.8. SENTINEL-2 uydu ve bant özellikleri (ESA)

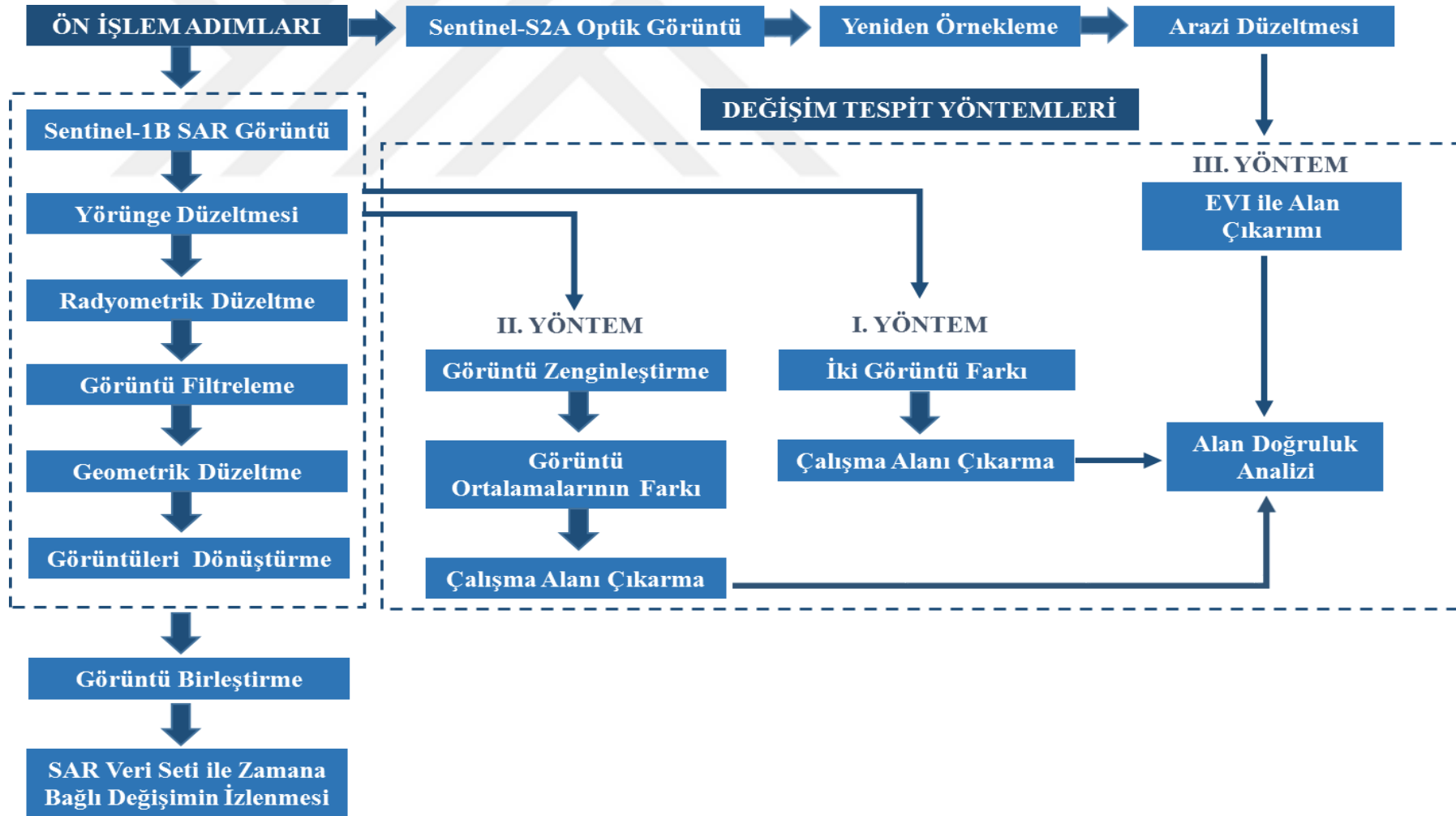
Sentinel-2A	23 Haziran 2015																																																											
Sentinel-2B	7 Mart 2017																																																											
Uydu Ömrü	7 yıl																																																											
Yörünge	786 km																																																											
Şerit Genişliği	290 km																																																											
Tekrar Süresi	2 uydu takımyıldız ile 5 gün (ekvatorda)																																																											
Mekansal Çözünürlük	10, 20 ve 60 m																																																											
Spektral Bantlar	13 tane (VIS, NIR, SWIR)																																																											
Bant Özellikleri	<table><tr><th>Sentinel-2 Bantlar</th><th>Dalga Boyu (nm)</th><th>Bant Genişliği (nm)</th><th>Mekansal Çözünürlük (m)</th></tr><tr><td>Bant 1-Kıyı Aerosol</td><td>443</td><td>20</td><td>60</td></tr><tr><td>Bant 2-Mavi</td><td>490</td><td>65</td><td>10</td></tr><tr><td>Bant 3-Yeşil</td><td>560</td><td>35</td><td>10</td></tr><tr><td>Bant4-Kırmızı</td><td>665</td><td>30</td><td>10</td></tr><tr><td>Bant 5</td><td>705</td><td>15</td><td>20</td></tr><tr><td>Bant 6</td><td>740</td><td>15</td><td>20</td></tr><tr><td>Bant 7</td><td>783</td><td>20</td><td>20</td></tr><tr><td>Bant 8A</td><td>865</td><td>20</td><td>20</td></tr><tr><td>Bant 8-Yakın Kızılötesi</td><td>842</td><td>115</td><td>10</td></tr><tr><td>Bant 9-Su Buharı</td><td>945</td><td>20</td><td>60</td></tr><tr><td>Band 10</td><td>1380</td><td>30</td><td>60</td></tr><tr><td>Bant 11</td><td>1610</td><td>90</td><td>20</td></tr><tr><td>Bant 12</td><td>2190</td><td>180</td><td>20</td></tr></table>				Sentinel-2 Bantlar	Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Mekansal Çözünürlük (m)	Bant 1-Kıyı Aerosol	443	20	60	Bant 2-Mavi	490	65	10	Bant 3-Yeşil	560	35	10	Bant4-Kırmızı	665	30	10	Bant 5	705	15	20	Bant 6	740	15	20	Bant 7	783	20	20	Bant 8A	865	20	20	Bant 8-Yakın Kızılötesi	842	115	10	Bant 9-Su Buharı	945	20	60	Band 10	1380	30	60	Bant 11	1610	90	20	Bant 12	2190	180	20
	Sentinel-2 Bantlar	Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Mekansal Çözünürlük (m)																																																								
	Bant 1-Kıyı Aerosol	443	20	60																																																								
	Bant 2-Mavi	490	65	10																																																								
	Bant 3-Yeşil	560	35	10																																																								
	Bant4-Kırmızı	665	30	10																																																								
	Bant 5	705	15	20																																																								
	Bant 6	740	15	20																																																								
	Bant 7	783	20	20																																																								
	Bant 8A	865	20	20																																																								
	Bant 8-Yakın Kızılötesi	842	115	10																																																								
	Bant 9-Su Buharı	945	20	60																																																								
	Band 10	1380	30	60																																																								
	Bant 11	1610	90	20																																																								
Bant 12	2190	180	20																																																									

3.3.Metot

Çalışma kapsamında, Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik uydu görüntüleri kullanılarak muz ve orman alanlarının birbirlerinden ayrılması amacıyla farklı yöntemler uygulanmıştır. İlk olarak, SAR veri seti üzerinde muz ve orman alanlarının geri saçılma değerlerinin zamana bağlı değişimi izlenmiştir. Böylece, muz ağaçlarının hacimsel değişimlerinin minimum ve maksimum olduğu dönemler belirlenmiştir. Bu tarihlere göre muz alanlarının SAR görüntüler üzerinde tespit edilebilmesi için ‘İki Görüntü Farkı’ ve ‘Zenginleştirilmiş Görüntü Farkı’ yöntemleri uygulanmıştır. Daha sonra, Sentinel-2 optik görüntü üzerinde çalışma alanları sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma Gelişmiş Bitki İndeksi (EVI) kullanılmıştır. Bu bölümde anlatılan işlem adımları 6 aşamadan oluşmaktadır. Bu işlem adımları:

- i. SAR ve optik veri seti ön işleme
- ii. SAR görüntü üzerinde geri saçılım değerlerinin zamansal değişiminin izlenmesi
- iii. İki SAR görüntü farkı ile değişim tespiti
- iv. SAR, görüntü zenginleştirme
- v. SAR, zenginleştirilmiş görüntülerin ortalama değer farkı ile değişim tespiti
- vi. EVI ile optik verilerin sınıflandırılması

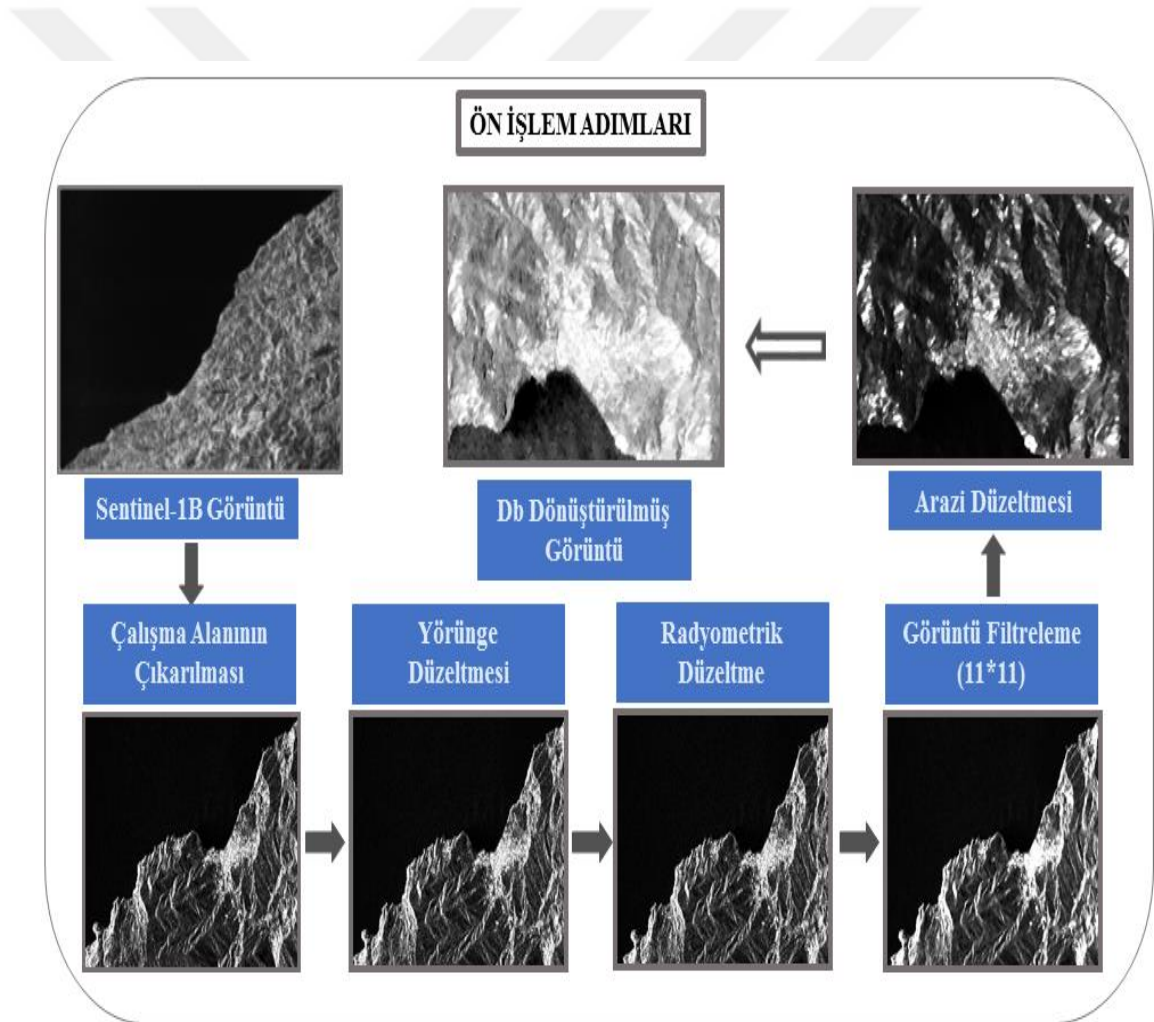
Muz alanlarının tespit edilerek diğer alanlardan ayrılması için önerilen yöntemin iş akış şeması ayrıntılı bir şekilde Şekil 3.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. SAR ve Optik veri seti ile önerilen yöntemin iş akış şeması

3.3.1. SENTİNEL-1 Ön İşlem Adımları

Bu çalışma için, 6 Mart-20 Ekim tarihleri arasında 14 adet İnterferometrik Geniş Alan modunda Sentinel-1B GRD format C-band SAR görüntüleri ücretsiz bir şekilde ESA Açık Erişim Merkezinden elde edilmiştir. Uydu görüntüleri, yapılarında sistematik ya da sistematik olmayan hatalar barındırırlar. Bu hataların giderilmesi için bir takım ön işlemlere tabi tutulmaları gerekmektedir. Ön işlem adımları, bir sonraki adımda görüntü üzerinden daha özel bilgiler elde etmek için “işleme ve analiz” gibi işlemlerden önce yapılmaktadır. Ön işlemler, görüntü üzerinde objeleri temsil etmeyen yansıma değerlerinin giderilmesi “radyometrik düzeltme” ve görüntüyü istenilen koordinat sistemine dönüştürmeyi sağlayan “geometrik düzeltme” gibi adımları içermektedir. İş akışı, Sentinel uygulama platformu SNAP üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında, Sentinel-1 görüntülere uygulanan ön işlem adımları ayrıntılı bir şekilde Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



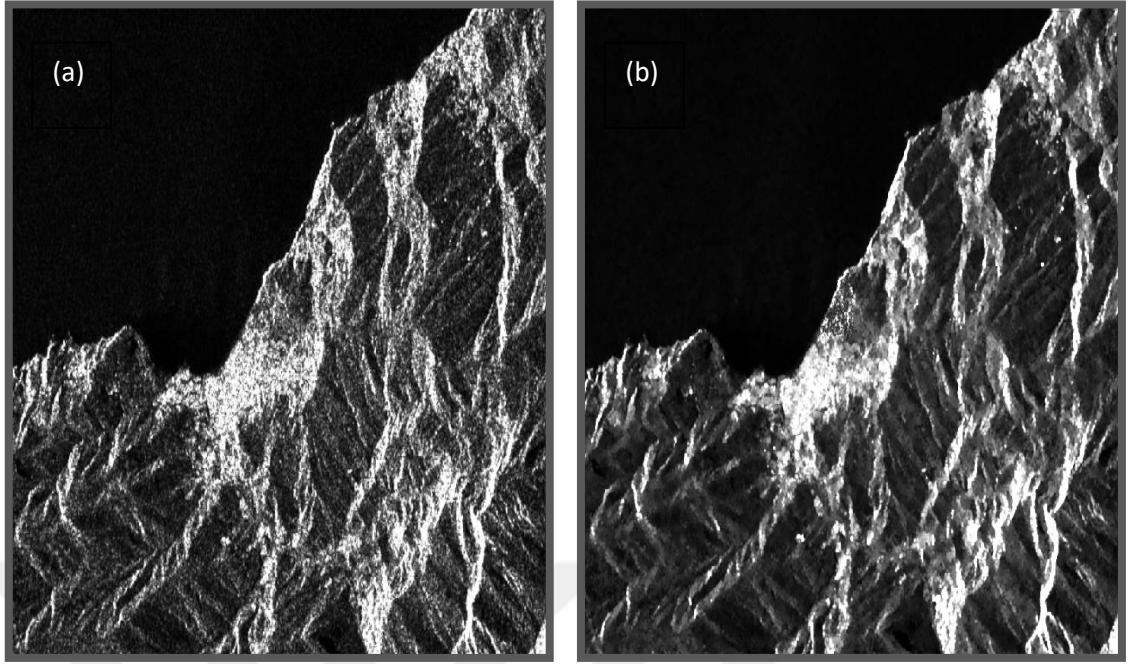
Şekil 3.9. Sentinel-1 görüntü ön işlem adımları

Sentinel-1 görüntülere ön işlem adımları uygulanmadan önce işlem zamanını kısaltmak için uydu görüntüsü çalışma alanını kapsayan koordinat değerleri ile kesilerek, küçültülmüştür. Çalışma alanı çıkartıldıktan sonra, doğru bir uydu konumu ve hız bilgisi elde etmek için görüntülerin yörünge dosyası kullanılarak veriler güncellenmiştir. Bunun nedeni, uyduların kesin yörüngelerinin ürünün üretilmesinden günler sonra elde edilebiliyor olmasıdır. İşlem sırasında yörüngedeki her SAR sahnesi için yörünge bilgisi otomatik olarak indirilir ve güncellenir.

Uydu görüntüleri üzerinde sistematik ya da sistematik olmayan hatalardan kaynaklı objeleri tam olarak temsil etmeyen yansıma değerleri bulunmaktadır. Bu hatalar; algılayıcı kaynaklı, güneş ışınlarının geliş açısı ya da topografyadan kaynaklı veya sis ve bulut gibi atmosferik şartlardan kaynaklı olabilmektedir (Miranda and Meadows,2015). Sentinel-1 radar görüntüler de radyometrik sapmalardan kaynaklı hatalara sahiptir. Bu hataların düzenlenmesi, radar görüntülerin yansıtıcı yüzeylerin geri saçılımını gerçekten temsil etmesi ve farklı sensör veya aynı sensörden farklı zaman veya farklı modlarda elde edilen görüntülerin karşılaştırılıp, yorumlanabilmesi için gereklidir. Radyometrik olarak düzenlenmiş SAR gerisaçılma değerleri üretmek için dört LookUp Tablosu (LUT) önerilmektedir. LookUp Tablosu (LUT); sigma (σ_0), beta (β_0) ve gama (γ) değerlerinin üretilmesini sağlar (ESA, 2020). Seçilen LUT'lara bağlı olarak σ_0 , β_0 , γ veya orijinal DN'i değerlerinden biri kullanılır. Bu çalışma için sigma (σ_0) değeri kullanılmıştır.

Radar görüntü üzerinde tek bir yüzey tipi için bile, bitişik pikseller arasında önemli grilik seviyesi değişimleri görülmektedir. Bunun nedeni, SAR tekniği ile yüksek çözünürlüğe sahip görüntüler elde etmek mümkün olmasına rağmen, görüntülerin yapısında bulunan benek (speckle) etkisi görüntü kalitesini düşürerek, yorumlamayı zorlaştırmasıdır. Sinyale bağlı olarak tuz karabiber gürültüsü olarak da adlandırılan bu benekler, homojen alanlarda sabit bir ortalama radyometrik seviyeye sahiptir.

Benek etkisi, radyometri ve dokuya bağlı olarak arazi sınıflarının ayırt ediciliğini azaltır. Bu nedenle en az bilgi kaybıyla görüntüler filtrelenmelidir. Özellikle tarım gibi tanımlanmış bir alan desenine sahip çalışmalarda kullanılacak olan filtreler ortalama geri saçılma değerini ve bitişik alanlar arasındaki keskin kenarları korumalıdır. Görüntü üzerindeki gürültülerin giderilmesinde; kenar, doğrusal özellik ve doku bilgilerini koruyabilme kabiliyeti yüksek olan Rafine Lee filtresi uygulanmıştır (Zhang vd. 2019). Ayrıca, görüntü dokusunu korumak için filtrelemedeki pencere boyutu 11*11 olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının filtresiz ve filtre uygulanmış hali arasındaki fark Şekil 3.10'da gösterilmiştir



Şekil 3.10.a) SAR filtresiz görüntü **b)** SAR 11*11 pencere boyutunda filtrelenmiş görüntü

Çalışma alanına uygulanan son ön işlem adımı arazi düzeltmesidir. Arazi düzeltmesi, görüntü üzerinde ki geometrik bozulma etkilerinin giderilmesi ve görüntünün yer kontrol noktaları kullanılarak tanımlı bir koordinat sistemine dönüştürülmesidir. Arazi düzeltmelerinde amaç, her bir pikselin konumunu düzelterek görüntünün geometrik gösteriminin gerçek dünyaya olabildiğince yakın olmasını sağlamaktır. Geometrik düzeltme için Schubert ve Small (2008) tarafından önerilen bir yöntem olan Range Doppler Ortorektifikasyon’nu kullanılmıştır. Range Doppler arazi düzeltmesi, her bir pikselin konumunu düzeltmek için dijital bir yükseklik modeli kullanarak, topografyadan kaynaklı geometrik bozulmaları gidermektedir. Görüntüler, 30 metre çözünürlüğe sahip dijital bir yükseklik modeli (SRTM) kullanılarak düzeltilmiştir.

3.3.2. Sentinel-2 Veri Seti Ön İşlem Adımları

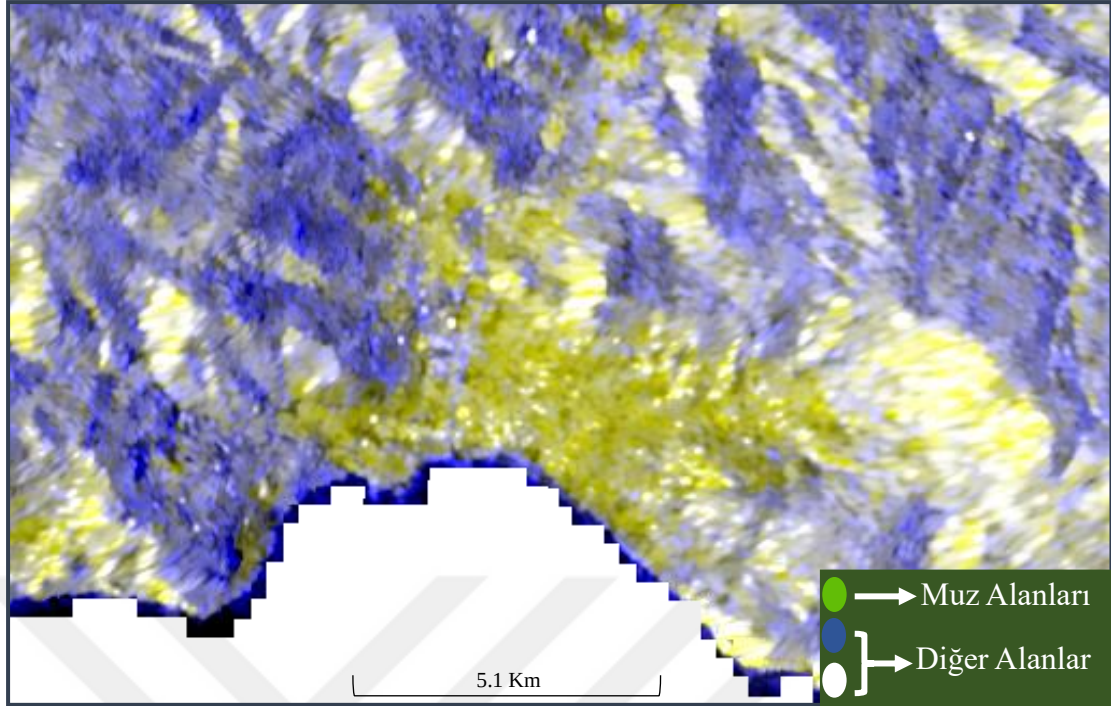
Sentinel-2 ürünlerdeki 13 bandın tamamı daha önce tabloda da belirtildiği gibi aynı çözünürlüğe (bu nedenle boyuta) sahip değildir. Birçok operatör farklı boyutlarda bantlara sahip ürünleri desteklemez, bu nedenle önce bantları eşit çözünürlüğe yeniden örneklenmesi gerekmektedir. Görüntülerin yeniden örneklendirilmesinde SNAP yazılımında bulunan Sen2Cor Algoritması kullanılmıştır. Sen2Cor, Sentinel-2 Seviye 2A ürün üretimi ve biçimlendirmesi için kullanılan bir algoritmadır. Atmosferin, üst seviye 1C giriş verilerinin atmosfer, arazi ve sirrus düzeltmelerini gerçekleştirmektedir. Sen2Cor, isteğe bağlı olarak arazi ve sirrus düzeltmeli yansıma görüntüleri olan atmosferin alt kısmını oluşturmaktadır. Ayrıca, aerosol optik kalınlık, su buharı, görüntü sınıflandırma haritaları, bulut, kar olasılıkları için kalite göstergeleri bulunmaktadır. Çıktı ürün formatı Seviye 1C kullanıcı ürününe eşdeğer, üç farklı çözünürlüğe sahiptir (60, 20

ve 10 m) (ESA). Üç farklı mekânsal çözünürlüğe sahip 13 bant yeniden örneklendirilerek 10 m mekânsal çözünürlükte bantlar elde edilmiştir. Daha sonra Reprojected algoritması kullanılarak görüntüler yeniden koordinatlandırılmıştır.

3.3.3. Sentinel-1 Geri Saçılım Değerlerini Kullanarak Muz Alanlarının Zamansal Değişiminin İzlenmesi

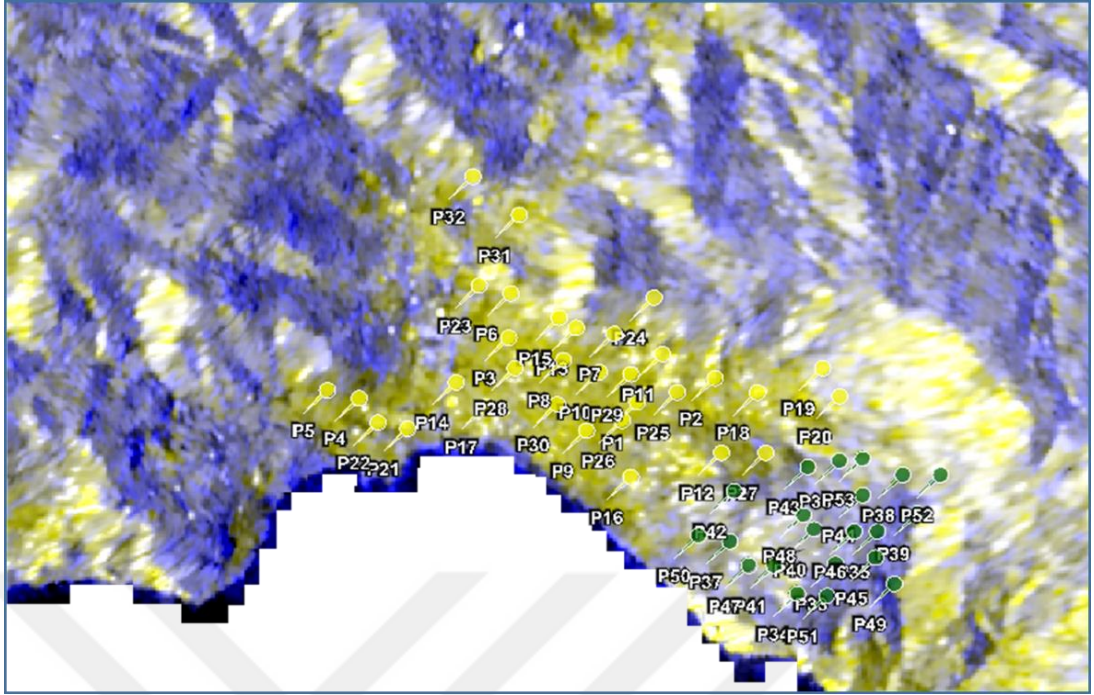
SAR, mikrodalga frekanslarında enerji gönderir ve alır. Bu sensörler tarafından kaydedilen yanıtlar, büyük ölçüde hedefin yapısına ve dielektrik özelliklerine ait olmaktadır. Bir bitki örtüsünün yapısı, bitkiler arasında farklılık gösterdiği gibi, mahsüllerin gelişim aşamasında da değişim göstermektedir. Yapay Açıklıklı Radarlar bu yapısal farklılıklara çok iyi tepki vermektedirler. Bu nedenle, bu sensörler mahsul tipini doğru bir şekilde belirleyebildikleri gibi aynı zamanda Yaprak Alanı İndeksi, biyokütle, gölgelik gibi parametrelere olan duyarlılıkları sayesinde, bitki örtüsünün birbirinden ayrıştırılmasında sağlamaktadırlar. Özellikle, C-bandındaki SAR geri saçılması, tohum ve meyve gelişimi sırasında ki, büyüme aşamalarında ortaya çıkan yapı değişikliklerine karşı oldukça duyarlıdır (McNaim vd, 2016).

ESA, Sentinel-1 uydu serisi sayesinde, ücretsiz olarak elde edilebilen SAR verileri tam polarimetrik değildir. Ancak görüntülerin her 6–12 (coğrafi bölgeye bağlı olarak değişmekte) günde bir alınması bitki türlerinin büyüme veya gelişme evrelerinin farklı zamanlarda izlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece, mahsulün tüm fenolojik döngüsünün izlenmesini mümkün kılmaktadır. Çalışma alanlarında açık alanda yetişen muz bahçelerinin bakımı, şubat ayında başlayıp mart sonuna kadar devam etmektedir. Bu bakım işlemi her sezon yeniden tekrarlanmaktadır. Bakım yapılırken, meyve veren muz ağaçları ve fazladan olan fidanlar sökülerek 2 veya 3'er olacak şekilde fidanlar bırakılmaktadır. Böylece bu dönemlerde muz bahçeleri hacimsel olarak azalmaktadır. Daha sonra zamanla olgunlaşmaya başlayan muzlar, ağaçlarda hacimsel olarak bir artış sağlamaktadır. Bu bilgilere dayanarak, çalışmanın ilk aşamasında Sentinel-1 geri saçılım değerleri kullanılarak, muz alanlarının zamana bağlı değişimi izlenmiştir. Bu değişimi izlemek için ilk olarak, daha önceden ön işlem adımlarını tamamladığımız (çalışma alanlarında ki zamansal değişimi izlemek için elde edilen 8 radar görüntü) uydu görüntüleri SNAP yazılımı ile birleştirilmiştir. Birleştirilen görüntü, yapılan araştırmalar sonucunda muz alanlarının bakım ve olgunlaşma tarihleri göz önünde bulundurularak program üzerinde RGB olarak açılmıştır. RGB olarak açılan radar görüntü Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



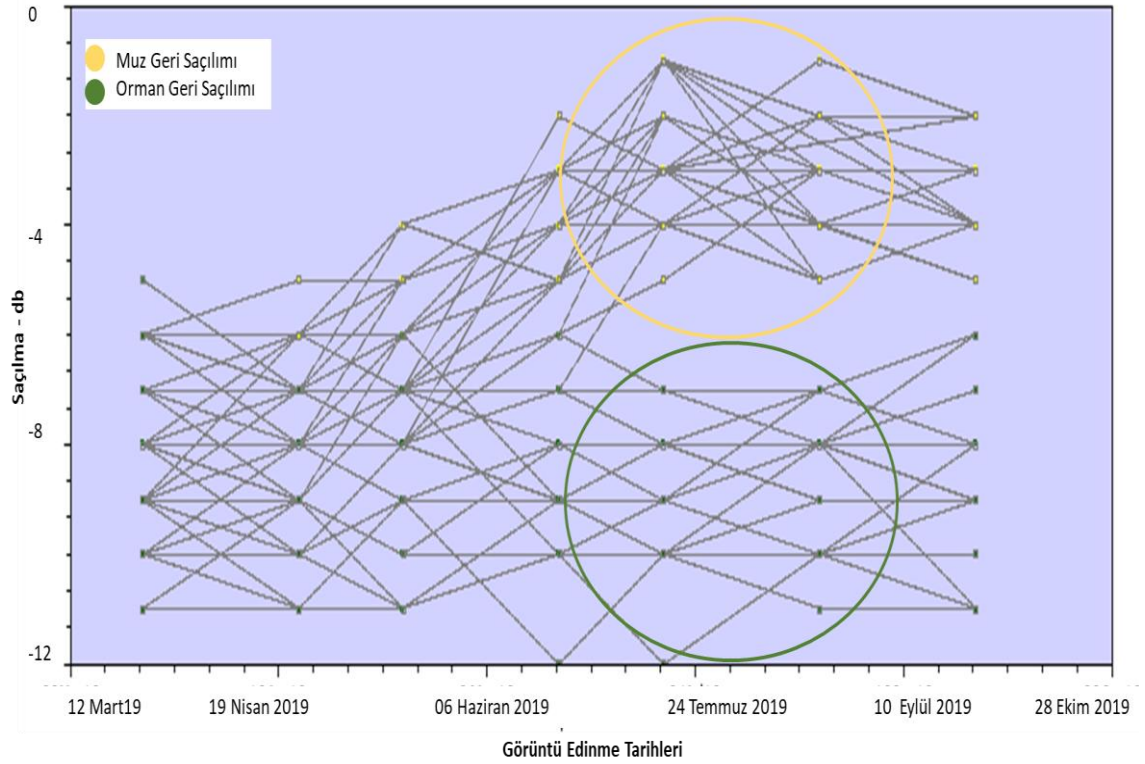
Şekil 3.11. Sentinel-1 SAR RGB görüntü (R:18 Mart 2019, G:18 Mart 2019, B: 18 Mart 2019-16 Haziran 2019)

Yukarıda RGB olarak açılmış olan radar görüntü üzerindeki yeşil renkler, muz alanlarını temsil etmektedir. Bu bilgi ışığında, daha önceden desibel değerlere dönüştürmüş olduğumuz görüntüler üzerinden geri saçılım değerlerini yorumlayabilmek için görüntüye homojen olarak muz ve orman alanlarını temsil edecek alanlar seçilmiştir. Bu alanlara ait değerler SNAP yazılımındaki seçim imleçleri yardımıyla etiketlenmiştir. Etiketlenmiş radar görüntü Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Radar görüntü üzerinde muz alanını temsilen 30, orman alanını temsilen de 20 adet etiketleme yapılmıştır. Radar görüntü üzerinden elde edilen geri saçılım değerleri Çizelge 3.9. da gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Çalışma alanı üzerine homojen olarak atılmış pinler (Sarı pinler muz alanını, yeşil pinler ise orman alanını temsil etmekte)

Çizelge 3.9. Muz ve orman alanlarının geri saçılım değerleri.



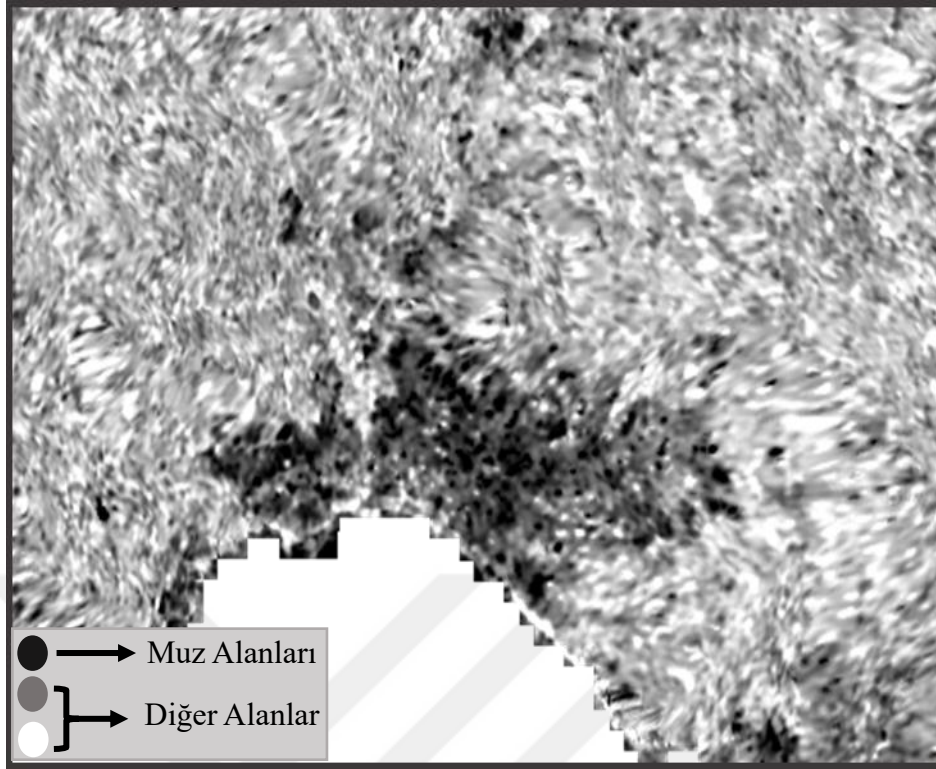
Grafikte de görüldüğü gibi haziran ayının ortalarından itibaren muz alanlarından alınan geri saçılım değerleri artmaya başlamıştır. Bunun sebebi, muzların büyümeye başlamasıyla birlikte ağaçlarda meydana gelen hacimsel artıştır. Bu hacimsel büyüme temmuz ayının ortalarına doğru iyice artış göstermektedir. Ağustos ayının sonlarına doğru da muzların toplanmaya başlamasıyla birlikte geri saçılım değerleride düşüş göstermektedir. Muz alanlarındaki saçılma değerlerinin zamana bağlı olarak değişiminin aksine orman alanlarından elde edilen saçılım değerleri kararlı bir doğrultuda devam etmektedir. Elde edilen bu bilgi çalışmanın daha sonraki aşamalarında büyük avantaj sağlamıştır.

3.3.2.1. Yöntem I: İki Görüntü Farkı Yöntemi ile Muz Alanlarının Belirlenmesi

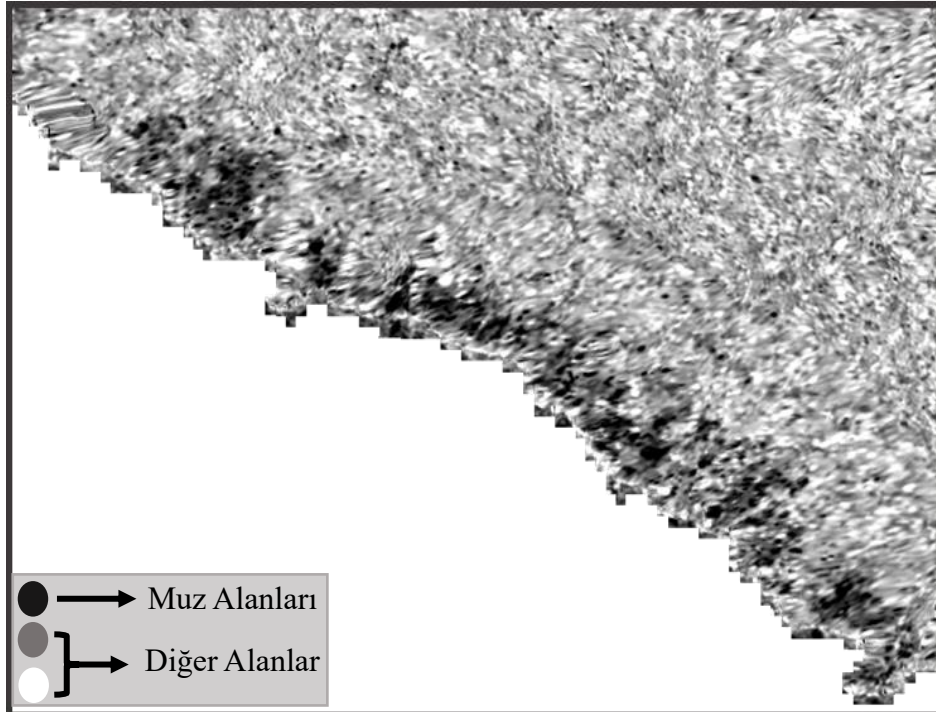
Daha önce de belirtildiği gibi, bu çalışmanın ana motivasyonu, farklı yöntem kullanılarak SAR ve optik veri seti üzerinde muz alanları ile orman alanlarını birbirinden ayırmaktır. İlk olarak SAR görüntüler üzerinde uygulanan iki görüntü farkı yönteminde, muz ağaçlarında muzların büyümesiyle görüntü üzerinde meydana gelen değişimden yararlanılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde değişim tespiti, farklı tarihlere sahip olmasına rağmen aynı coğrafi alana ait iki farklı SAR görüntüsünün piksel değerlerini ayıran bir kümeleme yöntemidir (Zhang vd.2019). Burada amaç, değişen alan ile değişmeyen alanı birbirinden ayırmaktır. Bu yöntemde, daha önceden ön işlem adımları tamamlanmış olan muz ağaç yoğunluğunun en düşük olduğu (18 Mart 2019) ve muz ağaç yoğunluğunun en yüksek olduğu (16 Temmuz 2019) radar görüntüler kullanıldı. Değişimin tespiti hesaplamada, muz ağaç yoğunluğunun en düşük olduğu görüntüden muz ağaç yoğunluğunun en yüksek olduğu görüntü çıkartılarak bir fark görüntüsü (Fg) elde edildi. Fark görüntüsünü oluşturmada kullanılan denklem aşağıdaki gibidir:

$$Fg = Xi - Xj \quad (3.1)$$

Buradaki Xi , muz ağaç yoğunluğunun en düşük olduğu görüntü, Xj , muz ağaç yoğunluğunun en yüksek olduğu görüntü ve Fg ise Xi ve Xj arasındaki fark görüntüsüdür. Böylece, görüntü üzerinde herhangi bir kayıp veya bozulma olmadan zemin üzerindeki değişimin bir fark görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen fark görüntüsü Şekil 3.13 ve Şekil 3.14 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Yakacık, radar veri iki görüntü farkı



Şekil 3.14. Zeytinada, radar veri iki görüntü farkı

3.3.2.2. Yöntem II: Konstrast Zenginleştirme Yöntemi ile Muz Alanlarının Belirlenmesi

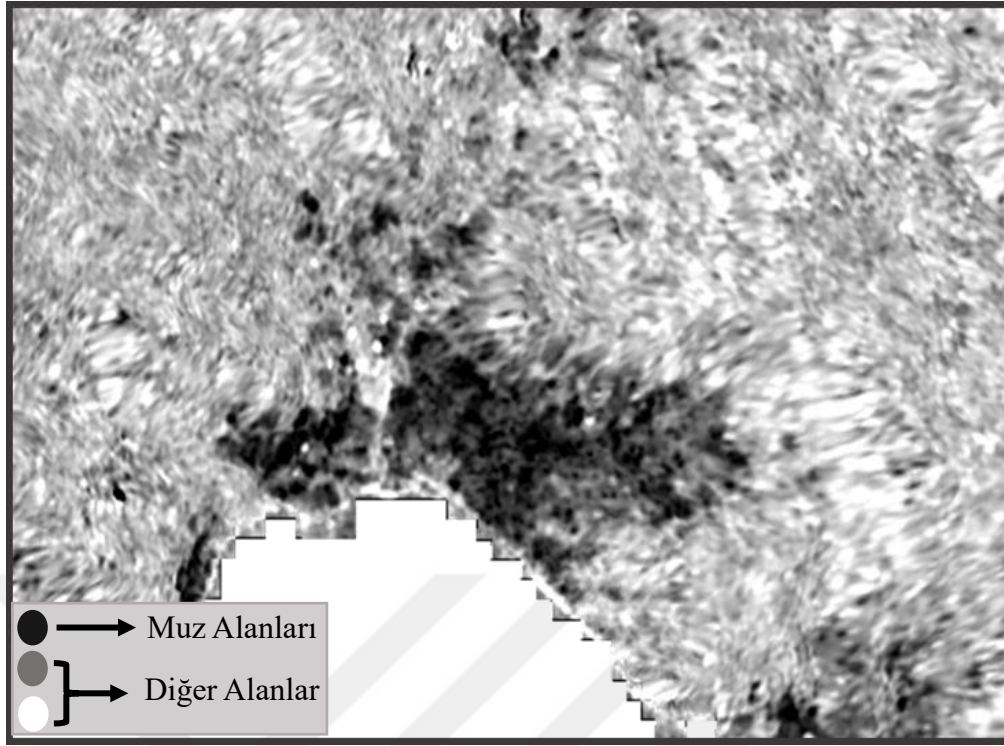
Uzaktan algılamada, görüntülerin daha iyi yorumlanabilmesi ve analiz edilebilmesi için hem görsel olarak hem de nicel anlamda iyileştirilmesi gerekir. Burada amaç, dijital görüntü özelliklerinin birbirinden ayırt edilebilirlik derecesi ile orijinal görüntüden görsel olarak elde edilebilecek bilginin miktarını arttırmaktır. Radar sistemler her ne kadar gece veya gündüz tüm hava koşullarında veri toplanmasını sağlarsada, verici gücü ve anten boyutu, hava olayları, atmosferik etkiler ve çevreden gelen diğer sinyal yankılar radar algılama performansını etkilemektedir (Anonim 5). Bu olumsuz etkilerin en aza indirilmesini sağlamak için görüntüler üzerinde iyileştirme yöntemleri uygulanmaktadır. İlk yöntemde uyguladığımız iki görüntü farkı ile elde edilen sonuçlardaki eksik bilgilerin tamamlanması için, ikinci yöntemde görüntüye aritmetik bant işlemleri uygulanarak, görüntülerin spektral bilgi içeriğinin zenginleştirilmesi sağlanmıştır. İlk olarak, muz ağaç yoğunluğunun en düşük olduğu mart ayına ait 4 radar görüntünün (6, 12, 18 ve 30 Mart) ve muz ağaç yoğunluğunun en yüksek olduğu temmuz ve ağustos aylarına ait diğer 4 radar görüntünün (16 ve 28 Temmuz, 9 ve 21 Ağustos) ortalaması alındı. Ortalama görüntü için kullanılan denklem aşağıdaki gibidir:

$$f(x) = 1/k + \sum_{i=1}^n (w_i X_i)$$

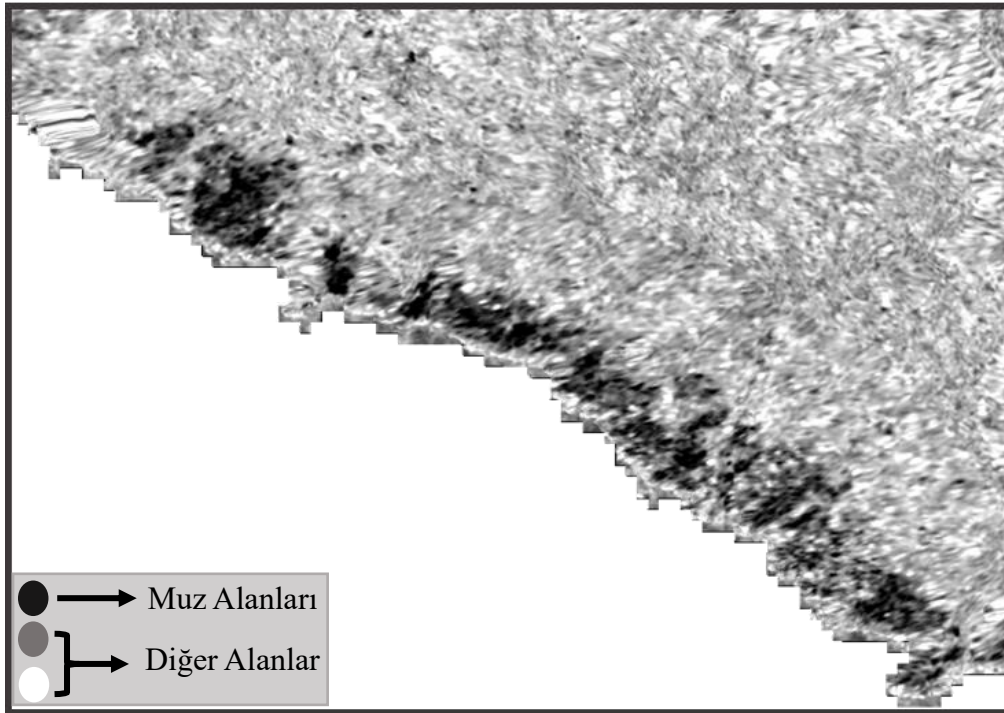
$i=1,2,\dots,n$ w_i , j : Ağırlık, $X_{i,j}$: Parlaklık değeri,

$i=1$ ve $k=n$ için $w_i=1$ 'dir ve $f(x)$ bant ortalamasını tanımlamaktadır.

Daha sonra, ortalaması elde edilen görüntülerin farkı alınarak muz ağaçlarında ki değişimin tespiti yapıldı. Elde edilen fark görüntüleri Şekil 3.15 ve Şekil 3.16' de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Çalışma alanı 1: Yakacık, radar veri görüntü ortalamalarının farkı



Şekil 3.16. Çalışma alanı 2: Zeytinada, radar veri görüntü ortalamalarının farkı

3.3.2.3.Yöntem III: Geliştirilmiş Bitki İndeksi Yöntemi ile Muz Alanlarının Belirlenmesi

Çok bantlı uydu görüntüleri kullanılarak farklı bitki türleri için farklı spektral indeksler geliştirilmiştir. Basit cebirsel formüllerden oluşan bitki indeksleri, uzaktan algılama verilerindeki canlı, yeşil bitki örtüsü miktarının yaklaşık bir ölçümünü sağlamak ve bitki örtüsü yansıma değerlerini geliştirmede kullanılmaktadır (wikipedia). Bitki örtüsü indeksleri, bitki örtüsünün spektral imzası ile diğer objelerin spektral imzalarını kıyaslar. Yeşil yapraklar, görünür (VIS) ve yakın kızılötesi (NIR) dalga boylarında ayrı bir spektral yansımaya sahiptir. Mavi ve kırmızı bölgelerdeki yansıma değerleri çok düşük ve yeşilde biraz daha yüksektir. Bu nedenle yapraklar insan gözüne yeşil görünmektedir. Yeşil yaprakların yakın kızılötesindeki spektral yanıtı, görünür bölgedekinden çok daha büyüktür. Çıplak toprak, kum, beton veya asfalt gibi diğer doğal ya da yapay objelerin yansıma değerleri, görünürden kızılötesine doğru artmaktadır (Xue ve Baofeng,2017). Çalışma alanlarını çıkarmak için farklı bitki indeksleri kullanılmıştır. En iyi sonuç Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) ile elde edilmiştir.

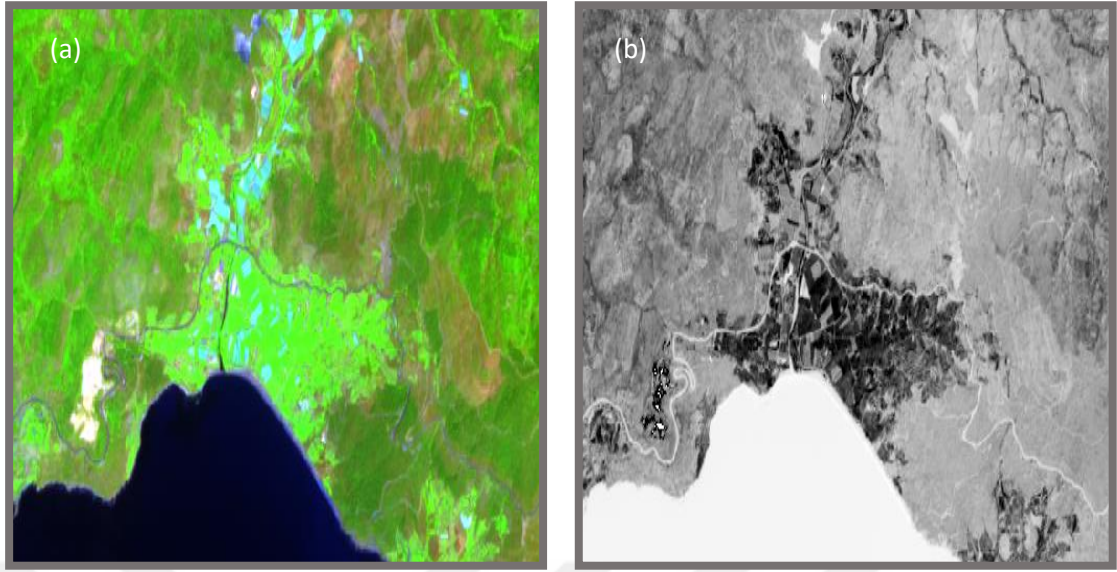
EVI, Liu ve Huete tarafından, özellikle yoğun gölgelik alanlarında, atmosferik etkiler ve topraktan gelen sinyalleri aynı anda düzeltmek için geliştirildi. Değer aralığı -1 ila 1 arasındadır. Sağlıklı bitki örtüsü için 0,2 ila 0,8 arasında değişmektedir (Anonymous 11). Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\text{Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi} = 2.5 * \frac{(NIR-RED)}{(NIR+C1*RED-C2*BLUE+L)} \quad (3.3)$$

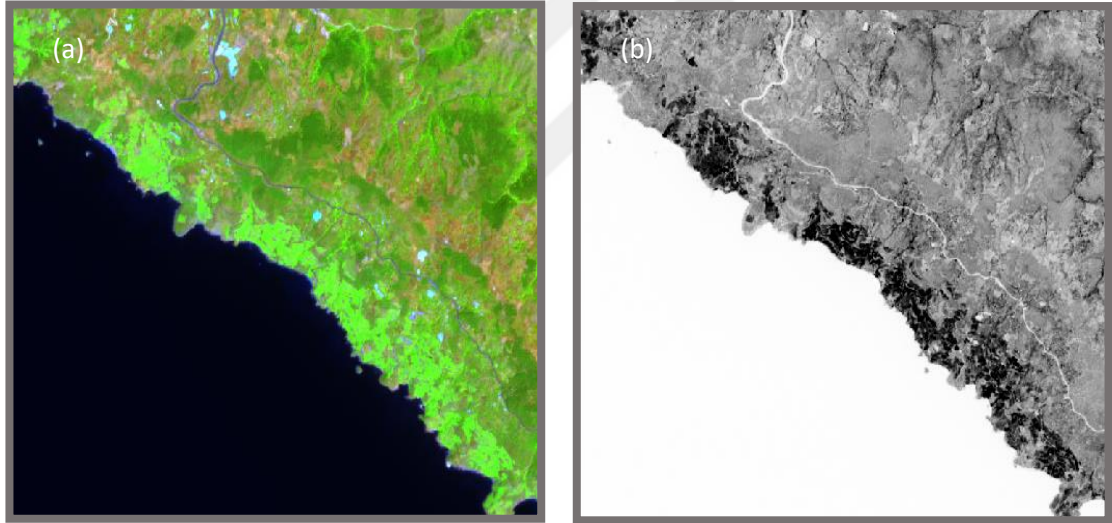
$$L=1, C_1=6 \text{ ve } C_2=7.5$$

atmosferde mevcut aerosol saçılımını düzeltmek için C1 ve C2 katsayısını ve toprak, gölgelik gibi arka planları ayarlamak için de L katsayısını içerir.

EVI, yaprak alanı endeksi (LAI), gölgelik yapısı ve bitki fenolojisi ve stresi gibi bitki gölgelik farklılıklarına, genellikle sadece mevcut klorofil miktarına cevap veren NDVI'dan daha duyarlı olma eğilimindedir. MODIS sensörlerinin piyasaya sürülmesiyle NASA, EVI'yi USGS tarafından dağıtılan standart bir MODIS ürünü olarak kabul etmiştir (Anonymous 12). Ayrıca Landsat-8 ve Sentinel-2 uydu görüntüleri üzerinde de EVI indeksi kullanılmaktadır. Yakacak ve Zeytinada çalışma alanlarına ait Sentinel-2 uydu görüntülerinin, RGB ve Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi sonuçları Şekil 3.17 ve 3.18' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7.a) Sentinel-2, Yakacık RGB görüntü **b)** EVI uygulanmış görüntü



Şekil 3.18.a) Sentinel-2, Zeytinada RGB görüntü **b)** EVI uygulanmış görüntü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Sunulan tez kapsamında, Yakacık ve Zeytinada bölgelerinde iki farklı çalışma alanı üzerinde iki farklı yöntem kullanılarak uygulamalar yapılmıştır. Sonuçlar, çalışmada kullanılan yöntemlerin başlıkları altında değerlendirilmiştir. Son aşamada da elde edilen sonuçlara kalite analizi yapılarak bulgular tartışılmıştır.

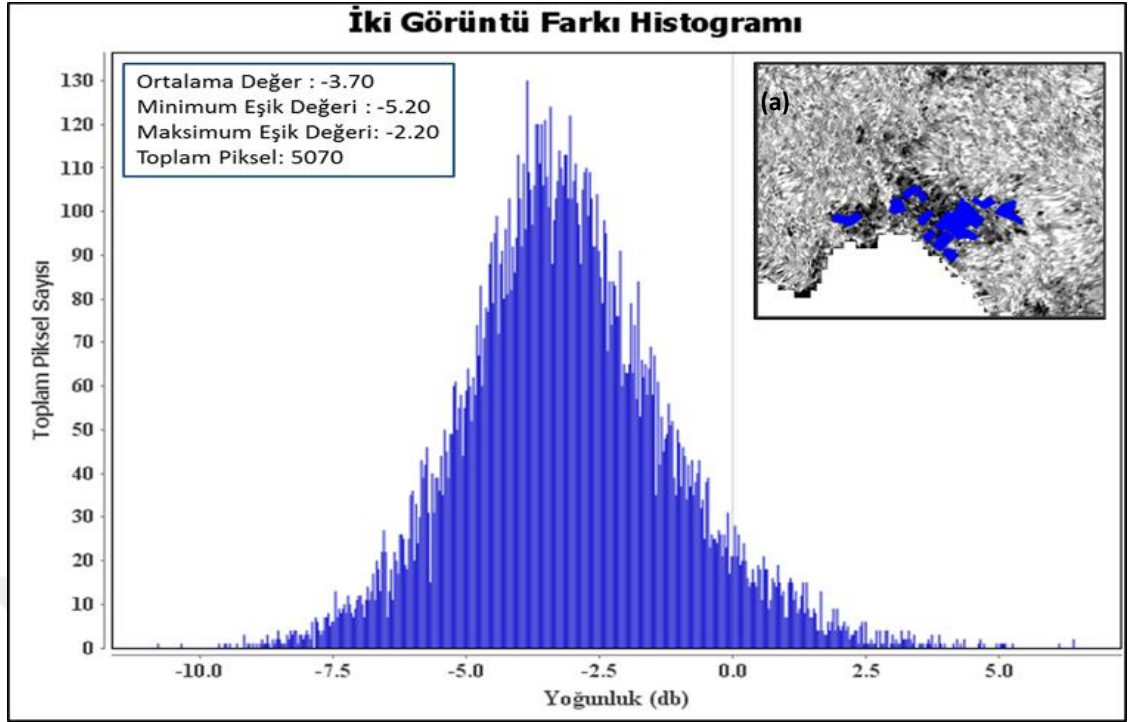
4.1. Histogram Analizi ile Muz Alanlarını Elde Etme

Çalışmanın bu aşamasında, daha önceden ön işlem adımları tamamlanarak, elde edilen fark görüntüleri üzerinde piksel değerlerinin yoğunluk dağılımını görebilmek için görüntü histogramları oluşturulmuştur. Histogramlarda her bölme belirli bir yoğunluk değer aralığını temsil etmektedir. Histogram, görüntü üzerinde ki tüm pikselleri inceleyerek her bir pikselin yoğunluğuna bağlı olarak istatistiksel sıklığını hesaplamaktadır (Bovik, 2009) Uzaktan algılama bilgilerini bilgisayarlarda depolamak için kullanılan 8 baytlık sayıların aralığı 0 ile 255 aralığındaki piksellerin frekansıdır. Bir RGB görüntüsünde, siyah (0,0,0) ve beyaz (255,255,255) olmak üzere üç basamaklı bir demet olarak temsil edilmektedir. Görüntü histogramı oluşturulurken y, eksen boyunca toplam piksel (frekansı) sayısını ve x eksen de 255 olası piksel yoğunluk değer aralığını göstermektedir (Gonzalez and Woods, 2003).

Histogram, bir görüntünün gri seviye dağılımını belirlemek için mutlak bir yöntem sağlamaktadır. Böylece görüntü hakkında birçok bilgiyi ortaya koymaktadır. Bir histogramın görünümünü inceleyerek, gri düzeylerin öncelikle daha düşük (daha koyu) gri düzeylerde mi yoksa tam tersi mi dağıldığını belirlemek mümkündür. Kısaca görüntü histogramları, görüntüleri incelemek için önemli bir araçtır. Çalışma alanları için oluşturulan histogramlar üzerinden muz alanlarının eşik değeri belirlenmiştir. Histogram oluşturulmadan önce muz alanlarını kapsayacak şekilde görüntü üzerinde vektör veriler oluşturulmuştur. Böylece tüm görüntünün piksel değerlerinin hesaplanmasına gerek kalmadan, histogram üzerinde sadece muz alanlarına ait değerlerin oluşturulması sağlanmıştır. Görüntü histogramı ile birlikte ortalama, medyan ve standart sapma gibi temel istatistik değerleride hesaplatılmıştır. Hesaplanan ortalama değerlere göre muz alanlarına ait minimum ve maksimum piksel değerleri elde edilmiştir. Bu değerler kullanılarak muz alanlarının çıkartılması ayrıntılı bir şekilde 3 başlık altında incelenmiştir.

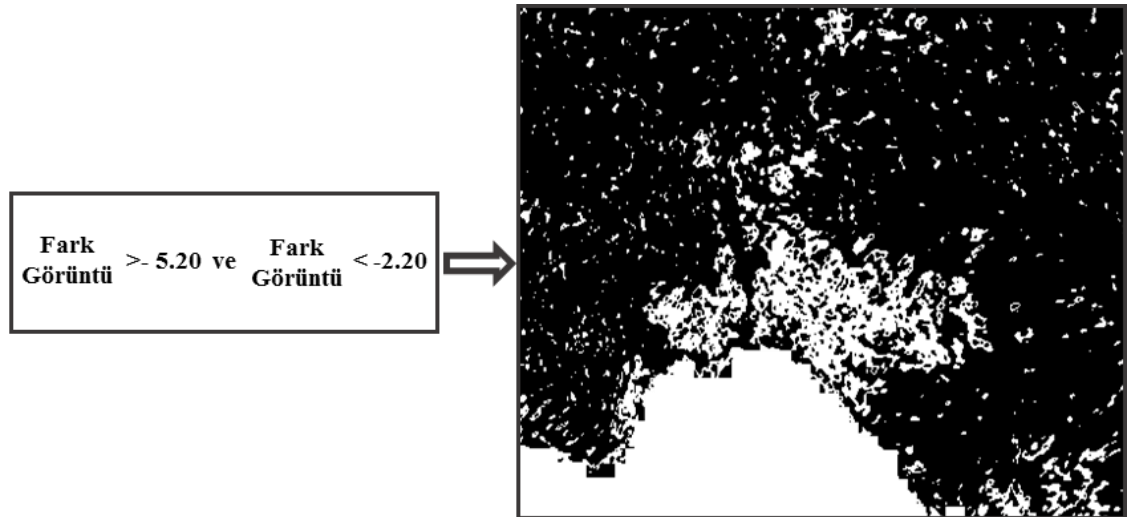
4.1.1. İki Görüntü Farkı Yöntemiyle Elde Edilen Sonuçlar

SAR veri seti kullanılarak, iki görüntü farkı yöntemi ile elde edilen fark görüntüleri üzerinde, gri seviye dağılım yoğunluğunun belirlenmesi için görüntü histogramı oluşturulmuştur. İlk olarak, radar görüntü üzerindeki muz alanlarını temsil eden vektör veriler, Google Earth üzerinden elle oluşturularak vektörel veri elde edilmiştir. Daha sonra, SNAP üzerinde radar veri ve vektör veri birleştirilerek vektör veri ile çakışan muz alanlarının histogram grafiği oluşturulmuştur. Muz alanlarına ait histogram grafikleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.3 de gösterilmiştir.

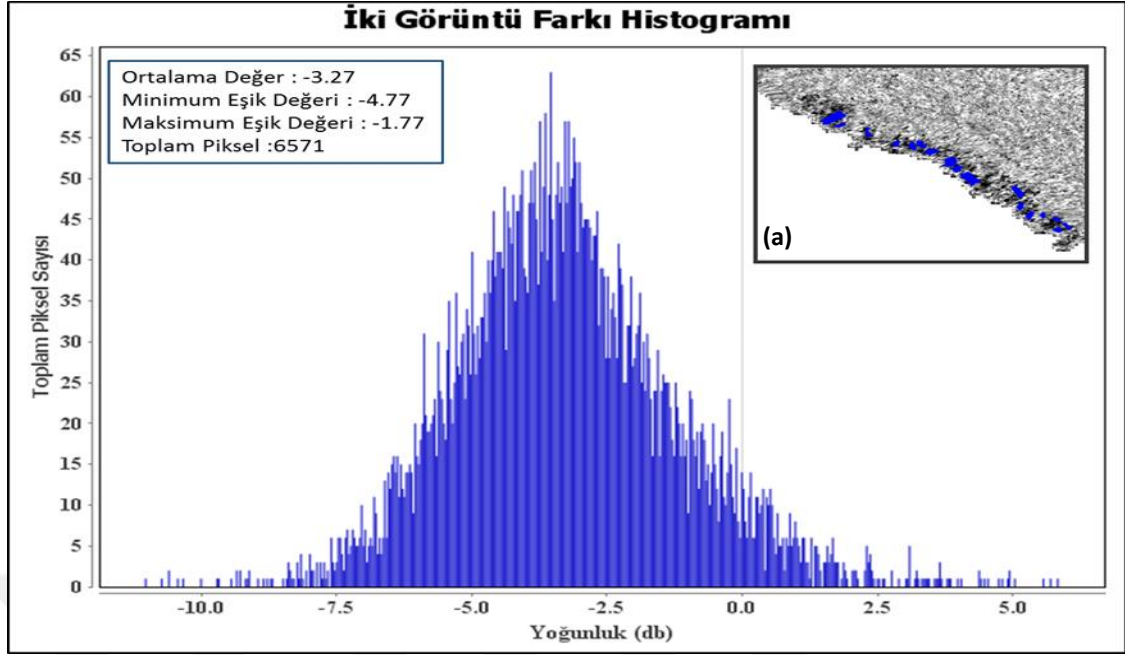


Şekil 4.1. Çalışma alanı 1: Yakacık, İki Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği
(a) Radar, iki görüntü farkı)

Yakacık bölgesi için oluşturulan histogramda, muz alanlarını temsilen 5070 piksel değeri kullanılmıştır. Bu piksel değerlerinin ortalaması -3.70 db' dir. Muz geri saçımalarının minimum ve maksimum eşik değerlerini belirlemek için piksellerden elde edilen ortalama değere -1.50 db ve +1.50 db eklenmiştir. Fark görüntüsü üzerine uygulanan formül ve elde edilen sonuç Şekil 4.2 'de gösterilmiştir.

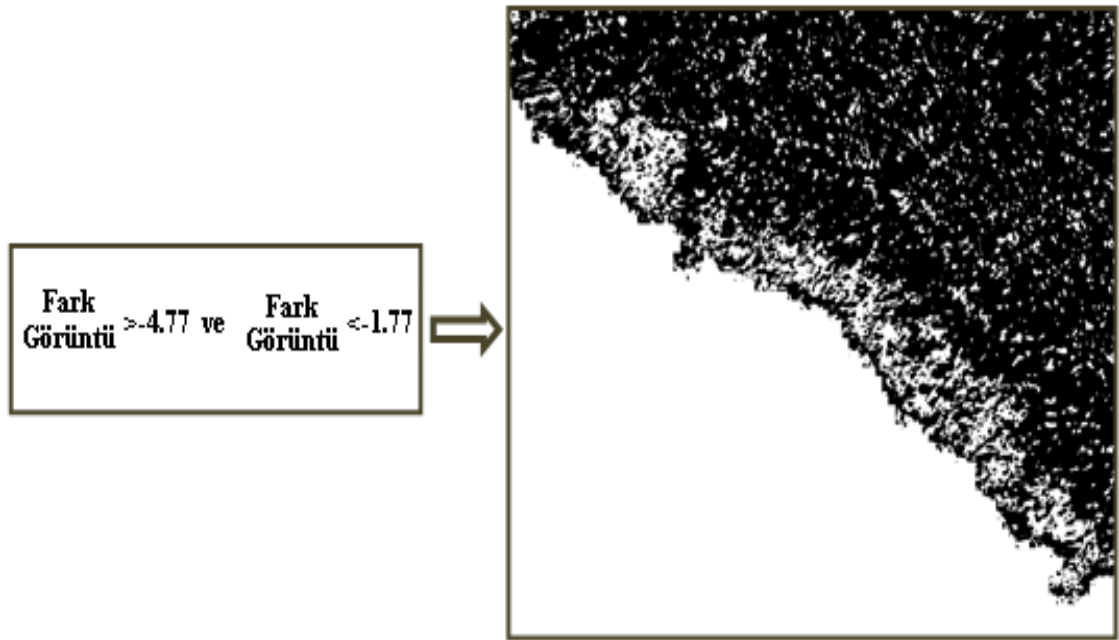


Şekil 4.2. Çalışma alanı I: Yakacık, eşik değeri uygulanmış radar görüntü



Şekil 4.3. Çalışma alanı 2: Zeytinada, İki Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği ((a) Radar, iki görüntü farkı)

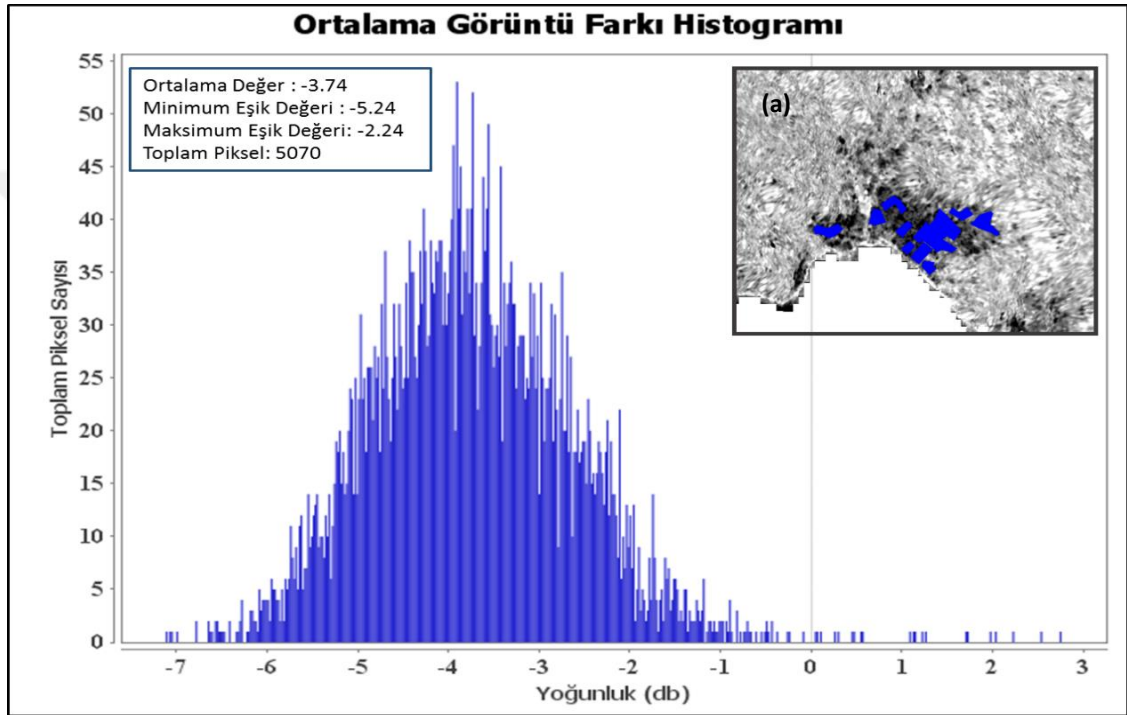
Zeytinada bölgesi için oluşturulan histogramda, muz alanlarını temsil eden 6571 piksel değeri kullanılmıştır. Bu piksel değerlerinin ortalaması -3.27 db’ dir. Muz geri saçılmalarının minimum ve maksimum eşik değerlerini belirlemek için piksellerden elde edilen ortalama değere -1.50 db ve +1.50 db eklenmiştir. Fark görüntüsü üzerine uygulanan formül ve elde edilen sonuç Şekil 4.4 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Çalışma alanı 2: Zeytinada, eşik değeri uygulanmış radar görüntü

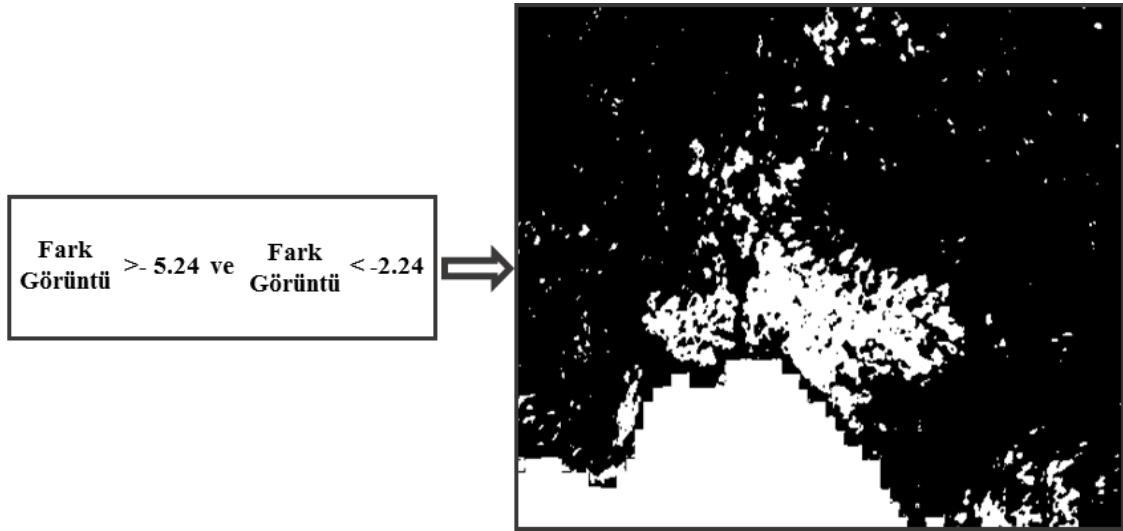
4.1.2.Konstrast Zenginleştirme Yöntemi ile Elde Edilen Sonuçlar

Bir önce ki yöntemde uyguladığımız işlem adımları, kontrast zenginleştirme yöntemiyle elde ettiğimiz fark görüntüsü üzerinde de uygulanmıştır. Burada da SAR veri seti üzerinde gri seviye dağılım yoğunluğunun belirlenmesi için görüntü histogramı oluşturulmuştur. İlk olarak, radar görüntü üzerindeki muz alanlarını temsil eden vektör veriler, Google Earth üzerinden elle oluşturularak vektörel veri elde edilmiştir. Daha sonra, SNAP üzerinde radar veri ve vektör veri birleştirilerek vektör veri ile çakışan muz alanlarının histogram grafiği oluşturulmuştur. Muz alanlarına ait histogram grafikleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.7 de gösterilmiştir.

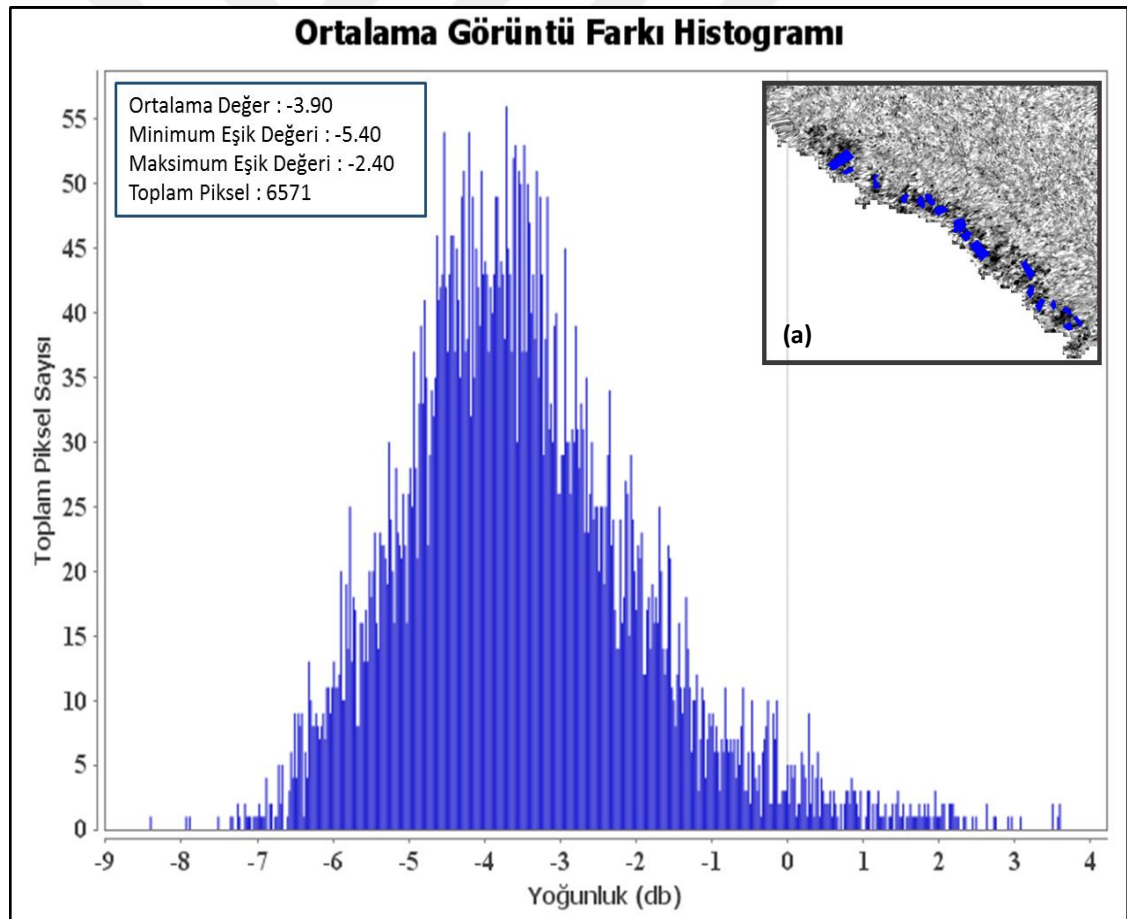


Şekil 4.5. Çalışma alanı 1: Yakacık, Ortalama Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği (a) Radar, Ortalama görüntü farkı)

Yakacık bölgesi için oluşturulan ikinci histogramda, muz alanlarını temsil eden birinci histogramda da olduğu gibi toplamda 5070 piksel değeri kullanılmıştır. Bu piksel değerlerinin ortalaması -3.74 db' dir. Muz geri saçımının minimum ve maksimum eşik değerlerini belirlemek için piksellerden elde edilen ortalama değere -1.50 db ve +1.50 db eklenmiştir. Fark görüntüsü üzerine uygulanan formül ve elde edilen sonuç Şekil 4.6 'da gösterilmiştir.

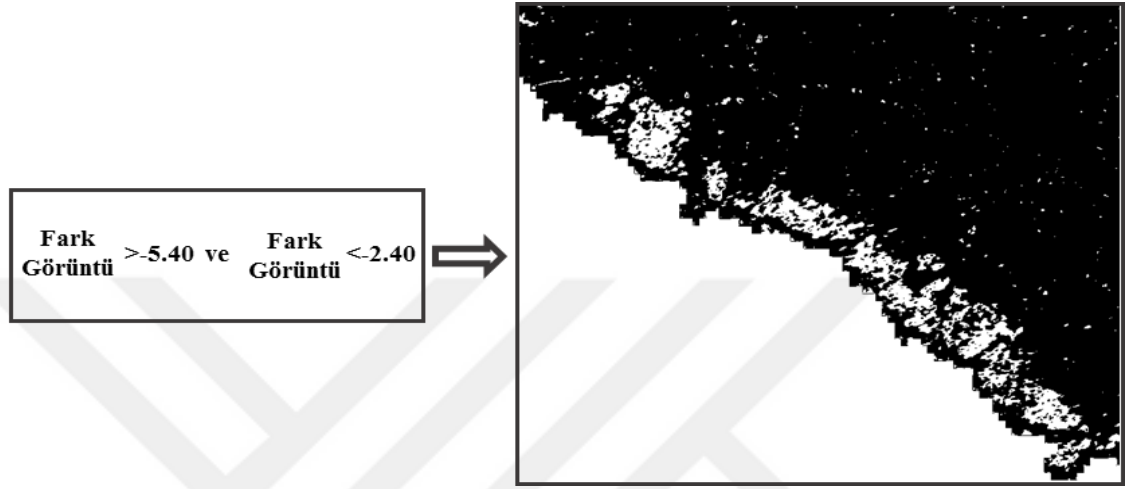


Şekil 4.6. Çalışma alanı 1: Yakacık, eşik değeri uygulanmış radar görüntü



Şekil 4.7. Çalışma alanı 2: Zeytinada, İki Görüntü Farkı ile oluşturulan histogram grafiği ((a) Radar, iki görüntü farkı)

Zeytinada bölgesi için oluşturulan ikinci histogramda, muz alanlarını temsil eden birinci histogramda da olduğu gibi toplamda 6571 piksel değeri kullanıldı. Bu piksel değerlerinin ortalaması -3.90 db' dir. Muz geri saçımının minimum ve maksimum eşik değerlerini belirlemek için piksellerden elde edilen ortalama değere -1.50 db ve +1.50 db eklenmiştir. Fark görüntüsü üzerine uygulanan formül ve elde edilen sonuç Şekil 4.8 'de gösterilmiştir.

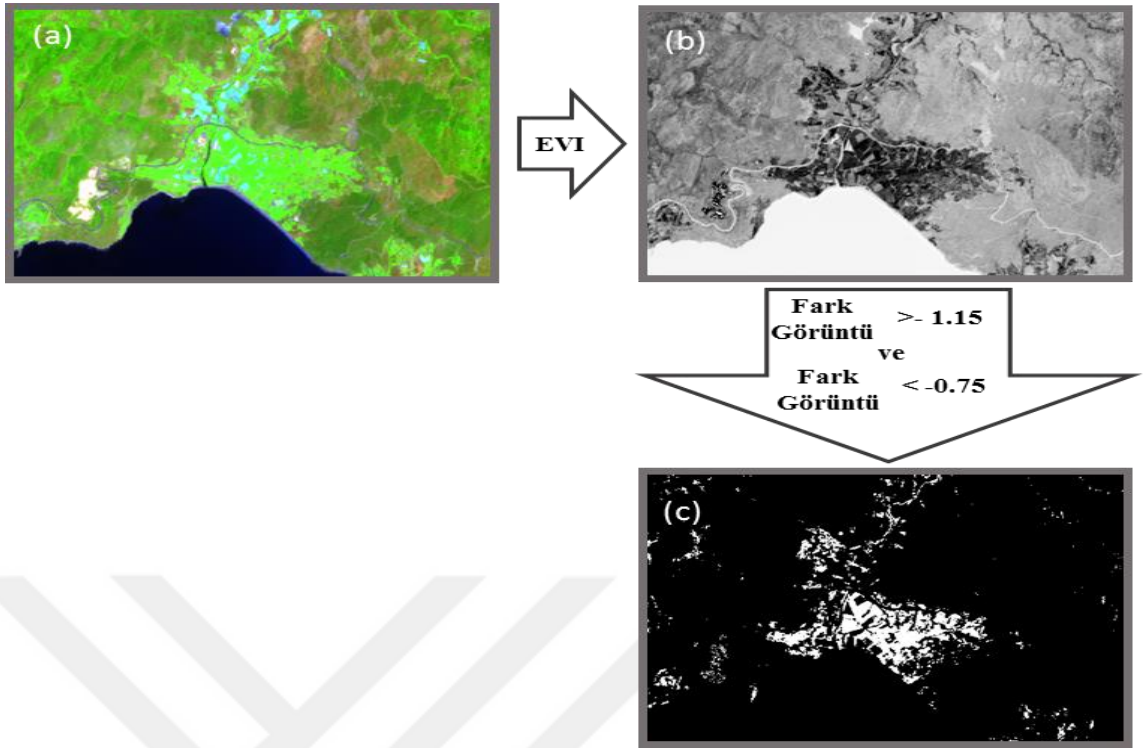


Şekil 4.8. Çalışma alanı 2: Zeytinada, eşik değeri uygulanmış radar görüntü

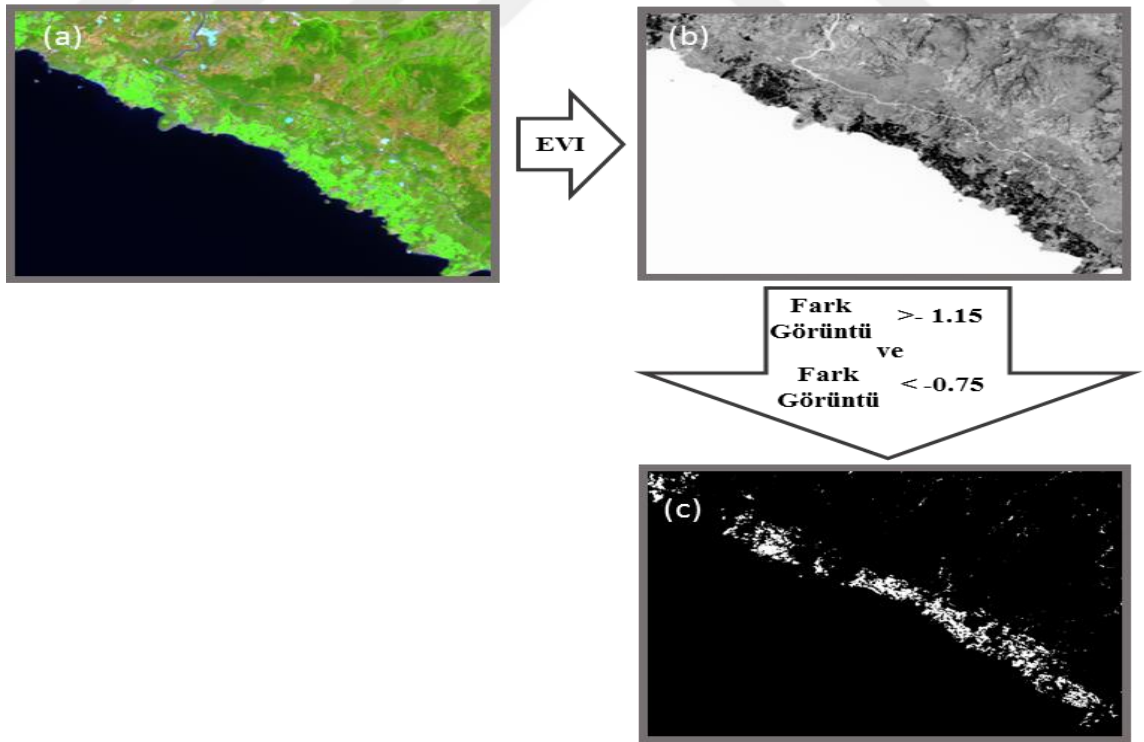
4.1.3. Zenginleştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi ile Elde Edilen Sonuçlar

Sentinel-2 optik görüntülerin sınıflandırılmasında kullanılan Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi ile muz alanları belirlenmiştir. Bitki örtüsü indeksleri, iki veya daha fazla bandın spektral dönüşümleridir. Uygulamada birçok bitki örtüsü indeksi bulunmaktadır ve bunların çoğu kırmızı ve yakın kızılötesi yansımalarındaki farklılıklardan yararlanmaktadır. Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI); bitki tipi, yaprak alanı indeksi (LAI), bitki fizyolojisi ve bitki yapısı olmak üzere bitkinin yapısal varyasyonlarına karşı daha duyarlıdır [wikipedia]. Bu nedenle, muz alanlarının çıkarımında en iyi sonuç EVI ile edilmiştir.

Bir önce ki bölümde Sentinel-2 optik görüntü işlem adımları ve Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksinin nasıl görüntüye uygulanacağı anlatılmıştı. Elde edilen indeks görüntülerden çalışma alanlarını çıkarmak için görüntü histogramı oluşturularak, minimum ve maksimum eşik değerleri belirlenmiştir. Görüntülere uygulanan formül ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.9 ve 4.10'da gösterilmiştir.



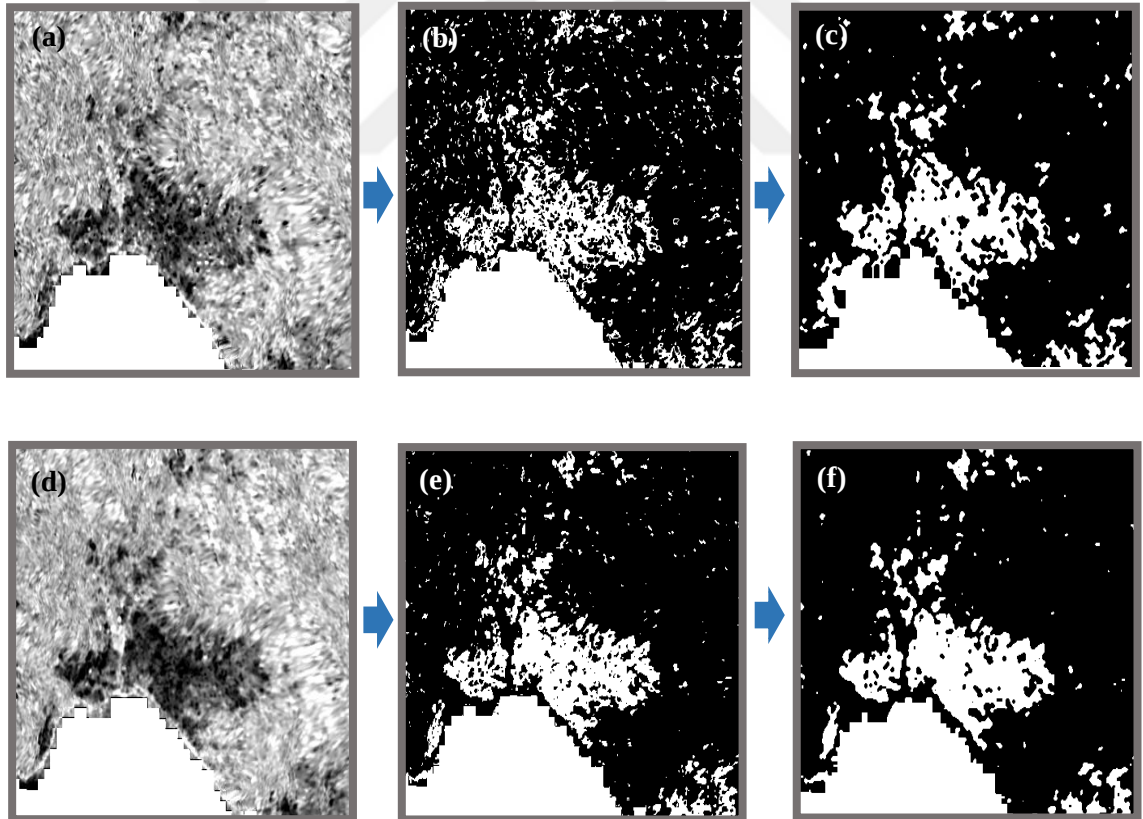
Şekil 4.9. Yakacık, **a)** Sentinel-2 RGB görüntü **b)** Gelişmiş Bitki İndeksi (EVI) uygulanmış Görüntü **c)** Eşik değeri uygulanmış görüntü



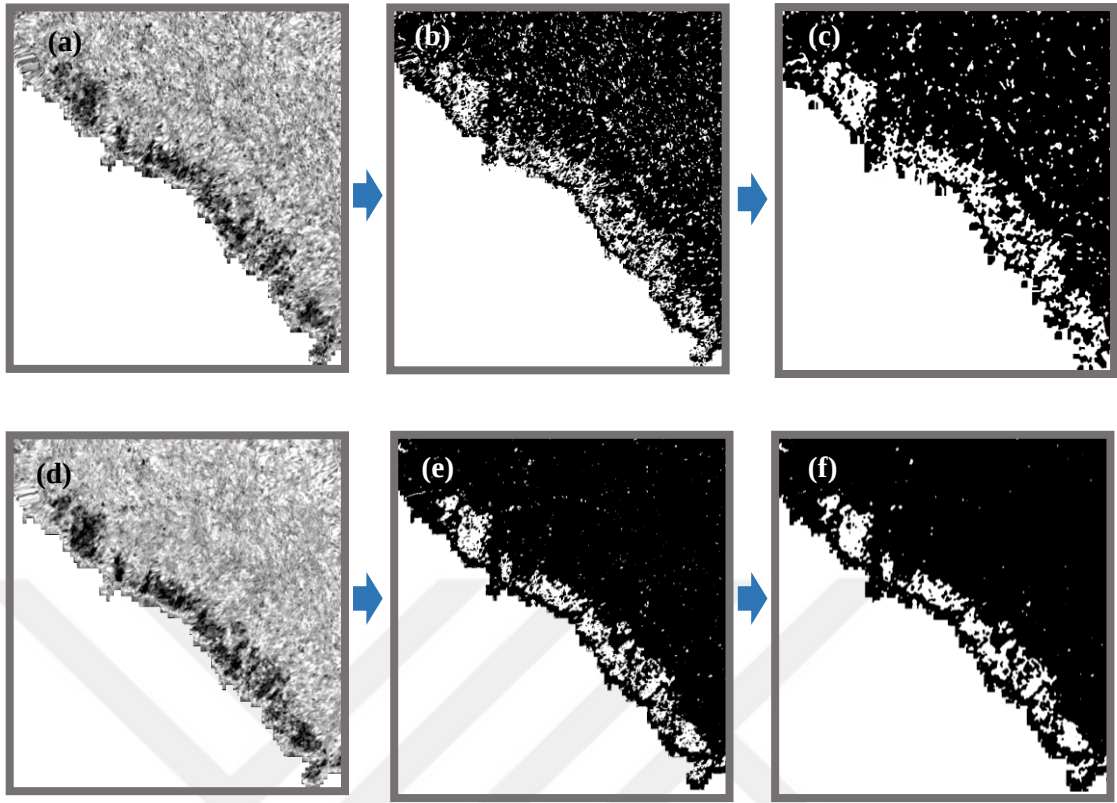
Şekil 4.10. Zeytinada, **a)** Sentinel-2 RGB görüntü **b)** Gelişmiş Bitki İndeksi (EVI) uygulanmış Görüntü **c)** Eşik değeri uygulanmış görüntü

4.2. Yöntemlerin Alansal Doğruluklarının Değerlendirilmesi

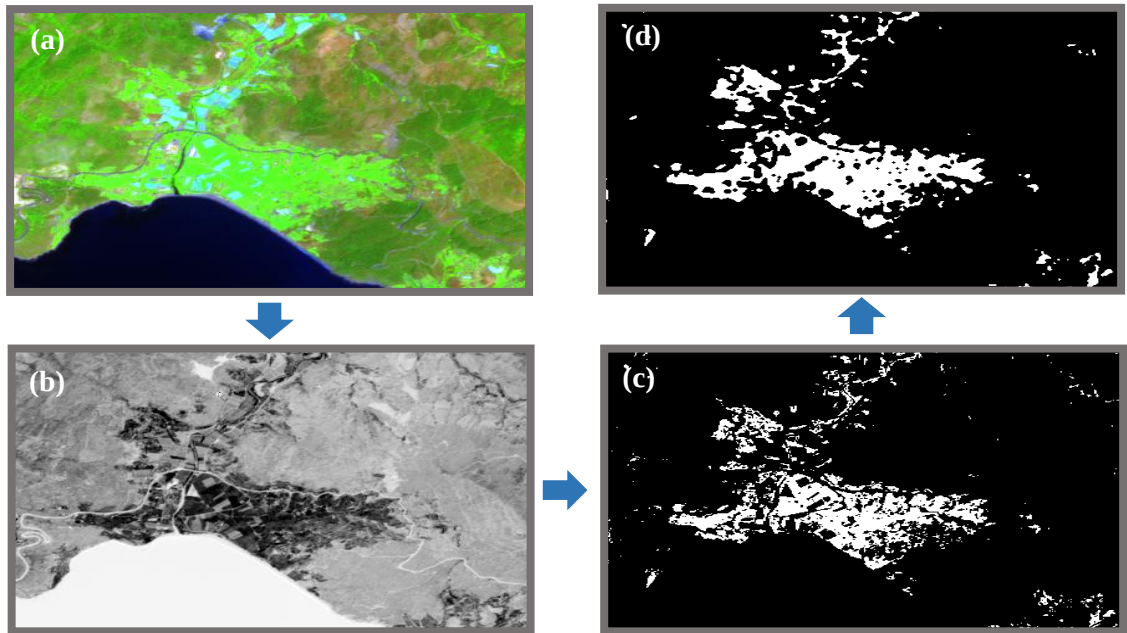
Tezin bu aşamasında, radar görüntü üzerinde iki farklı yöntem kullanılarak elde edilen muz alanları ile optik görüntü üzerinden indeks sınıflandırmasıyla elde edilen muz alanlarının, alansal değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan muz alanlarının, alansal doğruluklarının değerlendirilmesinde, Google Earth yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden elle vektörel olarak muz alanları elde edilmiştir. Radar ve optik görüntüler üzerinden raster olarak elde edilen sonuçlardan alan hesaplamaları yapılmadan önce, sonuçların daha iyi yorumlanması ve analiz edilebilmesi için görüntülere morfolojik ve doğrusal olmayan filtreleme işlemleri uygulanmıştır. Morfolojik filtreleme, görüntü üzerindeki nesnelerin ayırt edilmesini ve gruplandırmayı sağlamaktadır (Anonymous 13). Genellikle ikili (siyah-beyaz) görüntüler üzerinde aşındırma, genişletme, açma ve kapama işlemleri olarak kullanılmaktadır. Çalışmada, eşik değeri kullanılarak elde edilen muz alanlarının ayırık parçalarının yakınlaştırılıp, birleştirilebilmesi için kapama (closing) işlemi uygulanmıştır. Kapama işlemi sonrasında, görüntü üzerinde muz alanlarının dışında kalan küçük alanların elimine edilmesi için Medyan Filtre kullanılmıştır. Medyan Filtre, genellikle görüntü üzerindeki gürültünün giderilmesinde kullanılan doğrusal olmayan filtreleme tekniğidir. Görüntüler üzerinde uygulanan filtreleme sonuçları, daha önce elde edilen sonuçlarla birlikte ayrıntılı bir şekilde Şekil 4.11, 4.12, 4.13 ve 4.14'te gösterilmiştir.



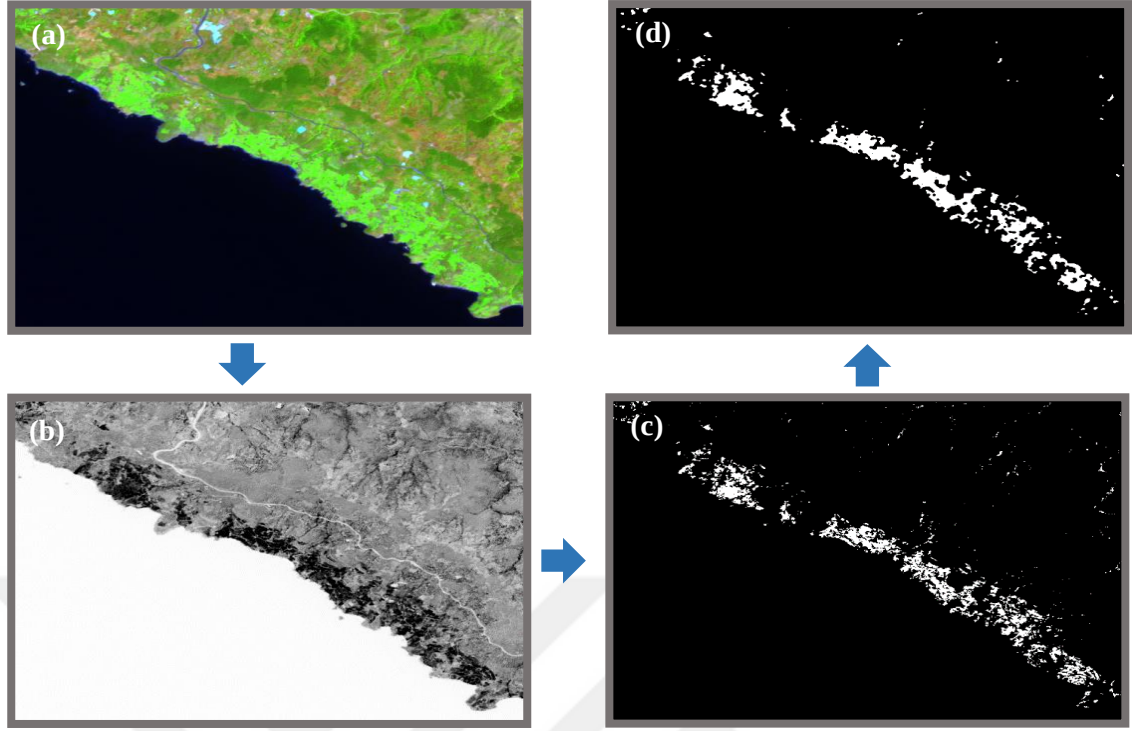
Şekil 4.11. Sentinel-1 SAR çalışma alanı 1: Yakacık **a)** İki görüntü farkı yöntemi ile elde edilen fark görüntüsü **b, e)** Eşik değeri uygulanmış görüntü **c, f)** Filtrelenmiş görüntü **d)** Ortalama görüntülerin farkı yöntemiyle elde edilmiş fark görüntüsü



Şekil 4.12. Sentinel-1 SAR çalışma alanı 2: Zeytinada **a)** İki görüntü farkı yöntemi ile elde edilen fark görüntüsü **b, e)** Eşik değeri uygulanmış görüntü **c, f)** Filtrelenmiş görüntü **d)** Ortalama görüntülerin farkı yöntemiyle elde edilmiş fark görüntüsü



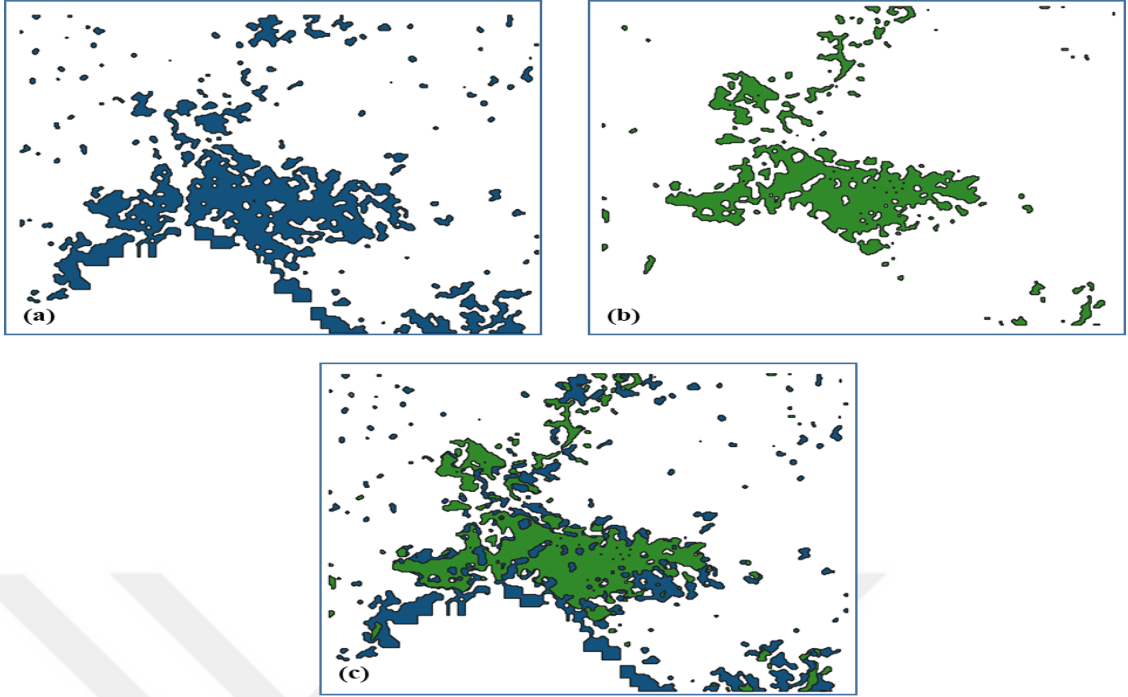
Şekil 4.13. Sentinel-2 çalışma alanı 1: Yakacık **a)** RGB olarak açılmış görüntü **b)** EVI ile sınıflandırılmış görüntü **c)** Eşik değeri uygulanmış görüntü **d)** Filtrelenmiş görüntü



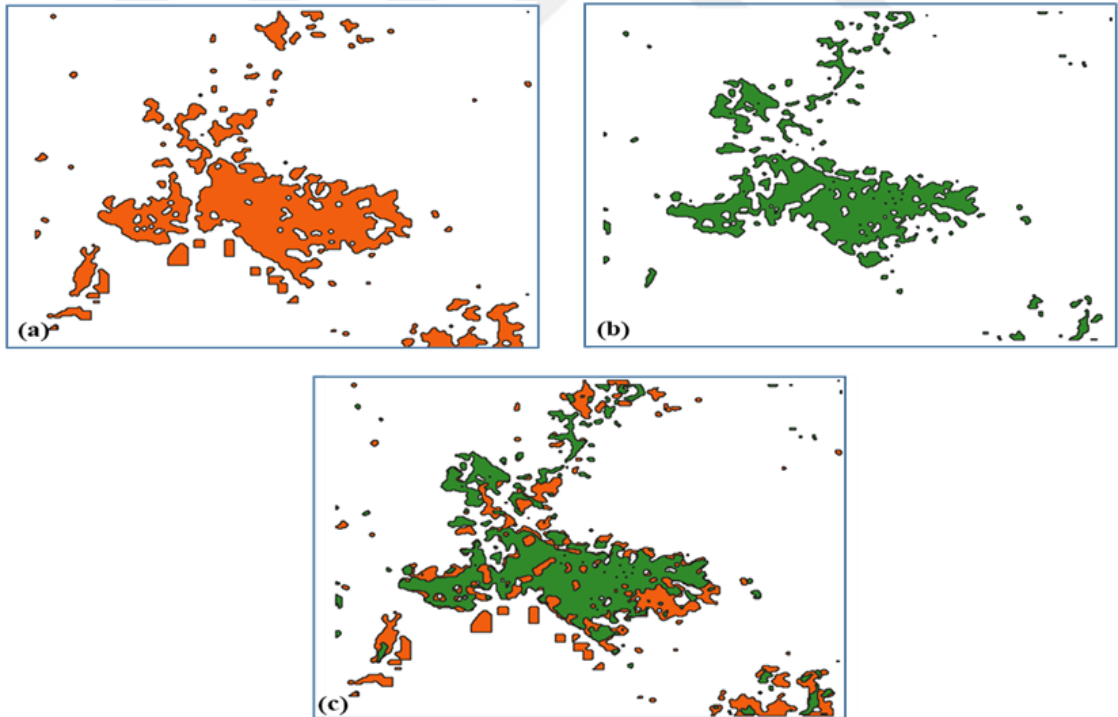
Şekil 4.1.4. Sentinel-2 çalışma alanı 2: Zeytinada **a)** RGB olarak açılmış görüntü **b)** EVI ile sınıflandırılmış görüntü **c)** Eşik değeri uygulanmış görüntü **d)** Filtrelenmiş görüntü

4.2.1. Yakacık Bölgesi Alansal Doğrulukların Sonuçları

İşlem adımları tamamlanan Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntülere son olarak görüntü filtreleme uygulanarak, görüntüler üzerindeki muz alanlarının dışında kalan küçük alanların elimine edilmesi bir önceki aşamada anlatılmıştı. Filtreleme uygulanan görüntüler üzerinden muz alanlarının hesaplanabilmesi için raster halindeki görüntüler Qgis programı kullanılarak vektörel verilere dönüştürülmüştür. Yakacık bölgesine ait vektörel verilere dönüştürülen görüntüler Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir. Daha sonra, vektör veriler kullanılarak toplam muz alanları hesaplanmıştır. Sentinel-1 Radar ve Sentinel-2 optik görüntüler üzerinden elde edilen muz alanları ve alansal doğrulukların kıyaslanabilmesi için Google Earth üzerinden elle vektörel olarak elde edilen toplam muz alanı Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15.Çalışma alanı 1: Yakacık **a)** Sentinel-1 SAR, İki görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri **b)** Sentinel-2 optik, EVI ile elde edilmiş vektör veri **c)** Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli



Şekil 4.16.Çalışma alanı 1: Yakacık **a)** Sentinel-1 SAR, ortalama görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri **b)** Sentinel-2 optik, EVI ile elde edilmiş vektör veri **c)** Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli

Çizelge 4.1. Çalışma alanı 1: Yakacık, Sentinel-1 SAR, Sentinel-2 optik ve Google Earth görüntülerden elde edilen toplam muz alanları

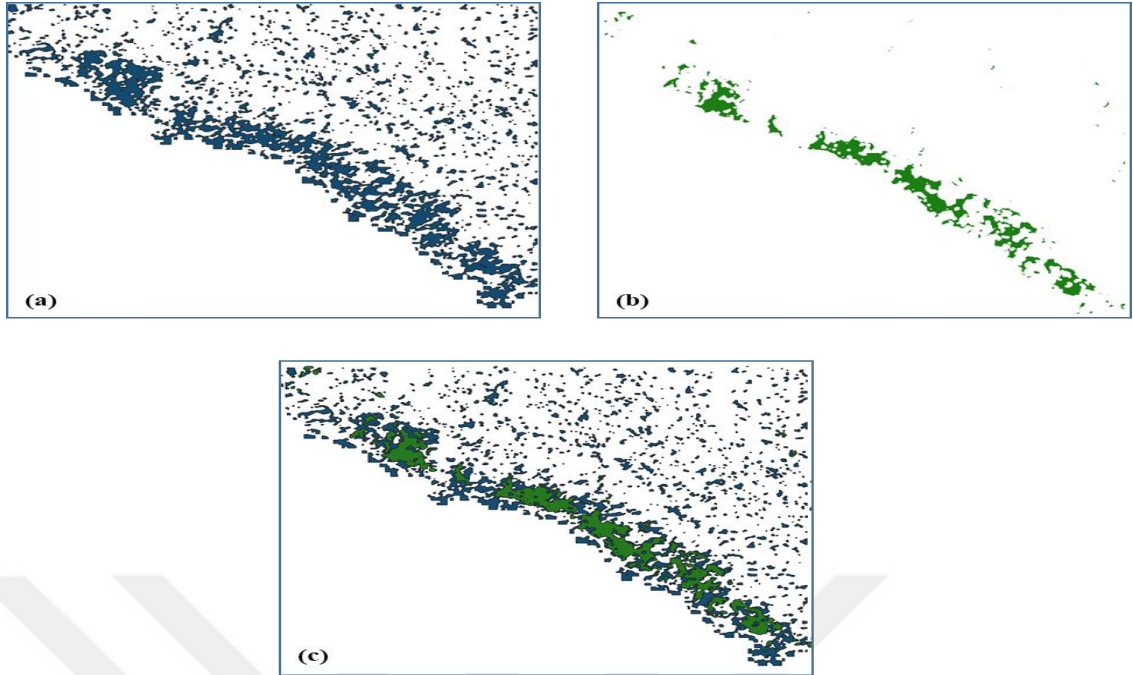
KULLANILAN GÖRÜNTÜLER	YÖNTEMLER			
	<u>YÖNTEM I</u>	<u>YÖNTEM II</u>	<u>YÖNTEM III</u>	Referans Veri
	İki Görüntü Farkı Yöntemi	Ortalama Görüntü Farkı Yöntemi	Geliştirilmiş Bitki İndeksi (EVI)	
Sentinel-1 SAR	223.93 ha	184.83 ha	-	
Sentinel-2 Optik	-	-	143.11 ha	
Google Earth	-	-	-	163.27 ha

İlk çalışma alanımız olan Yakacık bölgesinde açık (örtü-üstü) ve kapalı (örtü-altı) olmak üzere yoğun bir muz üretimi yapılmaktadır. Çalışmada kullanılan Sentinel-2 optik görüntüye Geliştirilmiş Bitki İndeksi (EVI) uygulanarak çalışma alanı sınıflandırılmıştır. Elde edilen sınıflandırma üzerinden histogram yardımıyla muz alanlarının minimum ve maksimum eşik değerleri belirlenmiş, belirlenen eşik değerleriyle de muz alanları çıkartılmıştır. Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi, bitkinin yapısal varyasyonlarına karşı daha duyarlı olması nedeniyle, örtü-altı muz üretiminde kullanılan ve çalışma alanının belli bir kısmını kaplayan seralar ile açık alanda yetiştirilen muz alanlarının kolayca ayrılmasını sağlamıştır. Aynı şekilde işlem adımları tamamlanmış Sentinel-1 SAR görüntüler üzerinden de histogram yardımı ile belirlenen eşik değerleri kullanılarak muz alanları çıkartılmıştır. Radar görüntü üzerinde açık alanda yetiştirilen muz ağaçları ve örtü-altı muz yetiştiriciliğinde kullanılan seraların, histogram üzerinde yakın geri yansıma değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Radar görüntü ile elde edilen toplam muz alanları içinde açık-alan ve örtü-altı alanlar, optik görüntü üzerinde ise sadece açık-alan muz alanları bulunmaktadır. Ayrıca, radar verilerin geometrik düzeltilmesinde kullanılan sayısal yükseklik modeli, düzeltme esnasında deniz alanlarını çıkartırken kıyıların yansıma değerlerinin değişmesi sonucunda, birçok kıyı alanı muz alanları ile benzer yansıma değerleri göstermiştir. Bu da, radar görüntü üzerinde muz alanlarının fazla çıkmasında etkili olan nedenlerden biridir. Özellikle, iki görüntü farkı ile elde edilen sonuçlarda muz alanlarının fazla çıkmasında kıyı alanlarının yansıma değerlerinin değişmesinin etkisi büyüktür. Bu değişimlerin etkisini minimuma indirebilmek için

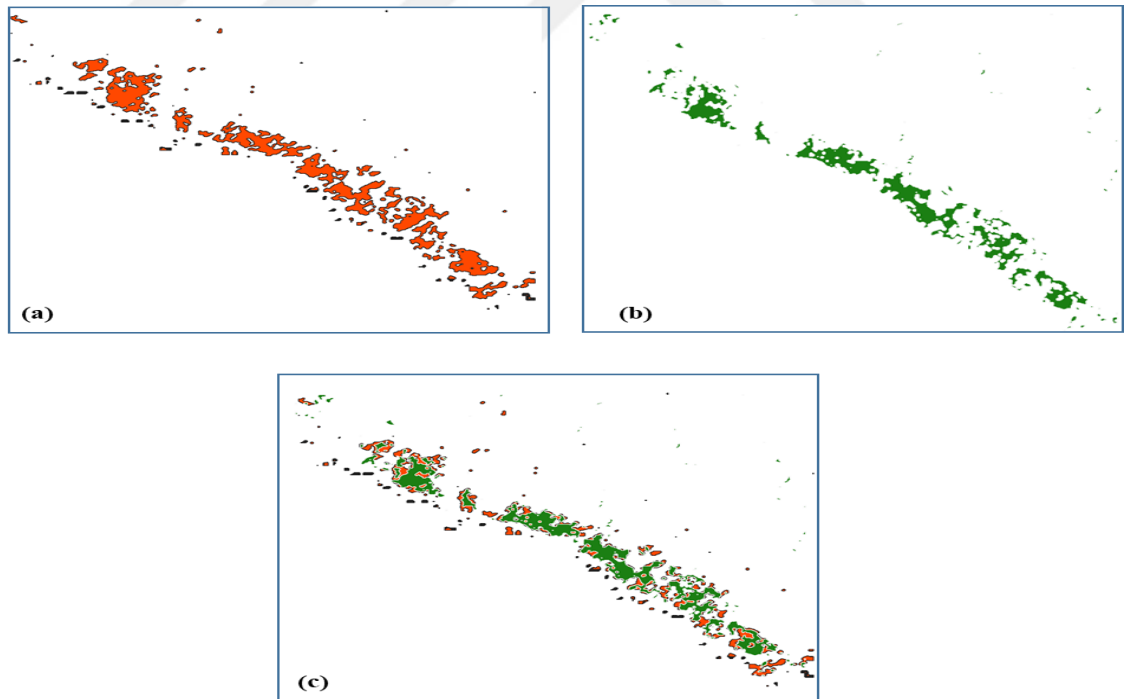
çalışmada uygulanan ikinci yöntem ile aynı alana ait yakın tarihli görüntülerin ortalama değerleri farkı alınarak geri saçılım değerlerinden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Böylece referans veri ile daha yakın alan değerleri hesaplanmıştır. Yukarıdaki tabloda Yakacık bölgesinde uygulanan yöntemler ve elde edilen alanlar ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

4.2.2. Zeytinada Bölgesi Alansal Doğrulukların Sonuçları

Yakacık bölgesinde uygulanan işlem adımları ikinci çalışma alanı olan Zeytinada bölgesinde de uygulanmıştır. Burada da işlem adımları tamamlanan Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntüleri son olarak görüntü filtreleme uygulanarak, görüntülerin üzerindeki muz alanlarının dışında kalan küçük alanlar elimine edilmesi sağlanmıştır. Filtreleme uygulanan görüntüler üzerinden muz alanlarının hesaplanabilmesi için raster halindeki görüntüler Qgis programı kullanılarak vektörel verilere dönüştürülmüştür. Zeytinada bölgesine ait vektörel verilere dönüştürülen görüntüler Şekil 4.17 ve 4.18’de gösterilmiştir. Daha sonra, vektör veriler kullanılarak toplam muz alanları hesaplanmıştır. Sentinel-1 Radar görüntü üzerinden iki farklı yöntemle elde edilen muz alanları ve bu muz alanlarının doğruluğunu kıyaslayabilmek için kullanılan Sentinel-2 referans verisi ile elde edilen toplam muz alanları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17.Çalışma alanı 2: Zeytinada **a)** Sentinel-1 SAR, İki görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri **b)** Sentinel-2 optik, EVI ile elde edilmiş vektör veri **c)** Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli



Şekil 4.18.Çalışma alanı 2: Zeytinada **a)** Sentinel-1 SAR, ortalama görüntü farkı ile elde edilmiş vektör veri **b)** Sentinel-2 optik, EVI ile elde edilmiş vektör veri **c)** Sentinel-1 SAR vektör görüntü ile Sentinel-2 optik vektör görüntünün üst üste çakıştırılmış şekli

Çizelge 4.2. Çalışma alanı 1: Zeytinada, Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik görüntülerden elde edilen toplam muz alanları

KULLANILAN GÖRÜNTÜLER	YÖNTEMLER			
	<u>YÖNTEM I</u>	<u>YÖNTEM II</u>	<u>YÖNTEM III</u>	
	İki Görüntü Farkı Yöntemi	Ortalama Görüntü Farkı Yöntemi	Geliştirilmiş Bitki İndeksi (EVI)	Referans Veri
Sentinel-1 SAR	360.20 ha	204.98 ha	-	-
Sentinel-2 Optik	-	-	155.00 ha	-
Google Earth	-	-	-	197.89 ha

İkinci çalışma alanı olan Zeytinada bölgesinde ilk çalışma alanımızın aksine sadece açık-alan muz üretimi yapılmaktadır. Bu bölgede de çalışma alanını sınıflandırmak için Geliştirilmiş Bitki İndeksi (EVI) kullanılmıştır. Elde edilen sınıflandırma üzerinden histogram yardımıyla muz alanlarının minimum ve maksimum eşik değerleri belirlenmiş, belirlenen eşik değerleriyle de muz alanları çıkartılmıştır. Aynı şekilde işlem adımları tamamlanmış Sentinel-1 SAR görüntüler üzerinden de histogram yardımı ile belirlenen eşik değerleri kullanılarak muz alanları çıkartılmıştır. Zeytinada bölgesi, Yakacık bölgesine kıyasla fazla engebeli bir arazi yüzeyine sahiptir. Sentetik Açıklıklı Radar (SAR) verileri kullanılarak orman gibi ağaçlık alanların tahmini, radar geri saçılımını etkileyen topografya nedeniyle karmaşık olabilmektedir. Arazi eğiminin neden olduğu radar geliş açısındaki değişiklikler, arazi eğimi ve geliş açısına göre değişebilmektedir. Eğer arazi eğimi, radar geliş açısından daha büyükse, eğimden gelen geri saçılma diğer hedeflerin imzasıyla karışabilmektedir (Shimada, 1996). Layover ve gölgeleme gibi SAR görüntülemeye kaynaklanan geometrik hatalar nedeniyle kaybolan veya değişen imzalar nedeniyle fazladan muz alanları oluşmuştur. Ayrıca, radar verilerin geometrik düzeltilmesinde kullanılan sayısal yükseklik modeli, düzeltme esnasında deniz alanlarını çıkartırken kıyıların yansıma değerlerinin değişmesi sonucunda, birçok kıyı alanı muz alanları ile benzer yansıma değerleri göstermiştir. Bu da, radar görüntü üzerinde muz alanlarının fazla çıkmasında etkili olan bir diğer neden olmaktadır. Özellikle, iki görüntü farkı ile elde edilen toplam muz alanlarının referans veri ile elde edilen alandan yaklaşık olarak iki kat daha fazla hesaplanmasında bu dezavantajların etkisi fazlasıyla görülmüştür. Bu değişimlerin etkisini minimuma indirebilmek için

Çalışmada uygulanan ikinci yöntem ile aynı alana ait yakın tarihli görüntülerin ortalama değerleri farkı alınarak geri saçılım değerlerinden daha iyi sonuçlar elde edilmesi sağlanmıştır.



5.SONUÇLAR

Türkiye’de ilk defa yetiştirilmeye Alanya’da başlanan muz meyvesi yetiştiriciliğine talep her geçen gün artmaktadır. Özellikle, Gazipaşa’nın Yakacık, Güney, Beyrebucak, Zeytinada, Macar, Muzkent ve Kâhyalar mahallelerinde açıkta ve örtü altında (sera) yoğun bir üretim yapılmaktadır. Örtü-altı muz üretimini ayrıca önemli kılan etken, yılın 365 günü verim alınabilmesidir. Açık-alan muz üretimi ile yılda 1 kez hasat yapılabilirken, örtü-altı muz üretimi sayesinde yılda 2 defa muz hasadı yapılabilmektedir. Bölgede açık alandaki muz bahçelerinin bakımı şubat ayında başlayıp mart sonuna kadar sürerken, örtü-altı muz bahçelerinin bakımı aralık ayında başlayıp şubat sonuna kadar devam etmektedir. Bu bakım işlemi her sezon yeniden tekrarlanmaktadır. Bakım yapılırken, meyve veren muz ağaçları ve fazladan olan fidanlar sökülerek 2 veya 3’er olacak şekilde fidanlar bırakılmaktadır.

Dünyada ve ülkemizde hızla artan nüfus ile birlikte, muz üretiminde talep artmaktadır. Bu çalışmada, muz tarım alanları ile orman alanlarının, Sentinel-1 SAR ve Sentinel-2 optik uydu görüntüleri kullanılarak muz alanlarının ayrılması amaçlanmıştır. Sentinel-1 SAR veri seti ile muz ve ormanlık alandaki geri saçılım değerlerinin zamana bağlı değişimi izlenmiştir. Bu gözlem sonucunda, bakım döneminde fazladan fidanların sökülmesiyle hacmin azaldığı ve muzların maksimum olgunlaşma döneminde bölgede ki hacmin arttığı zamanlar belirlenmiştir. Ağaçların minimum ve maksimum hacime sahip olduğu zamanların belirlenmesi, yöntemlerde kullanılan değişim tespitlerinde büyük avantaj sağlamıştır.

Çalışmada, SAR veri seti üzerinde iki farklı yöntem uygulanmıştır. İlk olarak, muz alanlarının minimum ve maksimum zamanlarına ait görüntüler üzerinde var olan değişimi tespit etmek için ‘İki Görüntü Farkı’ yöntemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlarda, muz alanlarının tespit edildiği fakat sonuçlara bölgedeki diğer alanlara ait geri saçılma değerlerinin karıştığı görülmüştür. SAR görüntüden kaynaklı bu hata muz alanlarının fazla çıkmasına neden olmuştur. Dijital görüntü özelliklerinin birbirinden ayırt edilebilirlik derecesi ile orijinal görüntüden görsel olarak elde edilebilecek bilginin miktarını arttırmak son derece önemlidir. İlk yöntemde uyguladığımız iki görüntü farkı ile elde edilen sonuçlardaki eksik bilgilerin tamamlanması için, ikinci yöntemde görüntüye aritmetik bant işlemleri uygulanarak, görüntülerin spektral bilgi içeriğinin zenginleştirilmesi sağlanmıştır. Elde edilen yeni SAR görüntülerin ortalama değerlerinin farkı alınarak muz alanları belirlenmiştir. İkinci yöntemle elde edilen sonuçların, Google Earth’den elle oluşturulan muz alanlarına ait sonuçlara daha yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür.

SAR veri setinden elde edilen sonuçları desteklemek amacıyla Sentinel-2 optik veri seti üzerinde Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) ile çalışmanı alanı sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma ile belirlenen muz alanlarının, Google Earth üzerinden elle vektörel olarak elde edilen muz alanlarından daha az olduğu hesaplanmıştır. Referans veri ile optik verinin karşılaştırılması sonucunda, optik görüntülerin seyrek dikilmiş muz ağaçları ile dağ yamaçlarında kalan muz ağaçlarının olduğu bölgeleri tespit etmede yetersiz kaldığı görülmüştür.

Tez kapsamında, ikisi SAR veri seti ile bir tanesi de optik veri seti ile olmak üzere üç farklı yöntem sunulmuştur. Elde edilen alansal hesaplamaların referans veri ile karşılaştırılması sonucunda en iyi yöntemin SAR veri seti üzerinde uygulanan ‘Ortalama Görüntülerin Farkı’ olduğu görülmüştür. Bu yöntemle, Yakacık bölgesinde ~ 21 ha, Zeytinada bölgesinde de ~ 7 ha’ lık bir muz alanı fazladan hesaplanmıştır. Özellikle Yakacık bölgesinde hatanın daha fazla olmasının nedeni, bölgede hem açık hem de kapalı tarımın bir arada yapılmasıdır. Optik görüntüler bitki örtüsünün yapısal varyasyonlarına karşı daha duyarlı olduğu için açık ve kapalı (sera) olarak yetiştirilen muz alanlarını kolayca ayırt edebilmektedir. SAR görüntüler ise açık ve kapalı (sera) olarak yetiştirilen muz alanları benzer geri saçılım değerleri gösterdiği için bu ayrımı sağlayamamaktadır. Bu sonuçlar kapsamında, SAR ve optik verilerin birlikte kullanılmasıyla daha iyi sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür.

Çalışmada kullanılan farklı yöntemler, tarım alanlarında SAR veri setinin daha iyi sonuçlar sağladığını göstermiştir. Radar sistemlerin sahip olduğu farklı dalga boyları veya farklı bant polarizasyonlarının kullanılmasının, elde ettiğimiz sonuçların alansal doğruluklarını arttıracakları öngörülmektedir. Ayrıca, daha sonraki çalışmalarda mahsüllerin değişimlerini belirlemede kullanılan İnterferometrik yöntemlerle, muz ağaçlarının boyu hesaplanabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Abdikan, S.; Sekertekin, A; Ustunern, M., Balik Sanli, F., and Nasirzadehdizaji, R., “Backscatter Analysis Using Multi-Temporal SENTINEL-1 SAR Data for Crop Growth of Maize in Konya Basin, Turkey”, <i>ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences</i>, vol. 42. pp. 9–13, 2018. doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-9-2018
- Arias, M.; Campo - Bescós, M.Á.; Álvarez-Mozos, J. Crop Classification Based on Temporal Signatures of Sentinel-1 Observations over Navarre Province, Spain. Remote Sens.2020,12278
- Arvor, D .; Jonathan, M .; Meirelles, MSP; Dubreuil, V .; Durieux, L. Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil Int J. Remote Sens. **2011** , 32 , 7847–7871.
- Azzari, G .; Lobell, DB'de Landsat-based classification in the cloud: An opportunity for paradigm shift in land cover monitoring a. Remote Sens. Environ. **2017** , 202 , 64–74.
- Anonim 1: <http://www.skdturkiye.org> [Son erişim tarihi: 06.07.2020]
- Anonim 2: <https://www.hurriyet.com.tr/gazipasada-365-gun-muz-uretimi-40374865> [Son erişim tarihi: 10.06.2020]
- Anonim 3: <http://www.gazipasatropikal.com/muz> [Son erişim tarihi: 10.06.2020]
- Anonim 4:<https://www.tzob.org.tr/basin-odasi/haberler/muz-uretimi-ilk-kez-300-bin-tonu-gecti> [Son erişim tarihi: 10.06.2020]
- Anonim 5: http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/cografi_bilgi_sistemleri_onlisans_ue/cografi_bilg_sist_ve_uzaktan_algilama_uygulamalari.pdf [Son erişim tarihi:10.06.2020]
- Anonymous 1: <https://finance.yahoo.com/news/top-20-agricultural-producing-countries-151350776.html> [Son erişim tarihi: 06.07.2020]
- Anonymous 2: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial> [Son erişim tarihi: 06.07.2020]
- Anonymous 3: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/overview> [Son erişim tarihi: 06.07.2020]
- Anonymous 4: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sentinel-1> [Son erişim tarihi: 12.06.2020]

- Anonymous 5: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview> [Son erişim tarihi: 12.06.2020]
- Anonymous 6: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/product-overview/polarimetry> [Son erişim tarihi: 20.06.2020]
- Anonymous 7: <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/sentinel-2a/> [Son erişim tarihi: 20.06.2020]
- Anonymous 9: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/radiometric-calibration-of-level-1-products> [Son erişim tarihi: 25.08.2019].
- Anonymous 10: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vegetation_Index#:~:text=A%20Vegetation%20Index%20\(VI\)%20is,activity%20and%20canopy%20structural%20variations.](https://en.wikipedia.org/wiki/Vegetation_Index#:~:text=A%20Vegetation%20Index%20(VI)%20is,activity%20and%20canopy%20structural%20variations.) [Son erişim tarihi: 25.08.2019].
- Anonymous 11: <https://eos.com/blog/6-spectral-indexes-on-top-of-ndvi-to-make-your-vegetation-analysis-complete/> [Son erişim tarihi: 25.08.2019].
- Anonymous 12: https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_vegetation_index
- Anonymous 13: https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_morphology
- Anonymous 13: https://en.wikipedia.org/wiki/Enhanced_vegetation_index
- Balaselvakumar S.; Saravanan S., Remote Sensing Techniques for Agriculture Suvey. Geospatial World. 2009
- Ban, Y. Çok zamanlı ERS-1 Synergy of multitemporal ERS-1 SAR and Landsat TM data for classification of agricultural crops. J. Remote Sens. **2003** , 29 , 518–526.
- Baup F.; Fieuzal R. and Betbeder J., "Estimation of soybean yield from assimilated optical and radar data into a simplified agrometeorological model," 2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Milan, 2015, pp. 3961-3964, doi: 10.1109/IGARSS.2015.7326692
- Bovik A.C.,(2009), The Essential Guide to Image Processing: Chapter 3 Basic Grey Level Image Processing. Pp.43-68
- Bush, TF; Ulaby, FT An evaluation of radar as a crop classifier. Remote Sens. Environ **1978** , 7 , 15–36.

- Chappelle E. W.; Kim M. S. ve McMurtrey J. E., Ratio analysis of reflectance spectra (RARS):An algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll A, chlorophyll B, and carotenoids in soybean leaves., *Remote Sensing of Environment*, cilt 39, p. 239–247, 1991.
- Chang, Liu, et al. “A Review of Plant Spectral Reflectance Response to Water
- Duchemin, B.; Fieuzal, R.; Rivera, M.A.; Ezzahar,J.; Jarlan, L.;Rodriguez, J.C; Hagolle O.; Watts, C. Impact of Sowing Date on Yield and Water Use Efficiency of Wheat Analyzed through Spatial Modeling and FORMOSAT-2 Images Remote Sens. **2015**, 7, 5951-5979.
- Fernández-Manso, A .; Fernández-Manso, O .; Quintano, C. SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf* **2016** , 50 , 170–175.
- Giacomo F.; Simonetta P.; Mehrez Z. and Aicha C. Sensitivity analysis of X-band SAR to wheat and barley leaf area index in the Merguellil Basin. *Remote Sensing Letters*, 2013, pp. 1107-1116 doi.org/10.1080/2150704X.2013.842285
- Gonzalez R. C. and Woods R. E., digital image processing 2nd ed. Prentice-Hall, 2003.
- Jia, K .; Li, Q .; Tian, Y .; Wu, B .; Zhang, F .; Meng, J. Crop classification using multi-configuration SAR data in the North China Plain. *Int. J. Remote Sensing* 2012 33, 170–183.
- Kim, Y.; Lee, M.-J. Rapid Change Detection of Flood Affected Area after Collapse of the Laos Xe-Pian Xe-Namnoy Dam Using Sentinel 1 GRD Data.*RemoteSens.* 2020, 12, 1978.
- Korets, MA; Ryzhkova, VA; Danilova, IV; Sukhinin, AI; Bartalev, SA Forest Disturbance Assessment Using Satellite Data of Moderate and Low Resolution.In *Sibirya Çevre Değişikliği* ; Springer Press: Dordrecht, Hollanda, 2010; s. 3–19.
- Koppel K., Zalite K. , Voormansik K. & Thomas Jagdhuber (2017) Sentinel-1 geri saçılmasının binaların özelliklerine duyarlılığı, ;*International Journal of Remote Sensing* 38:22 , 6298-6318, DOI: 10.1080 / 01431161.2017.1353160
- Kuzucu, A. Karakacan, and F. Bektas Balcik. “ Testing The Potential Of Vegetation Indices For Land Use/Cover Classification Using High Resolution Data ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, IV-4/W4, 2017, pp. 279–283., doi: 10.5194/isprs-annals-iv-4-w4– 279–2017

- Magnusson M. and Fransson J. E. S., "Combining CARABAS-II VHF SAR and Landsat TM satellite data for estimation of forest stem volume," IGARSS 2004. 2004 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Anchorage, AK, 2004, pp. 2327-2331 vol.4, doi: 10.1109/IGARSS.2004.1369752.
- Manabu W.; Masanobu S.; Kazuo O.; Haipeng W.; Masayuki Matsuoka and Motoyuki Sato, "Forest monitoring with JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR," 2007 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, 2007, pp. 2326-2329, doi:10.1109/IGARSS.2007.4423307.
- McNairn H.; Shang J.; Jiao and C. Champagne X.; "The Contribution of ALOS PALSAR Multipolarization and Polarimetric Data to Crop Classification," in IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 47, no. 12, pp. 3981-3992, Dec. 2009, doi:10.1109/TGRS.2009.2026052.
- McNairn H. & Brisco B. , (2004) The application of C-band polarimetric SAR for agriculture: a review, Canadian Journal of Remote Sensing, 30:3, 525-542, DOI: 10.5589/m03-069
- Mercier, A.; Betbeder, J.; Rumiano, F.; Baudry, J.; Gond, V.; Blanc, L.; Bourgoïn, C.; Cornu, G.; Ciudad, C.; Marchamalo, M.; Pocard-Chapuis, R.; Hubert-Moy, L. Evaluation of Sentinel-1 and 2 Time Series for Land Cover Classification of Forest–Agriculture Mosaics in Temperate and Tropical Landscapes. Remote Sens. 2019, 11, 979.
- Miranda N., Meadows P.J., Radiometric Calibration of S-1 Level-1 Products Generated by the S-1 IPF, Technical Note, ESA. ESA-EOPG-CSCOP-TN-0002.
- Mulla D. J.: Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps., Biosystems Engineering, cilt 114, pp. 358-371, 2013.
- Oguro Y.; Suga Y.; Takeuchi S.; Ogawa M.; Konishi T.; Tsuchiya T. Comparison of SAR and optical sensor data for monitoring of rice plant around Hiroshima Elsevier, 2001, pp.195-200
- Peter Hyde, Ralph Dubayah, Wayne Walker, J. Bryan Blair, Michelle Hofton, Carolyn Hunsaker. Mapping forest structure for wildlife habitat analysis using multi-sensor (LiDAR, SAR/InSAR, ETM+, Quickbird) synergy. Remote Sensing of Environment. 2006, 102, 1-2 pp.63-73 <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.01.021>
- Qu, Y.; Zhao, W.; Yuan, Z.; Chen, J. Crop Mapping from Sentinel-1 Polarimetric Time-Series with a Deep Neural Network. Remote Sens. 2020, 12, 2493.

- Ruiz-Luna A.; Berlanga-Robles C.A; Modifications in Coverage Patterns and Land Use around the Huizache-Caimanero Lagoon System, Sinaloa, Mexico: A Multi-temporal Analysis using LANDSAT Images, Elsevier, 1999, pp.37-44
- Shang, J.; Liu, J.; Poncos, V.; Geng, X.; Qian, B.; Chen, Q.; Dong, T.; Macdonald, D.; Martin, T.; Kovacs, J.; Walters, D. Detection of Crop Seeding and Harvest through Analysis of Time-Series Sentinel-1 Interferometric SAR Data Remote. Sens. 2020, 12, 1551.
- M. Shimada, Radiometric and geometric calibration of JERS-1 SAR. Advances in Space Research. Elsevier, vl.17, pp.79-88, 1996, [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00452-K](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00452-K)
- Stendardi, L.; Karlsen, S.R.; Niedrist, G.; Gerdol, R.; Zebisch, M.; Rossi, M.; Notarnicola C. Exploiting Time Series of Sentinel-1 and Sentinel-2 Imagery to Detect Meadow Phenology in Mountain Regions. Remote Sens. 2019, 11, 542.
- Susan Moran M.; Daniel C Hymer.; Qi J.; Kerr Y., Comparison of ERS-2 SAR and Landsat TM imagery for monitoring agricultural crop and soil conditions. Remote Sensing of Environment 79, 2-3 pp.243-252 [https://doi.org/10.1016/\(0100276-0,2002S0034-4257](https://doi.org/10.1016/(0100276-0,2002S0034-4257)
- Taşlıgil N. Türkiye Ziraatının Problemleri. Türk Coğrafya Dergisi. 2010
- Torbick, N.; Chowdhury, D.; Salas, W.; Qi, J. Monitoring Rice Agriculture across Myanmar Using Time Series Sentinel-1 Assisted by Landsat-8 and PALSAR-2. Remote Sens. **2017**, 9, 119.5
- Ulaby, F. ; Bush, T. ; Batlivala, P. Radar response to vegetation II: 8-18 GHz band. IEEE Trans. Antennas Propag. 1975 , 23 , 608–618.
- Violeta P.; Alexandru B.; Sorin Mihai C.; Anisoara I.; Multi-temporal Multi-spectral and Radar Remote Sensing for Agricultural Monitoring in the Braila Plain. Elsevier, 2015, 6, pp.506-516
- Van Tricht, K.; Gobin, A.; Gilliams, S.; Piccard, I. Synergistic Use of Radar Sentinel-1 and Optical Sentinel-2 Imagery for Crop Mapping: A Case Study for Belgium. Remote Sens. **2018**, 10, 1642
- Wenmin Zhang, Martin Brandt, Qiao Wang, Alexander V. Prishchepov, Compton J. Tucker, Yunmei Li, Heng Lyu, Rasmus Fensholt. From woody cover to woody canopies: How Sentinel-1 and Sentinel-2 data advance the mapping of woody plants in savannas. Remote Sensing of Environment vl.234, 111465, 2019 <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111465>

Zhang, T., Su, J., Liu, C. et al. Potential Bands of Sentinel-2A Satellite for Classification Problems in Precision Agriculture. *Int. J. Autom. Comput.* 16, 16–26 (2019).

Wang, JR; Engman, ET; Mo, T .; Schmugge, TJ; Shiue, JC The Effects of Soil Moisture, Surface Roughness, and Vegetation on L-Band Emission and Backscatter. *IEEE Trans. Geosci. Uzaktan Algılama* **1987** , GE-25 , 825–833.

Wardlow, BD; Egbert, SL Large-area crop mapping using time-series MODIS 250 m NDVI data: An assessment for the U.S. Central Great Plains. *Remote Sens. Environ.* **2008** , 112 , 1096–1116

Xue, Jinru, and Baofeng Su. “Significant Remote Sensing Vegetation Indices: A Review of Developments and Applications.” *Journal of Sensors*, vol. 2017, 2017, pp. 1–17.,doi:10.1155/2017/1353691

ÖZGEÇMİŞ

Duygugül AKSU



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2017-2020	Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya
Lisans	Selçuk Üniversitesi
2001-2016	Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

ESERLER

Akçay H.G., Kabasakal B., Aksu D., Demir N., Öz M., Erdoğan A., "Automated Bird Counting with Deep Learning for Regional Bird Distribution Mapping", ANIMALS, vol.10, no.7, 2020

Aksu D. Ve Demir N., Automated Detection Of The Banana Fields From Sar Images The Remote Sensing-ACRS 2020, 9-11 November, Deqing, China. (Bildiri /Sözlü Sunum-Özel Oturum)