

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA İLİ AKSU İLÇESİ SINIRLARI İÇERİSİNDE ARAZİ
KULLANIMI/ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN BELİRLENMESİ VE ÜRÜN DESENİNDE
YER ALAN ÇOK YILLIK MEYVE AĞAÇLARININ SAR (YAPAY AÇIKLIKLI
RADAR) VERİLERİ İLE İZLENMESİ**

Işın ONUR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ANTALYA İLİ AKSU İLÇESİ SINIRLARI İÇERİSİNDE ARAZİ
KULLANIMI/ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN BELİRLENMESİ VE ÜRÜN DESENİNDE
YER ALAN ÇOK YILLIK MEYVE AĞAÇLARININ SAR (YAPAY AÇIKLIKLI
RADAR) VERİLERİ İLE İZLENMESİ**

Işın ONUR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ŞUBAT 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTALYA İLİ AKSU İLÇESİ SINIRLARI İÇERİSİNDE ARAZİ
KULLANIMI/ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN BELİRLENMESİ VE ÜRÜN DESENİNDE
YER ALAN ÇOK YILLIK MEYVE AĞAÇLARININ SAR (YAPAY AÇIKLIKLI
RADAR) VERİLERİ İLE İZLENMESİ**

Işın ONUR

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 24/02/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ (Danışman)

Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT

Doç. Dr. Nusret DEMİR

Doç. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ

ÖZET

ANTALYA İLİ AKSU İLÇESİ SINIRLARI İÇERİSİNDE ARAZİ KULLANIMI/ARAZİ ÖRTÜSÜNÜN BELİRLENMESİ VE ÜRÜN DESENİNDE YER ALAN ÇOK YILLIK MEYVE AĞAÇLARININ SAR İLE İZLENMESİ

Işın ONUR

Doktora Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Şubat 2021; 93 sayfa

Antalya ili ılıman iklim koşulları ve verimli topraklara sahip olması nedeniyle ülkemizde tarımsal üretim açısından önemli bir yere sahiptir. Narenciye (turunçgiller), dünyada ve Türkiye’de en çok yetiştirilen meyve türleri arasında ilk sıralarda yer almakta, aynı şekilde ticarete de öne çıkmaktadır. Bu çalışmada Antalya ilinde yaygın bir üretim modeline sahip olan Narenciye ağaçlarının yaş grupları da göz önüne alınarak Yapay Açıklıklı Radar (SAR) verileriyle izlenmesi, yine SAR verileri ile bölgenin arazi örtüsü ve arazi kullanımının sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ilk olarak Avrupa Uzay Ajansı tarafından fırlatılmış Sentinel-1 uydusunun 2018 ve 2015 yıllarına ait görüntüleri her ay için indirilmiş ve yer gerçeği bilinen kamuya ait arazilerde, narenciye bahçelerine ait radar görüntülerinde, çok aşamalı olan ön işleme çalışmaları gerçekleştirilerek farklı yaş gruplarındaki parsellerin ortalama saçılma değerleri 12 aylık süreçte her ay için tesbit edilmiştir. 2015 ve 2018 yılları için 12 ay boyunca elde edilen saçılma değerlerinde yapılan istatistiksel analizlere göre orta yaşlı narenciye ağaçlarının diğer yaş gruplarına göre ayırdedilebilirliğinin daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Narenciye ağaçlarının fizyolojik gelişme dönemleri olan durgun, çiçeklenme, meyve tutum ve meyve olum dönemleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, tüm ağaçların 2015 ve 2018 yılları için gerek VH ve gerekse VV polarizasyonlarında çiçeklenme döneminde yüksek saçılmalar gösterdiği, meyve tutum döneminde ise düşük saçılmalar gösterdiği sonucu ortaya çıkmıştır. Çalışmanın bir diğer aşamasında ise SAR verileriyle yapılan arazi örtüsü ve arazi kullanımının sınıflandırılması gerçekleştirilmiş olup, bu aşamada Sentinel-1 SAR görüntülerinin, Sentinel-2 optik uydu görüntüleriyle füzyonunun yapılması uygun bulunmuş, sınıflama yöntemi olarak ise nesne tabanlı yaklaşım başarılı sonuç vermiştir. Optik-EVI-SAR görüntülerinin füzyonu ile elde edilen görüntü ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarına göre, 2015 yılından 2018 yılına kadar ormanlık alanlarda %11’lik bir artış, sabit ürünlerde ise %22’lik bir azalış tespit edilmiştir. Ayrıca sera alanları %15 oranında artış gösterirken, seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlarda %2’lik bir azalış, ekilen alanlarda %25’lik artış, kentsel dokuda %7’lik azalış ve iç sularda ise %7’lik bir artış tesbit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Arazi örtüsü/kullanımı izleme, narenciye, SAR-Optik füzyonu, Sentinel-1, ürün izleme, yapay açıklıklı radar

JÜRİ: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ
Prof. Dr. Bekir Taner SAN
Prof. Dr. Levent BAŞAYİĞİT
Doç. Dr. Nusret DEMİR
Doç. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ



ABSTRACT

LAND USE/LAND COVER CHANGE DETECTION AND CROP MONITORING OF CITRUS ORCHARDS WITH SAR IMAGES IN ANTALYA-AKSU

Işın ONUR

PhD Thesis in Space Sciences and Technologies Department

Supervisor: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

February 2021; 93 pages

Antalya province has an important role in terms of agricultural production in our country due to its favorable climatic conditions and fertile lands. Citrus fruits are the most widely grown fruit species, take first place in the world and also has a remarkable importance for trade in Turkey. In this study, it is aimed to monitor citrus trees, which have a widespread production in Antalya by using Synthetic Aperture Radar (SAR) data with considering the age groups. Second stage of the study is to research the possibilities of the land cover and land use classification for a wider region which also includes citrus orchards, with SAR data. In order to achieve crop monitoring part, the images of 2018 and 2015 of the Sentinel-1 satellite, which was first launched by the European Space Agency, were downloaded for each month and multi-stage pre-processing studies were carried out on these SAR images of citrus orchards of governmental lands with known ground truth. The average scattering of citrus parcels in different age groups were recorded for each month of the years 2015 and 2018. According to the statistical analysis of the scattering values obtained over 12 months for 2015 and 2018, middle-aged citrus trees were more distinct than other age groups. Considering the physiological development periods of citrus trees, which are stagnant, flowering, fruit set and fruit maturity periods, it was found that all trees showed high scattering during the flowering period in both VH and VV polarizations for 2015 and 2018, and low scattering during the fruit set period. The other stage of the study, land cover and land use classification with SAR data, fusion of Sentinel-1 SAR images with Sentinel-2 optical satellite images was found to be appropriate, and the object-oriented approach as the classification method yielded successful results. According to the results of object-based classification made with the image obtained by the fusion of optical-EVI-SAR images, an increase of 11% in forested areas and a decrease of 22% in permanent crops were determined from 2015 to 2018. In addition, while greenhouse areas increased by 15%, a decrease of 2% in open areas with little or no vegetation, an increase of 25% in annual crops, a decrease of 7% in urban texture and an increase of 7% in inland waters were determined.

KEYWORDS: citrus, crop monitoring, land cover/use monitoring, SAR-Optical fusion, Sentinel-1, Synthetic aperture radar

COMMITTEE: Prof. Dr. Namık Kemal SÖNMEZ

Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Prof. Dr. Levent BAŞAYIĞIT

Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR

Assoc. Prof. Dr. Mustafa Tolga ESETLİLİ

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Antalya İli'nin Aksu İlçesi'ndeki Aksu Çayı havzası içerisinde yer alan kontrollü narenciye bahçelerinde Polarimetrik Yapay Açıklıklı Radar (PolSAR) ile ürün izleme çalışması ve bu bölgeyi içerisine alan daha geniş bir çerçevede yine PolSAR ile arazi kullanımı belirleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Aksu havzasının çalışma alanı içerisinde kalan kısmının neredeyse tamamı tarımsal üretim için kullanılmaktadır. İlçe nüfusu büyük bir oranda tarımla uğraşır. Çalışma alanında ağırlıklı olarak seracılık, meyve bahçeciliği ve açık tarla sebzeciliği yapılmaktadır. Ayrıca ilçenin, sahil kesiminde bulunan dünyaca ünlü otelleri ile de turizmde önemli bir yere sahip olduğu göz ardı edilmemelidir.

PolSAR konusu ülkemizde hala çok çalışılmamış olmasına rağmen bu konuda yürütülen araştırmalar son yıllarda artmaktadır. Radarın aktif algılayıcı sistemleri, optik algılamaya kıyasla oldukça farklıdır. Radar sistemleri ile spektrumun mikrodalga bölgesine ait ısınım uydu aracılığıyla yeryüzüne gönderilirken ve yeryüzü ile temas ettikten sonra geri dönen ısınımın karakteri ve yapısı farklıdır. Dolayısıyla elde edilen görüntü de optik görüntüyle kıyaslandığında farklı yapıdadır, görüntünün anlamlandırılması ve işlenmesi de optik görüntülere göre daha detaylıdır. Bunların sonucu olarak ülkemizde ele alınabilecek ve çalışılabilinecek SAR konuları hala oldukça fazladır ve bu tez çalışması da bu kapsamda özgün ve önemli bir yere sahiptir.

Sadece tez çalışmam ile ilgili her konuda sağladığı destek ve anlayış için değil, uzaktan algılama konusunda yetiştirmemde en büyük paya sahip olduğu için değerli hocam Prof. Dr. Namık Kemal Sönmez'e teşekkür ederim. Çalışmalarımda beni cesaretlendirerek teknik konularda desteğiyle yön veren hocam Prof. Dr. Bekir Taner San'a ayrıca PolSAR konusundaki desteğiyle beni aydınlatan değerli hocam Doç. Dr. Nusret Demir'e teşekkür ederim. Tezime başlamamla birlikte gittiğim Slovak Teknoloji Üniversitesi'nde iki ay boyunca yoğun bir çalışma programıyla PolSAR konusunun temellerini atmamı sağlayan değerli hocam Dr. Juraj Papco'ya teşekkür ederim.

Akdeniz Üniversitesi Uzaktan Algılama Merkezi (AKUZAL) da çalışan ve her daim yanımda olduklarını hissettiren değerli arkadaşlarım Yük. Müh. Hasan Raşit Türkkkan ve Yük. Müh. Mesut Çoşlu'ya teşekkür ederim. Doktora öğrenimim boyunca bana tam destek veren annem Yük. Müh. Serap Onur'a ve doktora öğrenimimin başında yanımda olan ve sonrasında hep kalbimde yer alan babam Dr. Caner Onur'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
AKADEMİK BEYAN	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Turunçgil tarımının dünya ve Türkiye’deki önemi	3
2.2. Radar verileri özellikleri ve yeryüzü etkileşimleri	4
2.2.1. Yapay açıklıklı radar verisi özellikleri	4
2.2.2. Yapay açıklıklı radarın bitki ile etkileşimleri	9
2.2.3. Yapay açıklıklı radar verileri ile ürün izleme çalışmaları	10
2.3. Görüntü füzyonu tekniği ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile arazi örtüsü/arazi kullanımının tesbiti çalışmaları	12
2.3.1. Görüntü füzyonu tekniği.....	12
2.3.2. Nesne tabanlı sınıflandırma	16
3. MATERYAL VE METOD	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Çalışma alanı.....	18
3.1.2. Kullanılan veri setleri	21
3.2. Metod.....	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	28
4.1. SAR görüntülerine ön işleme çalışmaları	28
4.2. SAR verileriyle polarimetrik ayrıştırma (dekompozisyon) işlemi	34
4.2.1. Polarimetrik matris oluşturma	35
4.2.2. Polarimetrik dekompozisyon	35
4.3. Entropi ve anizotropi görüntüleriyle aritmetik işlemler	41
4.4. Değişim saptama amaçlı logaritmik oran görüntülerinin oluşturulması.....	43
4.5. SAR verileriyle kontrolsüz sınıflandırma	45

4.6. SAR görüntüleriyle ürün izleme.....	46
4.6.1. Narenciye parsellerine ait verilerin işlenmesi.....	47
4.6.2. Narenciye parsellerinin Sentinel-1 görüntüsü üzerinden elde edilen saçılmaları	48
4.6.3. Saçılma değerlerinin Ağaç yaş dönemine göre gruplandırılarak değerlendirilmesi	57
4.7. SAR Verileri ile ürün izlemede istatistiksel analizler	62
4.7.1. Narenciye ağaçlarında (SAR) verilerinin VV ve VH farklı iki polarizasyonda yaş gruplarına göre istatistiksel ilişkiler	63
4.7.2. 2018 yılı için narenciye ağaçlarında radar VV ve VH polarizasyonların yaş ve aylık olarak ilişkileri	68
4.8. SAR görüntüleriyle arazi örtüsü ve arazi kullanımın izlenmesi	72
4.8.1. Optik ve EVI görüntülerinin kaynaştırılması (füzyonu)	72
4.8.2. Optik, EVI ve SAR görüntülerinin füzyonu	75
4.8.3. Doğruluk analizi.....	79
5. SONUÇLAR.....	80
6. KAYNAKLAR.....	85
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Antalya İli Aksu İlçesi sınırları içerisinde arazi kullanımı/arazi örtüsünün belirlenmesi ve ürün deseninde yer alan çok yıllık meyve ağaçlarının SAR (Yapay Açıklıklı Radar) verileri ile izlenmesi.” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

24/02/2021

Işın ONUR

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

α	: Alfa açısı
A	: Anizotropi
G	: Anten kazancı
l	: Anten uzunluğu
τ	: Atım uzunluğu
A_s	: Çözünürlük denklemi
J	: Dalga tutarlılık matrisi
dB	: Desibel
H	: Entropi
F	: Frekans
θ_i	: Geliş açısı
P_R	: Geri saçılan güç
GHz	: Gigahertz
ϕ	: Görüş (look) açısı
P_T	: Hedefe doğru iletilen güç
c	: Işık hızı
Λ	: Köşegen özdeğer matrisi
Gr	: Menzil çözünürlüğü
Λ_i	: Özdeğer
$\vec{\mathcal{E}}_i$	: Özvektör
σ^0	: Radar saçılma katsayısı
λ	: Radar sisteminin dalga boyu
T_i	: Tutarlılık matrisi
R	: Vericiden hedefe olan mesafe

A : Yerde bir alan
Pi : λ_i özdeğerinin olasılığı

Kısaltmalar

AKİB : Akdeniz İhracatçı Birlikleri
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ATWD : A Trous Wavelet Decomposition
CR : Cross Ratio
CC : Correlation Coefficient
DB : Çift Sıçrama
DEM : Digital Elevation Model
DYM : Dijital Yükseklik Modeli
V : Düşey Polarize
EVI : Enhanced Vegetation Index
UIQI : Evrensel Görüntü Kalitesi İndisi
FAO : Food and Agriculture Organisation of United Nations
GIS : Geographic Information Systems
GPS : Global Positioning System
GRD : Ground Range Detected
VD : Hacim Difüzyonu
POD : Hassas Yörünge Tanımlama
IHS : Intensity-Hue-Saturation
LAI : Leaf Area Index
LUT : Lookup Table
NDVI : Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi
OCN : Ocean
MR : Orta Çözünürlük

OSW : Okyanus Dalgası Spektrası
OWI : Okyanus Rüzgar Alanları
PALSAR: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PCA : Principle Component Analysis
Radar : Radio Detection and Ranging
RVI : Radar Vegetation Index
SRTM : Shuttle Radar Topography Mission
SPOT : Satellite Pour l'Observation de la Terre
SLC : Single Look Complex
SDD : Standart Sapma Farkı
FR : Tam Çözünürlük
ERS : The European Remote Sensing Satellite
LIDAR : Ultraviolet Light Detection and Ranging
DIV : Varyans farkı
VWC : Vegetation Water Content
VIR : Visible Infrared
SLAR : Yanal Gözleyen Radar
SAR : Yapay Açıklıklı Radar
H : Yatay Polarize
HR : Yüksek Çözünürlük
RVL : Yüzey Radyal Hızları
HPF : Yüksek Geçiş Frekansı
SR : Yüzey Yansıması

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 SAR görüntüleme geometrisinin şematik gösterimi. Geliş açısı θ_i ile gösterilmiştir	5
Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesi	7
Şekil 2.3. a) C ve L bandlarına ait dalgaboyunun ağaç örtüsüne geçirimi; b) Ağaç örtü geometrisi ve saçılma bileşenleri: 1, toprak yüzeyinden saçılma; 2, yaprak hacim saçılması; 3, dal hacim saçılması (branch volume scattering); 4, gövde hacim saçılması; 5, yaprak-toprak etkileşimi; 6, dal-toprak etkileşimi; 7, gövde-toprak etkileşimi	10
Şekil 2.4. Veri füzyonu modeli	13
Şekil 3.1. Ürün izleme amaçlı çalışma alanı	19
Şekil 3.2. Çalışma alanına ait farklı yaşlardaki narenciye bahçeleri	19
Şekil 3.3. Arazi kullanımı izleme amaçlı çalışma alanı	20
Şekil 3.5. Sentinel-2 Uydusu	24
Şekil 3.6. İş akış diyagramı	27
Şekil 4.1. Çalışma Alanına Ait Yörünge dosyası uygulanmış görüntü	28
Şekil 4.2. Termal gürültüsü giderilmiş görüntü	29
Şekil 4.3. Kalibrasyon uygulanmış görüntü	30
Şekil 4.4. Çoklu bakış uygulanmış görüntü	30
Şekil 4.5. SAR kaynaklı distorsiyonların (biçim bozulmalarının) etkileri	31
Şekil 4.6. Arazi düzeltmesi uygulanmış görüntü	32
Şekil 4.7. İki kez benek filtresi (5×5, Refined Lee) uygulanılmış olan çalışma alanının kesilmiş görüntüsü	33
Şekil 4.8. Bandlara yapılan desibel dönüşümü sonrası görüntüsü	34
Şekil 4.10. Entropi görüntüsü	40
Şekil 4.11. Anizotropi görüntüsü	40
Şekil 4.12. Alfa görüntüsü	41
Şekil 4.14. H(1-A) Görüntüsü	42

Şekil 4.16. Narenciye ağaçlarının çalışacağı bölge ve çevresine ait Logaritmik oran görüntüsü (VV).....	44
Şekil 4.17. Kontrolsüz sınıflandırma	45
Şekil 4.18. Çalışma alanındaki bitki örtüsünün sınıflandırılması	46
Şekil 4.19. Arazi çalışmaları	46
Şekil 4.20. ArcGIS ortamında parseller ve örnek parsel sorgusu	48
Şekil 4.21. SAR görüntüsü üzerinde parsel vektörleri	49
Şekil 4.22. Parsel grupları ve 2018 yılı için dönemleri	49
Şekil 4.23. 2015 yılı için her parsele ait VV ve VH polarizasyonda db yansımaları	50
Şekil 4.23' ün devamı	51
Şekil 4.23' ün devamı	52
Şekil 4.23' ün devamı	53
Şekil 4.24. 2018 yılı için her parsele ait VV ve VH polarizasyonda db yansımaları	54
Şekil 4.24' ün devamı	55
Şekil 4.24' ün devamı	56
Şekil 4.24' ün devamı	57
Şekil 4.25. 2015 yılı için ağaçların farklı yaş dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma grafikleri	58
Şekil 4.26. 2018 yılı, ağaçların aynı gelişme periyoduna ait parsel grupları için VH ve VV polarizasyonda db yansımaları	60
Şekil 4.27. 2015 ve 2018 yılları, ağaçların aynı gelişme periyoduna ait parsel grupları içerisinde VH ve VV polarizasyonda yıllık ortalama db yansımaları	61
Şekil 4.28. 2015 tarihli Optik-EVI sınıflandırma sonucu	73
Şekil 4.29. 2018 tarihli Optik-EVI sınıflandırma sonucu	74
Şekil 4.30. 2015 tarihli SAR-Optik-EVI sınıflandırma sonucu	76
Şekil 4.31. 2018 tarihli SAR-Optik-EVI sınıflandırma sonucu	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. 2015 yılı için ağaçların farklı yaş dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma değerleri.....	58
Çizelge 4.2. 2018 yılı için ağaçların farklı olgunluk dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma değerleri.....	59
Çizelge 4.3. 2015 yılı içerisinde aylık VV radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişimi üzerine etkisi.....	65
Çizelge 4.4. 2015 yılı içerisinde aylık VH radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişim üzerine etkisi.....	67
Çizelge 4.5. 2018 yılı içerisinde aylık VV radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişim üzerine etkisi.....	69
Çizelge 4.6. 2018 yılı içerisinde aylık VH radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişim üzerine etkisi.....	71
Çizelge 4.7: 2015 ve 2018 tarihli Optik-EVI sınıflandırması sonucu alansal dağılımlar	75
Çizelge 4.8. 2015 ve 2018 tarihli Optik-EVI-SAR sınıflandırması sonucu alansal dağılımlar	78
Çizelge 4.9. Doğruluk analizi sonuçları.....	79

1. GİRİŞ

Kökeni Güneydoğu Asya olan narenciye'nin kontrollü üretimi 19. yüzyılda ABD'de başlamış ve hızla yayılmıştır. Narenciye yetiştiriciliği dünyada 40 derece kuzey enlemi ile 40 derece güney enlemi arasında yapılmaktadır. Narenciye dünyada en çok yetiştirilen ve tüketilen meyve grubudur; portakal, limon, mandarin ve greyfurt (altıntop) gibi "Citrus" cinsine ilişkin türleri içermektedir.

Türkiye, dünya narenciye üretim alanının en kuzey sınırındadır. Bu nedenle, narenciye yetişen tüm bölgelerde zaman zaman dondurucu düşük sıcaklık zararları görülmektedir. Bu nedenle bahçeler don tutmayan ya da çok az don tutan yörelerde kurulmalı; bahçelerin soğuk hava ve rüzgârlara açık yönlerde olmamasına dikkat edilmelidir. İklimsel olarak Aksu Ovası narenciye üretimi için ideal değerdedir.

Son yıllarda tarımsal ürünlerde ürün izleme ve sınıflandırma çalışmaları uzaktan algılama bilim ve teknolojileri kullanılarak yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Söz konusu bu çalışmalar da en çok tek yıllık üretim ortamlarında gerçekleştirilmekte ve pasif uzaktan algılama teknikleri kullanılmaktadır. Tarımsal çalışmalarda aktif uzaktan algılama teknolojisi kullanımının ise son yıllarda popülerliği artmaktadır. Bu çalışmada da aktif uzaktan algılama ile 2015 ve 2018 yılları için aylık olarak narenciye ağaçlarında ürün izleme gerçekleştirilmiş, ayrıca daha geniş bir alanda arazi kullanımı ve arazi örtüsü durumu izlenmiş olup radar teknolojilerinden yararlanılmıştır.

Aktif algılayıcı olarak adlandırılan Radar (Radio Detection and Ranging), yeryüzüne gönderdiği mikrodalga elektromanyetik ışınımı atımlarının yeryüzü objelerine rastlayarak saçılması ve bunların kayıt edilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Radar ile ilk görüntü alımı 1950'li yıllarda geliştirilmiştir, ilk aktif havadan algılayıcı sistem SLAR (Side-Looking Airborne Radar- Yanal Gözleyen Radar), olarak adlandırılmıştır ve askeri amaçlar için kullanılmıştır. Ancak bu sistemin çözünürlüğü antenin fiziksel boyutu ile sınırlı olduğu için çok kullanışlı olmamış daha sonra SAR (Yapay Açıklıklı Radar) geliştirilerek, sivil amaçlar için de pek çok ülkede kullanılmıştır.

Genel anlamda bu çalışmanın amacı, uzaktan algılamada SAR görüntülerinin kullanım olanaklarını araştırmaktır. Çalışma alanı olarak Antalya'nın Aksu sınırları içerisinde yer alan Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Boztepe Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait narenciye bahçelerini içerisine alan Aksu ovasında, Aksu çayını, sera ve tek yıllık tarım alanlarını da kapsayan bir bölge seçilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Boztepe Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait narenciye bahçe parselleri sınırları içerisinde ürün izleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Böylelikle farklı yaşlardaki narenciye parsellerinin iki yıllık süreçte her ay olmak üzere farklı gelişim periyotlarında verdikleri saçılma farklılıklarının değerlendirilmesi mümkün olmuştur. Yürütülen bu tez çalışması ile aktif uzaktan algılama verilerinin çok yıllık üretim ortamlarının izlenmesindeki potansiyeli ortaya konulmuştur.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde ise çalışma, Aksu ovasını kapsayan daha geniş bir bölgede yürütülerek, arazi örtüsü ve arazi kullanımı sınıflarının SAR görüntüleri kullanılarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, yeterli sınıflandırma

doğruluğuna ulaşabilmek için SAR görüntülerinin optik görüntülerle füzyonunun yapılması uygun bulunmuştur. Yapılan sınıflandırma sonucunda SAR-Optik füzyonu görüntülerinin optik görüntülerden daha başarılı sonuç verdiği ortaya konulmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, SAR görüntülerinin çok yıllık ürün izleme ve arazi örtüsü ve arazi kullanımını izleme çalışmaları için kullanılabilirlik potansiyelini ortaya çıkarması bakımından önem arz etmektedir.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Turunçgil tarımının dünya ve Türkiye’deki önemi

Narenciye, dünyada ve Türkiye’de en çok yetiştirilen meyve türleri arasında ilk sıralarda yer almakta, aynı şekilde ticarete de öne çıkmaktadır. Dünyadaki üretimi son on yıl içerisinde %16 kadar artarak, 122 milyon tona ulaşmıştır. Türkiye turunçgil üretimi ise son on yılda %35 artarak, 2010 yılında 3,5 milyon tonu geçmiş bulunmaktadır. Turunçgil meyvelerinin üretimindeki bu artışa paralel olarak, dış ticaret hacminde de önemli gelişmeler gerçekleşmiş; dünyada 17-18 milyon tonlara, ülkemizde ise 1,5 milyon tonlara yaklaşan dış satım miktarları söz konusu olmuştur.

Narenciye, Türkiye toplam meyve üretiminde üzüm ve elmadan sonra üçüncü sırada yer almasına karşın, Türkiye yaş meyve ve sebze dış satımının %49’u ve sadece meyve dış satımının ise % 78.9’u ile yıllardır birinci sırada yer almaktadır. Akdeniz bölgesi ülke düzeyindeki narenciye üretiminde %70-80’lik bir oranla ilk sırayı almakta olup söz konusu narenciye’nin ana üretim merkezlerinden birisi olan Antalya ise, bölge üretiminin %25’ine yakın kısmını karşılamaktadır (Anonim 2000). İldeki narenciye’nin tür düzeyindeki oransal dağılımı, % 78 ile portakal, %14 ile limon, % 7 ile mandarin ve % 2 ile de altıntop ve turunç şeklindedir (Anonim 1994, Anonim 1997).

Turunçgiller, Türkiye’nin toplam yaş meyve sebze üretimi içerisinde önemli bir ürün grubu olup, toplam üretimin yaklaşık %37’si ihraç edilmektedir (AKİB, 2013).

Dünya’da en önemli turunçgil ihracatı yapan ülkeler incelendiğinde sırasıyla üretimde altıncı sırada yer alan İspanya, üretimde ilk sırada yer alan Çin, üretimde üçüncü sırada yer alan ABD, onüçüncü sırada yer alan Güney Afrika ve dokuzuncu sırada yer alan Türkiye ön plana çıkmaktadır. Turunçgillerin yetiştiriciliği dünyada 40 kuzey enlemi ile 40 güney enlemi arasında kalan bölgede yapılmaktadır (FAO, 2014).

Yukarıda belirtilen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, Narenciye üretimi gerek ulusal ve gerekse uluslararası düzeyde son derece önemli bir tarım ürünüdür. Bu kapsamda günümüzde, geniş alanların izlenmesi ve narenciye bahçelerine ait alan ve verim parametrelerin hassas doğrulukla elde edilmesine yönelik olarak yeni teknik ve teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojilerden en önemlisi ise uzaktan algılama bilim ve teknolojisidir.

Uzaktan algılama objelere fiziksel değinimde bulunmaksızın objeler hakkında bilgi edinme bilim ve sanatı şeklinde tanımlanmaktadır. Aktif ve pasif uzaktan algılama olarak ayrılan bu bilim dalında farklı özelliklere sahip uydular, farklı tarımsal üretim modellerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu kapsamda çalışmada kullanılan radar verileri özellikleri ve etkileşimleri ile görüntü füzyonu tekniği ve farklı sınıflandırma yöntemine yönelik yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

2.2. Radar verileri özellikleri ve yeryüzü etkileşimleri

2.2.1. Yapay açıklıklı radar verisi özellikleri

Radar görüntüleme sistemleri aktif uzaktan algılanmış sistemlerdir, bunlar dalgaboyu aralığı 3 cm den 69 cm e kadar olan mikrodalga elektromanyetik ışınımını yayımlarlar. X,C, L ve P sembolleri ile gösterilen bandlar ile ifade edilirler ve yeryüzü objelerinden doğrudan veya dolaylı yansıyan sinyali kayıt ederler. SAR görüntüleme sistemleri uçak veya uydu platformları üzerinde taşınırlar ve her bir hedeften yansıyan ve farklı yönlerde saçılan sinyalleri tutarlı bir biçimde kayıt ederler. Kayıt edilen birçok sinyalin hedefi en iyi ifade edebilmesi için sinyal işleme uygulanır. Bu sistem ile yüksek çözünürlüklü radar verisi elde etmek için gerekli olan uzun anten yapay olarak elde edilir (Lee ve Pottier 2009). SAR sistemlerinden, ormanların yapısal parametrelerinin niteliklerini, özellikle biyokütleyi elde etmek için geniş çapta faydalanılmaktadır (Ranson ve Sun 1994; Baltzer 2001). Uzun dalgaboylu radar, ağaç örtüsünden (kanopi) içeri ışınım geçirir ve ağaç kanopisinin altından da bilgi elde edilebilir; örneğin, dallar, yapraklar ve gövde gibi... Bu da bahçe yapısının bazı yönlerinin daha iyi kestirimine olanak tanır (Toan 2004).

Yanal Gözleyen Radar Görüntüleme Özellikleri; SAR sistemleri yanal gözleyen bir geometride çalışırlar, bu durumda anten, gidiş yönüne dik yönde alım yapar (Şekil 2.1). Uydu hareket ettikçe, anten ‘atım tekrar frekansı’ (PRF) olarak adlandırılan bir oranda kısa atımları yayar. SAR bu atımların yeryüzü yüzeyindeki cisimlerden saçılarak geri dönen yansımalarını saptar ve bu ölçümler görüntünün oluşturulmasını sağlar. SAR görüntüsü aslında birçok yerden, Doppler kaymasına dayalı olarak yansıyan ışınımın yapaylaştırdığı geniş anten açıklığının oluşturulmasıdır. Radar antenine doğru geri saçılan ışınım gücü, radar denklemiyle ifade edilir (Henderson ve Lewis 1998):

$$P_R = P_T (\sigma^0 A) \left(\frac{G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \right) \quad (2.1)$$

burada

P_R : Geri saçılan güç

P_T : Hedefe doğru iletilen güç

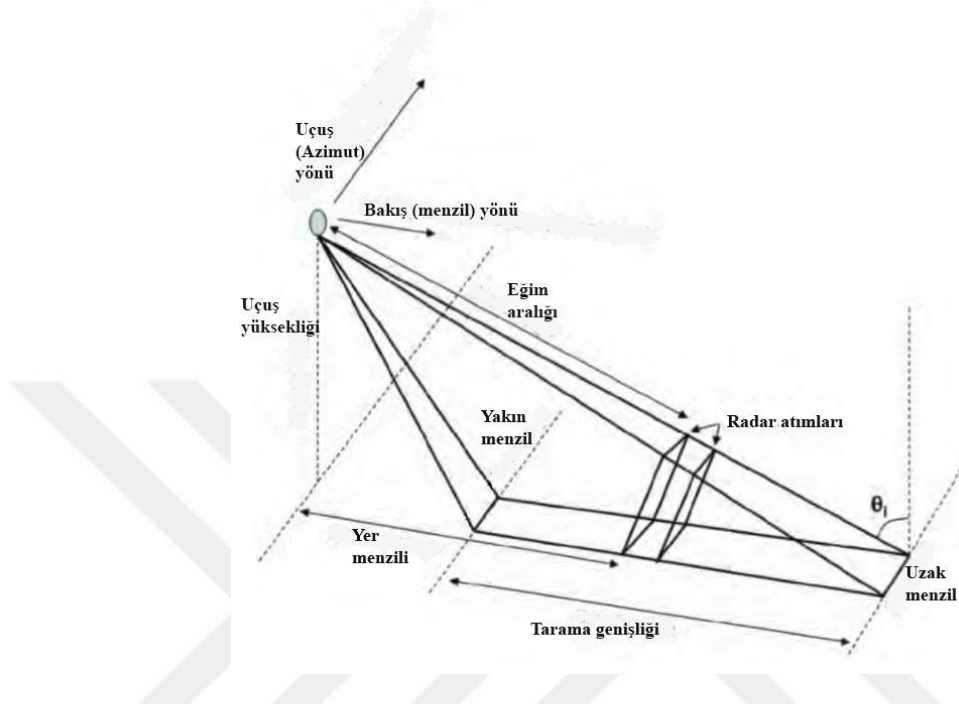
G: Anten kazancı

R: Vericiden hedefe olan mesafe

σ^0 : Radar saçılma katsayısı

λ : Radar sisteminin dalga boyu

A: Yerde bir alan



Şekil 2.1. SAR görüntüleme geometrisinin şematik gösterimi. Geliş açısı θ_i ile gösterilmiştir (Viergever 2008)

Gerisaçılma Katsayısı (σ^0); Bir radar anteni tarafından yayılan radar sinyalinin yeryüzü üzerindeki bir hedeften yansiyarak radar antenine geri dönen bölümüne ‘gerisaçılma’ denir. SAR görüntüsünün doğru gerisaçılma katsayısını elde etmek için (σ^0 dB), üç aşamalı görüntü işleme yapmak gereklidir. Bunlar; radyometrik kalibrasyon, spektral filtreleme ve yeryüzü düzeltmesidir.

Single look complex (SLC) görüntüler üreten tipik radar veri işleme adımları, radyometrik düzeltmeleri içermez. Dolayısıyla görüntü, önemli radyometrik hatalar içerir. Bu nedenle SAR görüntülerine radyometrik düzeltme uygulanması gereklidir, bu işlem sonrasında SAR görüntülerinin piksel değerleri, radar gerisaçılmasını yansıtan yüzeyi doğru olarak temsil eder. Radyometrik düzeltme ayrıca farklı algılayıcılarla veya aynı algılayıcıyla farklı zamanlarda, farklı modlarda elde edilen veya farklı programlarla işlenmiş SAR görüntülerinin birlikte kullanımı için gereklidir.

Geri saçılma, aynı çözünürlük hücresindeki çoklu saçılmaya sebep olan objeden gelen yansımadır ve yansıma radar görüntüsünde beneklerin görünmesine, benek etkisine (speckle) sebep olabilir. Benekler görüntünün kalitesini düşürür ve yeryüzü özelliklerinin yorumlanmasını zorlaştırır. Benekler filtreleme veya çoklu-bakış (multi-look) işlemiyle azaltılabilir. Bu çalışmada çoklu bakış işleminden sonra Lee Sigma filtresi 5x5 pencere boyutunda uygulanmış, daha sonra yeryüzü düzeltmesi getirilerek bir kez daha aynı pencere boyutunda tüm görüntüler için kullanılmıştır (Lee 1983).

Görüntülenen bölgede topoğrafik farklılıklar ve uydu algılayıcısının eğikliğine bağlı olarak ve SAR'ın yanal gözüleyen özelliğinden dolayı görüntülerde mesafeler bozulmuş olabilir. Yeryüzü düzeltmeleri bu bozulmaları telafi etmeyi amaçlamaktadır (Wang 2013).

Mekansal Çözünürlük; Radarın çözünürlüğü, menzilde veya azimutta çok yakın olan objeleri ayırtılabilmek yeteneği olarak tanımlanabilir. Buna göre çözünürlük, menzil ve azimut çözünürlüğü olarak iki kategoriye ayrılır. Menzil çözünürlüğü (Gidiş yönüne dik doğrultularda yapılan alımlarda), mikrodalga atımının uzunluğuyla orantılıdır. Atım uzunluğu kısaldıkça, menzil çözünürlüğü artar.

Aşağıda yer menzil çözünürlüğü denklemi Gr (Henderson ve Lewis 1998) verilmektedir:

$$Gr = \frac{c\tau}{2 \sin \phi} \quad (2.2)$$

c = ışık hızı

τ = atım uzunluğu

ϕ = bakış açısı

Yapay açıklıklı radarda, bir nokta hedefi için optimal azimut veya gidiş yönünde yapılan alımlardaki çözünürlük denklemi A_s aşağıda olduğu gibi hesaplanmaktadır:

$$A_s = \frac{l}{2} \quad (2.3)$$

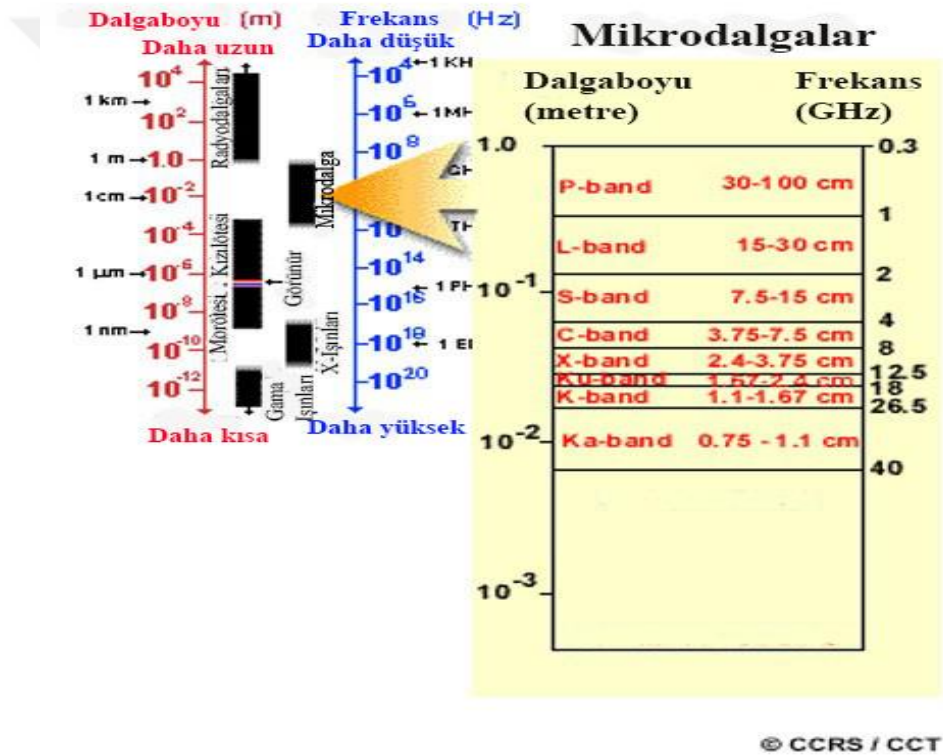
l = anten uzunluğu

İyi bir azimut çözünürlüğü elde etmenin sırrı, radar ışınımının her saçıcıda farklı Doppler kaymasıyla enerjiyi yansıttığını teşhis etmektir. Böylece, daha iyi bir çözünürlük elde etmek için anten kısaltılır. Bu, SAR'ın kendine has bir özelliğidir, burada normal anten veya lens prensiplerinin tersi geçerlidir. Bilindiği gibi normalde uzun anten veya daha geniş lens açıklığıyla çözünürlük iyileşir. Bununla birlikte, eğer bir radar anteni çok kısa yapılırsa veya menzil atımı çok uzun ayarlanırsa, görüntünün sinyal-gürültü oranı kabul edilebilir limitin altına düşebilir (Cumming ve Wong 2005).

Radar saçılımının fiziki; Bu bölümde elektromagnetik dalganın doğal çevre ile etkileşimine odaklanılmıştır. Görüntü temelinde biyofiziksel veya jeofiziksel parametrelerin tahmin edilmesinin yanı sıra herhangi bir radar görüntüsünün yorumlanması, etkileşimlerin ayrıntılı olarak anlaşılmasını gerektirir. Anten tarafından alınan saçılma miktarı birçok etmene bağlıdır: sinyalin dalga boyu (frekansı), polarizasyonu, geliş açısı, yeryüzünde algılanan yerin nem içeriği (dielektrik katsayısı) ve yüzey pürüzlülüğü. Geri saçılmayı etkileyen bu etmenlerin her biri ileriki paragraflarda detaylı olarak açıklanacaktır.

Dalgaboyu/Frekans; Radar uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılan birçok dalgaboyu aralığı ve frekans bandları vardır (Henderson ve Lewis 1998), (Şekil 2.2):

- Ka (0.75 - 1.18 cm), K (1.18 - 1.67 cm), Ku (1.67 - 2.40 cm) bandları
- X-band (2.40 - 3.75 cm) (TerraSAR-X and COSMO-SkyMed)
- C-band (3.75 - 7.5 cm): birçok uydu sisteminde kullanılır (Sentinel 1, ERS-1 and 2, ASAR ENVISAT ve RADARSAT)
- S-band (7.5 - 15 cm) (Huanjing-1C)
- L-band (15 - 30 cm): Japon JERS-1, ALOS (PALSAR) uyduları
- P-band (77 - 136 cm) (şu anda çoğunlukla uçak üzerinde taşınan algılayıcılarda)



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesi (Wang 2013)

Gelen ışınımın frekansı başlıca saçılma mekanizmasını tanımlar. Bunun geçirim derinliğine etkisi vardır ve yüzey pürüzlülüğünün görüntülenmesinin dereceleri bununla değişir. Geçirim derinliği uzun dalgaboylarında daha yüksektir, bu ayrıca hedefin nem içeriğiyle bağlantılıdır.

Polarizasyon; Mikrodalga polarizasyonu, elektrik alanın yayılım yönüne dik düzlemdeki oryantasyonunu belirtir. Çoğu radar mikrodalga ışınımını yatay polarize (H) veya dikey polarize (V) iletmek için tasarlanmıştır. Benzer şekilde anten, geri saçılan enerjiyi yatay ya da dikey olarak polarize edilmiş olarak alır.

Böylece, aşağıda gösterildiği gibi, iletilen ve alınan polarizasyonların dört kombinasyonu olabilir.

- HH – Yatay iletim ve yatay alım
- VV – Düşey iletim ve düşey alım
- HV – Yatay iletim ve düşey alım
- VH – Düşey iletim ve yatay alım

İlk iki polarizasyon kombinasyonuna “benzer polarize” denir, çünkü iletilen ve alınan polarizasyonlar aynıdır. Son iki kombinasyon “çapraz polarize” olarak adlandırılır çünkü iletilen ve alınan polarizasyonlar birbirine diktir.

Geliş Açısı; Geliş açısı, gelen ışının yönü ile görüntülen yüzeye dik olan doğrultu arasındaki açıdır. Bu, yakın mesafeden uzak mesafeye tarama şeridi boyunca artar. Birçok doğal hedef için, geri saçılma katsayısı, geliş açısına göre değişir (Dallemand vd. 1993).

Yüzey geometrisi ile bunun hedef etkileşimi ve görüntünün ortaya çıkması ile ilişkili olarak yerel geliş açısı daha uygun bir kavramdır. Yerel geliş açısı, radar ışınımı ile görüntülen yüzeyin eğimine dik olan bir doğru arasında, geliş noktasındaki açıdır (Şekil 2.1) Bu nedenle yerel geliş açısı, arazinin yerel eğimi ile bağlantılıdır.

Yüzey pürüzlülüğünün özellikleri; Radar geri saçılmasında yüzey pürüzlülüğünün etkisi dalgaboyuna olduğu gibi görüş açısına da bağlıdır. Rayleigh kriterine göre bir yüzey (Henderson ve Lewis 1998):

- Pürüzlüdür eğer:

$$h_{rms} > \frac{\lambda}{8 \cos \phi} \text{ ise} \quad (2.4)$$

Burada:

h_{rms} : Ortalama yükseklik değişimleri

λ : Radar dalga boyu

ϕ : Görüş (look) açısı (antenin yere göre düşeyi ile geliş noktasında iletilen ışınım arasındaki açı olarak tanımlanır)

Daha kısa dalgaboyu (X ve C bandı) daha büyük geliş açısında kullanıldığında, yüzey pürüzlü olarak kabul edilir. Oysa dik geliş açılarında, daha uzun dalgaboylarında (Örneğin L bandı) pürüzsüz olma eğilimindedir. Denklem 1.4’e göre, geliş açısı 45° olduğunda, L($\lambda = 23.62$ cm), C ($\lambda = 5.6$ cm) ve X ($\lambda = 3$ cm) bandlarında altimetrik

değişimler sırasıyla 4.2 cm, 1 cm ve 0.5 cm olmak üzere maksimuma çıkar. Sonuç olarak, neredeyse tüm doğal yüzeyler X ve C bandlarında pürüzlü olarak görünür.

Toprağın nem içeriği; Dielektrik sabiti yüzey cisimlerinin elektriksel özelliklerinin bir ölçümüdür. İki kısımdan oluşur (geçirgenlik ve iletkenlik) ve bunların her ikisi de cismin nem içeriği ile yakından ilgilidir (Dallemand vd. 1993). Suyun çok yüksek geçirgenliği vardır ve sonuç olarak toprak ve otlardaki nem içeriği doğal cisimlerin elektriksel özelliklerinde önemli bir değişiklik yaratır. Elektriksel özelliklerin değişimleri, mikrodalga enerjisinin yayınlanmasını, iletimini ve yansımalarını etkiler. Bu nedenle nem içeriği, bitkilerin ve toprağın radardan nasıl enerji yansıttığını ve görüntüde nasıl görüldüğünü etkiler (Schmullius ve Furrer 1992; Major vd. 1994; Dubois vd. 1995; Moreau ve Le Toan, 2003).

Nemli topraklar kuru topraklara göre daha yüksek dielektrik katsayısına sahip olmalarından dolayı daha fazla radar enerjisi yansıtırlar. Meralar için ıslak toprak ve suya doymuş toprak daha fazla radar enerjisi yansıtır ayrıca bitki örtüsü-toprak etkileşimi baskın saçılma mekanizmaları olma eğilimindedir ve daha güçlü ve parlak dönüşümü olur. Örneğin, ERS VV geri yansıması, sulak alanlardaki Totora sazlarının ve Befodal otlaklarının biyokütlesine duyarlıdır ve bu duyarlılık yüksek oranda altında bulunan su yüzeyi veya suya doymuş toprakla ilişkilidir (Moreau ve Le Toan 2003).

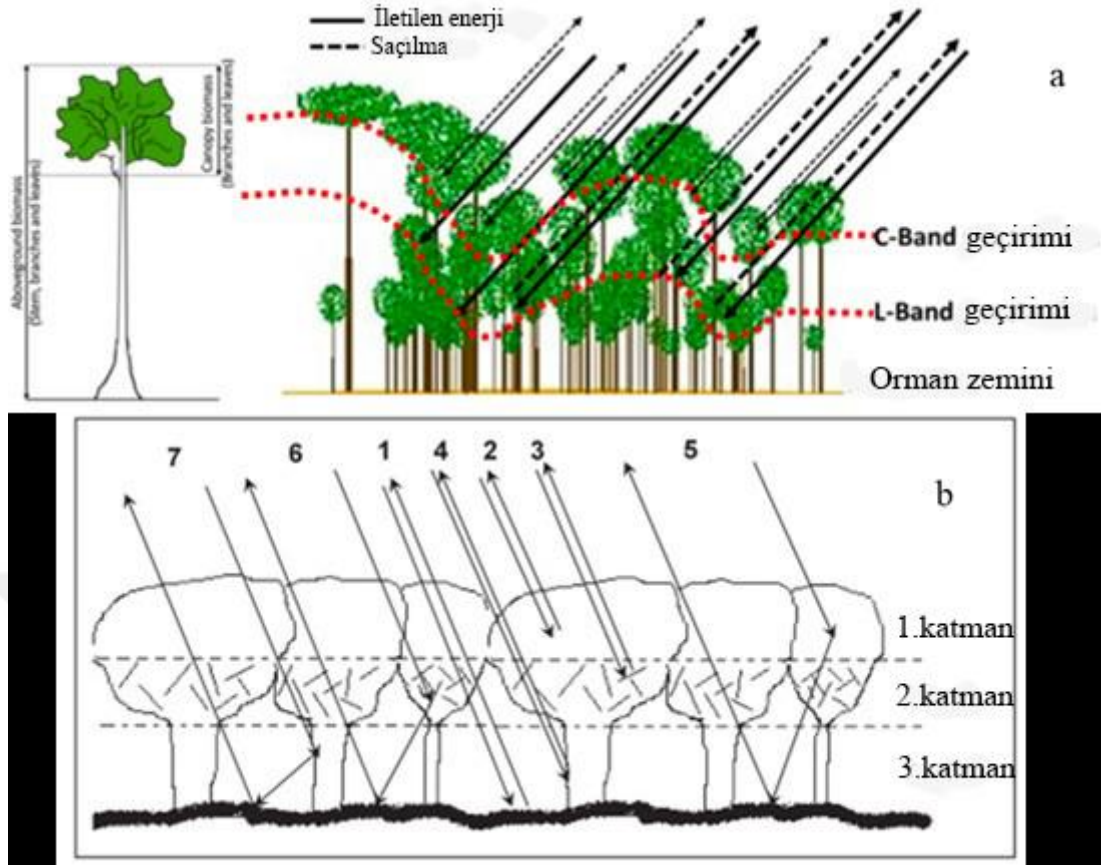
Uçak üstünde taşınan algılayıcı kullanılarak elde edilen SAR verisi ile yapılan bir çalışmada, mera örtüsünün çeşitlerinin ayırdedilmesinde nem içeriğinin en önemli değişken olduğu bulunmuştur (Hill vd. 1999).

Özet olarak SAR bulut örtüsünden içeriye geçirir ve uyduya geri yansıyan enerjinin doğası; dalgaboyu, polarizasyon ve geliş açısı gibi parametreler ile hedefin dielektrik katsayısı ile yüzey özelliklerine bağlıdır. Cismin ve algılayıcının tüm bu parametreleri, radar yansımasının yorumlanması için göz önüne alınmalıdır (Wang 2013).

2.2.2. Yapay açıklıklı radarın bitki ile etkileşimleri

Mikrodalga ışınımının bitki örtüsü ile etkileşimi büyük oranda yayınlanan dalgaboyu ile ilişkilidir. Ayrıca toprak neminin yanı sıra, geri dönen sinyal bitki örtüsünün nemine, yoğunluğuna ve geometrik yapısına da bağlıdır (Kaasalainen vd. 2015).

Dalgaboyu, sistemin işleyiş frekansı ile ters orantılıdır. Daha önce ayrıntılı olarak bahsedildiği gibi, radar verilerinin dalgaboyu temel olarak X banttan (~ 3 cm), C (~ 6 cm), S (~ 15 cm), L (~ 24 cm), P bandına (~ 69 cm) kadar çeşitlilik gösterir ve dalgaboyu ne kadar büyürse bitki örtüsünden o kadar fazla içeriye geçirir (Şekil 2.3) (Kaasalainen vd. 2015).



Şekil 2.3. a) C ve L bandlarına ait dalgaboyunun ağaç örtüsüne geçirimi; **b)** Ağaç örtü geometrisi ve saçılma bileşenleri: 1, toprak yüzeyinden saçılma; 2, yaprak hacim saçılması; 3, dal hacim saçılması (branch volume scattering); 4, gövde hacim saçılması; 5, yaprak-toprak etkileşimi; 6, dal-toprak etkileşimi; 7, gövde-toprak etkileşimi (Wang ve Qi 2008)

SAR sistem parametreleri ve objelerin özellikleri geri saçılma mekanizmalarını etkiler, bunlar: tek sıçrama (tam yansıma), çift sıçrama (bitişik düz yüzeyler) veya hacimsel (homojen olmayan ağaç örtüsü ve gövdeler) olarak gerçekleşir (Joshi vd. 2015). Böylece geri saçılan sinyal, bitki örtüsünün her kısmına ve toprağa rastladığında farklı yapıda kaydedilir (Şekil 2.3.b). Bu da ağaç yapısı ile ilgili çalışmalar için belirleyicidir.

Her çeşit bitkinin, SAR mikrodalgalarıyla farklı etkileşimde bulunduğu özel bir yapısı vardır. Bunu göz önünde bulundurmak, ağaç yapısının büyüme aşamalarını tesbit ederken gereklidir. Polarizasyonun bitkiden geri saçılan sinyal üzerinde çok büyük etkisi vardır (Souza vd. 2019). Geri saçılma fazıyla ilgili ek bir bilgi mevcutsa, polarimetrik geri alımın büyüklüğü, objelerin saçılma mekanizmalarının özelliği hakkında da bilgi verecektir (Garcia vd. 2012).

2.2.3. Yapay açıklıklı radar verileri ile ürün izleme çalışmaları

Tarımsal izleme için uygun algılayıcı parametrelerinin seçimi çok önemlidir. Örneğin SAR sistemlerinde, bitki örtüsündeki morfolojik değişikliklerin etkilerini tanımlamak için bitkilerin yapısal bölümlerinin büyüklüğü, sistemin mevcut

dalgaboyuyla (frekansıyla) eşleşmelidir. Ayrıca kanopinin içinde farklı frekansların ve geliş açılarının kullanımı, saçılma davranışını ve dalgaların sönümlenme durumunu değiştirir. Bu nedenle ürün izlemede, yüksek frekanslı sistemlerin ($f > 5$ GHz) düşük frekanslı sistemlere göre bitkideki morfolojik değişimlere daha hassas olması beklenmektedir (Yüzügüllü 2017).

Çok yıllık tarımsal ürünlerin aksine tek yıllık ürünlerde, özellikle pirinç bitkisinde, mevsimsel dinamiklerin izlenmesi literatürde sık rastlanmaktadır.

Campos-Teberner vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada pirinç yetiştirilen en önemli bölgeler, Sentinel 1-A zaman serisi görüntüleriyle tanımlanmış ve Sentinel-2 verileriyle elde edilen çok zamanlı LAI (Yaprak alan indeksi) kestirimleriyle birlikte değerlendirilmiştir. Pirinç bitkisi, operasyonel (işlevsel) bir kural tabanlı algoritma ile saptanmış, LAI kestirimleri; PROSAIL modeli ile elde edilen çıktıların, Gauss işlem regresyonu işlemine tabi tutulması sonucunda elde edilmiştir.

Literatürde bahsedilen çalışmanın doğruluğu (Campos-Teberner vd. 2017), üç ülkede (İtalya, İspanya ve Yunanistan) koordine edilen arazi ekipleriyle, yer gerçekleri alınarak LAI ölçümleri ile araştırılmıştır. Sonuçlar, kestirimlerle yer ölçümleri arasında yüksek korelasyon olduğunu göstermiştir. Sentinel-2A kestirimleri, Landsat-8 ile 3 ortak bölgede yapılan kestirimlerle yüksek mekânsal tutarlılık göstermiştir. Mevsimsel olarak güncellenen ürün maskesinin kullanılabilme olasılığını Sentinel 1A verileri ile Sentinel-2A ve Landsat – 7/8 LAI zaman serilerinin zamansal tutarlılığı ve uygulanabilirliği kanıtlanmıştır. Yüksek mekânsal-zamansal dekametrik çok algılayıcı LAI zaman serilerinin işlevsel olarak türetilmesinin ürün izleme için kullanışlı olduğu ortaya konmuştur (Campos-Teberner M vd. 2017).

Polarimetrik Yapay Açıklıklı Radar tekniği, başta ürün yönetimi olmak üzere tarımsal faaliyetlere çeşitli fırsatlar ve mevcut bazı sorunlara çözüm getirmiştir. Literatürde rastlanan diğer bir çalışmanın amacı, çok zamanlı SAR verisinden elde edilen 10 parametrenin ürün boyu ve ürün örtüsüne hassasiyetini araştırmaktır. Çalışma için Nasirzadehdizaji vd. (2019) tarafından kullanılan ürünler mısır, ayçiçeği ve buğdaydır. Korelasyon katsayısı değerleri, mısırın erken büyüme aşamasında yüksek korelasyon göstermiştir. Elde edilen katsayı tanımlamaları VV+VH ve VV polarizasyonlarını içeren SAR parametreleri ile mısır boyları arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Ürün örtüsü korelasyonunun VV polarizasyonda ileri büyüme aşamalarında zayıfladığı tesbit edilmiştir. Buğday değişkenlerinde ise SAR parametrelerinin hassasiyetinin mısıra göre daha erken aşamada belirgin olduğu saptanmıştır. Buğday boyu ile en yüksek korelasyonu sağlayan Alfa dekompozisyon parametresi olmuştur. Ayçiçeğinin boyu SAR parametrelerinin çoğuyla önemsiz bir korelasyon göstermiştir, yalnız VH polarizasyonu az miktarda hassasiyet göstermiştir. Ayçiçeğinin ürün örtüsü göreceli olarak VV polarizasyonda daha yüksek korelasyona sahipken, ileri büyüme aşamalarında önemli bir korelasyon tesbit edilememiştir (Nasirzadehdizaji vd. 2019).

SAR, ürün izleme çalışması uygulamaları, rekolte tahmini ve su kullanımı verimliliği için de oldukça önemlidir. Sentinel-1'in SAR'ı benzer veya çapraz polarizasyonlu geri yansıma sağlayarak, mikrodalga indislerinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Literatürde rastlanan bu çalışmada (Vreugdenhil vd. 2018), Sentinel 1'in VV ve VH yansıması ve bunların oranları VH/VV ile çapraz oran (CR) ürün durumunu

izlemek için kullanılmıştır. Bitki Su İçeriği (VWC), biyokütle, Yaprak Alan İndeksi (LAI) ve bitki boyu kolza, mısır ve tahıllar için yer gerçeği verileriyle belirlenmiştir. Saçılmanın hassasiyeti ve mikrodalga indisleri ile bitki dinamiğini belirlemek için doğrusal ve üstel modeller ve makine öğrenmesi yöntemleri, Sentinel-1 verisi ve yer gerçekleri verileri ile birlikte değerlendirilmiştir. Çapraz Oran bir üstel model ile kullanılarak, mısır ve tahıllar için Bitki Su İçeriği'ndeki değişkenliğin sırasıyla %87 ve %63 olduğu saptanmıştır. Kolza için iki ayrı büyüme sezonunda bitki yapısında oluşan büyük farktan dolayı bitki su içeriği belirleme katsayısı (R^2) daha düşük ($R^2 = 0.34$) bulunmuştur. Rastgele Orman analizinde kullanılan saçılma, mikrodalga indisleri ve toprak nemliliği, CR'nin VWC'yi tahmin etmek için en önemli değişken olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, kantitatif analize bağlı olarak Bitki Su İçeriği ve bitki fenolojisini izleme çalışmaları için mikrodalga indislerinin geniş potansiyeli olduğunu göstermektedir (Vreugdenhil vd. 2018).

Bir tarım bitkisindeki fenolojik değişikliklerle ilgili saçılma davranışı LAI ve biyokütle gibi büyüme göstergelerine duyarlıdır (Wiseman vd. 2014; Steele-Dunne vd. 2017). Biyofiziksel parametre kestiriminin mahsul durumunun izlenmesi için çok önemli olmasından dolayı SAR gözlemleriyle elde edilen biyofiziksel parametrelerin kullanımı araştırılmalıdır. (Caicedo vd. 2014). Alternatif olarak bazı çalışmalarda, saçılma yoğunluğunun elde edilmesi için (Örneğin, HH/VV, VH/VV, HV/HH) polarizasyonların kombine edilmesi ile başarı sağlanmıştır. Bu şekilde, bitkinin fenolojik çevrimi süresince saçılma davranışındaki değişimleri izleme potansiyeli sağlanmaktadır. Bu kapsamda, Kim ve van Zyl (2009) tarafından radar bitki indisi (RVI) önerilmiştir. Bitki örtüsünün rastgele yönlendirilmiş dipollerinin bir koleksiyonu olarak modellenmesi ile formüle edilmiştir. Bunu izleyen çalışmalarda, ürün büyümesi izleme ve biyofiziksel parametre tahmini için RVI kullanılmıştır (Kim vd. 2012; Kim vd. 2014; Huang vd. 2016), daha sonra RVI farklı modellerle geliştirilmiştir (Ratha 2019).

2.3. Görüntü fizyonu tekniği ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile arazi örtüsü/arazi kullanımının tesbiti çalışmaları

2.3.1. Görüntü füzyonu tekniği

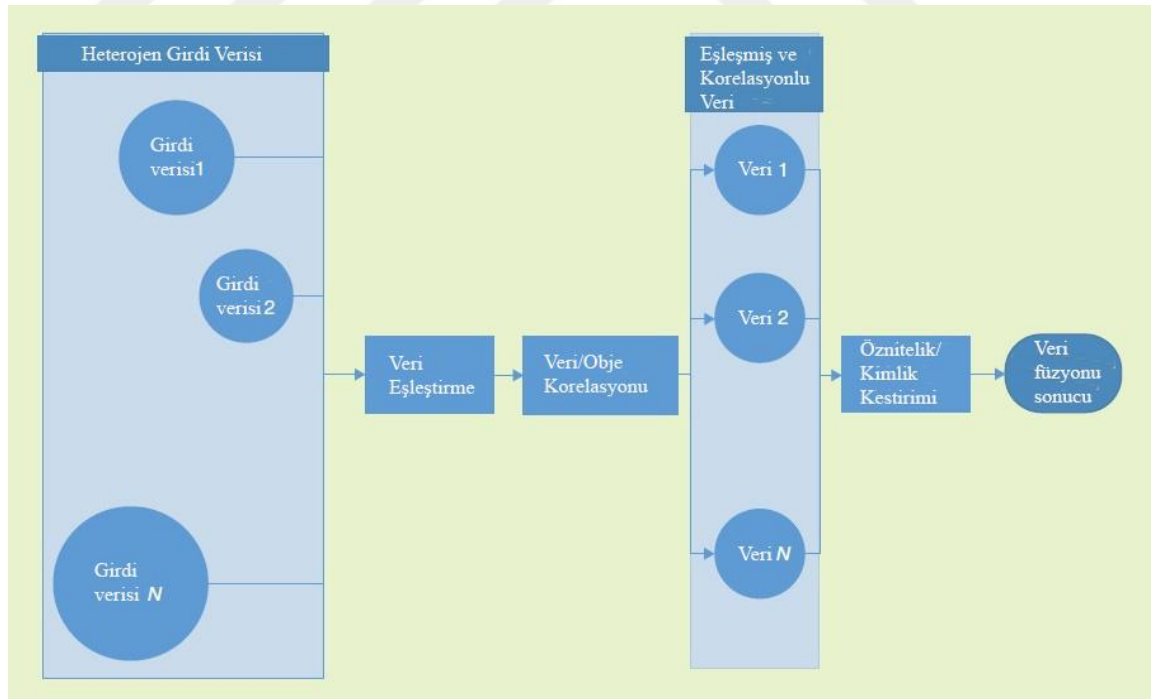
Uzaktan algılamada veri füzyonunun tanımı hakkında en kapsamlı araştırma (Wald 1999) tarafından yapılmıştır. Ayrıca, konuyu önceki birçok tanımdan daha iyi ifade ettiği kendi tanımını da oluşturmuştur: “Veri füzyonu, farklı kaynaklardan gelen verilerin birliğini oluşturan araçlar yardımıyla usule uygun olarak oluşturulan yapıdır. Bilginin daha yüksek kalitede elde edilmesini amaçlar; daha iyi kalitenin gerçek tanımı her uygulama için farklıdır.” Bu tanım, kapsayıcı, geniş bir çerçevede ele alındığında kesinlikle çok iyi olsa da Wald'dan önceki ve sonraki çalışmalarda birçok tanım yayınlanmıştır ve bunlar da kendi içlerinde doğrudur (Schmitt vd. 2016).

İşlevsel olan dünya gözlem uyduları aracılığı ile çok algılayıcı, çok zamanlı, çok çözünürlüklü ve çok frekanslı görüntü verilerinin elde edilebilirliği ile dijital görüntü verilerinin füzyonu uzaktan algılama görüntülerinin değerlendirilmesinde değerli bir araç haline gelmiştir. Dijital görüntü füzyonu nispeten yeni bir araştırma konusu olmakla birlikte uzaktan algılamada hızlı gelişen bir alandır (Pohl ve Van Genderen 1998).

Görüntü füzyonunun amacı, her bir algılayıcıdan elde edilen tek bir veriden, farklı verilerin entegrasyonu ile daha fazla bilgi elde etmektir ($1+1=3$). Görüntü füzyonuna iyi bir örnek, görünür/kızılötesi bölgeye duyarlı (VIR) algılayıcılar ve SAR tarafından elde edilen verilerin birleştirilmesidir. VIR görüntülerinde bulunan bilgi, güneş ışığı ile aydınlanan hedefin çok spektrumlu yansıtıcılığına bağlıdır. SAR görüntü yoğunlukları aydınlatılan yüzey hedefinin karakteristiğine olduğu gibi sinyalin kendi özelliğine de bağlıdır. Bu birbirinden tamamen farklı verilerin füzyonu, gözlemlenen cisimlerin anlaşılmasına katkı sağlar. Görüntü füzyonunun incelenmesi gereken birçok yönü vardır. Bu işlem gerçekleştirilmeden önce kullanıcı tarafından bazı soruların cevaplandırılması gerekmektedir, bunlar (Pohl ve Genderen 1993):

- Kullanıcının amacı/uygulama konusu nedir?
- İhtiyacı karşılamak için en faydalı veri çeşidi hangisidir?
- Belli bir uygulama gerçekleştirmek amacıyla kullanılacak verilerin füzyonu için ‘en iyi’ teknik hangisidir?
- Gerekli ön-işleme adımları nelerdir?
- Hangi veri kombinasyonu en başarılıdır?

Veri füzyonu işleminin modellenmesi aşamasında, esas olarak obje düzeltme aşaması önemlidir ve şu işlemlerden meydana gelmektedir (Şekil 2.4): Veri hizalama, veri/obje korelasyonu, öznelik ve özellik kestirimi.



Şekil 2.4. Veri füzyonu modeli (Pohl ve Genderen 1993)

Bu dört aşama iki ana mekanizma içerisinde özetlenebilir. Veri hizalama ile veri/obje korelasyonu, uzaktan algılamada genellikle görüntü eşleştirme ve

coregistrasyonu (birlikte kaydedilmesi) olarak adlandırılır. Bunların amacı, ölçümlerin birbirine ve ilgili nesneye uygun bir şekilde bağlanmasını sağlamaktır. Diğer iki aşama, öznitelik ve özellik kestirimi, asıl füzyon adımı meydana getirmektedir. Bu da hizalanmış ve ilişkilendirilmiş görüntülerin birleşik kullanımını içermektedir.

Genel terminolojide veri eşleştirme adımı, ilgilenilen objeyi tanımlayan heterojen ölçümlerin ve gözlemlerin ortak bir sunumunu gerçekleştirmek için koordinat dönüşümü ve birim dengelemelerini kapsar. Esas olarak, veri/obje korelasyonu aşaması, ilgilenilen nesne hakkındaki birkaç çok algılayıcı ölçümü birbiriyle ilişkilendirmekle ilgilidir. Uzaktan algılamada bu iki adım, potansiyel olarak çok farklı radyometrik, geometrik ve diğer farklı özellikler gösteren farklı algılayıcı verileriyle mekânsal ve zamansal eşleştirmeyi amaçlar ve eğer gerekliyse daha sonra coregistrasyon ile işlem tamamlanır. Hizalama problemi çözüldükten ve her bir görüntü için mekânsal, zamansal ve/veya öznitelik ilişkileri oluşturulduktan sonra, tüm dönüştürülebilecek mevcut verilere bir referans sistemi tanımlanabilir. Bu dönüşüm genellikle fazladan yeniden örnekleme işlemi yapılmasını gerektirir, bu sadece mekânsal alan adı (domain) için değil, ayrıca zamansal alan için de gereklidir. Sonuç olarak, eşleştirme ve potansiyel coregistrasyonun amacı, hangi ölçümlerin aynı geomekansal nesneye ait olduğunu ve/veya farklı zamanda aynı noktada elde edildiğinin tanımlanmasıdır.

Örnek olarak yeryüzü gözlem verilerini, hem havadan, hem de uzaydan alınan görüntüler kapsar. Bunlar, optik kameralar, şerit tarayıcılar, SAR algılayıcıları, kızılötesi veya çok spektrumlu ya da hiperspektral görüntü sağlayabilen spektrometreler ile alınabilir. Buna ek olarak, atmosferik parametreler ile ilgili bilgi olabilir (ör. Ultraviolet light detection and ranging (LİDAR) ile alım) veya küresel konumlandırma sistemi (GPS) koordinatları, nokta bulutları veya önceden mevcut olan coğrafi bilgi sistemi (GIS) verisi olabilir. Mevcut metaverinin miktarı, mekânsal ve zamansal çözünürlük, ölçek ve ölçüm doğruluğu gibi öznitelikler, konu edilmeyen birçok görüntü arasındaki farklılıklar, nokta tabanlı ölçümler (örneğin GPS konumları), tüm bu veriler bilgi içeriği bakımından büyük çeşitlilik gösterir. Bu nedenle heterojen verilerin eşleştirilmesi ile birlikte kaydedilmesi uzaktan algılama veri füzyonunda temel bir zorluk oluşturur. Bu yönde bazı araştırmalar olduğu ve görüntü verisi için belli bir kayıt işlemi amaçlandığı halde, veri kaydı hala araştırmaya açık bir alandır çünkü büyük veri miktarlarına tam otomatize edilmiş işlemler yapılması ihtiyacı vardır, bu da homolog veri noktalarının öncelikle otomatik olarak eşleştirilmesini gerektirir. Tek algılayıcılı (Zitová ve Flusser 2003; Dawn 2010), görüntülerde olduğu gibi homojen algılayıcılı veri için bu oldukça basitken, farklı algılayıcılı (Fonseca ve Manjunath, 1996; Inglada ve Giros 2004; Keller ve Averbuch 2006; Kim vd. 2008; Suri ve Reinartz 2010; Wang vd. 2012) görüntüler için daha zorlayıcıdır ve hava fotoğrafları, uydu görüntüleri, kitle kaynaklı görüntüler (Wang vd. 2007; Vecchi ve Dell'Acqua 2014) veya nokta bulutu gibi çok farklı veriler için hala tartışılmamış yanları vardır (Mastin vd. 2009; Wang vd. 2017).

SAR görüntüleme algılayıcısı, hava koşullarından bağımsız olarak yeryüzü değişimi gözlemi için önemli bir avantaj sunar. Bununla birlikte, alınan SAR görüntüsü eksik bilgi sunar ve muğlak bir yorumlamaya yol açar. Literatürde rastalanan bir çalışmaya göre genellikle, özellik eksikliğini telafi etmek için, yüksek mekânsal çözünürlüklü pankromatik (P) görüntü, SAR görüntüsünün kalitesini arttırmak için tamamlayıcı bir veri olarak kullanılır. İçerik, P görüntüsünü SAR görüntüsüne dahil ederek özelliklerin (ayrıntıların) çıkarılmasına dayanır. Bu nedenle, incelenen bir

çalışmada P görüntüsünden özellikleri çıkarmak için 'a trous wavelet decomposition ('a trous dalgacık ayrışması, ATWD) kullanımına dayanan bir yaklaşım önerilmektedir. Deneyisel sonuçlar, SAR-P kompozit görüntüsü ile çizgi, köşe ve parsel sınırlarının daha iyi saptandığını ortaya çıkarmıştır (Chibani 2005).

Literatürde rastlanan başka bir çalışmaya göre arazi kullanımı bilgisi, ulusal ve küresel düzeylerde ekonomik, çevresel konularla ilgili politikaların oluşturulmasında en yararlı girdi unsurlarından biridir. Bu kapsamda, farklı spektral, zamansal ve mekânsal çözünürlüklü algılayıcılar bu durum göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Ayrıca, bazı uygulamalar için tek algılayıcı görüntüler, yeryüzünden bilgi toplamak için yeterli olmayabilir. Farklı mekânsal ve spektral çözünürlüklere sahip uydu görüntülerinin füzyonu, bilgilerin çıkarılmasında önemli bir rol oynar. Örnek teşkil edebilecek bu çalışmada, SAR verilerinin optik görüntülerle füzyonunun kalite değerlendirmesi araştırılmıştır. Farklı algılayıcılara ait iki farklı SAR verisi (RADARSAT-1 ve PALSAR) SPOT-2 verisiyle birleştirilmiştir. PALSAR ve RADARSAT-1 görüntüleri aynı çözünürlüğe ve polarizasyona sahip olsa da, görüntüler farklı frekanslarda alınmıştır (Sırasıyla L ve C bandda). Özellikle bu durumda çalışma frekansı, birleştirilmiş görüntülerden bilgi çıkarımı etkisini görmek açısından geçirim derinliği için anahtar faktördür. Bu uygulamada, birleştirilmiş görüntülerin spektral kalitesini korumak için çok algılayıcı görüntü füzyon tekniklerinin karşılaştırmalı bir çalışması yapılmıştır. Görüntü füzyonu için IHS (Yoğunluk-Ton-Doygunluk), HPF (Yüksek Geçiş Frekansı), iki boyutlu DWT (Ayrık Dalgacık Dönüşümü) ve PCA (Temel Bileşenler Analizi) teknikleri uygulanmıştır. İstatiksel analiz için birleştirilmiş görüntülere Korelasyon Katsayısı (CC), Varyans Farkı (DIV), Standart Sapma Farkı (SDD), Evrensel Görüntü Kalitesi İndisi (UIQI) yöntemleri uygulanmıştır. İstatiksel sonuçlar, HPF ve DWT füzyon tekniğinin hem Radarsat-SPOT hem de PALSAR-SPOT birleşmiş görüntüleri için benzer sonuç verdiğini göstermektedir. IHS ise en kötü sonucu vermiştir. Tarım alanları için PALSAR-SPOT füzyonu için HPF kullanımı en iyi spektral sonuçları vermiştir (Abdikan vd. 2008).

Optik veriler elektro-optik sensörler yardımıyla spektral yoğunluk açısından, hedeflerin yansıtıcı özellikleri hakkında çeşitli bilgi sağlarken, SAR algılayıcı verileri, polarizasyon durumu ile nesnelerin geometrik yapısı, yüzey pürüzlülüğü ve dielektrik özellikleri hakkında detaylı bilgiler içerir. SAR sistemleri her türlü hava koşulunda, aktif olarak, gece ve gündüz yüzeyin geometrik ve elektriksel özelliklerini yansıtan görüntüler sağlamaktadır. Optik uzaktan algılama verileri ise atmosferik koşullar hariç, genel olarak haritalama doğruluğunu arttırmaya yardımcıdır. Son on yılda, faz bilgisini muhafaza eden Polarimetrik SAR (PolSAR) sensörleri geliştirilmiştir. Farklı dalga boylarında elde edilen uydu görüntülerinin veri füzyonu yaklaşımıyla önemli bilgi çıkarımı sağladıkları çalışmalarla ortaya koyulmuştur. Optik ve SAR veri setlerinin entegrasyonuna dayalı olan veri füzyonu, farklı arazi yüzeyi özelliklerinin yorumlanması, geliştirilmesi ve analizi için verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Bahsedilen çalışmada Çanakkale ilini kapsayan Sentinel 1-A GRD mod VV+VH ikili PolSAR uydu görüntüleri ile Sentinel-A optik uydu görüntüleri ve buna bağlı Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) verileri kullanılarak çeşitli kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu kombinasyonlar için ayrı ayrı nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile arazi örtüsü sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Farklı dalga boylarında ve farklı bandlardaki uydu görüntülerinin entegrasyonu ile veri füzyon yaklaşımının arazi sınıflandırması doğruluğunu hangi boyutta etkilediği ortaya koyulmuştur. Çalışma sonucunda optik, PolSAR ve NDVI veri füzyonunun

sınıflandırmada genel doğruluk %87,9 ve kappa değeri 0,84 olarak elde edilmiştir. Sadece optik görüntü sınıflandırılması ile de %86,1 sınıflandırma doğruluğu sağlanmış ve kappa değeri 0.80 olarak hesaplanmıştır (Açıksarı vd. 2018).

2.3.2. Nesne tabanlı sınıflandırma

Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi, optik ve radar füzyon verilerinin arazi kullanımı/örtüsü sınıflandırması için uygun bir yöntemdir.

Nesne tabanlı görüntü analizinin spektral, geometri, doku ve NDVI (Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi) gibi diğer türevler de dahil olmak üzere tüm görüntü bilgisinden yararlanma gücü, yüksek hassasiyetle özellik çıkarımı için piksel tabanlı yöntemle göre avantaj sağlar.

Nesne tabanlı sınıflandırıcıda kural tabanlı yöntemin kullanılması, arazi örtü tiplerinin tanımlanması ve çıkarılması için gereken etkiyi artırır çünkü kullanılan görüntülerde nesnelerin hem spektral hem de geometrik özellikleri göz önüne alınır. Piksel tabanlı sınıflandırmada ise sınıflara özellik atanırken sadece spektral özellik dikkate alınır (Kim vd. 2011; Myint vd. 2011).

Bununla birlikte radar görüntülerinin optik görüntülerle füzyonu, sadece optik algılayıcıların kullanılmasına göre her zaman daha iyi doğruluk vereceği anlamına gelmez.

Segmentasyon; (Gamanya ve De Dapper 2007)'in çalışmasında SAR ve Sentinel-1 uydusu görüntü füzyonundan sonra nesne tabanlı sınıflandırmalarda ilk ve en önemli adımlardan biri olan segmentasyon bölütleme işlemi, veri kombinasyonlarından anlamlı görüntü nesneleri oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon parametrelerinin seçimi, gerçek arazi objesine uygun nesne boyutunun belirlenmesi açısından büyük öneme sahiptir. Segmentasyon kalitesinin analizi yüksek doğruluklu sınıflandırma için ön koşuldur. (Kim vd. 2009; Marpu vd. 2010). Segmentasyonda seçilen parametreler sonuç doğruluk üzerinde etkili olduğundan çalışılan bölge ile uyumlu parametrelerin ve değerlerinin belirlenmesi önemlidir (Drăguț vd. 2010). Ölçek, şekil ve kompaktlık indeksi gibi segmentasyon parametreleri bu aşamada belirlenmiştir. Segmentasyonda ölçek parametresi nesne boyutunu belirleyen en önemli parametredir (Kim vd. 2011; Myint vd. 2011).

Yine aynı çalışmada eCognition yazılımında her katman için oluşturulan segmentler üzerinden sınıf hiyerarşisine göre alınan örneklerle dayanan en yakın komşuluk (nearest neighbour) sınıflandırma algoritması ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem temelinde kontrollü sınıflandırma algoritmasına benzemektedir; piksel tabanlı sınıflandırmada alınan örnekleme alanları gibi, nesne tabanlı sınıflandırmada da her sınıf için örnek segmentler seçilmiştir. Sınıflandırmada birim olarak pikseller yerine segmentlerin kullanılması en yakın komşuluk algoritmasında işlemlerin daha hızlı biçimde ilerlemesini sağlamaktadır (Jensen 2005). Bu işlem, nesne tabanlı yöntemde daha hızlı ve daha doğru bir şekilde yapılmaktadır. Böylece her sınıf için seçilen örneklerin ortalama değerleri kullanılarak eCognition yazılımı en yakın komşuluk yöntemiyle tüm görüntü üzerinde ortak özelliklere sahip segmentleri bularak sınıflandırma işlemi

tamamlanmıştır. Her kombinasyon yığın görüntüsü için yapı, su, yeşil alan, çıplak toprak ve yol şeklinde beş farklı arazi örtüsü sınıfı belirlenmiştir (Açıksarı vd. 2018).

Bir diğer örnek çalışma, Karnataka eyaleti, Bijapur Bölgesi'ne bağlı Indi hobli'de bulunan narenciye bahçelerinin haritalanması için nesne tabanlı sınıflandırma tekniklerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma için iki farklı tarihli LISS-IV ile tek tarihli Cartosat-1 verileri kullanılmıştır. 5 yaşından küçük bahçeler ve iyi bakılmamış bahçeler nar, üzüm ve şeker kamışı bahçeleriyle karışmıştır. Eşik-Yığın ve Lambda program olmak üzere iki farklı segmentasyon tekniği yaklaşımı test edilmiştir. Sonuçlar, tek tarih uydu verilerinin hem eşik-yığın hem de lambda program segmentasyon yaklaşımını kullanarak sınıflandırma doğruluğunun yaklaşık %75 olduğunu ortaya koymuştur. Başka tarihli bir görüntünün bitki indisleri ile birlikte sınıflandırmaya dahil edilmesi, yaprak dökmeyen narenciye bahçelerini tek yıllık ürünlerden ayırarak haritalama doğruluğunu % 85'e çıkarmıştır. Çalışmada narenciye bahçelerinin envanterinin oluşturulması için yüksek çözünürlüklü verilerin potansiyel kullanımı araştırılmıştır ve metodoloji, dokusal ve kavramsal bilgiler kullanılarak işlevsel uygulamalar için geliştirilebilir (Reddy 2016).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma alanı

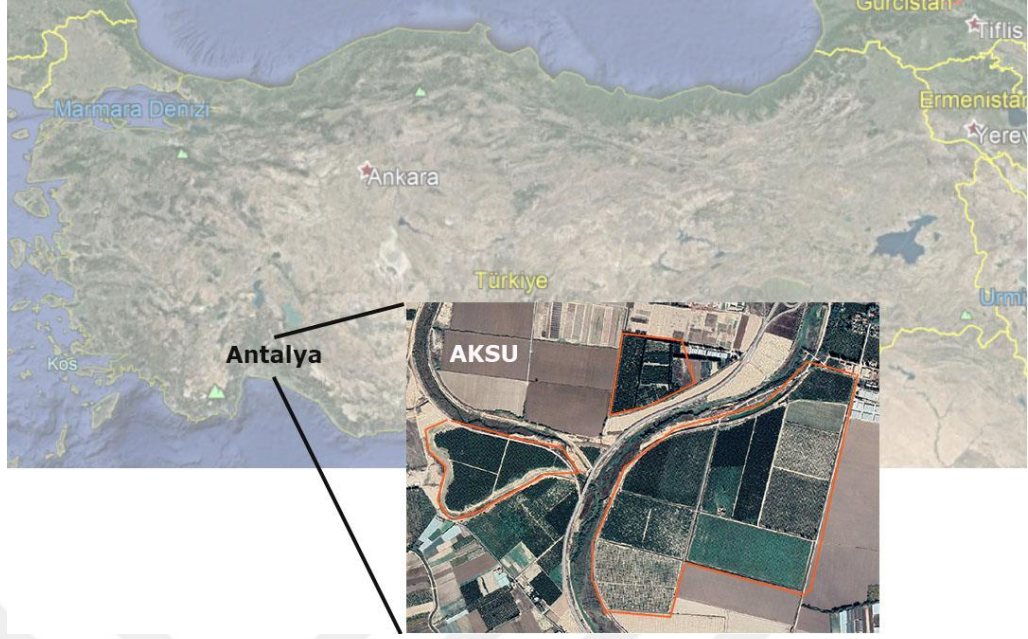
Çalışma alanı, yörede halen aktif durumda bulunan başta Aksu ırmağı olmak üzere diğer birkaç küçük akarsuyun binlerce yıl önceki taşkınları sonucunda kuzeydeki Toros dağlarından taşıyarak getirdiği ve çoğunluğu kireçce zengin jeolojik materyallerin fluviyal proseslerin etkisi altında depolanması sonucunda oluşmuştur. Söz konusu jeolojik oluşum şekli, bu yörede o devirlerde aktif olan jeomorfolojik güçler tarafından yönlendirilmiş ve bu günün birbirinden anlamlı farklılıkları bulunan aluviyal topraklarının oluşumuna zemin hazırlamışlardır. Alanda etkili olan jeomorfolojik olaylardan özellikle fluviyal oluşumun prensipleri dahilinde, nehir sırtları ve taşkın düzlükleri fizyografik üniteleri oluşmuş ve söz konusu bu fizyografik üniteler üzerinde de farklı topraklar gelişmiştir.

Aluviyal toprakların üretkenliklerinin yüksek olması, içerdikleri elverişli fiziksel, kimyasal ve mineralojik karakteristiklerden ileri gelmektedir. Bir başka deyişle genellikle düz ve düze yakın topografyalarda yer alan aluviyal topraklar, bitkilere yeteri kadar kök derinliği sağladıkları gibi kolay ayrışabilen pek çoğu bitki besin elementi olan mineralleri de ortamda bulundurlar. Diğer taraftan aluviyal topraklar, bulundukları jeomorfolojik pozisyonlarına bağlı olarak başta taşkın alma ve su göllenmeleri olmak üzere toprak tekstürü, tuzluluk, alkalilik ve drenaj gibi tarımsal üretimde ciddi sıkıntılar oluşturabilecek çeşitli sorunlara da sahiptirler (Sarı vd. 2003).

Çalışma alanı, Antalya havzasının sahil kesiminde hakim olan tipik Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. Bu kuşakta yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Alanda ortalama yıllık yağış miktarı 1064 mm olup yağışlar yağmur şeklinde ve çoğunlukla ilkbahar ve kış mevsimlerinde düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 18.6°C olan alanda, uzun yılların ortalamalarına göre en yüksek sıcaklık 28.7°C ile Temmuz ve en düşük sıcaklık ise 9.9°C ile Ocak ayındadır (Sarı vd. 2009).

Yukarıda bahsedilen iklim ve toprak özellikleri nedeniyle Akdeniz kıyıları ve narenciye yetiştirmek için uygun sıcaklık ve bağıl nem seviyelerine sahiptir. Türkiye'deki narenciye ağaçlarının çoğu, %84,36'lık bir oran ile Akdeniz kıyı şeridinde yetiştirilmektedir (Aybak ve Kaygısız 2005).

Bu tez çalışmasında, ürün izleme amaçlı olarak bölge, Antalya'nın Aksu ilçesi sınırları içerisinde yer almakta olup, farklı yaşlardaki narenciye bahçelerini içermekte ve 36.94⁰-36.92⁰ K enlemleri ile 30.87⁰-30.89⁰ D boylamları arasında kalan Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü ve Boztepe Tarım İşletmesi'ne ait parsellerde dağılım göstermektedir (Şekil 3.1).



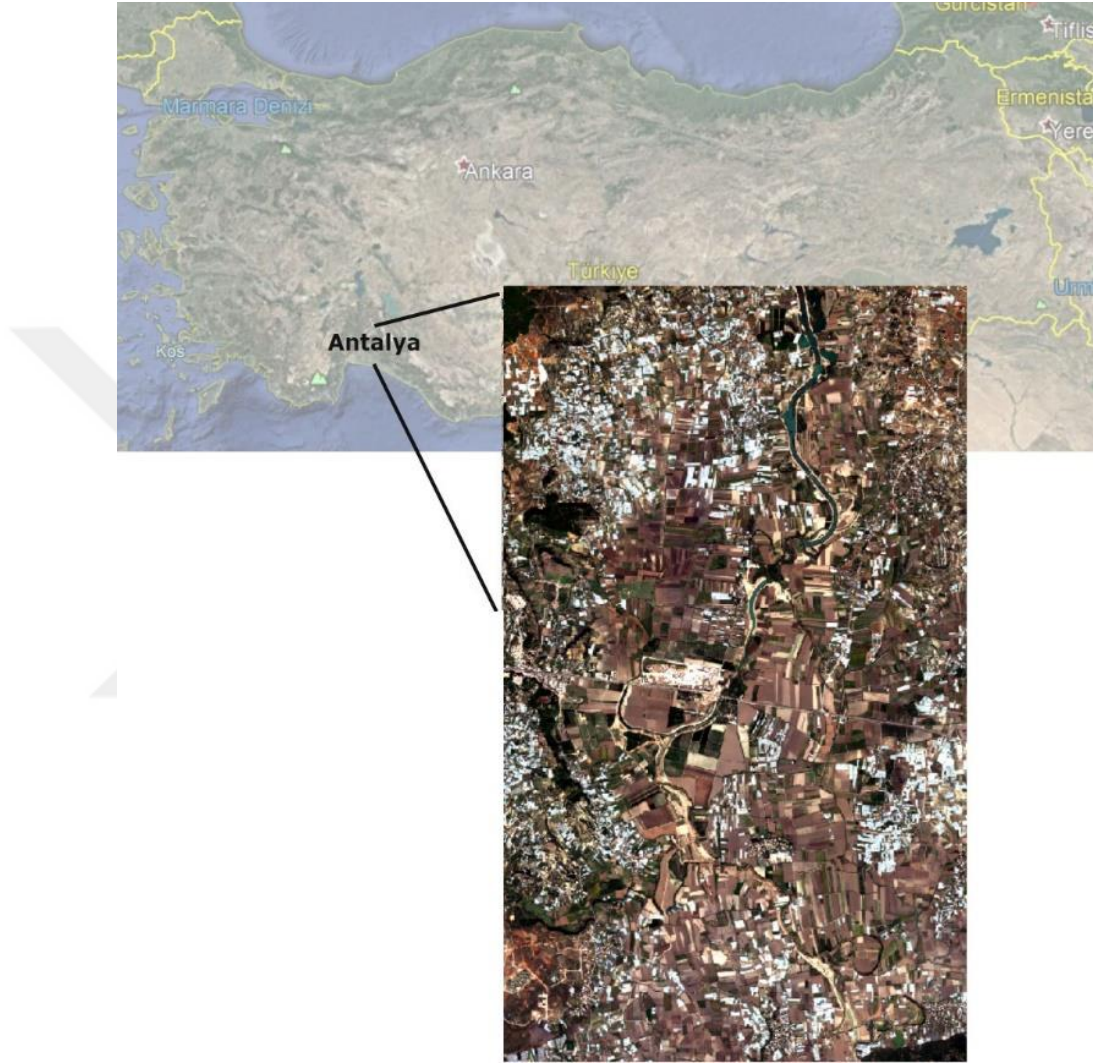
Şekil 3.1. Ürün izleme amaçlı çalışma alanı

Ürün izleme amaçlı olan Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü ve Boztepe Tarım İşletmesi'ne ait parsellerde 2 yaşından 50 yaşına kadar farklı yaşlarda ağaçlar bulunmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Çalışma alanına ait farklı yaşlardaki narenciye bahçeleri

Çalışmanın ikinci bölümünü oluşturan Arazi örtüsü ve kullanımını izleme amaçlı analiz edilen bölge ise ürün izleme amaçlı kullanılan kısmı da kapsamakta olan daha geniş bir alan olup 37.04^0 - 36.87^0 K enlemleri ve 30.84^0 - 30.96^0 D boylamları arasında, yine Aksu İlçe sınırları içerisinde kalmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Arazi kullanımı izleme amaçlı çalışma alanı

Aksu ovası, birçok sebze ve meyve çeşidinin üretildiği ve endüstri bitkilerinin yetiştirildiği önemli bir merkezdir. Seracılığın da gelişmiş olduğu Aksu'da modern tarım uygulamaları yaygındır. İlçe nüfusunun büyük bir kısmı tarım ile uğraşır, yaklaşık 35 bin dönüm sera, 32 bin dönüm meyve bahçesi bulunmaktadır, yaklaşık 100 bin dönümlük alanda da açık tarla sebzeciliği yapılmaktadır. Bu özellikleriyle ilçe dört mevsim meyve sebze tedarikçisi durumundadır. Önemli bir fide üretim merkezi olan ilçede ayrıca 700 dönümlük alanda süs bitkileri yetiştirilmektedir.

Akdeniz'e kıyısı olan Aksu'da turizm gelişmiştir. İlçe ve ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlayan turizm yatırımları önemli bir yer tutmaktadır. Her yıl milyonlarca turisti

ağırlayan dünyaca ünlü oteller, binlerce kişiye de istihdam sağlamaktadır. Turistik tesislerin çevresinde yapılaşma ve ticaret günden güne artmakta ve gelişmektedir ((https://www.aksu.bel.tr/Aksu-Ilcesinde-Ekonomi_page_20)).

Çalışma Alanı'na genellikle Akdeniz iklimi egemendir. Yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlıdır ve bölgede nem oranı yaz-kış yüksektir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Aksu/Boztepe Tigem istasyonu için iklim verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)

Yıl	Aylar	Maks. Sıc. (°C)	Min. Sıc. (°C)	Ort. Sıc. (°C)	Ort. Nispi Nem (%)	Bulut Kpl. (8 Oкта)	Toplam Yağış (mm)
2015	1	19,6	-0,6	9,6	76,2	3,9	173,8
	2	20,3	0,7	10,9	68,9	4,3	90,0
	3	25,1	5,3	13,2	71,0	3,5	66,6
	4	28,9	4,4	15,4	62,1	2,6	5,4
	5	34,5	11	21,0	68,0	2,7	51,3
	6	38,2	14,8	23,8	68,7	1,9	5,2
	7	39,6	16,4	27,8	66,5	0,9	0,4
	8	38,5	16,8	28,6	68,0	0,9	1,0
	9	40,9	16	25,4	77,5	1,4	33,3
	10	32,4	9,4	21,0	70,0	2,6	102,8
	11	28,4	5,2	15,7	65,1	1,6	32,2
	12	24,4	0,9	10,9	61,4	1,7	4,2
2018	1	20,9	1,2	10,9	72,1	3,0	94,4
	2	23,7	3,4	12,7	82,5	3,9	87,0
	3	25,8	6,8	15,0	78,8	3,9	93,4
	4	35,2	6,7	18,5	68,7	2,2	1,6
	5	35,6	11,9	23,2	66,2	2,9	19,2
	6	40,2	16,3	25,5	72,9	2,1	10,2
	7	43,3	18,2	28,6	66,0	0,8	17,8
	8	40,8	17,2	28,0	71,3	1,2	0,4
	9	40,7	15,2	26,0	64,8	1,3	11,0
	10	35,1	7,2	20,5	67,1	1,9	25,6
	11	31,5	4,9	15,7	72,4	2,9	44,2
	12	21,6	0	11,5	78,1	3,8	167,8

3.1.2. Kullanılan veri setleri

Antalya İli Aksu İlçesi sınırları içerisinde arazi kullanımı/arazi örtüsünün belirlenmesi ve ürün deseninde yer alan çok yıllık meyve ağaçlarının SAR verileri ile izlenmesine yönelik olarak yürütülen bu çalışmada, 2015 ve 2018 yıllarına ait her ayın ilk haftası içerisinde alım yapılmış seviye 1 düzeyinde, yakın geliş açısı: 31⁰, uzak geliş açısı 46⁰ olan Sentinel 1A görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca, 14.11.2015 ve 08.11.2018 tarihli Sentinel 2 uydu verileri ile, alana ait yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları, vektör formatlı veri setleri, topoğrafik haritalar ve kurumdan temin edilen geçmiş yönelik envanter verileri materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan uydu verilerinin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Sentinel 1

Gündüz ve gece C-bandlı yapay açıklıklı radar görüntü alımı yapan iki kutup-yörüngeli uydu takımını kapsayan Sentinel-1, uyuşmazlıkları önlemek amacıyla önceden programlanmış işlem modunda uzun zaman serilerine dayanan uygulamalar için oluşturulmuş tutarlı uzun vadeli veri arşivi üretmektedir.

Sentinel-1, ESA'nın Copernicus girişimi için geliştirdiği altı görevden ilkidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Sentinel-1 Uydusu (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>)

Sentinel-1 uydusu, farklı çözünürlüklerde (5 m'ye kadar) ve 400 km kapsama alanında dört özel görüntüleme modunda çalışır. İkili polarizasyon kapasitesi, çok kısa geçiş tekrarı ve hızlı ürün teslimatı sağlar. Her gözlem için, yüksek doğrulukta uydu pozisyonu ve yüksekliği ölçümleri yapılmaktadır.

SAR'ın bulut örtüsü bulunan ve aydınlık olmayan ortamda da işlevsellik gibi avantajları vardır, buna uygun dalga boylarında gece ve gündüz, tüm hava koşullarında alım yapar. Sentinel- 1, C-band SAR algılayıcısı ile geniş alanda güvenilir izleme olanağı sunar.

İki uydu takımından oluşur; Sentinel-1A ve Sentinel-1B. Bunlar aynı görüntü düzlemini paylaşır. Sentinel-1, önceden programlanmış, uyuşmazlık göstermeyen çalışma modunda, tüm küresel kara kütlelerini, kıyı bölgelerini ve nakliye rotalarını, küresel okyanusu yüksek çözünürlükte çerçeve olarak görüntülemek üzere tasarlanmıştır. Bu, operasyonel hizmetlerinin gerektirdiği hizmet güvenilirliğini ve uzun zaman serilerine dayalı uygulamalar için oluşturulmuş tutarlı ve uzun vadeli veri arşivini sağlar (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>).

Sentinel veri ürünleri sistematik olarak üretilmektedir ve tüm görüntü verisi kullanıcıları için ücretsizdir. SAR ürünleri potansiyel olarak tüm modlarda üretilmektedir, bunlar: Level-0, Level-1 SLC, Level-1 GRD ve Level-2 OCN'dir. Veri ürünleri tek polarizasyonda Dalga modu için (VV veya VH) ve ikli polarizasyonda (VV+VH veya HH+HV) veya tek polarizasyonda SM, IW ve EW modlarında (HH veya VV) olarak üretilmektedir. SAR Level-0 ürünleri, Esnek Dinamik Blok Uyarlamalı Niceleme (FDBAQ) sıkıştırılmış, odaklanmamış SAR ham verileri dizisinden oluşur. Verilerin kullanılabilir olması için, bir SAR işlemcisi kullanılarak sıkıştırılmasının kaldırılması ve işlenmesi gerekmektedir.

Level-1 ürünleri genel olarak, çoğu veri kullanıcılarına yönelik ürünlerdir. Level-1 ürünleri, Single Look Complex (SLC) ve Ground Range Detected (GRD) formatında bulunmaktadır. Level-1 Single Look Complex (SLC) ürünleri, uydudan yörünge ve yükseklik verisi kullanılarak jeoreferanslanmış ve odaklanmış SAR verileridir ve zero-Doppler eğim aralığı geometrisi ile elde edilmiştir. Ürünler, her boyutta tam iletim sinyali band genişliği kullanarak tek bir bakış kullanırlar ve faz bilgisini saklayan karmaşık örneklerden oluşurlar. Seviye-1 Ground Range Detected (GRD) ürünler, odaklanmış SAR verisi içerir, bunlar çoklu bakışlı (multi-looked) ve Dünya elipsoid modeline göre yer aralığına projelenmiş olarak elde edilir. Sonuç görüntü yaklaşık kare mekânsal çözünürlük pikseli ve kare piksel aralıklı olup daha kötü mekânsal çözünürlük pahasına benekliliği azaltılmıştır.

GRD ürünleri bu üç çözünürlükten birinde bulunurlar:

- Tam çözünürlük (FR)
- Yüksek çözünürlük (HR)
- Orta çözünürlük (MR).

Çözünürlük, gerçekleştirilen çoklu-bakış (multi-looking) miktarına bağlıdır. Level-1 GRD ürünler MR ve HR olarak IW ve EW modlarında bulunur, WV modu için MR, SM modu için HR ve FR şeklindedir. Level-2 OCN ürünleri, Okyanus Dalgası spektrası (OSW) için bileşenler içerir ve ERS ve ASAR WV ve iki yeni bileşen ile devamlılık sağlar. Bunlar: Okyanus Rüzgar Alanları (OWI) ve Yüzey Radyal Hızları (RVL) dir.

OSW iki boyutlu bir okyanus dalga spektrumudur ve her dalga spektrumu için rüzgar hızı ve yönü kestirimidir. OSW sadece, Stripmap ve Dalga modlarında üretilir. Stripman modu için dahili olarak oluşturulan Level-1 SLC görüntülerinden türetilen çok sayıda spektra vardır. Dalga modu için her vinyet için tek bir spektrum vardır. OWI; SM, IW veya EW modlarındaki GRD Level-1 görüntülerinin yüzey rüzgar hızı ve yönünün yüzeyden 10 m yükseklikten kestiriminin yapılmış halidir. RVL, Level-1 hesaplanmış geometrik Doppler ile ölçülmüş Level-2 Doppler gridi arasındaki fark GRD görüntüsüdür (Şekil 3.3) (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-products>).

Sentinel 2

Copernicus Sentinel-2 görevi, birbirine 180° açıyla yerleştirilmiş, güneşle senkronize aynı yörüngeye sahip kutup yörüngeli iki uydu takımından oluşur (Şekil 3.5). Arazi yüzeyi durumundaki değişiklikleri izleme amaçlıdır ve geniş tarama genişliği (290 km) ve yüksek tekrar geçiş süresi (Bir uydulla ekvatorda 10 gün ve bulutsuz durumlarda iki uydulla 5 gün, buna bağlı olarak orta enlemlerde 2-3 gün) ile dünyanın yüzey değişimlerinin izlenmesini destekler (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>).



Şekil 3.5. Sentinel-2 Uydusu (<https://eox.at/2015/12/understanding-sentinel-2-satellite-data>)

Sentinel-2, Avrupa Birliği ülkeleri tarafından geliştirilmiş, geniş tarama genişlikli, yüksek çözünürlüklü, çok-spektrumlu görüntüleme işlevi olan bir uydu takımıdır. 180° açıyla aynı yörüngede çalışan ikiz uyduların tam görev özellikleri, Ekvator'dan 5 gün periyodlu geçiş sıklığı sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Sentinel-2, 13 spektral bandın alımını yapan optik bir algılayıcı taşır: 10 m. mekânsal çözünürlüklü 4 band, 20 m.'lik 6 band, 60 m.'lik 3 band. Yörüngesel tarama genişliği ise 290 km.'dir (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/>).

3.2. Metod

Uygulamada kullanılan SAR, aktif bir algılama sistemi olup, algılayıcının taşındığı platform kendine ait mikrodalga ışınımını yeryüzüne gönderir ve bu atımların yeryüzü yüzeyindeki cisimlerden saçılarak geri dönen yansımalarını saptar. Bu ölçümler görüntünün oluşturulmasını sağlar. Çalışma alanına ait SAR görüntüleri, bu tez çalışmasında hedeflenen amaca uygun olarak işlenip yorumlanmıştır.

Çalışma, genel çerçevede ürün izleme ve arazi kullanımı izleme olmak üzere iki aşamalıdır. Ürün izleme aşamasında, 2015 ve 2018 yıllarına ait 12’şer aylık periyotta temin edilen radar veri setlerinde ön işleme, görüntü kesimi, parsel sınırlarının uydu görüntüsü üzerine açılması ve yer gerçeği bilinen her parsel için aylık ortalama saçılmaların tespiti işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma yöntemine ait akış diyagramı Şekil 3.5’te verilmiştir. Ürün izleme aşamasında Sentinel 1A, 1. Seviye görüntülerinin ön işleme aşamalarında; termal gürültü giderme, kalibrasyon, çoklu bakış (Multilooking), arazi düzeltmesi (Terrain Correction), benek filitreleme (Speckle Filtering) ve dB (Desibel’e) Doğrusal Dönüşüm adımları uygulanmış, arazi düzeltmesi adımından sonra çerçeve görüntü, çalışma alanı sınırlarından kesilmiştir.

Uygulamada ilk hedef, 2 yaşından 50 yaş aralığına kadar çeşitlilik gösteren farklı yaşlardaki kontrollü narenciye bahçesi parsellerini uydu görüntüsü üzerinde tesbit etmek, daha sonra 2015 ve 2018 yıllarına ait SAR görüntülerinde bu parsellere ait VV ve VH polarizasyonlarındaki saçılmaların ortalama değerleri kaydetmektir. Narenciye parselleri, spektrumun görünür ve kızılötesi bölgede 10m. mekânsal çözünürlüklü alım yapan Sentinel-2 uydu görüntüsü ile tesbit edilmiştir. Arazi kullanımının tesbiti amaçlı yapılan kontrollü sınıflandırmada, piksel tabanlı ve bir makine öğrenmesi tekniği olan olan Rastgele Orman yöntemi kullanılmıştır. Parsel sınırları belirlendikten sonra, vektör veri olarak ArcGIS ortamına aktarılmış; bir veri tabanı yardımıyla cins, çeşit, yaş, dönem gibi öznitelik verileri eklenmiştir. Ürün izleme amaçlı seçilen çalışma alanı Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü ve Boztepe Tarım İşletmesi’ne ait kontrollü narenciye bahçelerinden meydana geldiği için bu bahçe parsellerine ait envanter bilgileri ilgili kurumdan temin edilmiştir.

Parsellere ait vektör veriler SNAP programında SAR görüntüleri üzerinde açılmış, program yardımıyla tekrar çizilmiş, her parsel için programın İstatistikler kısmından saçılma değerleri ortalaması elde edilmiştir. Tüm bu değerler 2015 ve 2018 yıllarının her ayı için kayıt edilmiş ve grafikleri oluşturulup incelenmiştir. Daha sonra parseller Tesis dönemi, Genç dönem, Orta yaş dönemi ve Yaşlı dönem olmak üzere yaşlarına göre gruplandırılmış, aynı yaş dönemine sahip parseller birlikte değerlendirilmiştir. İki farklı yılda 12 ay için grafikleri çizilip gelişim periyotlarına (durgunluk, çiçeklenme, meyve tutum, meyve olum) göre yorumlanmıştır. Ardından her yaş dönemini içeren parsellerin 12 aylık ortalaması alınıp gelişim durumunun SAR saçılma değerlerine yönelik grafikleri çizilmiştir. VV ve VH polarizasyonda ağaçlara ait hangi özelliklerin belirlenebileceği tesbit edilmiştir.

SAR görüntüleri ile ürün izleme nisbeten yeni bir konudur. Tek yıllık ürünler üzerinde yapılan uluslararası çalışmalar son yıllarda belirgin olarak artış göstermiştir ancak narenciye gibi çok yıllık ürünler üzerinde yapılan araştırmalar oldukça az olduğu için henüz deneysel boyutta olduğu söylenebilir. Yapılan araştırmaların sayısı ve çeşitliliği arttıkça araştırmacıların ulaştığı bulguların birbirini doğrulayıcı nitelikte olup olmadığı saptanabilecektir. SAR’ın çok yıllık tarım ürünleri için verimliliği ve uygulanabilirliği çalışma sonucunda ortaya konulmuştur.

Çalışmada Sentinel 1 Uydusundan elde edilen 2015 ve 2018 yıllarına ait verilerde istatistiksel analizler SAS programı kullanılarak yapılmıştır. Bu kapsamda SAR görüntülerinde VV ve VH polarizasyonda ay bazında elde edilen saçılmalarla, ortalama

değerler arasındaki farklar göz önüne alınarak Duncan testi ile Varyans analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında dağılım gösteren farklı yaşlardaki tüm ağaçlarda yürütülen istatistiksel analizlerde ağaç yaş grupları daha detaylı olarak 1 den 10'a kadar kategorize edilmiş ve bu gruplar 1 (0-3 yaş), 2(3-5 yaş), 3(5-10 yaş), 4(10-14 yaş), 5(14-16 yaş), 6(16-19) yaş, 7(20 yaş), 8(20-22 yaş), 9(22-25 yaş), 10(25+) olarak analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler ile her yaş grubunun 2 yıla ait VV ve VH polarizasyonda aylık saçılma değerleri ve yıllık ortalama saçılma değerleri ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir.

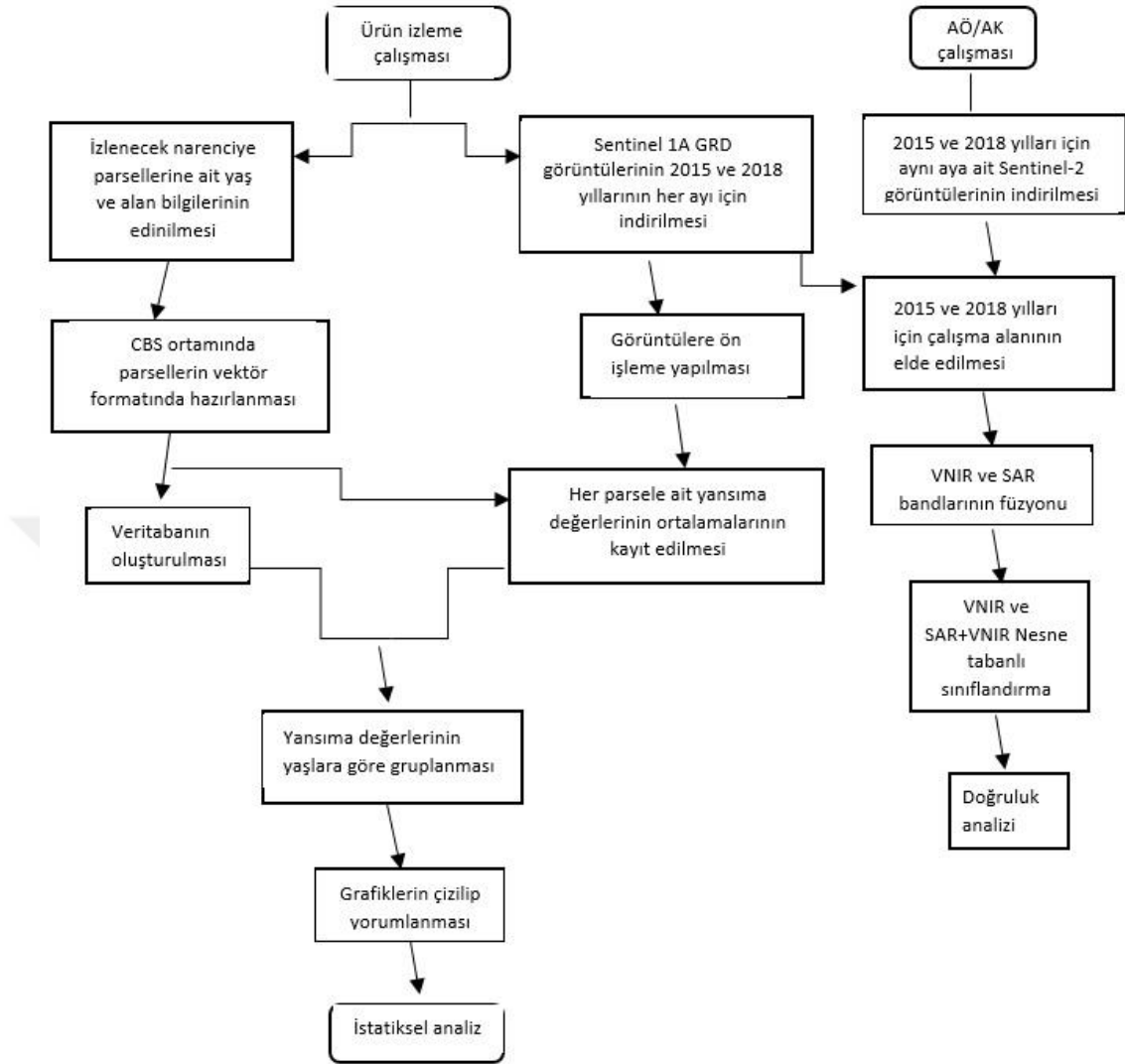
Çalışmanın 2. hedefi, SAR görüntüleriyle arazi kullanımı ve arazi örtüsünü saptayabilme olanaklarını araştırmaktır. Bu amaçla çalışma alanı ürün izleme bölgesini de kapsayan daha geniş bir alanı içerecek şekilde seçilmiştir. Bu alan Aksu Çayı havzasında olduğu için genellikle köy yerleşimini kapsayan ve tarım faaliyetlerinin yürütüldüğü bir bölgedir.

Arazi kullanımının saptanması amaçlı olarak ilk aşamada SAR görüntüleri çift polarizasyonu ile (VV ve VH) kontrolsüz olarak sınıflandırılmıştır. İşlem, tatmin edici sonuç vermeyince, farklı parametrik ve parametrik olmayan kontrollü sınıflandırma yöntemleri denenmiştir. Yine tatmin edici bir doğruluk seviyesine ulaşılamayınca SAR verilerinin optik veriler ile füzyonu gündeme gelmiştir. Daha sonra Sentinel 1A SAR görüntüleri, Sentinel 2 uydusunun optik ve kızılötesi bandlarıyla karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu bandlara ilaveten başarılı bir bitki örtüsü indisi olan EVI, füzyon işlemine dahil edilmiştir. Bu şekilde yapılan sınıflandırma denemelerinde nesne tabanlı yöntem, tatmin edici bir sonuç vermiştir. Sınıflandırma yöntemi olarak ise K En Yakın Komşu en başarılı yöntem olarak uygulama için seçilmiştir. Sınıflandırma işleminin doğruluğu optik verilerle ayrıca optik-SAR füzyon verileri ile olmak üzere iki ayrı şekilde de test edilmiştir.

Doğruluk analizlerinde, sınıflandırılmış görüntü, yer gerçekleri bilinen referans görüntüsü ile karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada geçmiş yıllara ait görüntüler sınıflandırıldığı için, doğruluk analizi işlemi sınıflandırılmış görüntü ile orijinal görüntünün spektral karakteristikleri karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizi raporlarında sınıf sayısı büyüklüğünde köşegen ve kare bir matris elde edilmiş olup bu matrisin köşegen değerleri, referans veriyle uyumlu olan sınıflandırma değerlerini göstermektedir. Çalışmada referans değeriyle karşılaştırma yapmak amacı ile 350 adet nokta seçilmiş ve her sınıf için 50 adet olarak hesaplanmıştır.

Optik verilerle SAR ve optik füzyon görüntüleri ayrı ayrı doğruluk analizine tabi tutulmuş, hangisinin daha yüksek doğruluk vereceği sınanmıştır.

Özetle, çalışmanın ikinci aşaması olan arazi kullanımı izleme kısmında, toplam 185.47 m²'lik bir bölgeyi kapsayan alanda 2015 ve 2018 yıllarına ait Sentinel 1 ve Sentinel 2 görüntüleri ile ayrıca Sentinel 2 görüntüsünden türetilen EVI görüntüsü, her yıl için ayrı olarak füzyon tekniği ile birleştirilmiş ve hazırlanan veri setleri nesne tabanlı sınıflandırma tekniği ile analiz edilmiştir. Çalışmanın sonunda ise gerek ürün izleme ve gerekse arazi kullanımı izleme için sınıflandırma sonuçları istatistiksel olarak analiz edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. İş akış diyagramı

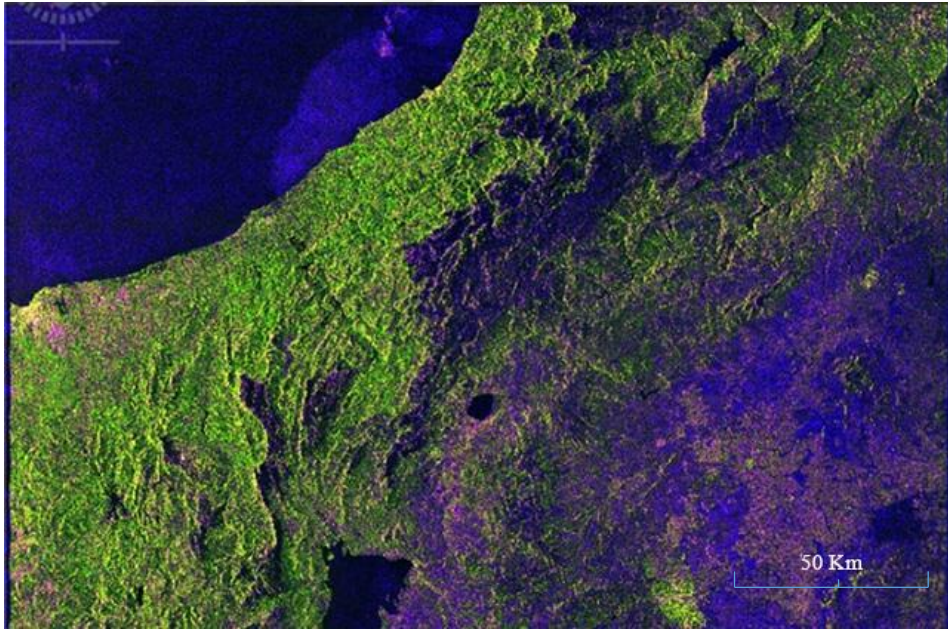
Yukarıda bahsedildiği gibi, Antalya ili aksu ovası sınırları içerisinde 2015 ve 2018 yıllarına ait Sentinel-1 uydusu verileri kullanılarak yürütülen bu çalışmada, narenciye parsellerinde SAR verileri ile ürün izleme ve ovaya ait arazi örtüsü ve arazi kullanımının tespiti çalışmaları farklı işlem basamaklarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikli olarak SAR görüntülerinde ön işleme çalışmaları yürütülmüş ve sonrasında ise, verilerde polarimetrik decomposition işlemleri, entropi ve anisotropi görüntüleriyle aritmetik işlemler, değişim saptama amaçlı logaritmik oranı görüntülerinin oluşturulması, SAR verilerinde kontrolsüz sınıflandırma, ürün izleme ve arazi örtüsü ve arazi kullanımının izlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiş olup, çalışmalar detayları başlıklar ve alt başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. SAR görüntülerine ön işleme çalışmaları

Çalışmanın başlangıç aşamasında Sentinel 1 uydusuna ait birer 2015 ve 2018 Sentinel-1 SAR görüntüleri SLC formatında indirilip SNAP programı yardımıyla işlenmiş ve görüntülerde öncelikli olarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır. Ön işleme adımları sırasıyla: yörünge dosyasının uygulanması, termal gürültü giderme, kalibrasyon, çoklu bakış (Multilooking), arazi düzeltmesi (Terrain Correction), benek filitreleme (Speckle Filtering) ve dB (Desibel'e) Doğrusal Dönüşüm işlemleridir.

Uydu verilerinde yörünge dosyası, piksel bilgisine uygulanacak olan uygun coğrafi bilgiyi içermektedir. GNSS uyduları Sentinel-1 uydularının konumunu ve yüksekliğini takip etmekte olup, bu bilgi uydunun geri aldığı sinyalin konumuna ve bağlı gücüne bağlı olarak daha iyi sonuçlar üretebilmektedir. Copernicus Hassas Yörünge Tanımlama (POD) Hizmeti hassas doğruluktaki yörünge dosyalarını kullanıma sunmaktadır ve SNAP'taki "Yörünge Dosyası Uygula" fonksiyonu bu dosyayı indirerek veriye uygulamaktadır (Weiß 2018). Bu çalışmada da her görüntü için ön işleme adımlarından biri olan bu yöntem uygulanmış olup, Şekil 4.1.'de alana ait yörünge dosyası uygulanmış görüntü verilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma Alanına Ait Yörünge dosyası uygulanmış görüntü (R: Intensity_VV G: Intensity_VH B: Intensity_VV/Intensity_VH)

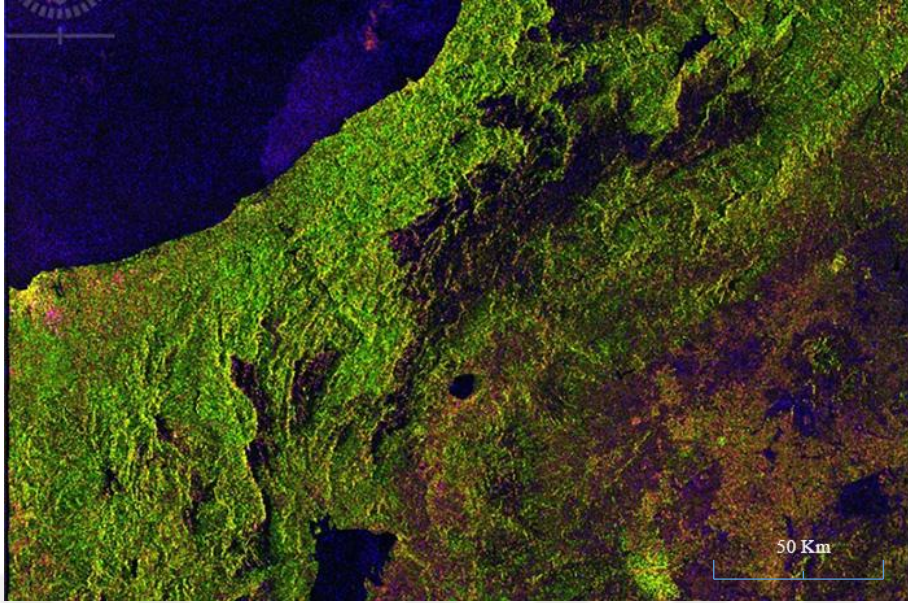
Sentinel-1 görüntü yoğunluğu, özellikle çapraz polarizasyon kanalındaki ek termal gürültü tarafından bozulmaktadır (Park vd. 2017). Termal gürültü giderme, alt yörüngeler arası dokudaki gürültü etkilerini azaltmakta, özellikle tüm Sentinel-1 çerçevesi içindeki geri saçılım sinyalini normalleştirerek çoklu yörünge görüntü edinme modlarında çerçeveler için alt yörüngeler arasındaki süreksizliklerin azalmasını sağlamaktadır.

Sentinel-1 verileri için SNAP'de bulunan termal gürültü giderme operatörü, seviye-1 ürün üretimi sırasında kaldırılmış olabilecek gürültü sinyalini yeniden tanıtabilmekte olup düzeltmenin yeniden uygulanmasına izin vermek amacı ile ürün açıklamalarını güncelleyebilmektedir. Sentinel-1 seviye-1 ürünleri, her ölçüm veri seti için doğrusal güçte sağlanan ve kalibre edilmiş GRD verileriyle eşleşen kalibre edilmiş gürültü profillerini türetmek için kullanılan bir gürültü arama tablosu (LUT) sağlamaktadır (<https://step.esa.int/main/toolboxes/snap>) (Filipponi 2019). Çalışma alanına ait veri setlerinde de termal gürültü giderme işlemi gerçekleştirilmiş olup Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Termal gürültüsü giderilmiş görüntü (R: Intensity_VV G: Intensity_VH B: Intensity_VV/Intensity_VH)

Sentinel-1 Seviye-1 ürünlerinin radyometrik düzeltmeleri yapılmış değildir. Yine de, SAR görüntülerinin kantitatif kullanımı için radar saçılmasının radyometrik kalibrasyonu gereklidir. Aksi takdirde, farklı algılayıcılara ait SAR görüntülerinin ve hatta aynı algılayıcının farklı alım tarihleri ile veya farklı alım modları ile karşılaştırılması mümkün değildir (Miranda ve Meadows 2015). Bu kapsamda çalışmada kullanılan Sentinel verilerinde radyometrik düzeltmeler yapılmış ve kalibrasyon uygulanan görüntü Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



şekil 4.3. Kalibrasyon uygulanmış görüntü (R: Sigma0_VV, G: Sigma0_VH, B: Sigma0_VV/Sigma0_VH)

Görüntü işleme aşamasında yapılması gereken düzeltmelerden bir diğeri de çoklu bakış işlemidir. Çoklu bakış işlemi nominal görüntü piksel boyutuna sahip bir ürün meydana getirmek için kullanılabilir. Radyometrik çözünürlüğü arttıran fakat mekânsal çözünürlüğü azaltan menzil ve/veya azimut çözünürlük hücrelerinin ortalamasının alınmasıyla çoklu görünümler oluşturulabilir. Görüntülere arazi düzeltmesi (Terrain Correction) getirilecekse çoklu bakış, isteğ'e bağlı bir adımdır (Veci 2019). Çalışmada elde edilen çoklu bakış görüntüsü şekil 4.4'te verilmiştir.



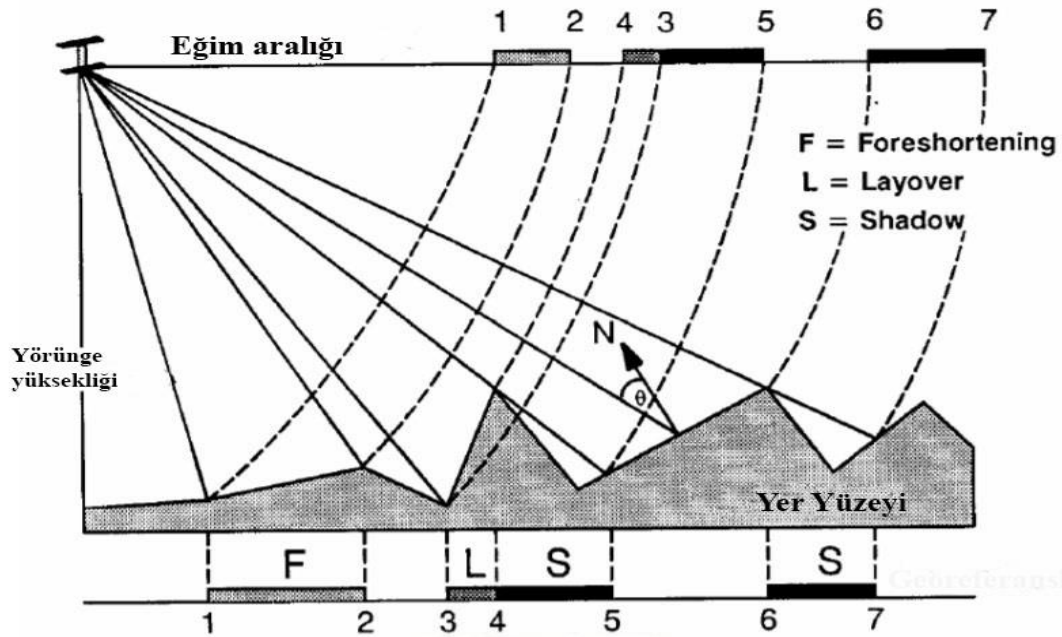
şekil 4.4. Çoklu bakış uygulanmış görüntü (R: Sigma0_VV, G: Sigma0_VH, B: Sigma0_VV/Sigma0_VH)

Çalışma alanında farklı topoğrafik özelliklere sahip alanların bulunması nedeni ile arazi düzeltmesi işlemi de gerçekleştirilmiştir. SAR görüntüleriyle yürütülen uzaktan algılamada çalışmalarında, yüksek rakımlı oluşumların algılayıcıya bakan yüzeyleri sinyali daha çabuk geri göndermektedir, bu yüzden gerçekte olduğundan daha yakınmış gibi görünmektedir. Bu durum ise ‘eğilme’ etkisi veya ölçülen alandan küçük bir sapma etkisi yaratır(<https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/earthquake-damage-detection-sentinel-1/step-by-step>). Söz konusu bu durum yüksek rakımlı yeryüzü oluşumları sebebiyle topoğrafik bozulmaların meydana gelmesine yol açmaktadır. Bu nedenle SAR verilerinde Foreshortening (Kısaltma), Layover (Kaplama) ve Gölge etkisinin oluşturduğu geometrik distorsiyonları gidermek amacı ile Arazi Düzeltmesi işleminde dijital yükseklik modeli (DEM) ve yörünge bilgisi kullanılmaktadır.

Foreshortening etkisinde, radar enerjisinin iletilen darbesiyle bir eğimin aydınlatıldığı süre, radar görüntülerinde eğimin uzunluğunu belirler. Bu, yerel geliş açısının (θ), 90° 'ye eşit olduğu durumlar dışında radar görüntülerinde tüm durumlar için arazi eğiminin kısalmasına neden olur.

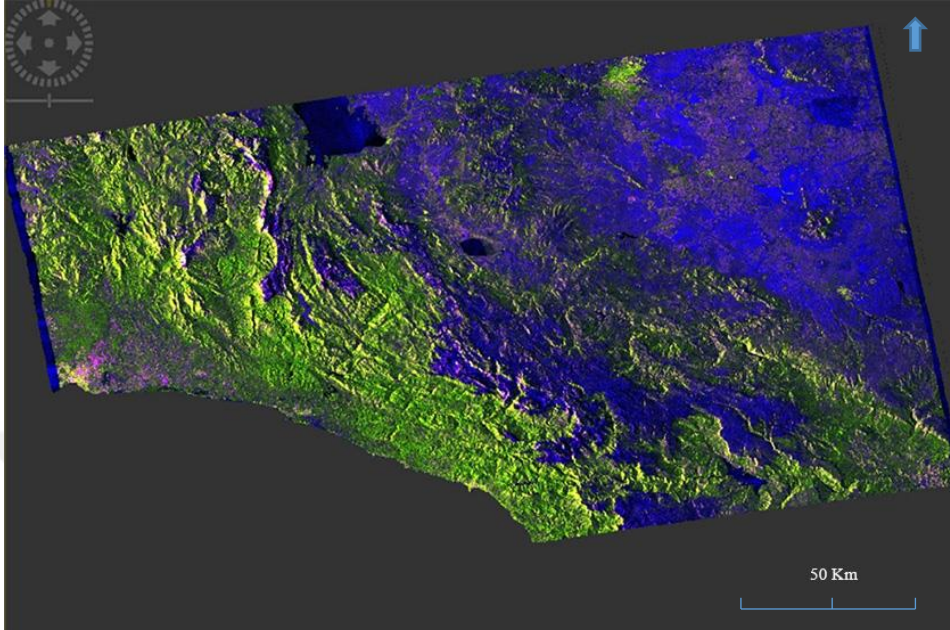
Layover etkisinde ise arazi eğiminin tepesi, radar platformuna arazi eğiminin alt kısmından daha yakın olduğunda daha erken kaydedilecektir. Bu durumda arazi boyunca noktaların birbiri ardından görüntülediği sıra dizilişi ters çevrilmiş gibi görünen bir görüntü oluşturur. Radar Layover etkisi, yeryüzü objesinin üstü ve altı arasındaki eğim aralığı mesafesindeki farka bağlıdır.

Shadow etkisinde, geri eğim görüntüleme ışınını alamaz ve dönen sinyal görüntü oluşturmaz veya radar gölgesine sebep olur. Bu distorsiyonların etkisi aşağıda görülebilir. 1 ve 2 arasındaki mesafe olması gerektiğinden daha kısa oluşabilir ve yüksekliğe bağlı olarak sinyal 4, 3'ten daha önce radar platformuna ulaşabilir (Şekil 4.5).



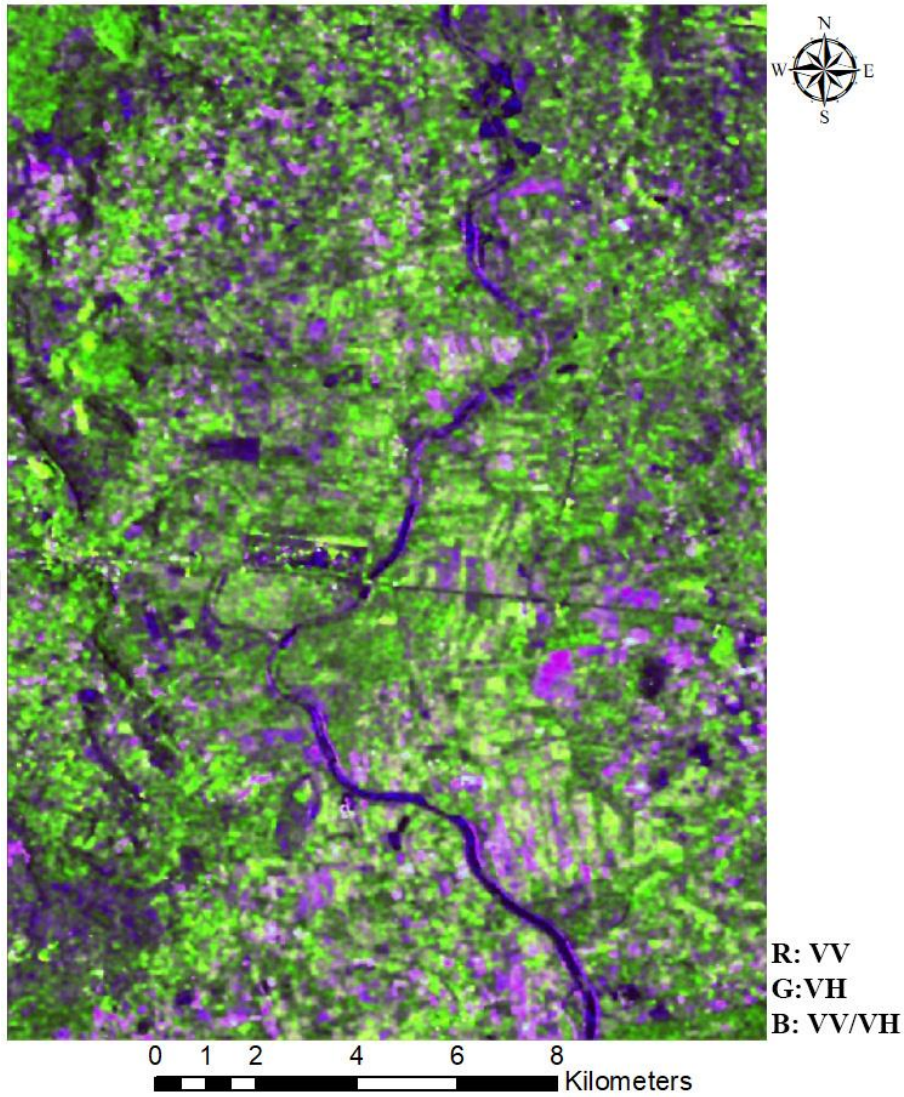
Şekil 4.5. SAR kaynaklı distorsiyonların (biçim bozulmalarının) etkileri (Liu vd. 2004)

Açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, çalışma alanında farklı topoğrafik özelliklere sahip alanlardan kaynaklanan topoğrafya etkisi giderilmiş ve elde edilen sonuç Şekil 4.6'da verilmiştir.



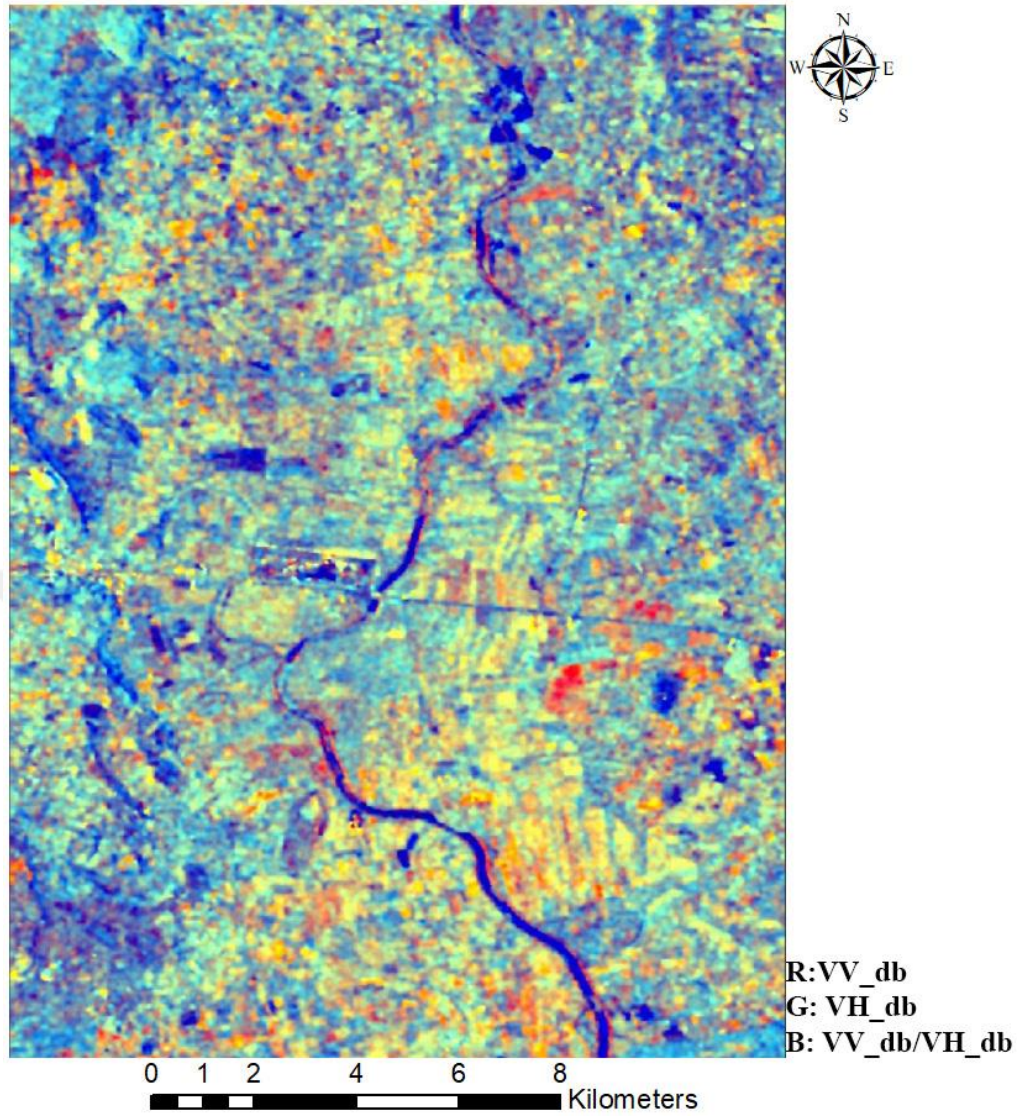
Şekil 4.6. Arazi düzeltmesi uygulanmış görüntü (R: Sigma0_VV, G: Sigma0_VH, B: Sigma0_VV/Sigma0_VH)

Çalışmada gerçekleştirilen bir diğer işlem ise çalışma alanı çıkarıldıktan sonra uygulanan benek filtreleme işlemidir. Benek filtreleme, radar görüntülerinin doğasında var olan gürültüyü (olası pikseller) gidermek için kullanılan bir fonksiyondur. Bunu yapabilmek için birçok farklı algoritma bulunmaktadır. Bu aşamada çalışmada *Refined Lee filtresi* kullanılmıştır, bu daha önce popüler olan Lee filtresinin güncellenmiş versiyonudur (Yommy 2015). Bu filtre Lee Sigma, Boxcar, Median ve Frost filtrelerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Şekil 4.7'de çalışma alanına ait görüntüde uygulanan Refined Lee filtresinin etkisi görülebilir.



Şekil 4.7. İki kez benek filtresi (5×5, Refined Lee) uygulanmış olan çalışma alanının kesilmiş görüntüsü (R: Sigma0_VV, G: Sigma0_VH, B: Sigma0_VV/Sigma0_VH)

Tez çalışmasında kullanılan Sentinel-1 SAR görüntülerinde yapılan son düzeltme işlemi dB (Desibel'e) Doğrusal Dönüşüm işlemidir. SAR verilerinin sonuç görüntüsüne histogramını daha fazla genişletmek için, dB (Desibel'e) Doğrusal Dönüşüm işleminin kullanılması önerilmektedir. Uygulanan kalibrasyon aracına benzer olarak bu araç, verilerin histogramını daha yönetilebilir bir ölçeğe daha iyi genişletmek amacı ile ikinci bir logaritmik işlev kullanmaktadır (<https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/earthquake-damage-detection-sentinel-1/step-by-step>). Şekil 4.8'de çalışma alanına ait dB (Desibel'e) Doğrusal Dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiş görüntü verilmiştir.



Şekil 4.8. Bandlara yapılan desibel dönüşümü sonrası görüntüsü (R: Sigma0_VV_db, G: Sigma0_VH_db, B: Sigma0_VV_db/Sigma0_VH_db)

Böylelikle çalışma alanı için SAR görüntülerine uygulanan ön işleme çalışmaları tamamlanmış olup, bir sonraki aşama olan sınıflandırma çalışmaları için işlem basamaklarına geçilmiştir.

4.2. SAR verileriyle polarimetrik ayrıştırma (dekompozisyon) işlemi

Çalışma alanı için, polarimetrik dekompozisyon ve kontrolsüz sınıflandırma işlemlerinden önce SLC görüntülerine GRD görüntülerine uygulanan ön işleme aşamalarına ek olarak TOPS Deburst ve Eğim Aralığı Zemin Aralığı işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra ise subset işlemiyle çalışma alanı sınırları kesilmiştir.

IW veya EW yörünge modunda elde edilen Sentinel-1 Seviye-1 SLC görüntüleri, her yörünge ve polarizasyonda tek görüntüden oluşmaktadır. IW ürünleri üç yörüngeden oluşmaktadır ve bu da tek polarizasyonda üç görüntü ve çift polarizasyonda altı görüntü

anlamına gelmektedir. EW ürünleri ise beş yörüngeden oluşmaktadır ve bu da tek polarizasyonda beş görüntü ve çift polarizasyonda on görüntü anlamına gelmektedir. Alt yörünge görüntüleri, tümü ayrı görüntüler olarak işlenen farklı açılmalardan (bursts) meydana gelir. Farklı açılmalar tek bir görüntüde saklanır böylece her açılma bir sınır çizgisi ile ayrılır. Sentinel-1 Seviye-1 SLC verisinin kullanımı için sadece bir alt yörünge çıkarılabilir veya birçok/tüm alt yörünge, alt yörüngeler arası akıcı geçişlerle bir görüntüde birleştirilebilir (Sentinel-1 Team 2013). Kısaca, Debust tekniği her polarizasyon için homojen görüntü üretmek amacıyla kullanılmaktadır (Lopez-Martinez ve Lopez-Sanchez, 2017) yani şerit veri bütünleştirilmektedir (Battal 2016). Eğim aralığı verileri ise radar aralığı (menzil) ölçümlerinin doğal bir sonucudur. Zemin aralığına dönüşümde yerel arazi eğimi ve yüksekliği için her veri noktasında düzeltme gerekmektedir. Bu nedenle çalışmada polarimetrik dekompozisyon ve kontrolsüz sınıflandırma işlemlerinden önce görüntülere TOPS Deburst ve Eğim Aralığı Zemin Aralığı işlemleri uygulanmıştır. (https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/ers/instruments/sar/applications/radar-courses/content-2/-/asset_publisher/qIBc6NYRXfnG/content/radar-course-2-slant-range-ground-range)

Daha sonra çalışmada kullanılan SAR verilerine polarimetrik dekompozisyon işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamada polarimetrik matris oluşturmaya takiben eigenvektör tabanlı dekompozisyon yöntemine ait H-Alfa Dual Pol Polarimetrik Decomposition işlemi gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.

4.2.1. Polarimetrik matris oluşturma

Tüm polarimetrik araçlar, girdi olarak Coherency (Tutarlılık) veya Kovaryans matrisleriyle çalışmakta olup, dörtlü polarizasyonlu SLC görüntüden başlamak üzere matris oluşturma operatörü ile aşağıdaki matrislerin birine dönüşüm yapılabilmektedir.

- Kovaryans matrisi C2
- Kovaryans matrisi C3
- Kovaryans matrisi C4
- Tutarlılık matrisi T3
- Tutarlılık matrisi T4

Çalışmada kullanılan Sentinel verisi dual pol (ikili polarizasyon) olduğu için, kovaryans matrisi C2 seçilmiştir.

4.2.2. Polarimetrik dekompozisyon

Polarimetrik hedef dekompozisyonları (radar polarimetrisinde hedef dekompozisyonu olarak da adlandırılır) öncelikle karmaşık saçılmaların matematiksel ve fiziksel tabanlı modeller aracılığıyla çözünürlük hücrelerinde basitçe yorumlanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle bunlar, sınıflandırma/segmentasyon veya parametre tersine çevirme amaçlı yaygın olarak kullanılırlar. Temel saçılma mekanizmaları arasında yüzey, çift sıçrama (dihedral) ve hacim saçılması yer alır. Polarimetrik hedef ayrışımalarının bir diğer önemli amacı, karmaşık saçılmanın jeofiziksel parametrelerine, doğru çıkarım

sağlamaktır. 17 hedef dekompozisyon ilk defa (Huynen 1970) tarafından oluşturulmuştur ve diğer hedef dekompozisyon teoremleri (Cloude ve Pottier 1996; Freeman ve Durden 1998; Van Zyl 2011) tarafından daha sonra önerilmiştir.

Polarimetrik SAR görüntüsünün her pikselinin temel saçılma mekanizması daha sonra entropisi ve parametreleri sabit eşiklerle karşılaştırılarak tanımlanabilmektedir. H-alfa düzlemindeki farklı sınıf sınırları, ayırdedilebilir yüzey yansıması (SR), hacim difüzyonu (VD) ve çift sıçrama yansıması (DB) olarak, entropi boyunca düşük, orta ve yüksek derecede rastlantısallığı ayırdetmek için belirlenmiştir. H- α dekompozisyonuna göre ayrıntılı açıklama, örnekler ve parametre gözlenir (Üstüner 2020).

Bu çalışmada polarimetrik dekompozisyon yöntemi olarak H-Alfa Dual Pol uygulanmıştır. Bunun sebebi, kullanılan verinin çift polarizasyonlu olmasıdır. Bu işlem ise eigenvektör tabanlı dekompozisyon sınıfında yer almaktadır.

4.2.2.1. Eigenvektör tabanlı dekompozisyon

Eigenvektör tabanlı dekompozisyonlar 3×3 T veya C matrislerinin eigenvektör/eigendeğerli analizlerine dayalıdır. Eigenvektör tabanlı dekompozisyonların önemli bir örneği Cloude-Pottier dekompozisyonudur, bunda 3×3 Hermitian T tutarlılık matrisi ayrışır (Cloude ve Pottier 1996).

$$T = [U][\Lambda][U]^{-1} \quad (4.1)$$

Burada

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_2 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_3 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$$[U] = \begin{bmatrix} \mathcal{E}_{11} & \mathcal{E}_{12} & \mathcal{E}_{13} \\ \mathcal{E}_{21} & \mathcal{E}_{22} & \mathcal{E}_{23} \\ \mathcal{E}_{31} & \mathcal{E}_{32} & \mathcal{E}_{33} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

(4.1) eşitliğinde, Λ negatif olmayan özdeğerlerin elemanları olan köşegen özdeğer matrisini belirtir. $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq 0$ ve $[U]$ aşağıda gösterildiği gibi $\vec{\mathcal{E}}_1, \vec{\mathcal{E}}_2, \vec{\mathcal{E}}_3$ ün üç ortogonal özvektörüne sahip üniter özvektör matrisidir.

$$[U] = [\vec{\mathcal{E}}_1, \vec{\mathcal{E}}_2, \vec{\mathcal{E}}_3]$$

Özvektör yaklaşımının ana fikri, 3×3 T matrisini üç bağımsız (ortogonal) tutarlılık matrisi T_i toplamına ayırmaktır.

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

$$= \lambda_1 \cdot (\vec{e}_1 \cdot \vec{e}_1) + \lambda_2 \cdot (\vec{e}_2 \cdot \vec{e}_2) + \lambda_3 \cdot (\vec{e}_3 \cdot \vec{e}_3) \quad (4.4)$$

Bu ayrıştırmada, entropi H, anizotropi A ve ortalama alfa açısı α olan polarimetrik özellikler sağlanır (Cloude ve Pottier 1996; Lee ve Pottier 2009; Tamimimnia vd. 2017). Entropi H ve anizotropi A özdeğerlerden türetilirken, ortalama alfa açısı α bunlara karşılık gelen özvektörler kullanılarak hesaplanır. Her parametrenin tanımı ve matematiksel ifadeleri aşağıdaki paragraflarda verilmiştir.

İlk parametre, özdeğerlerin logaritmik toplamı olarak tanımlanan entropi H'dir (Lee ve Pottier 2009; Tamimimnia vd. 2017).

$$H = - \sum_{i=1}^3 p_i \log_3 p_i \quad (4.5)$$

$$p_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{k=1}^3 \lambda_k} \quad (4.6)$$

Burada p_i , λ_i özdeğerinin olasılığıdır.

Entropi, saçılmanın rasgelelik derecesini ölçer ve 0 ile 1 arasında değişir. Entropi sıfıra eşit olduğunda ($\lambda_2 = \lambda_3 = 0$), sıfıra eşit olmayan bir özdeğer vardır ve saçılma süreci tek saçılma ile tanımlanır. Bununla birlikte, entropiye çoğunlukla dağıtılmış (inkohherent) saçıcılar için 0 ile 1 arasında bir değer atanır.

İkinci parametre de 0 ile 1 arasında değişen anizotropi A'dır. $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq 0$ olduğu dikkate alınarak ikinci ve üçüncü özdeğerlerin normleştirilmiş farkı olarak tanımlanır.

$$A = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2 + \lambda_3} \quad (4.7)$$

Anizotropi, entropiye tamamlayıcı bilgi sağlar ve entropi yüksek bir değere ulaştığında farklı saçılma türlerini ayırt etmede önemli bir rol oynayabilir ($H > 0.7$ olduğu zaman). Bunun nedeni, düşük entropi değerlerinde ikinci ve üçüncü özdeğerlerin gürültüden oldukça etkilenmesidir. Buna bağlı olarak anizotropi de gürültülü hale gelir. Anizotropi, üçüncü özdeğerin ikinci öz değere göre göreceli önemini ifade eder (Cloude ve Pottier 1996; Lee ve Pottier 2009; Tamimimnia vd. 2017).

Üçüncü parametre ortalama alfa açısı α 'dır ve alfa açısı α_i saçılma tiplerini tanımlar. Her özvektör ($\vec{e}_i$) için, alfa açısı α_i aşağıdaki gibi hesaplanır ve değeri 0 ila 90 derece arasında değişir.

$$\alpha_i = \arccos(|e_{1i}|) \quad (4.8)$$

Ardından ortalama alfa açısı α şöyle tanımlanır:

$$\alpha = p_1\alpha_1 + p_2\alpha_2 + p_3\alpha_3 \quad (4.9)$$

- $0^\circ \leq \alpha_i \leq 30^\circ$ ise yüzey saçılması
- $40^\circ \leq \alpha_i \leq 50^\circ$ ise dipol saçılması
- $60^\circ \leq \alpha_i \leq 90^\circ$ ise dihedral saçılma (Üstüner, 2020)

SLC görüntülerine uygulanan H-Alfa Dual Pol polarimetrik dekompozisyon işleminden sonra Entropi (E), Anisotropi (A) ve Alfa görüntüleri elde edilmiştir.

4.2.2.2. H-Alfa Dual Pol polarimetrik dekompozisyon işlemi

P_i olasılıkları olarak, $[J]$ 'nin normalize edilmiş özdeğerlerinin standart yorumunu kullanmak, 2x2 problemlerde ikinci özvektörün dikliği kullanılarak ana özvektörden türetilbileceği gerçeğiyle birlikte, (4.10) denklemiyle gösterilen dalga tutarlılık matrisinin $[J]$, bir entropi/alfa parametrizasyonunu elde edilir.

Şekil 4.9'da gösterildiği gibi bir entropi/alfa düzlemini yeniden tanımlanabilmektedir. Bu durumda, belirli bir entropi için alfa üst ve alt sınırları, denklem 4.11'de gösterilen parametrelili köşegen 2 x 2 matrisi dikkate alınarak bulunabilir. Bu durumda, alt ve üst eğriler, $\alpha = 45^\circ$ civarında bir simetri gösterir. Bu, biri $\alpha = 0$ ve diğeri $\pi / 2$ olan 2 boyutlu özvektör uzayına kadar izlenebilir (Cloude 2021).

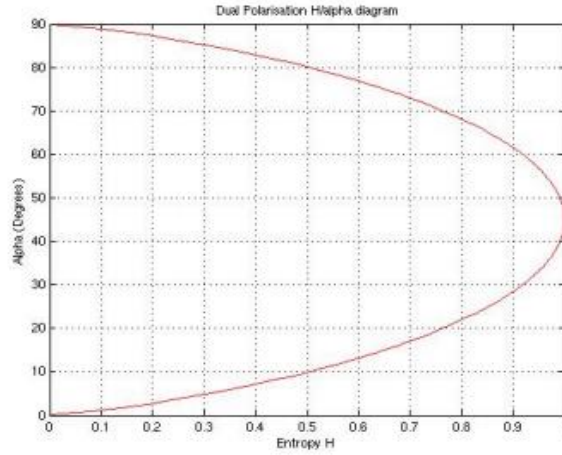
$$[J] = \begin{bmatrix} J_{xx} & J_{xy} \\ J_{xy} & J_{yy} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{cases} [U_2] = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha e^{-i\delta} \\ \sin\alpha e^{i\delta} & \cos\alpha \end{bmatrix} \\ [D] = \lambda_1 + \lambda_2 \begin{bmatrix} P_1 & 0 \\ 0 & P_2 \end{bmatrix} \end{cases} \quad (4.10)$$

$$\rightarrow \begin{cases} \bar{\alpha}_2 = P_1\alpha + P_2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \alpha(P_1 - P_2) + P_2\frac{\pi}{2} \\ H_2 = \sum_{i=1}^2 P_i \log_2 P_i \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & m \end{bmatrix} 0 \leq m \leq 1 \rightarrow \bar{\alpha}_{min} = \frac{m\pi}{2(1+m)}$$

(4.11)

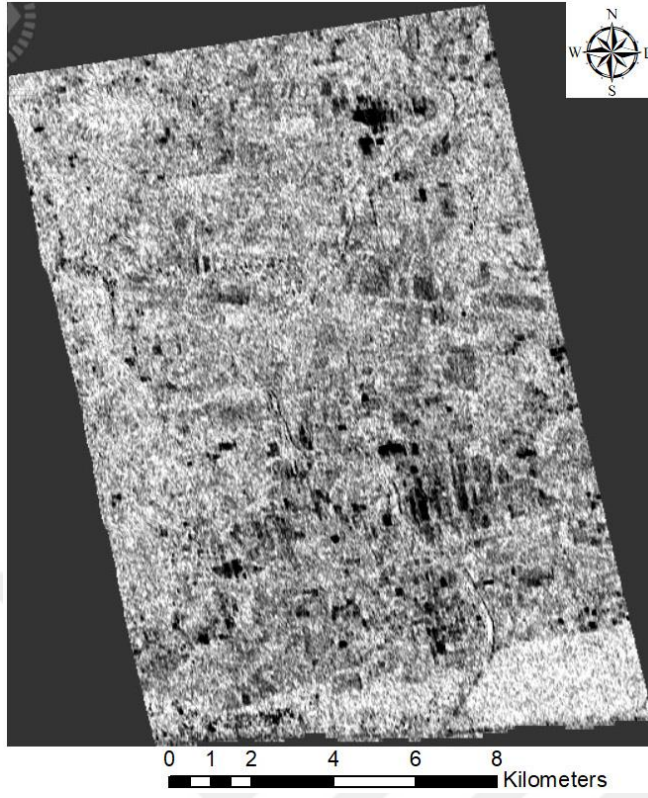
$$\begin{bmatrix} m & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} 0 \leq m \leq 1 \rightarrow \bar{\alpha}_{max} = \frac{\pi}{2(1+m)}$$



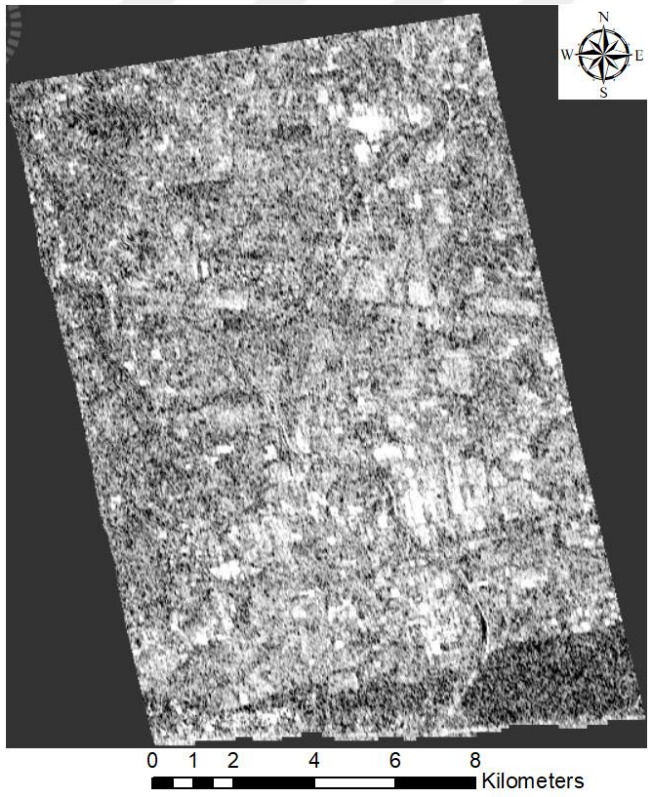
Şekil 4.9. İkili polarize Entropi/Alfa Diyagramı (Cloude 2021)

Yukarıdaki açıklamalara göre görüntülere H-Alfa Dual Pol polarimetrik dekompozisyon işlemleri uygulandıktan sonra 7×7 boyutundaki Refined Lee filtresi ile gürültü giderme işlemi gerçekleştirilmiş ve son olarak elde edilen görüntüde geometrik düzeltme yapılmıştır.

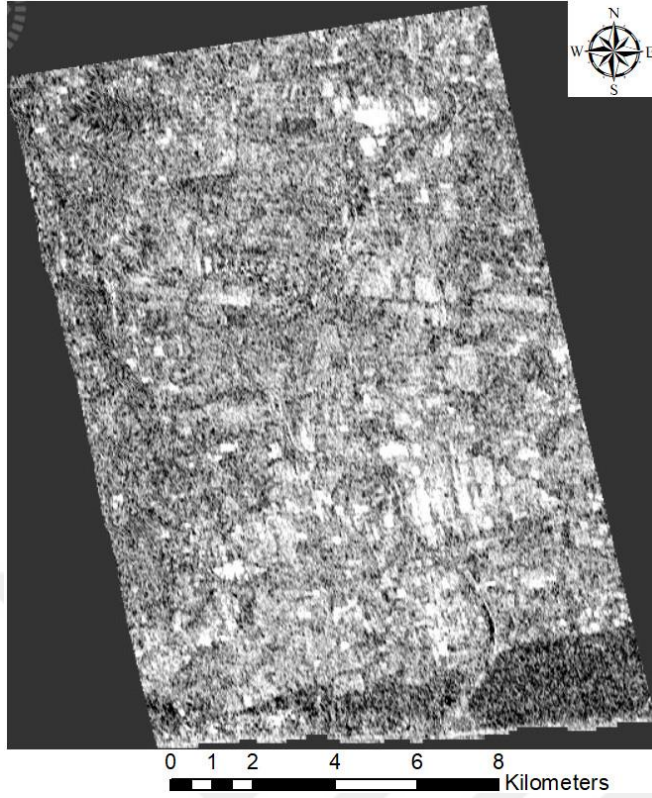
Bu işlemden sonra çalışma alanından elde edilen Entropi (H), Anisotropi (A) ve Alfa görüntüleri incelenmiştir (Şekil 4.10, 4.11, 4.12). Entropi (H) saçılmanın rastlantısallığını ifade eder, $H=0$ tekli saçılma mekanizmasını belirtirken, $H=1$ saçılma mekanizmasının rastlantısal karışımını ifade eder (örneğin depolarize hedefteki saçılma). Aradaki değerler belirli bir yansıtıcıdaki dominantlık derecesini belirtir. H, genellikle tüm bitki örtüsü sınıfları için 0.7'nin üzerindedir. Doğal bitki örtüsü 0.93 ile en yüksek entropi değerini gösterir. Yansıma bilgisi veren diğer faydalı parametre de Anizotropi'dir. Bu parametre özdeğerlerin oranına dayalıdır ve çoklu yansımayı ifade eder. Tüm bitki örtüsü alanları düşük Anizotropi değeri gösterir. α açısı özdeğer vektörlere dayalıdır ve derecesi ortalama veya dominant saçılma mekanizması olup olmadığını ifade eder. Alt limit olan $\alpha=0^\circ$ yüzey yansımalarını belirtir, $\alpha=45^\circ$ dipole veya hacim yansımalarını, üst limit olan $\alpha=90^\circ$ ise iki yüzeyli yansıtıcı veya çoklu yansımaları belirtir. Alfa açısı, tarım ürünlerinde 30° ila 50° arasında değer almaktadır (Wang vd. 2019).



şekil 4.10. Entropi görüntüsü



şekil 4.11. Anizotropi görüntüsü



Şekil 4.12. Alfa görüntüsü

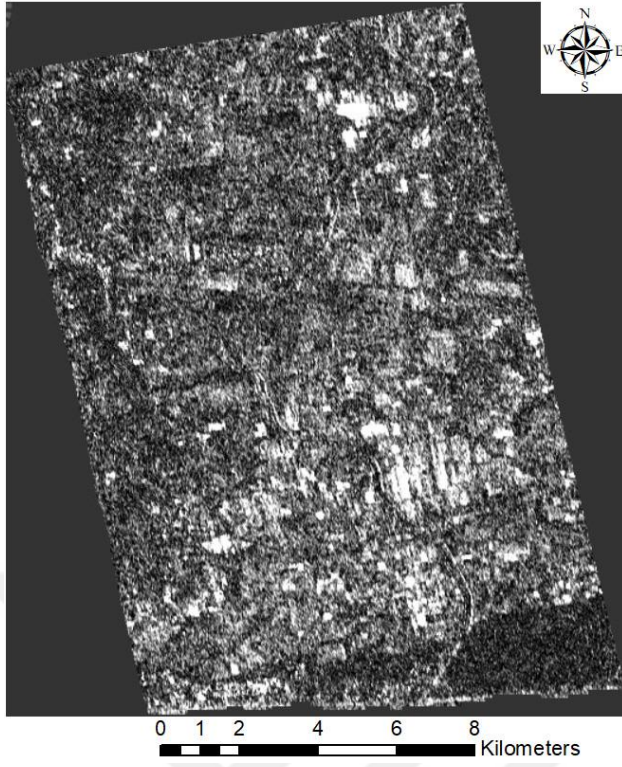
4.3. Entropi ve anizotropi görüntüleriyle aritmetik işlemler

Çalışmada elde edilen Entropi ve Anizotropi görüntülerinde aritmetik işlemler uygulanmış ve bu görüntüler üzerinden bitki örtüsünü daha iyi incelemek için ayrıca H^*A ve $H^*(1-A)$ görüntüleri oluşturulmuştur (Wang vd. 2019).

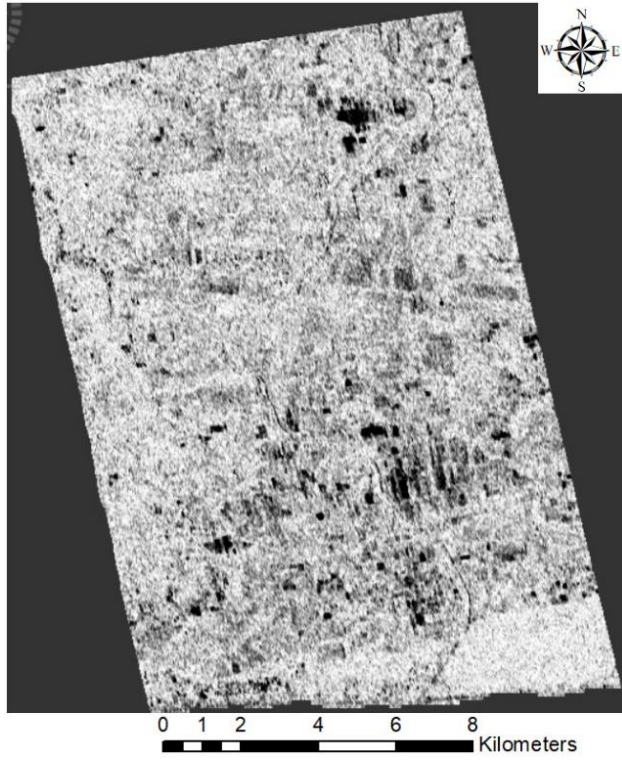
Bitki örtüsü alanları düşük Anizotropi değerinde olduğu için denklem, 1 değerinden Anizotropi görüntüsünün yansıma değerlerinin çıkarılmasıyla tanımlanmış olup, oluşturulan yeni görüntülerde bitki örtüsü yansıma karakteristikleri incelenmiştir.

HA görüntüsündeki büyük değerler yüksek entropi ve anizotropi'ye karşılık gelir, bu da dominant özdeğerleri veya saçılma mekanizmalarını belirtir. Büyük değerde $H(1-A)$ görüntüsü eşdeğer genlikli özdeğerlere karşılık gelir ve bu rastlantısal saçılmaları ifade etmektedir.

Hesaplanan H^*A ve $H^*(1-A)$ görüntüleri, Şekil 4.13 ve 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.13. HA Görüntüsü



Şekil 4.14. H(1-A) Görüntüsü

4.4. Değişim saptama amaçlı logaritmik oran görüntülerinin oluşturulması

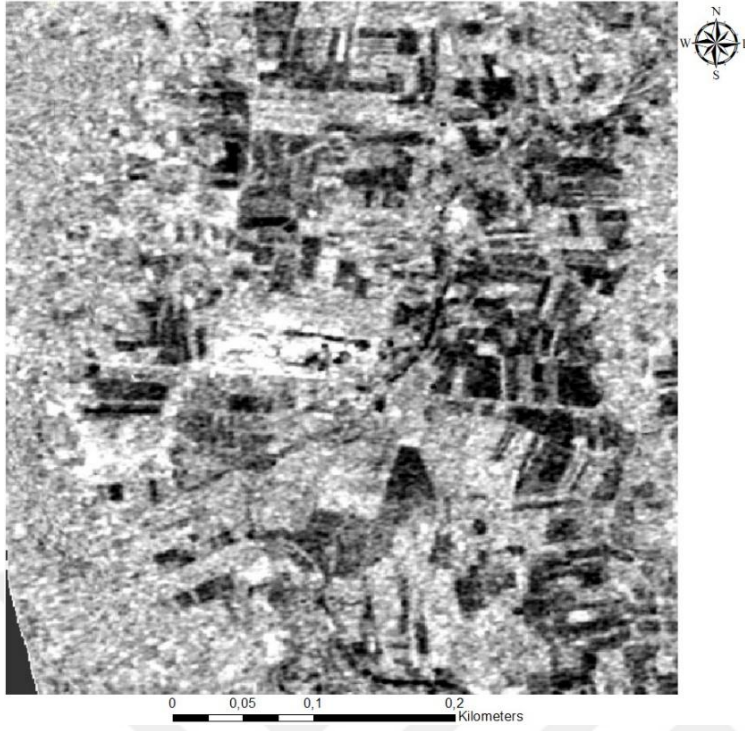
Çalışmada 2015 ve 2018 tarihlerine ait değişimin izlenebilmesi için logaritmik oran görüntüleri oluşturulmuştur. Gri renk tonu değer aralıklarına göre çalışılan alanda meydana gelen farklılıklar değerlendirilmiş, incelenen narenciye ağaçları için sınıflandırmayla karşılaştırılacak biyokütle farklarıyla beraber oran görüntülerindeki saçılma gücünün değişimi birlikte incelenip bitki büyüme karakteristiği daha doğru bir şekilde ortaya konulabilmektedir.

Fark görüntüsünün oluşturulması, SAR görüntülerinde değişim saptama için önemli bir adımdır (Lu vd. 2004; Zhuang vd. 2018). Çıkarma yöntemine kıyasla oran yöntemi, SAR görüntülerinden farklı görüntü elde etmek için daha uygundur çünkü kalibrasyon ve radyometrik hataların etkisini azaltabilir (Singh 1989; Lu vd. 2004; Rignot ve Van Zyl 1993). Bununla birlikte, SAR görüntülerinde değişim saptamanın doğruluğu, SAR görüntülerinin doğasında olan benek gürültüsü ile sınırlıdır (Argenti ve Alparone 2002; Gleich ve Datcu 2006). Benek gürültüsünün çarpımsal doğası dikkate alınarak, logaritmik dönüşüm yalnızca çarpımsal gürültüyü toplamsal gürültüye dönüştürmekle kalmayıp aynı zamanda oran yönteminin değer aralığını da sıkıştırabildiği için SAR görüntülerinin değişim tespitinde yaygın olarak kullanılan log oranı yöntemi önerilmiştir (Dekker 1998; Bovolo ve Bruzzone 2005; Gong vd. 2012; Bovolo vd. 2013). Örneğin, çok zamanlı SAR görüntülerinin oranlanması ve oran-görüntünün logaritmik ölçeklendirilmesi, literatürdeki fark görüntüsünü elde etmek için kullanılan iki aşamadır (Dekker 1998).

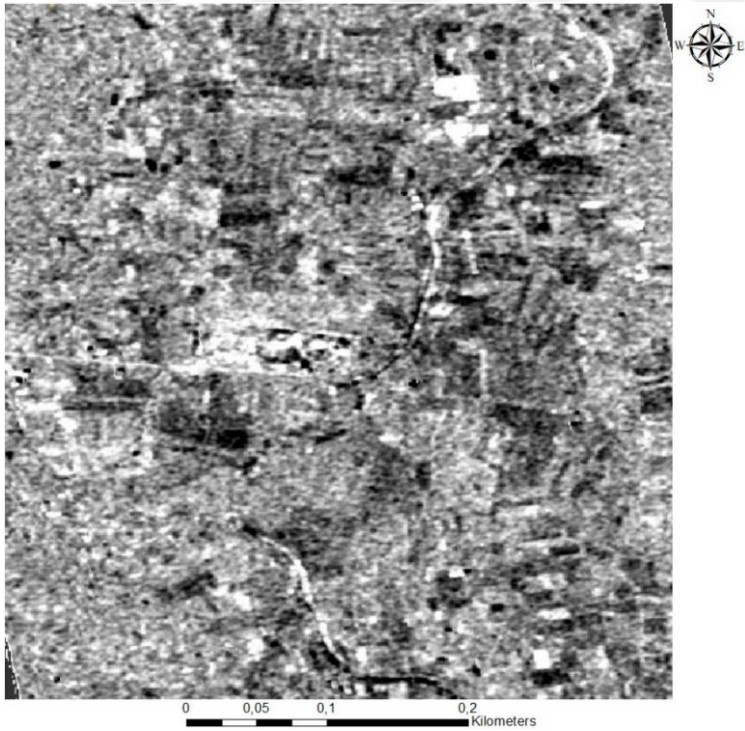
Logaritmik ölçekte temsil edilen oran operatörü, çok zamanlı SAR görüntülerini karşılaştırmak için kullanılır (Bazi vd. 2005). Literatürde fark görüntüsü elde etmek için oran operatörü yerine log oran operatörü seçilmiştir (Bovolo ve Bruzzone 2005). Logaritmik oranının performansının orandan daha iyi olduğu, SAR görüntülerinin değişim tespitine odaklanan araştırmacılar tarafından iyi bilinmektedir (Bovolo ve Bruzzone 2005; Zhuang vd. 2018; Zhuang vd. 2018). Bu nedenle, logaritmik oran, SAR görüntülerinin değişim tespitine odaklanan birçok literatürde rekabetçi yaklaşımlardan biri olarak kullanılmıştır (Gong vd. 2012; Su vd. 2014; Zhuang vd. 2018).

Zhuang vd. (2019) tarafından oran ve log oran görüntülerinin kapasiteleri hassas testlerle karşılaştırılmıştır. Log oran görüntülerinde birçok akademisyenin bir çeşit değişimden daha fazlası olduğunu gözardı ettiği anlaşılmıştır. Değişim saptama sadece yoğunluk, artan ve azalan olarak değerlendirilmiştir. Log oranın birçok karşılaştırma deneyinde orandan daha iyi performans gösterdiği görülmüştür çünkü logaritmik dönüşüm sadece çarpımsal gürültüyü toplamsal gürültüye dönüştürmekle kalmaz, aynı zamanda oranın değer aralığını da sıkıştırır.

Çalışma alanına ait VH ve VV polarizasyonunda hesaplanan logaritmik oran görüntüleri Şekil 4.15 ve 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.15. Narenciye ağaçlarının çalışıldığı bölge ve çevresine ait Logaritmik oran görüntüsü (VH)



Şekil 4.16. Narenciye ağaçlarının çalışacağı bölge ve çevresine ait Logaritmik oran görüntüsü (VV)

4.5. SAR verileriyle kontrolsüz sınıflandırma

Her sınıflandırma yöntemi için parametre seçimi önemlidir, polarimetrik veride içerikten bağımsız yansımaya modelleri, kabul edilebilir sınıf ayırımı sağlayabilecek parametrelerin elde edilmesi için kullanılabilir. Sınıflandırma işlemine geçmeden önce ara adımlar uygulanıp kontrolsüz sınıflandırma işlemine geçilmiştir. Bu aşamada H-Alpha Wishard yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde;

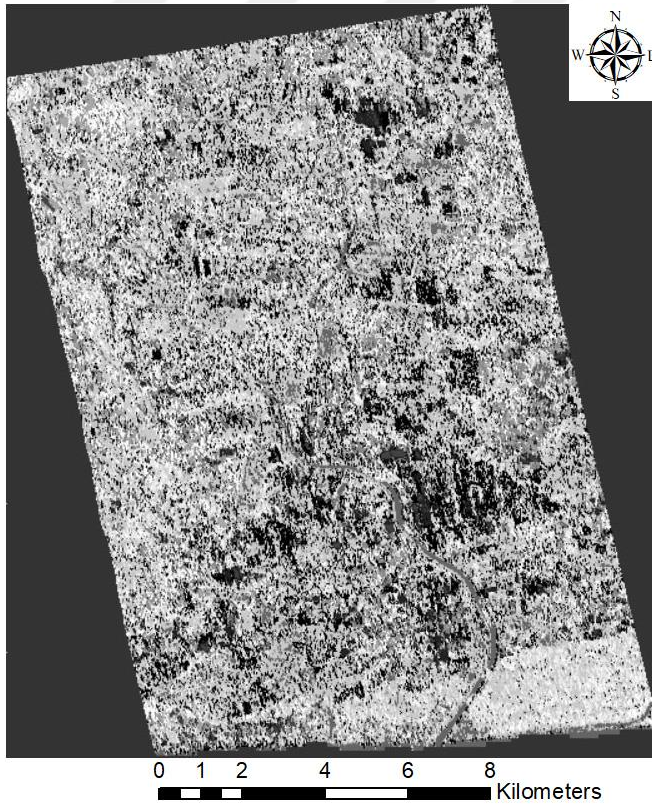
Deniz, deterministik yüzey olarak,

Şehir alanları çift yansımaya,

Bitki örtüsü üzerinde ise saçılma mekanizması daha rastlantısal ve anizotropik saçılma gösteren objelerle ilişkilendirilmiştir.

H / α ayrıştırma yöntemi, saçılma özelliklerine göre makul bir sınıflandırma sağlayabilir. Çalışmada görüntüyü birkaç bölgeye ayırmak için ilk olarak H / α ayrıştırması uygulanmıştır.

Segmentli görüntü, Wishart yöntemi için eğitim setleri olarak yeniden derecelendirilir. Uzaklık ölçüsüne dayalı olarak tüm pikseller yeniden sınıflandırılır. Yeni sınıflandırılan görüntüye göre değerler tekrar hesaplanır ve sınıfları değiştiren piksel sayısı önceden belirlenen sayıdan daha az olduğunda yineleme sona ermektedir (Şekil 4.17), (Shenglong 2015).



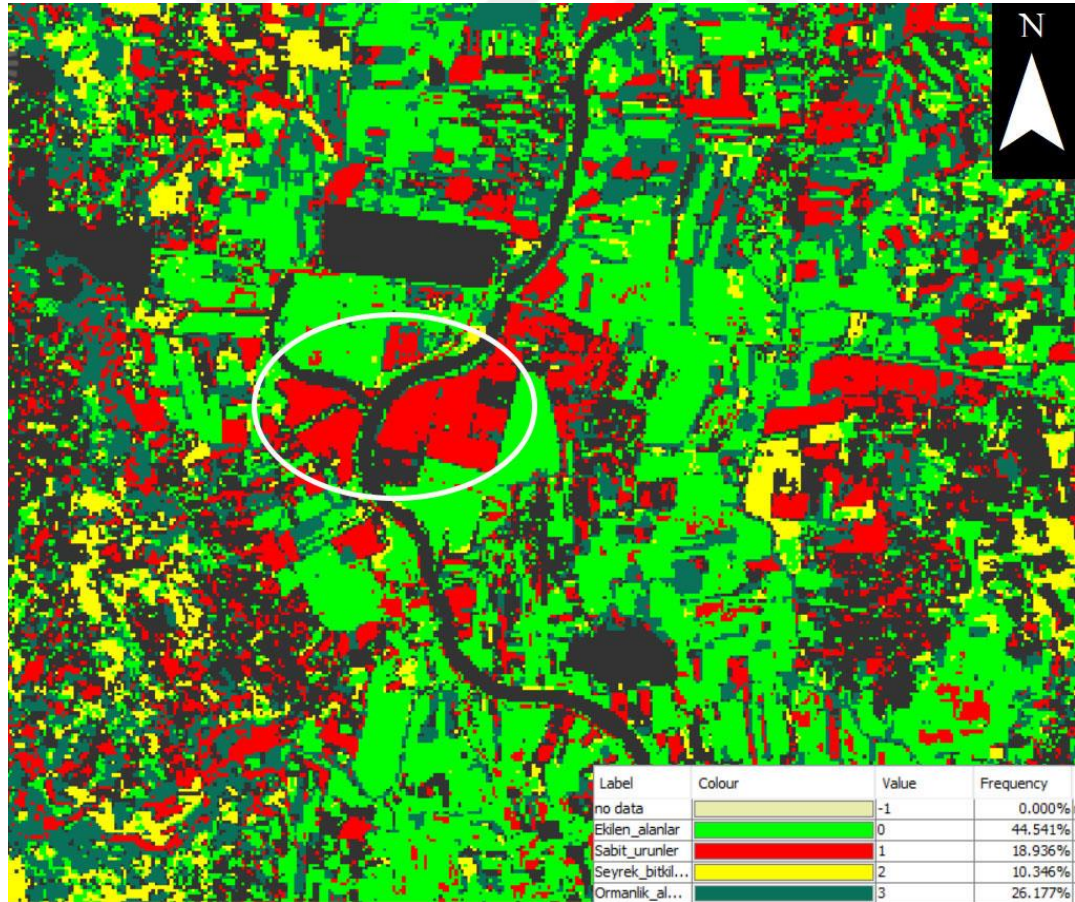
Şekil 4.17. Kontrolsüz sınıflandırma

4.6. SAR görüntüleriyle ürün izleme

Optik görüntüleri gibi yansıyan enerji değil de, mikrodalga radar atımı ışınımı geri dönüşleri kaydedildiği ve yapısal olarak farklı oldukları için SAR görüntülerini sınıflandırmak zordur. Çalışma alanını içerisindeki narenciye parsel sınırlarını elde etmek için 2015 tarihli Sentinel-2 optik görüntüsü, şehir, su, sera alanları maskelendikten sonra sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma yöntemi olarak Rastgele Orman (Breiman 2001) kullanılmıştır, işlem SNAP programında gerçekleştirilmiştir.

Rastgele orman, adından da anlaşılacağı gibi, bir topluluk olarak çalışan çok sayıda bireysel karar ağacından oluşur. Rastgele ormandaki her bir ağaç bir sınıf tahmini verir ve en çok oyu alan sınıf, modelin öngörüsü haline gelir. Rastgele ormanın ardındaki temel kavram basit ama güçlü bir kavramdır. Veri biliminde konuşulduğunda, rastgele orman modelinin bu kadar iyi çalışmasının nedeni, bir komite olarak faaliyet gösteren çok sayıda görece korelasyonsuz modelin (ağaç), bireysel kurucu modellerin herhangi birinden daha iyi performans göstermesi nedeniyledir (Yiu 2019).

SNAP programında yapılan piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma sonucunda, Şekil 4.18'den görüleceği üzere alana ait yalnızca bitki örtüsünün sınıflandırılmış bir görüntüsü elde edilmiştir. Bu aşamada çalışılan bölge ise beyaz elipsle gösterilen kısımdır.



Şekil 4.18. Çalışma alanındaki bitki örtüsünün sınıflandırılması

Sentinel 1 SAR görüntüsü ile parsel bazında izleme çalışmasının gerçekleştirilebilmesi aşamasında çalışma alanı kapsamındaki sabit ürün olarak tanımlanan parseller Sentinel-2 görüntüsü sınıflandırma sonucuna dayalı olarak, ayrıca Ikonos görüntüsü yardımıyla vektör veri olarak dijitalleştirilmiştir.

4.6.1. Narenciye parsellerine ait verilerin işlenmesi

Ürün izleme amacıyla belirlenen narenciye parselleri BATEM (Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü) ve Boztepe Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne aittir. Her bir parsel için narenciye ağaçlarının yaş, çeşit ve cinsleri ayrıca morfolojik özelliklerine ait bilgiler ilgili kurumdan yapılan yazışmalarla istenmiş ve temin edilmiştir. Ayrıca tez sürecinde, Boztepe Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ndeki her bir parsel için ağaçların öz nitelik bilgileri arazi çalışmaları ile detaylandırılmıştır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Arazi Çalışmaları

Çalışmada alana ait gerek kamu kurumlarından ve gerekse arazide yapılan çalışmalardan elde edilen veriler, coğrafi bilgi sistemleri ortamında tanımlanmış ve her bir parsel için sorgulanabilir bir veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 4.20).



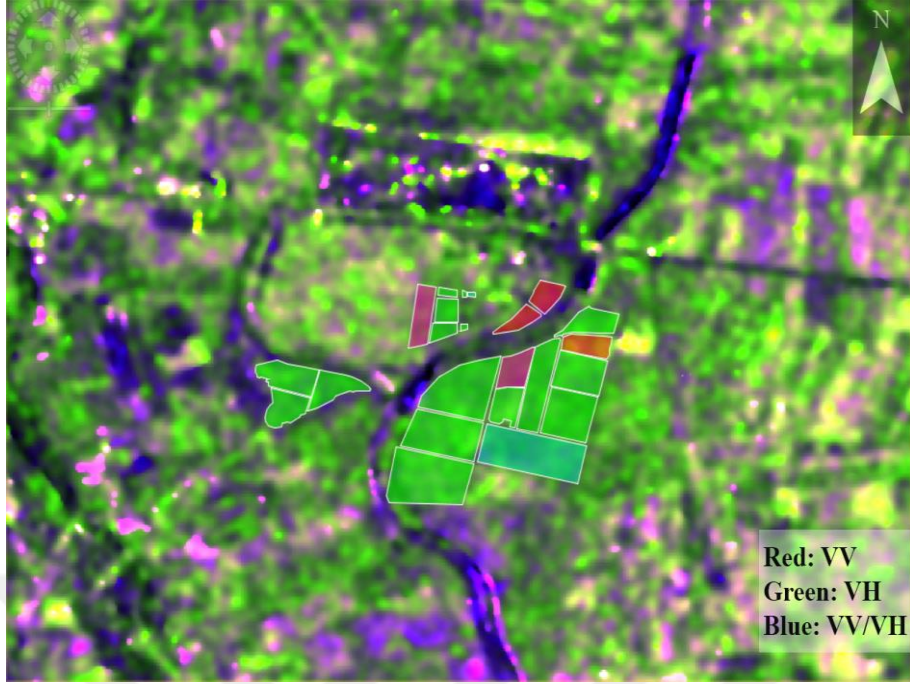
Şekil 4.20. ArcGIS ortamında parseller ve örnek parsel sorgusu

4.6.2. Narenciye parsellerinin Sentinel-1 görüntüsü üzerinden elde edilen saçılmaları

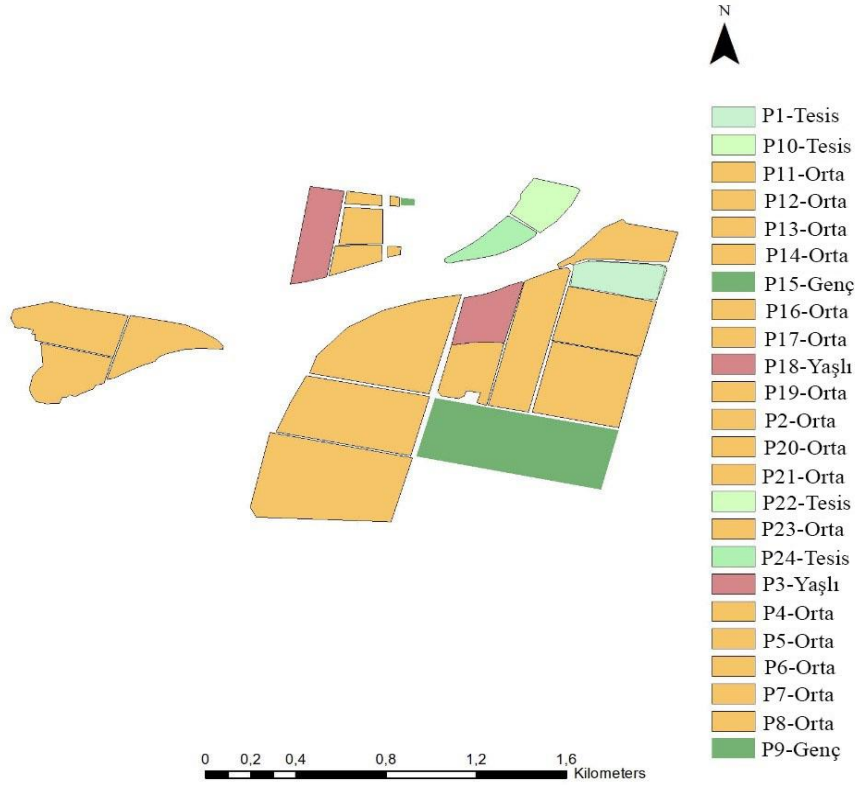
Tez çalışmasının bu aşamasında farklı yaş gruplarındaki narenciye parsellerinin SAR verisi zaman serileri ile izlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Sentinel 1A GRD (Ground Range Detected) ikili polarizasyon radar görüntülerinde 2018 ve 2015 yıllarına ait olmak üzere 12 ay için analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.21).

Bu kapsamda çalışmanın görüntü işleme adımları olan, yörünge düzeltmesi, gürültü giderme, kalibrasyon, çoklu bakış, benek filtresi, arazi düzeltmesi ve çalışma alanının çıkarılması işlemleri tamamlandıktan sonra, her bir radar görüntüsü üzerinde vektör veriler açılıp parsel bazında VV ve VH polarizasyonları için saçılma değeri istatistikleri incelenmiştir.

Çalışmada her parsel için yansıma değerleri ortalamaları VH ve VV polarizasyonların desibel değerleri için aylık olarak tesbit edilmiş ve grafikleri oluşturulmuştur. Bu işlem aşamasında İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şubesi tarafından oluşturulan ağaç dönemleri esas alınmıştır. Buna göre ağaç yaş dönemleri, 0-4 yaş tesis, 5-7 yaş genç, 8-40 yaş orta ve 41-55 yaş yaşlı olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 4.22).

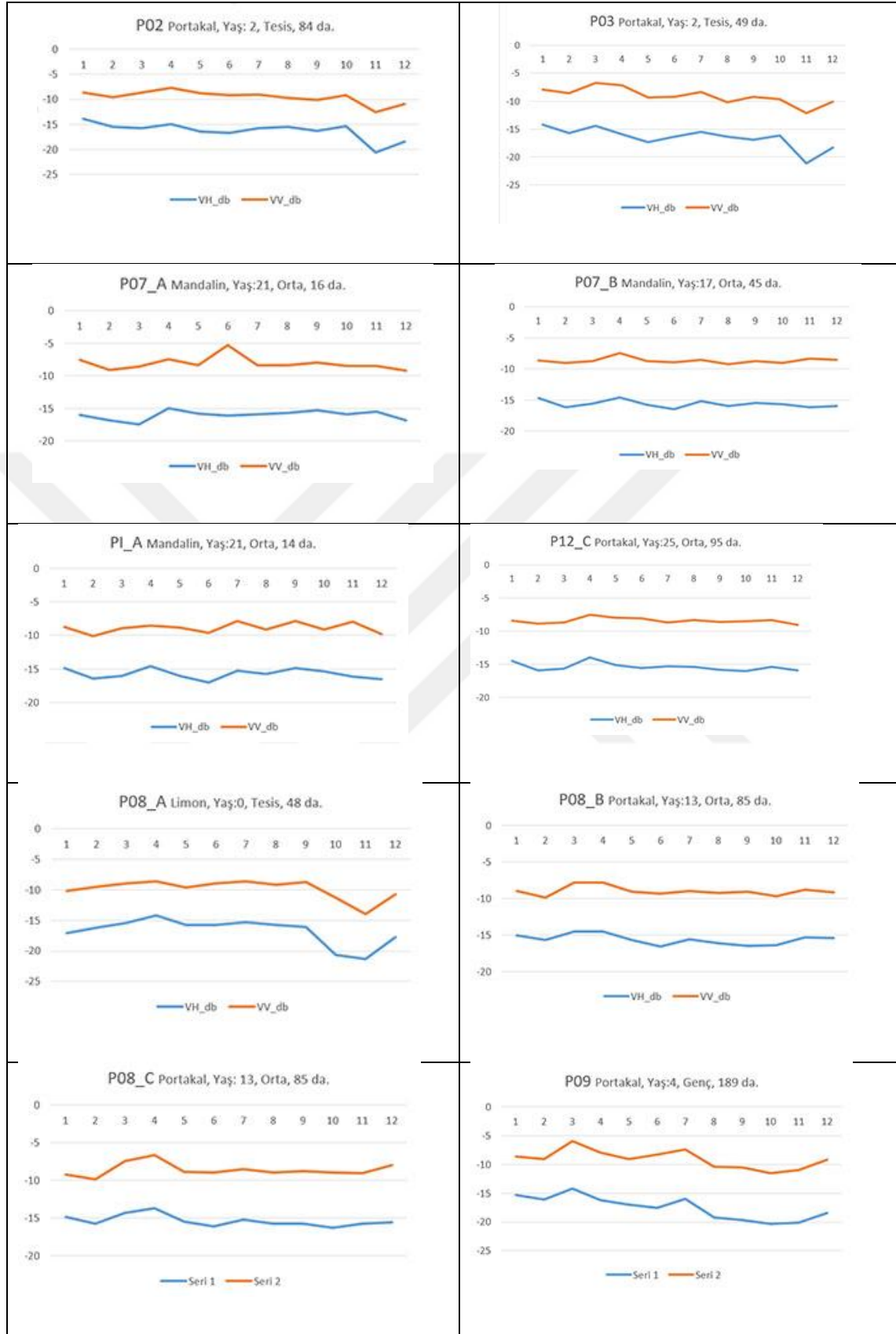


Şekil 4.21. SAR görüntüsü üzerinde parsel vektörleri



Şekil 4.22. Parsel grupları ve 2018 yılı için dönemleri

2015 ve 2018 yılı için C bandda mikrodalga saçılmasının narenciye ağaçları ile etkileşimi sonucu çalışma alanındaki parsellerin her birinde VV ve VH polarizasyonda elde edilen saçılma grafikleri aşağıda verilmiştir (Şekil 4.23, 4.24).



Şekil 4.23. 2015 yılı için her parsele ait VV ve VH polarizasyonda db yansımaları



Şekil 4.23' ün devamı



Şekil 4.23' ün devamı



Şekil 4.23' ün devamı

Şekil 4.23'den görüleceği üzere, farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gerek VV ve gerekse VH polarizasyonlarda farklı saçılmalar gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda tesis, genç, orta ve yaşlı ağaçların 12 aylık süreçteki bitki gelişim dönemleri dikkate alındığında her iki polarizasyonda artma ve azalmalar şeklinde saçılmalar gösterdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.24. 2018 yılı için her parsele ait VV ve VH polarizasyonda db yansımaları



Şekil 4.24' ün devamı



Şekil 4.24' ün devamı



Şekil 4.24' ün devamı

Elde edilen grafiklerden anlaşılacağı üzere, 2015 yılında olduğu gibi, 2018 yılında da narenciye ağaçları gelişim dönemi boyunca her iki polarizasyonda farklı saçılmalar göstermiştir.

Şekil 4.23 ve 4.24 birlikte değerlendirildiğinde ise, bir yıllık süreçlerdeki gelişim dönemlerinde farklı yaşlardaki narenciye parsellerinden elde edilen bitki saçılma grafikleri, yaş gruplarına göre her iki yılda da benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ağaçlar genel olarak en yüksek saçılma değerlerine nisan ve mayıs aylarında ulaşılırken, en düşük değerleri ise genel olarak haziran ve temmuz aylarında göstermiştir.

4.6.3. Saçılma değerlerinin Ağaç yaş dönemine göre gruplandırılarak değerlendirilmesi

Çalışmanın bu aşamasında, İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şubesi tarafından oluşturulan ağaç dönemleri esas alınarak, ağaç yaş dönemleri tesis (0-4 yaş), genç (5-7 yaş), orta (8-40 yaş) ve yaşlı (41-55 yaş) olarak sınıflandırılmış olup, VV ve VH polarizasyondaki saçılma değerleri belirlenmiştir. Bu kapsamda her iki yıl için gerçekleştirilen işlemlere göre 2015 yılına ait saçılma verileri Çizelge 4.1'de ve Şekil 4.25'te, 2018 yılına ait veriler Çizelge 4.2'de ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. 2015 yılı için ağaçların farklı yaş dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma değerleri

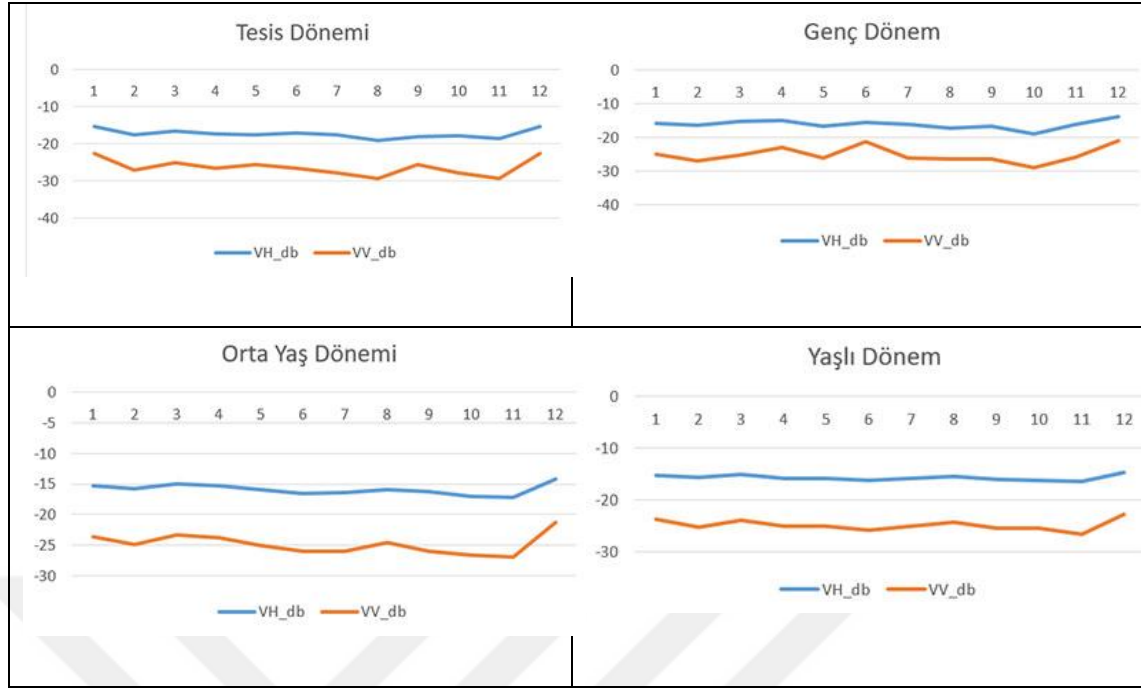
	Tesis Dönemi		Genç Dönem		Orta Yaş Dönemi		Yaşlı Dönem	
	VH_db	VV_db	VH_db	VV_db	VH_db	VV_db	VH_db	VV_db
1	-15,5645	-9,52988	-15,4013	-10,1473	-14,7113	-8,51084	-15,1177	-9,7714
2	-15,8784	-9,18908	-15,6055	-9,144	-15,5825	-8,69237	-15,5895	-9,3517
3	-15,0561	-8,03197	-15,5895	-8,91745	-14,8745	-8,03004	-15,7907	-8,821
4	-15,1664	-7,8103	-14,3573	-7,82455	-14,3744	-7,63215	-14,4874	-8,3474
5	-16,2093	-9,09872	-15,3027	-7,53165	-15,4189	-8,19599	-15,5292	-8,0738
6	-16,7316	-9,10858	-16,3435	-8,6282	-15,7406	-8,15539	-15,3367	-7,8844
7	-16,1149	-8,53638	-16,2695	-8,7533	-15,4769	-8,11055	-14,6251	-7,9023
8	-17,2859	-10,0997	-16,4006	-8,7911	-15,6973	-8,7851	-14,8835	-7,9972
9	-17,2341	-9,7493	-15,5397	-8,93415	-15,6485	-8,61912	-15,2928	-8,3947
10	-17,731	-10,3773	-15,851	-8,8796	-16,0372	-8,88333	-15,2126	-8,4799
11	-19,5297	-11,2966	-15,3371	-8,4726	-15,6019	-8,49524	-14,8822	-8,4411
12	-17,6763	-9,70568	-15,7723	-8,6439	-16,0399	-8,93537	-15,3621	-8,7682
Ort	-16,6815	-9,37779	-15,6475	-8,72232	-15,4337	-8,42046	-15,1758	-8,51943

**Şekil 4.25.** 2015 yılı için ağaçların farklı yaş dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma grafikleri

Çizelge 4.1 ve şekilden 4.24'ten görüleceği üzere, 2015 yılında Sentinel 1 verisi farklı yaş dönemlerindeki narenciye parsellerinin aylık ortalama saçılma değerlerine göre gerçekleştirilen ürün izleme çalışması sonucunda, tesis (0-4 yaş), genç (5-7 yaş), orta yaş (8-40 yaş) ve yaşlı (41-55 yaş) narenciye ağaçlarının saçılma değerlerinin, bitki yaşı ile ilişkili olan kanopi büyüklüklerine bağlı olarak nispi oranda farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. 2018 yılı için ağaçların farklı olgunluk dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma değerleri

	Tesis Dönemi		Genç Dönem		Orta Yaş Dönemi		Yaşlı Dönem	
	VH_db	VV_db	VH_db	VV_db	VH_db	VV_db	VH_db	VV_db
1	-15,3146	-7,47298	-15,8537	-8,05128	-15,258	-8,39538	-15,1933	-8,2605
2	-17,703	-9,20095	-16,3608	-9,52275	-15,8204	-9,17422	-15,7042	-9,7156
3	-16,7343	-8,22633	-15,3812	-8,49108	-14,9656	-8,3835	-15,0248	-9,3467
4	-17,371	-9,03913	-15,1141	-7,55203	-15,2726	-8,7893	-15,7407	-8,9715
5	-17,5784	-9,7951	-16,7876	-9,61798	-15,9072	-9,18487	-15,8299	-9,1535
6	-17,0347	-10,1251	-15,4766	-8,37255	-16,5722	-9,25301	-16,1381	-9,6921
7	-17,6518	-10,2162	-16,1098	-9,98873	-16,388	-9,30026	-15,8338	-9,0798
8	-19,2357	-10,4945	-17,2026	-9,38143	-15,8968	-8,73143	-15,4422	-8,7939
9	-18,0088	-8,27793	-16,6999	-10,2875	-16,2708	-9,24468	-15,9331	-9,3873
10	-17,7785	-9,8153	-18,9684	-10,054	-17,056	-9,41144	-16,191	-8,9651
11	-18,5469	-11,0116	-16,0104	-9,91468	-17,2006	-9,77419	-16,4421	-9,9009
12	-15,3065	-7,4222	-13,7259	-6,96095	-14,1907	-7,56721	-14,654	-7,8539
Ort	-17,3554	-9,25811	-16,1409	-9,01624	-15,8999	-8,93412	-15,6773	-9,0934



Şekil 4.26. 2018 yılı, ağaçların aynı gelişme periyoduna ait parsel grupları için VH ve VV polarizasyonda db yansımaları

Çizelge 4.2 ve şekil 4.26 incelendiğinde 2015 yılında ve benzer şekilde 2018 yılında da, farklı yaş dönemlerindeki (tesis, genç, orta yaş ve yaşlı), narenciye parsellerinin aylık ortalama saçılma değerlerinde bitki yaşı ile ilişkili olan kanopi büyüklüklerine bağlı olarak nispi oranda farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir.

Erickson (1968) ve Tuzcu (1990) tarafından narenciye ağaçları için farklı gelişim dönemleri durgun, çiçeklenme, meyve tutum ve meyve olum dönemleri olarak belirtilmiştir. Bu kapsamda, çalışma alanında yayılım gösteren narenciye ağaçlarının farklı fizyolojik gelişim dönemleri olarak, şubat ve mart ayları durgun dönem, nisan ve mayıs ayları çiçeklenme dönemi, haziran ve temmuz ayları meyve tutum dönemi ile kasım ve aralık ayları meyve olum dönemi olarak belirlenmiştir.

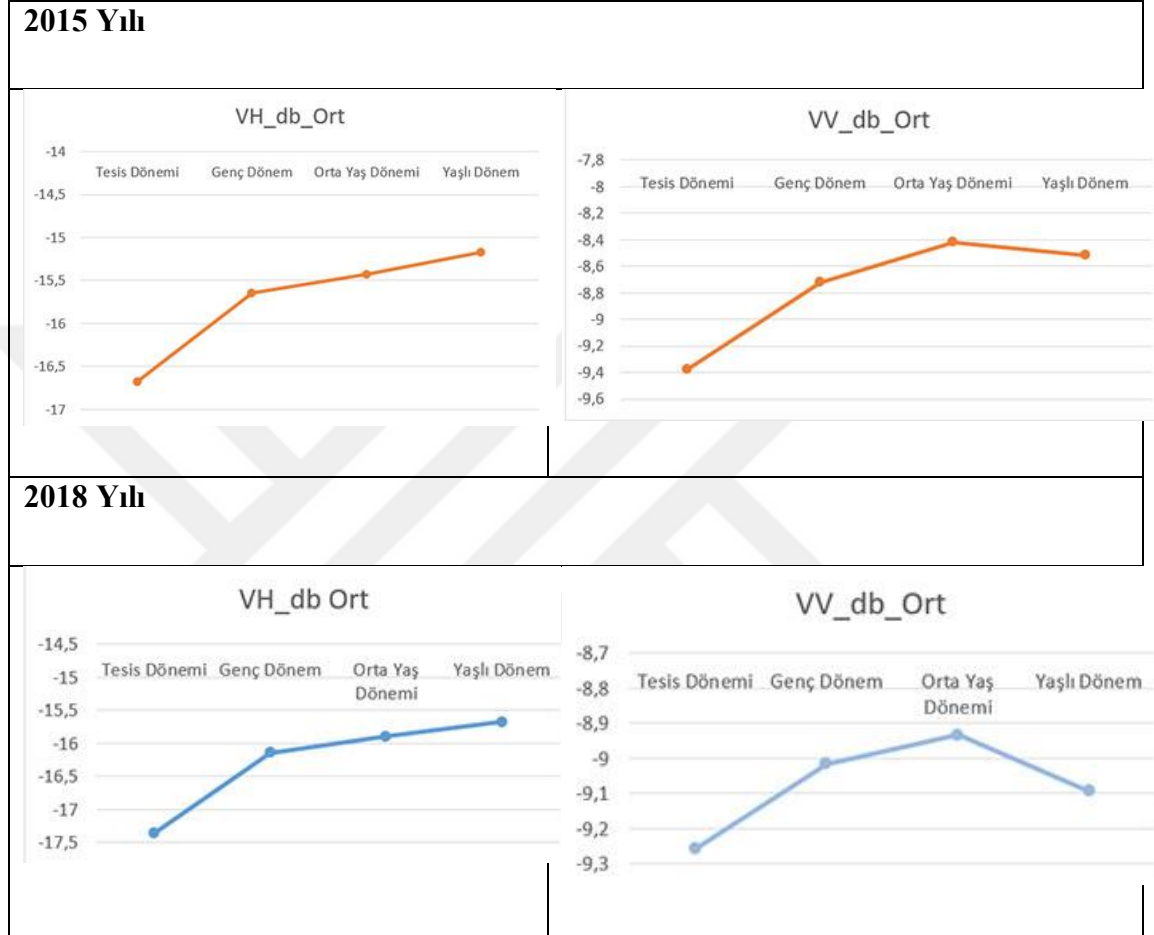
İlgili literatüre göre, bitki gelişim dönemleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda Çizelge ve şekiller genel olarak incelendiğinde, gerek VH ve gerekse VV polarizasyonlarında tüm ağaçların çiçeklenme-dönemi ve meyve tutum döneminin başlangıcında yüksek saçılmalar gösterdiği, meyve olum sonu-durgun dönemde ise düşük saçılmalar gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Farklı yaş guruplarındaki bitkilerin çiçeklenme döneminde verdikleri bu yüksek saçılmanın nedeni ağaçların yoğun çiçekle kaplı olması ve kanopide çok fazla yüzey pürüzlülüğünün olmasından dolayıdır. Diğer yandan bitki meyve olum sonu ve durgun dönemlerde ise gerek meyvelerin uniform yapısı ve gerekse üniform dağılımları nedeni ile daha az saçılmalar göstermiştir.

Çizelgelerden ve şekillerden de anlaşılacağı üzere bitki yaşının saçılma üzerine kanopi büyüklüğüne bağlı olarak etkili olduğu ortaya çıkmış olmakla birlikte,

saçılmadaki farklılığın bitkinin fizyolojik gelişim dönemlerinde de bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca Şekil 4.27’de 2015 ve 2018 yılları için ağaçların farklı yaş dönemlerine ait VV ve VH polarizasyonda db yansıma grafikleri 12 aylık sürecin ortalaması alınarak oluşturulmuştur.



Şekil 4.27. 2015 ve 2018 yılları, ağaçların aynı gelişme periyoduna ait parsel grupları içerisinde VH ve VV polarizasyonda yıllık ortalama db yansımaları

Şekil 4.27’den görüldüğü gibi bitki yaşının artmasına bağlı olarak saçılmada da artışın meydana geldiği görülmektedir. Bununla birlikte VV polarizasyonunda yaşlı ağaçlarda saçılmada azalma tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 2018 yılında VV polarizasyonunda yaşlı ağaçlardaki saçılmada azalma 2015 yılına göre daha belirgin olmuştur.

Bitki yoğunluğu, biyokütle tahmininde önemli bir parametredir ve bu da küresel çevresel izleme için çok önemlidir. SAR sinyali, bitki örtüsünün yapısına, boyutuna, yönelimine ve yaprakların, dalların ve gövdelerin nem içeriğine duyarlı olup, orman yoğunluk haritalaması için çok kullanışlıdır. SAR sinyali ile bitki örtüsü arasındaki etkileşim, doğası gereği hacimseldir. Bu nedenle, belirli bir çözünürlük hücresindeki bitki

örtüsü hacminin fraksiyonu, SAR sinyali üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Patel vd. 2006).

Bitki örtüsünün büyüme aşamasındaki dikey yapısı veya sağlığı VV polarize görüntülerle belirlenebilmektedir. Ayrıca VH polarizasyonu bitki örtüsü hacmine ve yapısına duyarlıdır. Benzer polarize SAR sinyaliyle karşılaştırıldığında, çapraz polarize SAR sinyalinin, bitki örtüsü hacmi içinde gelen sinyalin çoklu yansıması sırasında meydana gelen sinyalin depolarizasyonu nedeniyle bitki örtüsünün hacmine daha duyarlı olması muhtemeldir (Patel vd. 2006). Bu kapsamda çalışma alanında narenciye ağaçlarının yıllık ortalama yansıma değerleri incelendiğinde bitki biyokütlesi ile ilişkili olarak VH polarizasyondaki yansımaların daha anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır (Şekil 4.27).

Dobson vd. (1992), bir sinyalin bir orman örtüsüne nüfuz etme derinliğinin, yaprak örtüsüyle kaplı alanla meydana gelen etkileşim derecesine göre belirlendiğini gözlemlemiştir. Araştırmacılar, C ve X bandı mikrodalga frekanslarının (5 ve 3 cm dalga boyları), üst kanopinin yaprakları ve dalları ile daha güçlü etkileşime girdiğini, P ve L bandı sinyallerinin (68 ve 24 cm dalga boyu) bitki örtüsünün alt kanopisine nüfuz ettiğini, L bandının çoğunlukla gövdeye kadar nüfuz ederken P bandının ise hem gövde hem de zemin ile daha güçlü bir şekilde etkileştiğini ifade etmişlerdir.

Sentinel 1 uyudusunun C bandı kullanılarak yürütülen bu çalışmada, Şekil 4.27'den de görüleceği üzere, ağaçların dikey yapısı veya sağlığı ile ilişkili olan VV polarizasyonu bir aşamaya kadar bunu destekleyici nitelikte bulunmuştur. Bilindiği üzere genç narenciye parsellerine göre daha büyük boya sahip olan yaşlı ağaçlarda daha yüksek saçılma beklenirken, bu bandda ve bu polarizasyonda tatmin edici bir sonuca ulaşılamamıştır. Çalışmada pek çok literatürde de belirtildiği üzere bitki yüksekliğinin tahmininde X ve L bandı SAR görüntülerine ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır.

4.7. SAR Verileri ile ürün izlemede istatistiksel analizler

Çalışmada planlandığı üzere, 2015 ve 2018 yıllarına ait Yapay Açıklıklı Radar (SAR) verilerinin VV (düşey) ve VH (düşey-yatay) farklı iki polarizasyonda ürün izlemede kullanımı ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda farklı yaşlardaki narenciye ağaçlarının izlenmesinde SAR verilerinin VV ve VH olarak farklı iki polarizasyondaki verileri çalışma alanı içerisinde yaş gruplarına göre yıl içerisinde aylık olarak ve yaş ile aylık verilerin ortalamalarının aralarındaki etkileşimler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada Sentinel 1 Uyudusundan elde edilen 2015 ve 2018 yıllarına ait verilerde istatistiksel analizler SAS programı kullanılarak yapılmıştır. Bu kapsamda SAR görüntülerinde VV ve VH polarizasyonda ay bazında elde edilen saçılmalarla, ortalama değerler arasındaki farklar göz önüne alınarak Duncan testi ile Varyans analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanında dağılım gösteren farklı yaşlardaki tüm ağaçlarda detaylı olarak yürütülen istatistiksel analizlerde ağaç yaş grupları, 1 den 10'a kadar kategorize edilmiş ve bu gruplar 1 (0-3 yaş), 2(3-5 yaş), 3(5-10 yaş), 4(10-14 yaş), 5(14-16 yaş), 6(16-19)

yaş, 7(20 yaş), 8(20-22 yaş), 9(22-25 yaş), 10(25+) olarak analiz işlemi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.3).

4.7.1. Narenciye ağaçlarında (SAR) verilerinin VV ve VH farklı iki polarizasyonda yaş gruplarına göre istatistiksel ilişkiler

Çizelge 4.3 incelendiğinde, narenciye ağaçlarının farklı gelişim dönemlerinde olan yaş grupları ile 2015 yılı içerisinde SAR verilerinin VV (düşey) polarizasyonda aylık olarak farklı saçılma değerleri göstermiş olup bu değerler -6,407 ile -11,087 arasında değişmiştir. 2015 yılı içerisinde VV polarizasyon saçılma değerleri yaş grupları ve aylık değerlendirmelerde istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunurken, yaş grupları ve aylık ortalama saçılma değerleri arasındaki etkileşim istatistiksel olarak (0,044) ile % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3'te verilen narenciye ağaçlarının yaş gruplarına göre yıl içerisindeki VV polarizasyonda aylık saçılma değerlerinin ortalamaları incelendiğinde, en düşük saçılma değerleri ortalaması (-9,424) ile 1. yaş grubundaki (0-3 yaş) narenciye ağaçlarında, en yüksek saçılma değeri ortalaması (-8,050) ise 5. yaş grubundaki (14-16 yaş) narenciye ağaçlarında elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre bitkilerde en düşük saçılma 3 yaşına kadar olan narenciye tesis parsellerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum daha önce de açıklandığı üzere bu alanda toprak saçılmasının da etkili olduğunu göstermektedir. Orta yaşlardaki narenciye ağaçlarında görülen en yüksek saçılma ise VV polarizasyonunun bitki yüksekliği ve sağlık durumuna duyarlılığı dikkate alındığında verime yatmış bu ağaçlarda beklenen bir durumdur.

Narenciye ağaçlarının yaş gruplarına göre elde edilen saçılma değerleri ortalamaları değerlendirildiğinde ise, 1.yaş grubu (0-3 yaş) ve 2.yaş grubu (3-5 yaş) aynı grup içerisinde olmak üzere, 4.yaş grubu (10-14 yaş) ve 5.yaş grubu (14-16 yaş) narenciye ağaçlarında diğer yaş grubu narenciye ağaçlarına göre önemli farklılıklar göstermiştir. Diğer 3. ve 6. yaş grupları ile 7,8,9 ve 10.yaş grupları narenciye ağaçları ise aynı gruplar içerisinde yer almış ve diğer yaş grupları ile istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir.

Yapılan değerlendirmede 0-5 yaşındaki narenciye ağaçlarının VV polarizasyonunda benzer saçılmalar göstererek aynı grupta yer aldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca 10-16 yaşındaki narenciye ağaçları da diğer yaş gruplarına göre farklı saçılmalar göstererek ayırdedici olmuştur. Elde edilen bir başka sonuç ise, 16 yaşından sonraki tüm ağaçların istatistiksel olarak aynı grupta yer alması ve bu kapsamda VV polarizasyonunda benzer saçılmalar göstermesidir.

Narenciye ağaçlarında SAR saçılma verilerinin VV polarizasyonda aylık olarak (gelişim dönemlerine göre) ortalamaları incelendiğinde ise, en düşük saçılma değeri ortalaması (-9,049) ile 8. ayda, en yüksek saçılma değeri (-7,734) ile 4. ayda elde edilmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre bitkiler en yüksek saçılmayı narenciye ağaçlarının çiçeklenme döneminde vermişlerdir. En düşük saçılma ise meyve tutum döneminde gerçekleşmiştir.

Yapılan analizde bitkinin 4. aydaki saçılma değeri en yüksek ortalama değer ile diğer aylardan önemli derecede farklılık göstermiş olup, çiçeklenme ve meyve tutum

dönemlerine denk gelen 5,6 ve 7. aylar ortalamaları, durgun ve meyve olum dönemlerine gelen 1,2,8,9,10,11 ve 12. aylar ortalamaları ile durgun döneme denk gelen 3.ay ortalaması kendi içerisinde aynı grup içerisinde yer almış ve istatistiksel olarak kendi aralarında ve diğer gruplar ile önemli bir farklılık göstermemiştir. Bu sonuçlara göre, VV polarizasyonunda bitkinin çiçeklenme ve meyve tutum dönemleri kendi içerisinde aynı grupta yer alırken, durgun ve meyve olum dönemlerinin de kendi içerisinde aynı grupta yer aldığı ve bitkilerin bu dönemlerde benzer saçılmalar gösterdikleri söylenebilmektedir.



Çizelge 4.3. 2015 yılı içerisinde aylık VV radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişimi üzerine etkisi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama Y
1.Yaş Grubu	10.143	-9.350	-8.863	-7.720	-8.867	-9.423	-8.947	-10.240	-9.997	-9.903	-10.227	-9.407	-9.424 E
2.Yaş Grubu	-9.410	-9.563	-6.860	-8.200	-8.830	-8.817	-8.200	-10.217	-10.073	-10.200	-11.087	-9.267	-9.227 E
3.Yaş Grubu	-8.717	-8.390	-8.290	-7.490	-7.990	-8.367	-8.023	-8.913	-8.333	-9.030	-8.487	-8.500	-8.378 AB
4.Yaş Grubu	-9.037	-9.610	-8.030	-7.493	-8.867	-9.057	-8.667	-9.100	-8.950	-9.397	-8.873	-8.713	-8.816 D
5.Yaş Grubu	-8.130	-8.063	-7.983	-7.500	-7.773	-7.670	-6.877	-8.763	-8.650	-8.623	-8.163	-8.407	-8.050 A
6.Yaş Grubu	-8.563	-7.760	-6.407	-7.347	-7.900	-7.470	-8.403	-8.577	-9.010	-8.767	-8.540	-9.570	-8.193 AB
7.Yaş Grubu	-8.157	-8.630	-7.960	-7.810	-8.500	-7.833	-8.553	-9.033	-9.007	-8.897	-8.397	-8.927	-8.475 DC
8.Yaş Grubu	-8.997	-9.503	-8.907	-7.810	-8.243	-8.853	-8.230	-8.510	-8.153	-9.023	-8.390	-9.017	-8.636 DC
9.Yaş Grubu	-9.080	-8.990	-8.840	-7.987	-7.817	-8.107	-8.197	-8.990	-8.680	-8.920	-8.760	-9.120	-8.624 DC
10.Yaş Grubu	-8.917	-9.123	-8.677	-7.987	-7.980	-8.107	-8.293	-8.150	-8.300	-8.273	-8.317	-8.980	-8.425 BC
Ortalama A	-8.915 c	-8.898 c	-8.082 ab	-7.734 a	-8.277 b	-8.370 b	-8.239 b	-9.049 c	-8.915 c	-9.103 c	-8.924 c	-8.991 c	
Önemlilik (2015_VV)					Yaş; 1:0-3 yaş, 2: 3-5 yaş, 3: 5-10 yaş, 4: 10-14 yaş, 5: 14-16 yaş, 6: 16-19 yaş								
Yaş (Y), Aylık (A), Yas x Aylık			***, ***, *			7: 20 yaş, 8: 20-22 yaş, 9: 22-25 yaş, 10: 25+ yaş,							
Büyük harfle gösterilen değerler, narenciye ağaçlarının farklı yaş grupları arasındaki farklılığı göstermektedir.													
Küçük harfle gösterilen değerler farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının aylık saçılmalar arasındaki farklılığı göstermektedir.													
*, **, ***, % 5, %1, %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir.													
öd: istatistiksel olarak önemsiz.													

Narenciye ağaçlarının farklı gelişim dönemlerinde olan yaş grupları ile 2015 yılı içerisinde SAR verilerinin VH polarizasyonda aylık olarak saçılma değerleri incelendiğinde ise elde edilen değerler -12,540 ile -19,930 arasında değişmiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre 2015 yılı içerisinde VH polarizasyon saçılma değerleri yaş grupları ve aylık değerlendirmelerde istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunurken, yaş grupları aylık ortalama saçılma değerleri arasındaki etkileşim % 0,1 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4'ten görüleceği üzere, narenciye ağaçlarının yaş gruplarının yıl içerisindeki aylık saçılma değerlerinin ortalamaları en düşük -17,095 ile 1.yaş grubundaki (0-3 yaş) narenciye ağaçlarında, en yüksek -14,940 ile 6. yaş grubundaki (16-19 yaş) narenciye ağaçlarında elde edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bitkilerde en düşük saçılma 3 yaşına kadar olan narenciye tesis parsellerinde ortaya çıkmış olup, sözkonusu bu durum daha önce de açıklandığı üzere genç tesis bahçelerinde toprak saçılmasının da etkili olduğunu göstermektedir. Bu parsellerde ağaç henüz yeterince gelişmediği için toprak örtüsü baskın durumdadır. Orta yaşlardaki narenciye ağaçlarında görülen en yüksek saçılmanın nedeni ise VH polarizasyonunun bitki biyokütlesine duyarlı olmasından dolayıdır. Elde edilen bu sonuçlar verime yatmış ağaçlarda beklenen bir durumdur.

Çalışmada VH polarizasyonunda yaş gruplarına göre elde edilen saçılma değerleri ortalamaları incelendiğinde ise, 6. yaş grubunda yer alan (16-19 yaş) narenciye ağaçları en yüksek saçılma değeri vermiş, 1.yaş grubu (0-3 yaş) ve 2.yaş grubu (3-5 yaş) narenciye ağaçları farklı gruplarda yer almış ve bu gruptaki ağaçlar diğer yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarından istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermişlerdir. Diğer 3,4,5,7,8,9,10.yaş grubu narenciye ağaçları ise aynı grup içerisinde yer alarak istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir. Yapılan değerlendirmede 0-3 ve 3-5 yaşındaki narenciye ağaçlarının VH polarizasyonda farklı saçılmalar değerleri göstererek farklı grupta yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu sonuç tesis parseli niteliğindeki 0-3 yaşındaki parsellerde toprak saçılma etkisinin fazla olduğunu, 3-5 yaşındaki ağaçlarda ise bu etkinin azaldığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuç VH polarizasyonun duyarlılığını ortaya koymaktadır. Ayrıca yapılan analizlerde VH polarizasyonunda 16-19 yaşındaki narenciye ağaçlarının diğer yaş gruplarına göre yüksek saçılma göstererek ayırtedici olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç ise verime yatmış narenciye ağaçlarında saçılmanın diğerlerine göre daha fazla olduğunu göstermektedir.

Narenciye ağaçlarında Yapay Açıklıklı Radar (SAR) saçılma verilerinin VH (düşey-yatay) polarizasyonda aylık olarak (gelişim dönemlerine göre) ortalamaları incelendiğinde ise, en düşük saçılma değeri ortalaması (-16,258) ile 10. ayda, en yüksek saçılma değeri (-14,579) ise 4. ayda elde edilmiştir. 4. aydaki saçılma değeri en yüksek ortalama değer ile 1 ve 3. aylar ortalamaları ile aynı grup içerisinde yer alarak diğer aylardan önemli derecede farklılık göstermiştir. Diğer 5.ay ayrı grupta, 2, 6 ve 7.aylar, 8,9 ve 10,11 ve 12. Aylar verileri kendi içerisinde aynı gruplar içerisinde yer almış ve istatistiksel olarak önemli bir fark göstermemiştir. Elde edilen bu bulgulara göre bitkiler en yüksek saçılmayı VV polarizasyonunda olduğu gibi narenciye ağaçlarının çiçeklenme döneminde vermişlerdir. En düşük saçılma ise yine VV polarizasyonunda olduğu gibi meyve tutum döneminde ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.4. 2015 yılı içerisinde aylık VH radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişim üzerine etkisi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama Y
1.Yaş Grubu	-15.620	-15.770	-15.420	-14.877	-15.723	-16.950	-16.643	-17.480	-16.940	-16.427	-18.227	-17.203	-16.440 C
2.Yaş Grubu	-16.217	-16.213	-14.633	-15.893	-17.377	-17.010	-16.263	-17.967	-18.007	-18.253	-19.930	-17.380	-17.095 D
3.Yaş Grubu	-14.967	-15.747	-15.020	-14.363	-15.730	-15.970	-16.380	-15.887	-15.343	-15.923	-16.247	-16.137	-15.643 B
4.Yaş Grubu	-15.093	-15.603	-14.700	-14.547	-15.740	-16.607	-15.707	-16.170	-16.190	-16.437	-15.433	-15.677	-15.659 B
5.Yaş Grubu	-15.057	-15.593	-15.237	-14.413	-15.527	-15.650	-15.413	-15.210	-15.343	-16.550	-14.940	-15.633	-15.381 B
6.Yaş Grubu	-13.543	-13.907	-12.540	-13.620	-14.787	-15.030	-15.247	-15.757	-16.350	-16.173	-15.683	-16.647	-14.940 A
7.Yaş Grubu	-14.907	-15.613	-15.133	-14.567	-15.937	-16.250	-15.463	-15.960	-15.903	-15.737	-15.780	-15.787	-15.586 B
8.Yaş Grubu	-14.873	-16.003	-15.867	-14.350	-15.523	-16.323	-15.497	-15.387	-15.083	-16.097	-15.877	-16.247	-15.594 B
9.Yaş Grubu	-14.963	-16.277	-15.517	-14.663	-14.837	-15.120	-15.380	-16.260	-15.527	-15.630	-15.170	-16.107	-15.454 B
10.Yaş Grubu	-14.890	-15.933	-15.763	-14.493	-15.230	-15.247	-14.973	-15.140	-15.253	-15.353	-15.267	-15.680	-15.269 AB
Ortalama A	-15.013 a	-15.666 bc	-14.983 a	-14.579 a	-15.641 b	-16.016 bc	-15.697 bc	-16.122 cd	-15.994 cd	-16.258 d	-16.255 d	-16.250 d	
Önemlilik (2015_VH)					Yaş; 1:0-3 yaş, 2: 3-5 yaş, 3: 5-10 yaş, 4: 10-14 yaş, 5: 14-16 yaş, 6: 16-19 yaş								
Yaş (Y), Aylık (A), Yaş x Aylık			***, ***, ***		7: 20 yaş, 8: 20-22 yaş, 9: 22-25 yaş, 10: 25+ yaş,								
Büyük harfle gösterilen değerler, narenciye ağaçlarının farklı yaş grupları arasındaki farklılığı göstermektedir.													
Küçük harfle gösterilen değerler farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının aylık saçılmalar arasındaki farklılığı göstermektedir.													
*, **, ***, % 5, %1, %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir. öd: istatistiksel olarak önemsiz.													

4.7.2. 2018 yılı için narenciye ağaçlarında radar VV ve VH polarizasyonların yaş ve aylık olarak ilişkileri

Çizelge (4.4)'de çalışma alanındaki narenciye ağaçlarının farklı gelişim dönemlerinde olan yaş grupları ile 2018 yılı içerisinde SAR verilerinin VV polarizasyonda aylık olarak farklı saçılma değerleri gösterilmiş olup bu değerler -6,310 ile -11,752 arasında değişmiştir. 2018 yılı içerisinde VV polarizasyon saçılma değerleri yaş grupları ve aylık değerlendirmelerde istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunurken, yaş grupları ve aylık ortalama saçılma değerleri arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Narenciye ağaçlarının yaş gruplarının yıl içerisindeki aylık saçılma değerleri incelendiğinde ise, en düşük saçılma değeri ortalaması -9,656 ile 2. yaş grubundaki (3-5 yaş) narenciye ağaçlarında, en yüksek saçılma değeri -8,542 ile 6. yaş grubunda (16-19 yaş) elde edilmiştir. Yaş gruplarına göre elde edilen saçılma değerlerine göre, 6. yaş grubu (16-19 yaş) ve 7. yaş grubu (20 yaş) en yüksek değerle ile aynı grup içerisinde, 2. yaş grubu (3-5 yaş) farklı grup içerisinde yer alarak diğer yaş gruplarından istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermiştir. Diğer yaş grupları (1, 3, 4, 5, 8, 9, 10) ise kendi aralarında istatistiksel olarak bir önemli farklılık göstermeyip aynı grup içerisinde yer almıştır.

Elde edilen bu sonuçlara göre bitkilerde en düşük saçılma 2015 yılında elde edilen verilerle paralellik göstererek 3-5 yaş grubunda olan narenciye tesis-geçen parsellerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum, bu alanda toprak saçılmasının da etkili olduğunu göstermektedir. Yine orta yaşlardaki narenciye ağaçlarında görülen en yüksek saçılma ise VV polarizasyonunun bitki yüksekliği ve sağlık durumuna duyarlılığı dikkate alındığında verime yatmış bu ağaçlarda beklenen bir durumdur.

Narenciye ağaçlarında 2018 yılına ait SAR saçılma verilerinin VV polarizasyonda aylık olarak (gelişim dönemlerine göre) ortalamaları incelendiğinde ise en düşük saçılma değeri ortalaması -10,024 ile 11. ayda, en yüksek saçılma değeri -7,421 ile 12. ayda elde edilmiştir. 12. aydaki saçılma değeri en yüksek ortalama değer ve 11. aydaki saçılma değeri en düşük ortalama değer ile diğer aylardan önemli derecede farklılık göstermiştir. 1 ve 3. aylar ortalamaları, 2, 5, ve 7. aylar ortalamaları, 6 ve 9. aylar ortalamaları ise kendi içerisinde aynı gruplar içerisinde yer almış ve kendi içerisinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. VV polarizasyonda saptanan aylık en düşük ortalama değer meyve tutum döneminde gerçekleşmiştir. Bu dönemde meyve yapısından kaynaklanan saçılma karakteristiği geri dönen sinyalin düşük değerde olmasına sebep olmaktadır. En yüksek saçılma karakteristiği de daha önceki yılda çiçeklenme döneminde saptanmasına rağmen bu yılda durgunluk dönemi olarak gözlenmektedir. Bunun sebebi 2018 yılının Aralık ayında görüntünün alındığı tarihte yağışın yüksek olmasıdır, bu durum saçılma karakteristiğini değiştirmiştir.

Çizelge 4.5. 2018 yılı içerisinde aylık VV radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişim üzerine etkisi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama Y
1.Yaş Grubu	-7.423	-9.445	-11.096	-7.088	-9.233	-7.919	-9.520	-9.904	-10.105	-9.429	-10.658	-7.667	-9.124 AB
2.Yaş Grubu	-7.753	-10.834	-11.138	-7.520	-10.011	-9.185	-7.963	-9.655	-9.689	-11.752	-9.755	-10.615	-9.656 C
3.Yaş Grubu	-8.140	-10.026	-9.756	-7.195	-9.508	-8.501	-7.977	-9.718	-8.400	-9.814	-9.820	-10.237	-9.091 AB
4.Yaş Grubu	-8.159	-9.853	-9.898	-7.743	-9.114	-8.530	-8.815	-9.157	-9.519	-9.507	-8.682	-9.363	-9.028 AB
5.Yaş Grubu	-8.110	-9.819	-10.324	-6.310	-9.612	-9.749	-8.003	-9.608	-10.001	-9.935	-9.526	-9.918	-9.243 BC
6.Yaş Grubu	-8.588	-9.365	-8.808	-7.960	-8.137	-8.073	-7.815	-9.425	-8.838	-9.163	-8.439	-7.897	-8.542 A
7.Yaş Grubu	-8.431	-9.120	-9.675	-7.037	-8.712	-7.051	-8.842	-8.612	-8.346	-9.220	-8.024	-9.440	-8.543 A
8.Yaş Grubu	-7.688	-9.460	-10.335	-7.365	-9.557	-7.940	-8.889	-9.392	-9.273	-8.995	-8.756	-9.377	-8.919 AB
9.Yaş Grubu	-8.568	-9.375	-9.611	-7.816	-9.411	-7.899	-9.185	-9.006	-9.614	-9.357	-8.818	-9.550	-9.017 AB
10.Yaş Grubu	-8.624	-8.863	-9.601	-8.172	-9.625	-9.589	-9.645	-9.112	-9.461	-8.837	-8.579	-9.016	-9.094 AB
Ortalama A	-8.149 b	-9.292 d	-8.444 b	-8.665 bc	-9.359 d	-9.325 d	-9.601 de	-9.106 cd	-9.308 d	-9.616 de	-10.024 e	-7.421 a	
Önemlilik (2018_VV)					Yaş; 1:0-3 yaş, 2: 3-5 yaş, 3: 5-10 yaş, 4: 10-14 yaş, 5: 14-16 yaş, 6: 16-19 yaş								
Yas (Y), Aylık (A), Yas x Aylık			***, ***, öd			7: 20 yaş, 8: 20-22 yaş, 9: 22-25 yaş, 10: 25+ yaş,							
Büyük harfle gösterilen değerler, narenciye ağaçlarının farklı yaş grupları arasındaki farklılığı göstermektedir.													
Küçük harfle gösterilen değerler farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının aylık saçılmalar arasındaki farklılığı göstermektedir.													
*, **, ***, % 5, %1, %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir. öd: istatistiksel olarak önemsiz.													

2018 yılı içerisinde çalışma alanındaki narenciye ağaçlarının farklı gelişim dönemlerinde olan yaş grupları ile SAR verileri VH polarizasyonda aylık olarak farklı saçılma değerleri göstermiş olup bu değerler -20,022 ile -14,065 arasında değişmiştir. 2018 yılı içerisinde VH polarizasyon saçılma değerleri yaş grupları ve aylık değerlendirmelerde istatistiksel olarak %0,1 düzeyinde önemli bulunurken, yaş x aylık saçılma değerleri arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Deneme parsellerinde 2018 yılı için narenciye ağaçlarının yaş gruplarının yıl içerisindeki aylık saçılma değerlerinin ortalamaları incelendiğinde, en düşük saçılma değeri -17,591 ile 2 yaş grubundaki (3-5 yaş) narenciye ağaçlarında, en yüksek saçılma değeri -15,434 ile 10. yaş grubunda (25+ yaş) elde edilmiştir.

Yaş gruplarına göre elde edilen bu saçılma değerleri ortalamasına göre, 10. yaş grubu (25+ yaş) en yüksek ortalama değer ve 3.yaş grubu (5-10 yaş) ile 2. yaş grubu (3-5 yaş) aynı grup içerisinde, 3. yaş grubu (5-10 yaş) farklı gruplar içerisinde yer alarak diğer yaş gruplarından istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir. Diğer yaş grupları (4, 5, 6, 7, 8, 9) ise kendi aralarında istatistiksel olarak bir önemli farklılık göstermeyip aynı grupta yer almıştır. Yapılan değerlendirmede 3-5 yaşındaki narenciye ağaçlarının VH polarizasyonda en düşük, 25+ yaşındaki narenciye ağaçlarının ise en yüksek saçılmaya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuçlar, VH polarizasyonda biyokütlenin tesbit edilebilirliğine dair olan literatür bulgularını desteklemektedir.

Narenciye ağaçlarında 2018 yılına ait Yapay Açıklıklı Radar (SAR) saçılma verilerinin VH polarizasyonda aylık olarak (bitki gelişim dönemlerine göre) ele alındığında en düşük saçılma değeri -17,325 ile 11. ayda, en yüksek saçılma değeri -14,596 ile 12. ayda elde edilmiştir. Bitkilerin 12, 11. aylardaki saçılma değerleri ile 3. ve 6. aylardaki ortalama saçılma değerleri farklı gruplarda yer alarak diğer aylardan istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermiştir. Diğer 1. ve 4. aylar, 2,5,7 ve 8. aylar ve 9,10. ayların ortalama değerleri ise kendi içerisinde aynı grupta yer alarak diğer gruplar ile aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık göstermemiştir. Elde edilen bu bulgulara göre VV polarizasyonunda olduğu gibi VH polarizasyonda da saptanan aylık en düşük ortalama değer meyve tutum döneminde gerçekleşmiştir. Bu dönemde meyve yapısından kaynaklanan saçılma karakteristiği geri dönen sinyalin düşük değerde olmasına sebep olmaktadır. Narenciye ağaçlarından elde edilen en yüksek saçılma karakteristiği ise 2015 yılında çiçeklenme döneminde saptanmasına rağmen, 2018 yılı için VV polarizasyonunda da olduğu gibi meyve olum dönemi olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi 2018 yılının Aralık ayında görüntünün alındığı tarihte yağışın yüksek olmasıdır, bu durum saçılma karakteristiğini değiştirmiştir (Çizelge 4.6.).

Çizelge 4.6. 2018 yılı içerisinde aylık VH radar saçılma verilerinin farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının gelişim üzerine etkisi

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama Y
1.Yaş Grubu	-14.923	-17.010	-18.628	-16.092	-16.038	-16.226	-16.619	-18.125	-16.832	-17.005	-20.022	-18.567	-17.174 E
2.Yaş Grubu	-16.303	-19.142	-19.136	-14.934	-18.112	-15.976	-17.012	-18.003	-17.410	-18.606	-17.663	-18.789	-17.591 E
3.Yaş Grubu	-15.624	-18.632	-16.820	-14.212	-16.527	-14.797	-15.709	-16.844	-16.841	-16.206	-17.007	-17.947	-16.431 D
4.Yaş Grubu	-15.314	-17.359	-16.964	-14.594	-16.163	-14.669	-15.981	-15.493	-16.297	-16.054	-15.289	-16.026	-15.850 ABC
5.Yaş Grubu	-14.985	-17.185	-17.769	-14.171	-16.143	-15.643	-15.221	-16.784	-17.223	-16.817	-16.548	-16.589	-16.257 DC
6.Yaş Grubu	-15.287	-16.478	-16.737	-14.760	-16.045	-15.134	-15.452	-15.687	-16.033	-15.498	-15.269	-15.670	-15.671 AB
7.Yaş Grubu	-15.750	-16.386	-17.090	-14.065	-15.555	-14.545	-15.120	-15.351	-15.692	-15.507	-15.370	-15.837	-15.522 AB
8.Yaş Grubu	-15.187	-16.853	-17.477	-14.443	-16.388	-15.163	-15.853	-16.148	-16.470	-16.016	-15.927	-16.617	-16.045 BCD
9.Yaş Grubu	-15.153	-16.825	-16.488	-14.273	-15.913	-14.619	-15.683	-15.707	-16.213	-15.746	-15.443	-15.711	-15.648 AB
10.Yaş Grubu	-15.581	-16.170	-16.142	-14.410	-15.645	-15.231	-15.547	-15.383	-15.753	-15.344	-15.142	-14.858	-15.434 A
Ortalama A	-15.411 ^b _c	-16.253 ^d _e	-15.200 ^b	-15.820 ^c _d	-16.353 ^{de}	-16.476 ^e	-16.280 ^{de}	-16.368 ^d _e	-16.661 ^e _f	-17.204 ^f _g	-17.325 ^g	-14.596 ^a	
Önemlilik (2018_VH)					Yaş; 1:0-3 yaş, 2: 3-5 yaş, 3: 5-10 yaş, 4: 10-14 yaş, 5: 14-16 yaş, 6: 16-19 yaş								
Yaş (Y), Aylık (A), Yaş x Aylık			***, ***, öd			7: 20 yaş, 8: 20-22 yaş, 9: 22-25 yaş, 10: 25+ yaş,							
Büyük harfle gösterilen değerler, narenciye ağaçlarının farklı yaş grupları arasındaki farklılığı göstermektedir.													
Küçük harfle gösterilen değerler farklı yaş gruplarındaki narenciye ağaçlarının aylık saçılmalar arasındaki farklılığı göstermektedir.													
*, **, ***, % 5, %1, %0.1 olasılık seviyesinde önemlidir. öd: istatistiksel olarak önemsiz.													

4.8. SAR görüntüleriyle arazi örtüsü ve arazi kullanımın izlenmesi

Tez çalışmasının bu aşamasında 2018 ve 2015 tarihli Yapay Açıklıklı Radar (SAR) verileri, aynı tarihli optik verilerle ve ayrı bir katman olarak alınan Geliştirilmiş Bitki İndisi (EVI) görüntüsü ile birlikte füzyon görüntüsü oluşturularak E-cognition programında sınıflandırılmıştır. Ayrıca yapılan işlemlerde karşılaştırma amaçlı olarak optik görüntüler ve EVI katmanı da ayrı olarak ele alınmış ve bunların birleştirilmesi ile elde edilen görüntü ile de sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan görüntüler Sentinel-1 ve Sentinel-2 uydularına ait olup, füzyon işlemi gerçekleştirildikten sonra alandaki Aksu çayı maskelenmiştir.

Çalışmada kullanılan zenginleştirilmiş bitki örtüsü indisi (EVI), normalize edilmiş fark bitki örtüsü indisi (NDVI)'ın bazı sınırlılıklarına alternatif olarak geliştirilmiştir. EVI'nin geliştirilmesinin sebebi, özellikle:

1. Yüksek biyokütlesi olan alanlarda değişimlere daha hassas olması,
2. Bitki indisi değerlerinde atmosferik etkilerin azaltılması,
3. Örtü arkaplan sinyallerinin düzeltilmesi dir.

Formülasyonu aşağıda sunulduğu gibidir (Liu 1995):

$$EVI = 2.5 \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{1 + \rho_{NIR} + 6\rho_{Red} - 7.5\rho_{Blue}} \quad (4.1)$$

EVI, NDVI'a göre yaprak alan indisi (LAI) gibi bitkinin örtü farklılıklarına, örtü yapısına, bitki fenolojisine ve stresine daha hassas olma eğilimindedir. NDVI daha genel olarak sadece mevcut klorofil miktarını ortaya koymaktadır. (http://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:enhanced_vegetation_index; Onur vd. 2018).

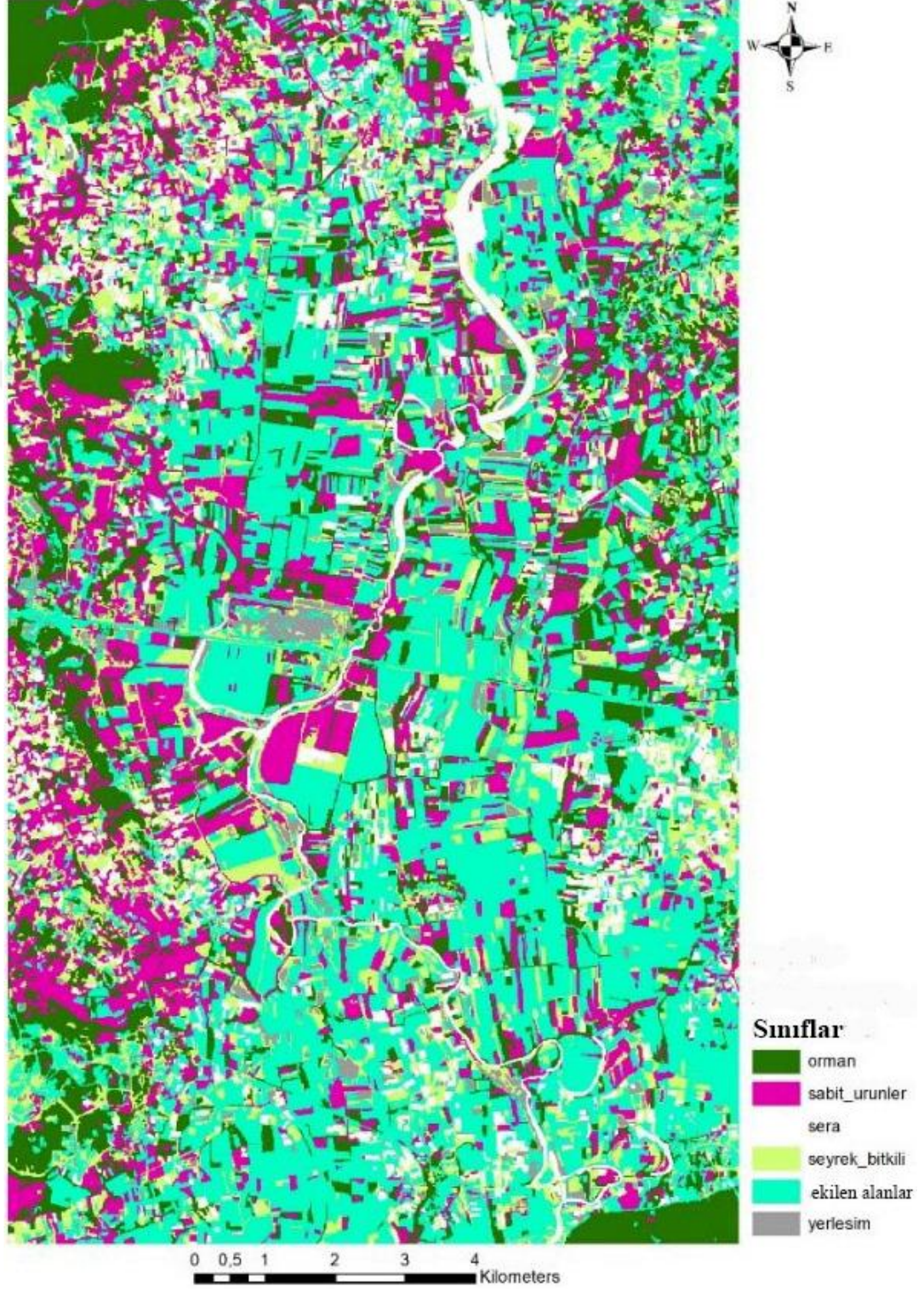
4.8.1. Optik ve EVI görüntülerinin kaynaştırılması (füzyonu)

Çalışmada öncelikle optik görüntü bandları kullanılarak EVI görüntüsü elde edilmiştir, böylelikle bitki örtüsü diğer arazi kullanım sınıflarından belirgin bir şekilde ayırd edilebilmiştir. Çalışmada alanında önemli bir üretim modeli olan narenciye ağaçlarının ön plana çıkarılmasında, sözkonusu bu ağaçların taç genişlikleri ve buna bağlı yoğun örtü yapısı nedeni ile EVI görüntüsünün füzyon yapısında bir katman olarak kullanılması anlamlı olmuştur.

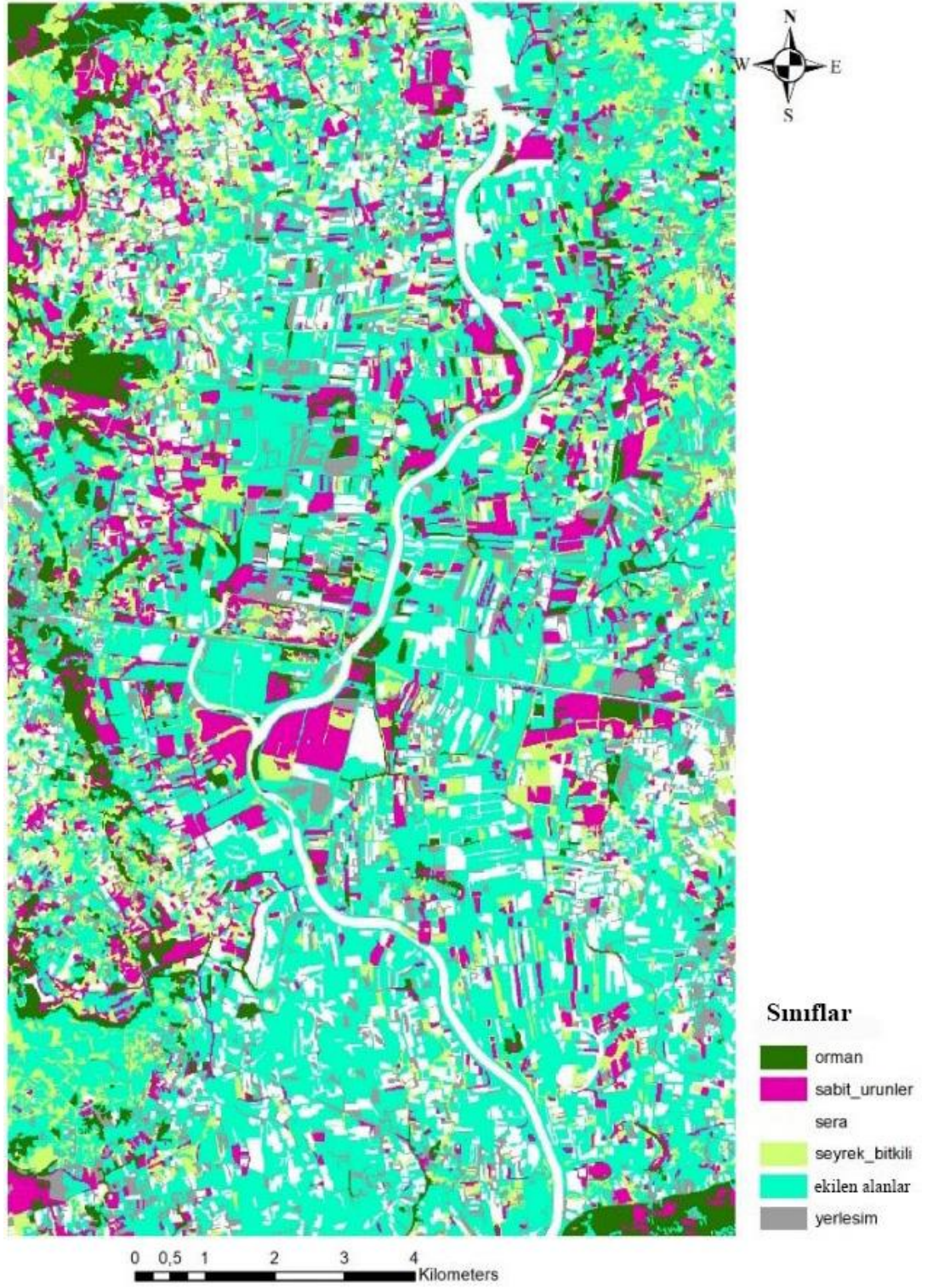
Nesne tabanlı sınıflandırmada segmentasyon aşamasında ise multi resolution algoritması kullanılmış olup, ölçek parametresi olarak 10 ve 20 değerlerinden sonra 80 ve 100 değerleri denemiş ve elde edilen düşük ve yüksek segmentasyon verilerine göre, optimum olarak ölçek parametresinin 50 olarak alınması uygun bulunmuştur. Alanda nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi olarak K-En Yakın Komşu (KNN) daha iyi sonuç vermiştir. Çalışmanın sınıflandırma aşamasında kullanılan özellikler şunlardır:

1. Parlaklık
2. Katmanlar (B, G, R, NIR, EVI, VH_db, VV_db)
3. Maksimum fark (difference)

Sözkonusu bu özellikler kullanılarak, çalışma alanına ait 2015 ve 2018 yıllarını kapsayan optik-evi sınıflandırma sonucu Şekil 4.28 ve Şekil 4.29’da verilmiş olup, elde edilen sınıflara ait alansal dağılımlar ise Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. 2015 tarihli Optik-EVI sınıflandırma sonucu



Şekil 4.29. 2018 tarihli Optik-EVI sınıflandırma sonucu

Çizelge 4.7. 2015 ve 2018 tarihli Optik-EVI sınıflandırması sonucu alansal dağılımlar

Arazi kullanım sınıfları	2015		2018	
	(ha)	%	(ha)	%
Ormanlar	2955,33	16	1147,57	6
Sabit Ürünler	3587,31	19	2229,47	12
Sera Alanları	1264,26	7	2690,44	15
Seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlar	3011,79	16	2508,38	14
Ekilen Alanlar	6640,71	36	7838,06	43
Kentsel doku	614,27	3	1633,85	9
İç Sular	361,9	2	387,8	2
TOPLAM	18435,57	100	18435,57	100

Çizelge 4.7’den de görüleceği üzere optik veriler ile EVI görüntüsünün füzyon yapısında bir katman olarak kullanıldığı sınıflandırmadan elde edilen sonuçlara göre, 2015 yılından 2018 yılına kadar ormanların %61 oranında azalış gösterdiği, sabit ürünlerde %37’lik bir azalışın olduğu ve alanda örtüaltı üretim ortamlarının (sera alanları) %112 oranında arttığı belirlenmiştir. Diğer yandan seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlar %17 azalırken ekilen alanlar, kentsel doku ve iç sular sırasıyla %18 , %166 ve %7 artış göstermiştir.

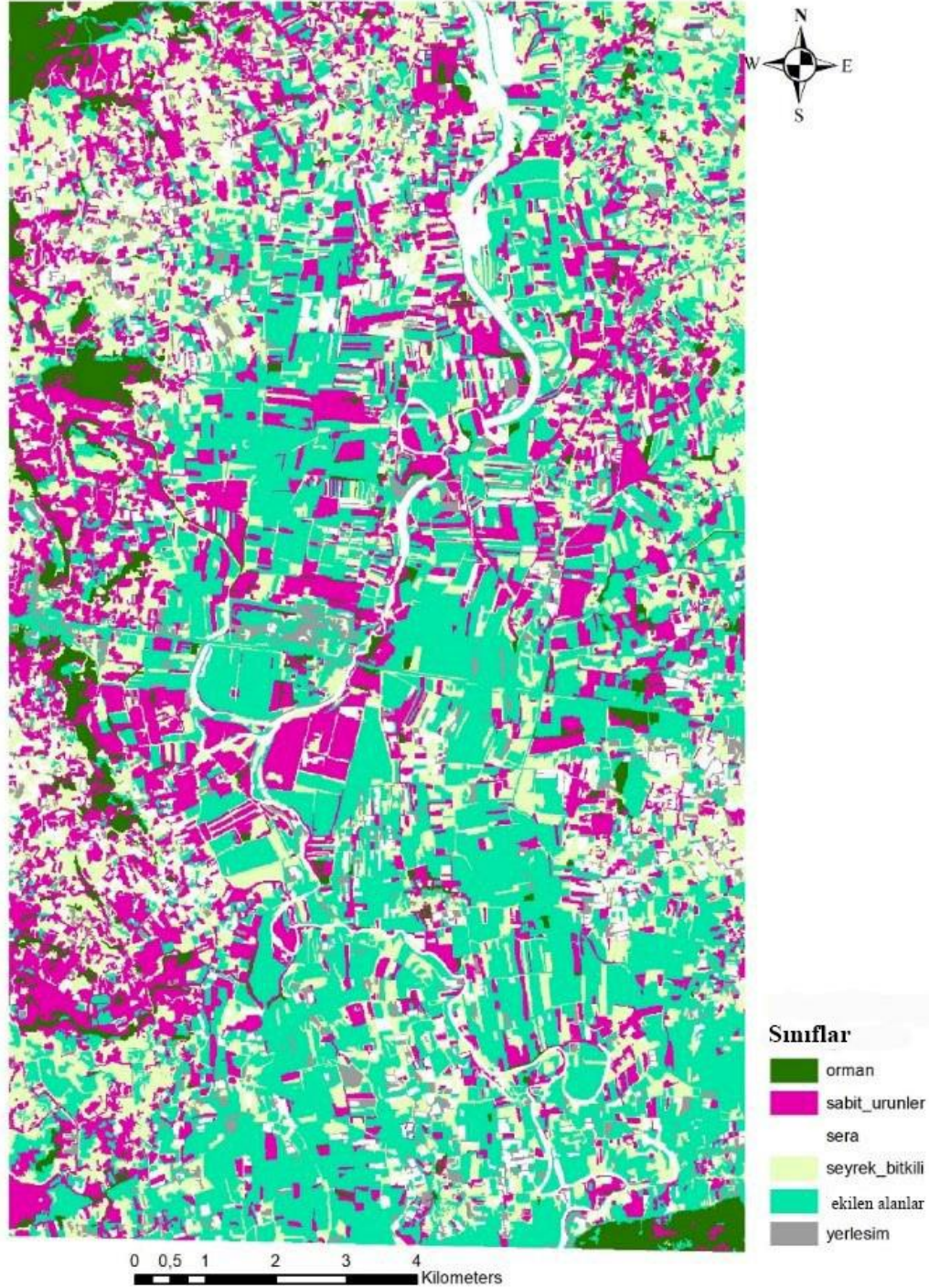
Optik-EVI füzyon görüntüleriyle yapılan nesne tabanlı sınıflandırma sonucuna göre 2015 yılında 6640,71 ha ve 2018 yılında 7838,06 ha ile Ekilen Alanlar, çalışma alanı içerisinde bulunan en yaygın arazi kullanımı sınıfıdır. Bu sınıfa tek yıllık tarımsal ürünler dahil olmaktadır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, geçen üç yıl içerisinde sabit ürün olarak tanımlanan çok yıllık meyve bahçelerinin %7 oranında sebze bahçelerine dönüştüğü çıkarımı yapılabilmektedir. Çalışma alanında sera içerisinde özellikle turfanda sebzecilik yaygın olarak yapılmaktadır ve sınıflandırmada 2015 yılı baz alındığında 2018 yılına kadar %8 oranında artış göstermiştir. Ayrıca aynı oranda değişim göstermiş olan orman sınıfının yerini kentsel dokunun aldığı söylenebilmektedir.

Çalışmada yapılan diğer sınıflandırma işlemlerinde, Optik-EVI ve Optik-EVI-SAR sınıflandırma sonuçları bazı örtü tiplerinde birbirinden farklılık göstermiştir. Bunların kıyaslanması aşağıda ayrıca sunulmuştur.

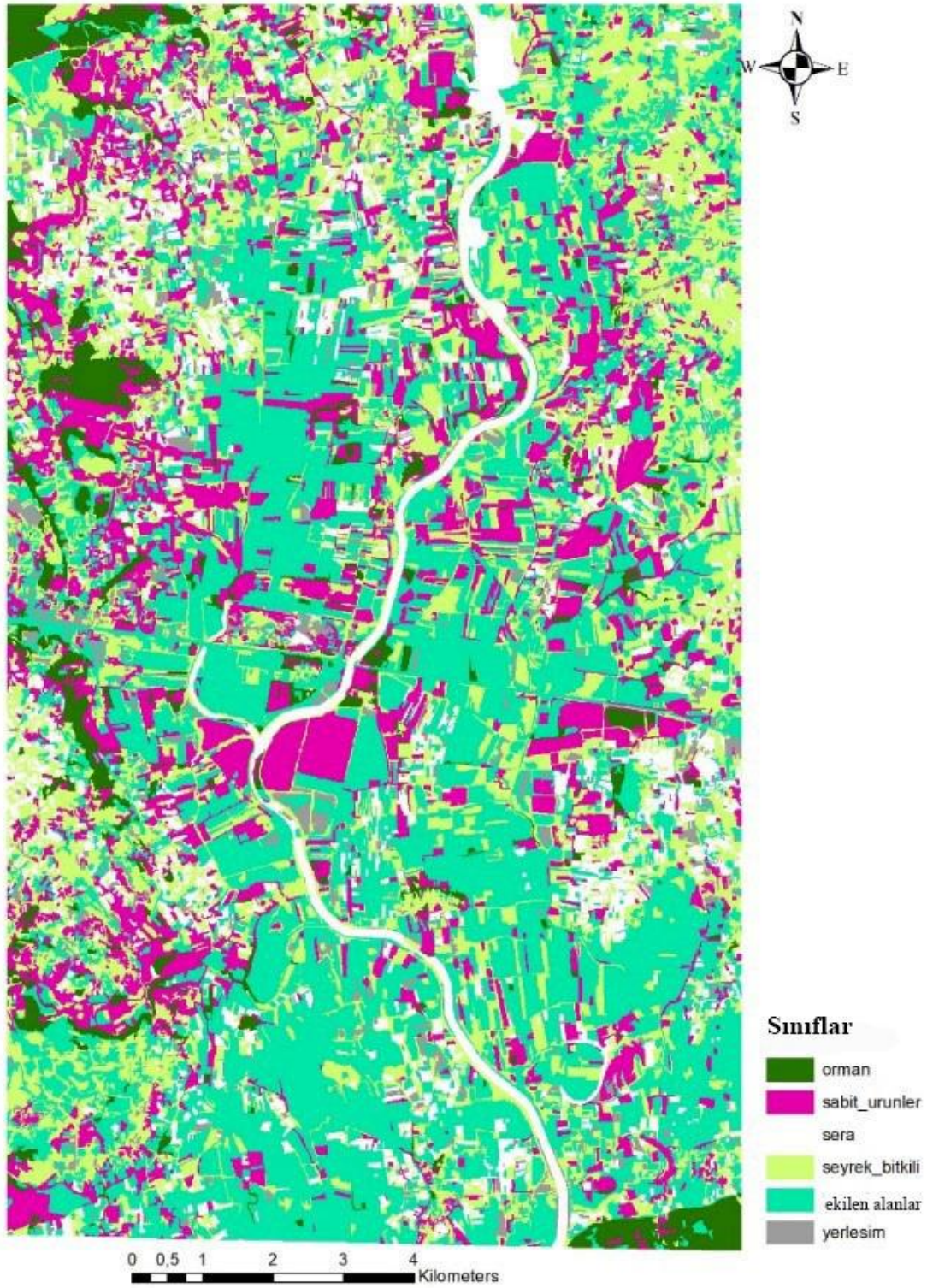
4.8.2. Optik, EVI ve SAR görüntülerinin füzyonu

Çalışmada gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarına göre, Optik-EVI-SAR görüntülerinin füzyonu ile elde edilen görüntü ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırmanın EVI-Optik füzyon görüntüsü ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre daha doğru olması beklenmiştir. Sentinel1A uydusunun 2015 ve 2018 yıllarına ait birer görüntüsü VV ve VH polarizasyonları ile kullanılmıştır. Nitekim sınıflandırma sonuçlarında doğruluk

analizi yapıldıktan sonra da SAR görüntülerinin optik görüntülerle beraber değerlendirilmesinin avantaj getirdiği, daha doğru sonuç verdiği teyit edilmiştir. Şekil 4.30 ve 4.31’de Optik-EVI-SAR görüntülerinin füzyonu ile elde edilen sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Ayrıca sözkonusu bu sınıflandırma sonuçlarına ait alansal dağılımlar ise Çizelge 4.8’de belirtilmiştir.



Şekil 4.30. 2015 tarihli SAR-Optik-EVI sınıflandırma sonucu



Şekil 4.31. 2018 tarihli SAR-Optik-EVI sınıflandırma sonucu

Çizelge 4.8. 2015 ve 2018 tarihli Optik-EVI-SAR sınıflandırması sonucu alansal dağılımlar

Arazi kullanım sınıfları	2015		2018	
	(ha)	%	(ha)	%
Ormanlar	787,28	4	876,13	5
Sabit Ürünler	4155,35	23	3261,46	18
Sera Alanları	1319,78	7	1523,38	8
Seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlar	4810,07	26	4719,39	26
Ekilen Alanlar	6256,56	34	6973,75	38
Kentsel doku	744,63	4	693,66	4
İç Sular	361,9	2	387,8	2
TOPLAM	18435,57	100	18435,57	100

Çizelge 4.8’den de görüleceği üzere, Optik-EVI-SAR görüntülerinin füzyonu ile elde edilen görüntü ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarına göre, 2015 yılından 2018 yılına kadar ormanlık alanlarda %11’lik bir artış, sabit ürünlerde ise %22’lik bir azalış tespit edilmiştir. Ayrıca sera alanları %15 oranında artış gösterirken, seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlarda %2’lik bir azalış, ekilen alanlarda %25’lik artış, kentsel dokuda %7’lik azalış ve iç sularda ise %7’lik bir artış tesbit edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre, çalışma alanında bulunan en yaygın kullanım sınıfının yine ekilen alanlar (tek yıllık üretim alanları) olduğu ortaya çıkmaktadır. Bilindiği üzere çalışma alanı Aksu çayını da içine alan verimli bir alüvyal ovadır ve kullanım alanı çoğunlukla çok ve tek yıllık tarımsal üretim ağırlıklıdır. Sınıflandırma sonucunda belirlenen ekilen alanlar sınıfına, ayrıca seyrek bitkili ve bitkisiz açık alan sınıfının bir kısmının da girdiği düşünülmektedir. Nitekim yeni ekim yapılan tarlalar bu şekilde yansıma karakteristiğine sahip olabilmektedir. Yapılan sınıflandırma sonucunda sabit ürünlerin, Optik-EVI görüntüsü analizinde de saptandığı gibi %4 oranında ekilen alanlara dönüştüğü gözlenmiştir. Ayrıca, kentsel dokunun orman dokusuyla karıştığı ve kentsel dokuda gözlenen küçük miktarda azalmanın, orman sınıfında az miktarda artışa neden olduğu da bu sınıflandırmada belirlenmiştir. 2015 ve 2018 yıllarından elde edilen önemli bir çıkarım ise, sabit ürün kullanımına sahip alanların %1 kadarının son üç yılda sera alanlarına dönüştüğüdür.

Bölgede iki ayrı veri seti ile yürütülen sınıflandırmada, Optik-EVI-SAR ile EVI-Optik görüntülerinin sınıflandırma sonuçları kıyaslandığında, Optik-EVI-SAR görüntülerinde ve EVI-Optik görüntülerinde sabit ürünler ve iç suların paralel sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Çalışmada sera alanlarındaki artış oranı, Optik-EVI-SAR görüntülerinin sınıflandırılmasında daha doğru sonuçlar vermiştir. Kentsel doku ve ormanların değişim oranı ise EVI-Optik görüntüleriyle daha doğru tesbit edilmiştir.

Ancak toplam doğruluk gözönüne alındığında, Optik-EVI-SAR görüntülerinin daha başarılı olduğu ortaya çıkmıştır.

4.8.3. Doğruluk analizi

Çalışmanın son aşamasında, sınıflandırılan uydu görüntülerinin doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizlerinde, sınıflandırılmış görüntü, yer gerçekleri bilinen referans görüntüsü ile karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada geçmiş yıllara ait görüntüler sınıflandırıldığı için, doğruluk analizi işlemi sınıflandırılmış görüntü ile orijinal görüntünün spektral karakteristikleri karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizi raporlarında sınıf sayısı büyüklüğünde köşegen ve kare bir matris elde edilmiş olup bu matrisin köşegen değerleri, referans veriyle uyumlu olan sınıflandırma değerlerini göstermektedir. Çalışmada referans değeriyle karşılaştırma yapmak amacı ile 350 adet nokta seçilmiş ve her sınıf için 50 adet olarak hesaplanmıştır. Kappa katsayısı ilk defa Cohen (1960) tarafından kullanılmıştır. Maingi ve Marsh (1992)'e göre Kappa uzaktan algılama görüntülerinden yararlanılarak tesbit edilen, arazi örtüsü ve arazi kullanımı bilgilerinin doğruluk değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu ölçümde matris içindeki yalnız diagonal elemanlar değil, tüm elemanlar kullanılmaktadır. Jensen (1996)'e göre bu hata matrisinin sütunları referans verileri, satırları ise sınıflandırılmış görüntüyü temsil etmektedir. Hata matrisi Kappa katsayısı ile istatistiksel olarak analiz edilmektedir. 0 ile 1 arasında değişen bu katsayı, hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ile köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanmaktadır. Test piksellerinin sayısının her bir sınıf için en az 50 adet olması önerilmektedir (Onur, 2006).

Çizelge 4.9. Doğruluk analizi sonuçları

Uydu görüntüleri	Genel doğruluk %	Kappa İstatistiği
Optik-EVI-SAR 2015	91,6	0,89
Optik-EVI-SAR 2018	93,8	0,92
Optik-EVI 2015	87,5	0,84
Optik-EVI 2018	87,6	0,83

Elde edilen analiz sonuçlarına göre, her veri grubu için yapılan sınıflandırma sonrası doğruluk analizi sonucunda SAR görüntülerinin optik görüntülerle birlikte kullanıldığı veri gruplarının daha yüksek doğrulukta olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Boztepe Tarım İşletmesi Müdürlüğü'ne ait narenciye bahçe parselleri sınırları içerisinde yürütülen bu çalışmada öncelikli olarak Sentinel 1 uydusunun C bandı kullanılarak VV ve VH polarizasyonlarda, farklı yaşlardaki narenciye parsellerinde ürün izleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Böylelikle narenciye parsellerinin iki yıllık süreçte her ay olmak üzere farklı gelişim periyotlarındaki verdikleri yansıma farklılıklarının değerlendirilmesi mümkün olmuştur. Bu sayede, yürütülen bu tez çalışması ile aktif uzaktan algılama verilerinin çok yıllık üretim ortamlarının izlenmesindeki başarısı ortaya konulabilmektedir.

Çalışmada, 2015 ve 2018 yıllarına ait Yapay Açıklıklı Radar (SAR) verilerinin VV (düşey-düşey) ve VH (düşey-yatay) farklı iki polarizasyonda ürün izlemede kullanımı ve istatistiksel analiz bulguları ise aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır;

a) VV Polarizasyonunda elde edilen sonuçlar;

Deneme alanına ait bahçelerden 2015 yılında elde edilen istatistiksel analiz sonuçlarına göre, bahçelerde VV polarizasyonunda en düşük saçılma 3 yaşına kadar olan narenciye tesis parsellerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum daha önce de açıklandığı üzere bu alanda toprak saçılmasının da etkili olduğunu göstermektedir. Orta yaşlardaki narenciye ağaçlarında görülen en yüksek saçılmanın VV polarizasyonunun bitki yüksekliği ve sağlık durumuna duyarlılığı dikkate alındığında verime yatmış ağaçlarda görülmesi ise beklenen bir durumdur. Narenciye ağaçlarının yaş gruplarına göre elde edilen saçılma değerlerinin ortalamaları istatistiksel olarak analiz edildiğinde, 0-5 yaşındaki tesis ve genç narenciye parselleri VV polarizasyonunda benzer saçılmalar göstererek istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Ayrıca 10-16 yaşındaki narenciye ağaçları da diğer yaş gruplarına göre farklı saçılmalar göstererek ayırt edici olmuştur. Elde edilen bir başka sonuç ise, 16 yaşından sonraki tüm ağaçların istatistiksel olarak aynı grupta yer alması ve VV polarizasyonunda benzer saçılmalar göstermesidir. Narenciye ağaçlarında VV polarizasyonda aylık olarak gelişim dönemlerine göre ortalamaları incelendiğinde ise, bitkilerin bu polarizasyonda en yüksek saçılmayı çiçeklenme döneminde, en düşük saçılmayı ise meyve tutum döneminde verdiği ortaya konulmuştur.

2018 yılında 10 m. mekânsal çözünürlüklü Sentinel1A uydu görüntüsünün VV polarizasyonunda yapılan istatistiksel analizlere göre ise, bitkilerde en düşük saçılma 2015 yılında elde edilen verilerle paralellik göstererek tesis ve genç narenciye parsellerinde ortaya çıkmıştır. Bu durum, taç genişliği az olan bu bahçelerde toprak etkisinin de devreye girdiğini ve saçılmada azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Yine orta yaşlardaki narenciye ağaçlarında görülen en yüksek saçılma ise VV polarizasyonunun bitki yüksekliği ve sağlık durumuna duyarlılığı dikkate alındığında verime yatmış bu ağaçlarda beklenen bir durumdur. Narenciye ağaçlarında 2018 yılına ait Yapay Açıklıklı Radar (SAR) saçılma verilerinin VV polarizasyonda aylık olarak gelişim dönemlerine göre ortalamaları incelendiğinde ise bir önceki yılda olduğu gibi aylık en düşük saçılma meyve tutum döneminde gerçekleşmiştir. Bu dönemde meyve yapısından kaynaklanan saçılma karakteristiği geri dönen sinyalin düşük değerde olmasına sebep olmaktadır. En yüksek saçılma karakteristiği de daha önceki yılda çiçeklenme döneminde saptanmasına rağmen bu yılda durgunluk dönemi olarak

gözlenmiştir. Bunun sebebi 2018 yılının Aralık ayında görüntünün alındığı tarihte yağışın yüksek olmasıdır, bu durum saçılma karakteristiğini değiştirmiştir.

b) VH Polarizasyonunda elde edilen sonuçlar;

Çalışmada, 2015 yılında VH polarizasyonunda yaş gruplarına göre elde edilen saçılma değerlerinin ortalamaları istatistiksel olarak incelendiğinde ise, bu polarizasyonda 16-19 yaş yaşları arasındaki narenciye ağaçları en yüksek saçılma değerini vermiştir. Yapılan değerlendirmede 0-3 ve 3-5 yaşındaki narenciye ağaçlarının VH polarizasyonda farklı saçılma değerleri göstererek farklı grupta yer aldığı anlaşılmaktadır. Bu sonuç tesis parseli niteliğindeki 0-3 yaşındaki parsellerde VV polarizasyonunda olduğu gibi, toprağın etkisinin saçılmayı önemli oranda etkilediğini göstermektedir. Biraz daha gelişmiş 3-5 yaşındaki ağaçlarda ise bu etkinin azaldığı görülmüştür. Ayrıca 2015 yılı verilerinde yapılan analizlerde VH polarizasyonunda 16-19 yaşındaki narenciye ağaçlarının diğer yaş gruplarına göre yüksek saçılma göstererek ayırt edici olduğu belirlenmiştir. Bu durum verime yatmış narenciye ağaçlarında saçılmanın diğerlerine göre daha fazla olduğunu göstermektedir. Elde edilen bu sonuç VH polarizasyonun bitki yaş gruplarına göre ayırdedilebilirlik yönünden daha duyarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Narenciye ağaçlarında 2015 yılına ait verilerin VH polarizasyonda aylık olarak gelişim dönemlerine göre ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek saçılmayı VV polarizasyonunda olduğu gibi narenciye ağaçlarının çiçeklenme döneminde vermişlerdir. En düşük saçılma ise yine VV polarizasyonunda olduğu gibi meyve tutum döneminde ortaya çıkmıştır.

2018 yılında VH polarizasyonunda narenciye ağaçlarının yaş gruplarının yıl içerisindeki aylık saçılma değerlerinin ortalamaları incelendiğinde en düşük saçılma 2015 yılında olduğu gibi 3-5 yaşındaki narenciye ağaçlarında, en yüksek saçılma ise 16-19 yaşındaki ağaçlarda elde edilmiştir. Yaş gruplarına göre elde edilen saçılma değerleri ortalamalarına göre yapılan değerlendirmede 16-19 yaşındaki ağaçlar ile 20 yaşındaki ağaçlar en yüksek saçılma değerleri ile aynı grup içerisinde yer almıştır. Alanda 3-5 yaşındaki bahçeler ise farklı grup içerisinde yer alarak diğer yaş gruplarından istatistiksel olarak önemli derecede farklılık göstermişlerdir. Elde edilen bu bulgular 2015 yılı verileri ile paralellik göstermektedir. 2018 yılına ait verilerin VH polarizasyonda aylık olarak gelişim dönemlerine göre ortalamaları incelendiğinde ise en yüksek saçılma karakteristiği daha önceki yılda çiçeklenme döneminde saptanmasına rağmen bu yılda durgunluk dönemi olarak gözlenmiştir. Bunun sebebi 2018 yılının Aralık ayında görüntünün alındığı tarihte yağışın yüksek olmasıdır, bu durum saçılma karakteristiğini değiştirmiştir.

Çalışmanın ürün izleme aşamasına yönelik yapılan değerlendirmeler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Dört farklı yaş grubundaki narenciye parsellerinin her birinden VV ve VH polarizasyonlarında 12 ay boyunca belirlenen saçılmalar incelendiğinde, farklı yaşlardaki narenciye parsellerindeki saçılmaların yaş gruplarına göre her iki yılda da benzerlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu kapsamda ağaçlar aylık izlemeye

genel olarak en yüksek saçılma değerlerine nisan ve mayıs aylarında ulaşılırken, en düşük değerleri ise genel olarak haziran ve temmuz aylarında göstermiştir.

2. İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şubesi tarafından narenciye ağaçlarının yaşları dikkate alınarak, tesis (0-4 yaş), genç (5-7 yaş), orta (8-40 yaş) ve yaşlı (41-55 yaş) olarak oluşturulan gruplandırmada, narenciye ağaçlarının VV ve VH polarizasyondaki aylık ortalama saçılma değerleri her iki yılda da benzerlik göstermiştir. Bu sonuçlara göre, tesis, genç, orta yaş ve yaşlı olmak üzere farklı yaş dönemlerindeki narenciye parsellerinin bitki yaşı ile ilişkili olan kanopi büyüklüklerine bağlı olarak nispi oranda farklılıklar gösterdiği ortaya çıkmıştır.
3. Çalışma alanında narenciye ağaçlarının yıllık ortalama saçılma değerleri bitki biyokütlesi ile ilişkili olarak VH polarizasyonda daha anlamlı bulunmuştur.
4. Çalışmada bitki yaşının artmasına bağlı olarak saçılmada genel bir artışın meydana geldiği görülmüş olmakla birlikte, VV polarizasyonunda yaşlı ağaçlarda saçılmada azalma tespit edilmiştir. Özellikle 2018 yılında VV polarizasyonunda yaşlı ağaçlardaki saçılmada azalma 2015 yılına göre daha belirgin olmuştur. Genç narenciye parsellerine göre daha büyük boya sahip olan yaşlı ağaçlarda daha yüksek saçılma beklenirken, Sentinel 1 uydusunun C bandında ve VV polarizasyonunda tatmin edici bir sonuca ulaşılamamıştır. Bu kapsamda ağaçların dikey yapısı veya sağlığı ile ilişkili olan VV polarizasyonunun farklı yaşlardaki narenciye parsellerinin izlenmesinde başarılı olamadığı söylenebilmektedir. Elde edilen bu sonuç Patel (2006) ile paralellik göstermektedir. Bu sonuca göre, çalışmada pek çok literatürde de belirtildiği üzere bitki yüksekliğinin tahmininde X ve L bandı SAR görüntülerine ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır.
5. Narenciye ağaçlarının fizyolojik gelişim dönemleri olan durgun, çiçeklenme, meyve tutum ve meyve olum dönemleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, tüm ağaçların 2015 ve 2018 yılları için gerek VH ve gerekse VV polarizasyonlarında çiçeklenme döneminde yüksek saçılmalar gösterdiği, meyve tutum döneminde ise düşük saçılmalar gösterdiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, iki yıllık periyodla izlenen narenciye ağaçları her iki yılda da VV ve VH polarizasyonda genel olarak tesis ve genç dönemde düşük saçılma karakteristiği gösterirken, orta yaş ve yaşlı döneminde yüksek saçılma karakteristiği göstermiştir.

Tesis ve genç dönem bahçelerde bitki kanopisi yüzeyi tam kaplamadığı için toprak saçılma karakteristiği ön plana çıkmaktadır. C bandda VV polarizasyon bitkinin boyu ve sağlığı ile ilgili bilgileri taşır. 2015 ve 2018 yıllarında mikrodalga ışıınının bitkiden saçılma ortalamalarında orta yaşa kadar yaş dönemine bağlı bir artış gözlenmiştir. Buradan büyümeyle birlikte boy ölçüsünün artması durumunun SAR verileriyle desteklendiği çıkarımı yapılabilir ancak yaşlı ağaçlarda saçılma karakteristiği değişmiş ve düşüş göstermiştir. (Nasirzadehdizaji vd. 2019) yaptığı çalışmanın amacı çok zamanlı Yapay Açıklıklı Radar (SAR) verisinden elde edilen 10 parametrenin ürün boyu ve ürün örtüsüne hassasiyetini araştırmak olmuştur. Çalışma için kullanılan ürünler mısır,

ayçiçeği ve buğdaydır. Korelasyon katsayısı değerleri, mısırın erken büyüme aşamasında yüksek korelasyon göstermiştir. Elde edilen katsayı tanımlamaları VV+VH ve VV polarizasyonlarını içeren SAR parametreleri ile mısır boyları arasında güçlü bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Ürün örtüsü korelasyonunun VV polarizasyonda ileri büyüme aşamalarında zayıfladığı tesbit edilmiştir. Yine ayçiçeğinin ürün örtüsü göreceli olarak VV polarizasyonda daha yüksek korelasyona sahipken, ileri büyüme aşamalarında önemli bir korelasyon tesbit edilememiştir. Bu sonuç, narenciye ağaçlarında VV polarizasyonda elde edilen sonuçla örtüşmektedir. Buğdayda yükseklik ile en yüksek korelasyonu sağlayan Alfa dekompozisyon parametresi olmuştur. Bu tez çalışmasının bir sonraki aşamasında polarimetrik dekompozisyon parametrelerinin narenciye ağaçları üzerine etkisi incelenmelidir.

C bandda VH polarizasyon ise bitkinin hacmine ve yapısına duyarlıdır. 2015 ve 2018 yılı ortalama saçılma değerlerinde tüm dönemlerde, yaşa bağlı bir artış tespit edilmiştir. Bu durum bitkinin yaş aldıkça artan kanopisinin dolayısıyla biyokütlesinin artışının SAR verileriyle doğrulanmasıyla sonuçlanmıştır. (Patel vd. 2006) yaptığı çalışmada çok frekanslı (L ve C) ve çok polarize (HH,VV ve VH) SIR-C/X-SAR görüntülerinin Prosopis juliflora bitkisinin yoğunluğuna hassasiyeti incelenmiştir ve VH polarizasyonunun ve özellikle uzun dalga boylu ışınımdaki SAR saçılımının, bu çalışmada bulunan sonuçla paralel olarak bitki yoğunluğuna duyarlı olduğu ortaya konulmuştur.

Sentinel-1 zaman serilerinin tek yıllık ürün izleme için kullanışlı olduğu bilinmektedir. Tez çalışmasının bu aşamasında, Antalya ilinde üretimi yapılan farklı yaşlardaki narenciye ağaçlarında aktif uzaktan algılama teknolojisi kullanılarak izleme gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bu bulgular, Ülkemizde ve dünyada yeni araştırılan bir konu olması ve narenciye meyvelerinin insan sağlığı, ülkemiz ve dünya ekonomisi açısından oldukça önem taşıması açısından bu çalışmanın özgünlüğünü ve önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca SAR verilerinin çok yıllık narenciye ağaçlarında güvenle kullanılabileceği tezin bu aşamasında ortaya konmuştur.

Çalışmanın diğer bir kısmında SAR verileriyle arazi örtüsü ve arazi kullanımının tesbit edilebilme olanakları araştırılmış ve en tatmin edici sonuç, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemiyle elde edilmiştir. Sadece SAR verileri kullanılarak yapılan kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma sonuçları tatmin edici olmamış, SAR verilerinin optik verilerle füzyonu gündeme gelmiştir. Bu şekilde piksel tabanlı ve nesne tabanlı yapılan sınıflandırmalarda, yeterli derecede doğruluğun elde edildiği yöntem nesne tabanlı sınıflandırma olmuştur. Optik verilerin yine optik verilerden elde edilen EVI ile füzyonu ile optik veriler ile EVI ve SAR füzyonu ayrı ayrı işlenmiş, aralarındaki doğruluk kıyaslanmıştır. Buna göre SAR verilerinin optik veriler ve yine optik verilerden türetilen EVI'nin sınıflandırma sonuçlarını geliştirdiği ortaya konulmuştur. Yani optik+EVI+SAR kombinasyonu daha yüksek bir ortalama doğruluğa sahip olmuştur. (Reddy vd. 2016) yaptığı çalışmada narenciye ağaçlarını diğer ağaç türlerinden ayırmak için LISS-IV ve Cartosat-1 görüntülerinde nesne tabanlı sınıflandırma uygulanmıştır. NDVI ise ayrı bir katman olarak kullanılmıştır. 5-6 yaşından küçük ağaçlar, nar, şeker kamışı ve üzüm bahçeleriyle karışmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, 2015 yılında çalışma alanı içerisinde ekilen alanlar en çok yer kaplayan kullanım sınıfı olarak %34'lük bir paya sahip iken, seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlar %26, sabit ürünler %23, sera alanları %7, ormanlar %4 ve kentsel doku %4, iç sular ise %2'lik bir orana sahiptir. Bu sonuçları irdelerken sınıflandırma işleminde ekilen alanların ve sabit ürünlerin bazı seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlarla karıştığı göz önünde bulundurulmalıdır. Ekilen alanlarda ve sabit ürünlerde bitkinin yeni büyümeye başladığı periyotta yüzey örtüsü toprakla karıştığı için bu durumla karşılaşmaktadır. Yeni tesis çok yıllık 2018 yılında ise ekilen alanların tüm çalışma alanına göre kapladığı alan yüzdesi %38 iken, seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlar %26, sabit ürünler %18, sera alanları %8, ormanlar %5, kentsel doku %4 ve iç sular %2'dir.

Optik-EVI-SAR görüntülerinin füzyonu ile elde edilen görüntü ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarına göre, 2015 yılından 2018 yılına kadar ormanlık alanlarda %11'lik bir artış, sabit ürünlerde ise %22'lik bir azalış tespit edilmiştir. Ayrıca sera alanları %15 oranında artış gösterirken, seyrek bitkili ve bitkisiz açık alanlarda %2'lik bir azalış, ekilen alanlarda %25'lik artış, kentsel dokuda %7'lik azalış ve iç sular da ise %7'lik bir artış tesbit edilmiştir.

Optik-EVI-SAR görüntüsü ile yapılan sınıflandırma, EVI-Optik füzyon görüntüsü ile yapılan sınıflandırma sonucuna göre daha doğru bulunmuştur. Nitekim sınıflandırma sonuçlarında doğruluk analizi yapıldıktan sonra da SAR görüntülerinin optik görüntülerle beraber değerlendirilmesinin avantaj getirdiği, daha doğru sonuç verdiği teyit edilmiştir.

Clauss vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise pirinç bitkisinin haritalanması amaçlanmıştır. Bunun için bölgede arazi kullanımının tesbiti yapılmıştır. Tüm işlemler Google Earth Engine platformunda gerçekleştirilmiştir. Sentinel-1 görüntülerine ait zaman serilerinden, bu çalışmada olduğu gibi elde edilen saçılma grafikleri tüm arazi kullanım sınıfları elde edilmiş ve nesne tabanlı sınıflandırma yapabilmek için kullanılmıştır.

İki aşamalı yürütülen bu tez çalışmasında, Antalya ilinde üretimi yapılan farklı yaşlardaki narenciye ağaçlarının SAR verileriyle izlenmesi konusunda sınırlı sayıdaki çalışmalardan birisi olduğu söylenebilmektedir. Bununla birlikte, SAR algılayıcısına sahip farklı platformlardan alınan pek çok farklı banda ve polarizasyona sahip verilerle, çalışmadan elde edilen bulguların genişletilmesi mümkündür. Yine yapılacak olan sınıflandırma çalışmalarında da, polarimetrik kompozisyon işlemi sonucunda elde edilen sonuç değerler bir model yardımıyla daha detaylı incelemeye tabi tutulabilir ve radar bitki indisleri incelenebilir, ayrıca optik görüntülerden elde edilen LAI zaman serilerinin işlevsel olarak türetilerek SAR verilerine destek olarak kullanılabilmesi de mümkündür.

Bu tez çalışması ile elde edilen sonuçlar, SAR görüntülerinin çok yıllık ürün izleme ve arazi örtüsü/kullanımı izleme çalışmaları için kullanılabilirlik potansiyelini ortaya çıkarması bakımından bir kaynak oluşturabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Abdikan S., Sanlı, F., B., Balcık F., B., Göksel, C. 2008. Fusion of SAR Images (Palsar and Radarsat-1) With Multispectral SPOT Image: A Comparative Analysis of Resulting Images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing, China.
- AKIB, 2013. Soguk Zincir Sistemine Geçmenin Yaş Meyve Sebze Sektörünün Küresel Rekabetliligine Etkisi. Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Ara Rapor. s.93. Mersin.
- ANONİM, 1994. Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. ANKARA
- ANONİM, 1997. Tarımsal Yapı (Üretim, Fiyat, Değer). T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. ANKARA
- ANONİM, 2000. Turunçgil Dünyası. T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Akdeniz İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, MERSİN.
- Argenti, F., and Alparone, L. 2002. *Speckle removal from SAR images in the undecimated wavelet domain. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 40 (11): 2363-2374.
- Battal S., Güllüdere B., Çelik S., Demir N., Koç San D. 2016. Multispektral Uydu ve Yapay Açıklıklı Radar Verileri Kullanılarak Eber Gölü'nün Alan ve Değişiminin Tespiti, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL CBS), ss. 441-447, Adana, Türkiye.
- Bazi, Y., Bruzzone, L., Melgani, F. 2005. *An unsupervised approach based on the generalized Gaussian model to automatic change detection in multitemporal SAR images. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 43 (4): 874-887.
- Breiman, L. 2001. *Random Forests. Machine Learning*, 45 (2001): 5-32.
- Bovolo, F., Marin, C., Bruzzone, L. 2013. *A hierarchical approach to change detection in very high resolution SAR images for surveillance applications. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 51 (4): 2042-2054.
- Bovolo, F. and Bruzzone, L. 2005. *A detail-preserving scale-driven approach to change detection in multitemporal SAR images. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 43 (12): 2963-2972.
- Budak, D. B., Gültekin, U., Uysal, O., Subaşı, S., Kafa, G., Aras, Y. 2016. Türkiye Turunçgil Sektörü ve İhracat Yapısı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ulusal Turunçgil Konseyi, MERSİN.
- Campos-Taberner M., Garcia-Haro F. J., Camps-Valls G., Grau-Muedra G., Nutini F., Busetto L., Katsantonis D., Stavrakoudis D., Minakou C., Gatti L., Barbieri M., Holecz F., Stroppiana D., Boschetti M. 2017. *Exploitation of SAR and Optical Sentinel Data to Detect Rice Crop and Estimate Seasonal Dynamics of Leaf Area Index. MDPI Remote Sens.*, 9 (3): 248.
- Caicedo, J. P. R., Verrelst, J., Muñoz-Marí, J., Moreno, J., Camps-Valls, G. 2014. *Toward a semiautomatic machine learning retrieval of biophysical parameters. IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ.*, 7 (4): 1249-1259.

- Chibani, Y. 2005. *Selective Synthetic Aperture Radar and Panchromatic Image Fusion by Using the à Trous Wavelet Decomposition*, *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, 14 (2005): 2207-2214.
- Clauss, K., Ottinger, M., Kuenzer, C. 2018. *Mapping rice areas with Sentinel-1 time series and superpixel segmentation*. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (5): 1399-1420.
- Cloude, S. R., Pottier, E. 1996. *A review of target decomposition theorems in radar polarimetry*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34 (2): 498-518.
- Cumming, I. G., Wong, F. H. 2005. *Digital processing of synthetic aperture radar data, algorithms and implemetation*. Artech House, Boston, U.S.A.
- Dallemand, J., Lichtenegger, J., Raney, R., Schumann, R. 1993. *Radar Imagery: Theory and interpretation*. Lecture Notes, RSC Series, 67:112.
- Dawn, S., Saxena, V. and Sharma, B. 2010. *Remote sensing image registration techniques: A survey*, Proc. 4th Int. Conf. Image and Signal Processing, pp. 103-112, 30 June-2 July, Quebec, Canada.
- Dekker, R.J. 1998. *Speckle filtering in satellite SAR change detection imagery*. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (6): 1133-1146.
- Dobson, M.C.C., Ulaby, F.T., Le Toan, T., Beaudoin, A., Kasischke, E.S., Christensen, N. 1992. *Dependence of radar backscatter on coniferous forest biomass*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30 (1992): 412-415.
- Dubois, P.C., Van Zyl, J., Engman, T. 1995. *Measuring soil moisture with imaging radars*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33 (1995): 915-926.
- Erickson, L.C. 1968. *The general physiology of citrus. The Citrus Industry, Anatomy, Physiology, Genetics, and Reproduction*. 2: 86-122.
- Erten, E., Rossi, C., Yuzugullu, O. 2015. *Polarization impact in TanDEM-X data over vertical-oriented vegetation: The paddy-rice case study*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12 (7): 1501-1505.
- Flipponi, F. 2019. *Sentinel-1 GRD Preprocessing Workflow*. 3rd International Electronic Conference on Remote Sensing, 22 May-5 June, Internet environment.
- Fonseca L. M. G. and Manjunath, B. S. 1996. *Registration techniques for multisensory remotely sensed imagery*. *Photogrammetric Eng. Remote Sens.*, 62 (9): 1049-1056.
- Freeman A., Durden S. L. 1998. *A three-component scattering model for polarimetric SAR data*, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36 (3): 963-973.
- Garcia, C. E., Santos, J. R., Mura, J. C., Kux, H. J. H. 2012. *Análise do potencial de imagem TerraSAR-X para mapeamento temático no sudoeste da Amazônia brasileira*. *Acta Amazonica*, 42 (2): 205-214.

- Gibril, M. B. A., Bakar, S. A., Yao, K., Idrees, M. O. 2017. *Fusion of RADARSAT-2 and Multispectral Optical Remote Sensing Data for LULC Extraction in a Tropical Agricultural Area. Geocarto International*, 32 (7): 735-748.
- Gleich, D., & Datcu, M. 2006. *Gauss-Markov model for wavelet-based SAR image despeckling. IEEE Signal Processing Letters*, 13 (6): 365-368.
- Gong, M., Cao, Y., & Wu, Q. 2012. *A neighborhood-based ratio approach for change detection in SAR images. IEEE Geoscience & Remote Sensing Letters*, 9 (2): 307-311.
- Henderson, F. M., Lewis, A., J. 1998. *Principles and Applications of Imaging Radar. Manual of Remote Sensing, Volume 2*, John Wiley and Sons, New York, U.S.A.
- Hızal, A., Y. 2012. *Türkiye Turunçgiller (Narenciye) Bibliyografyası (1935-1990)*. TC Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Hill, M., Donald, G., Vickery, P. 1999. *Relating radar backscatter to biophysical properties of temperate perennial grassland. Remote Sensing of Environment*, 67 (1): 15-31.
- Huynen, J. 1970. *Phenomenological theory of radar targets*. Ph. D. Thesis, Technical University Delft, Netherlands.
- Huang, Y., Walker, J. P., Gao, Y., Wu, X., Monerris, A. 2016. *Estimation of vegetation water content from the radar vegetation index at L-band, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 54 (2): 981-989.
- Inglada, J. ve Giros, A. 2004. *On the possibility of automatic multisensory image registration, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 42 (10): 2104-2120.
- Inoue, Y., Kurosu, T., Maeno, H., Uratsuka, S., Kozu, T., Dabrowska-Zielinska, K., Qi, J. 2002. *Season-long daily measurements of multifrequency (Ka, Ku, X, C, and L) and full-polarization backscatter signatures over paddy rice field and their relationship with biological variables. Remote Sensing of Environment*, 81 (2-3): 194-204.
- Inoue, Y., Sakaiya, E., Wang, C. 2014. *Capability of C-band backscattering coefficients from high-resolution satellite SAR sensors to assess biophysical variables in paddy rice. Remote Sensing of Environment*, 140 (2014) :257-266.
- Jensen, R.J. 1996. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*, s: 318. ISBN-10: 0131453610.
- Joshi, N. P., Mitchard, E. T. A., Schumacher, J., Johannsen, V. K., Saatchi, S., Frensholt, R. 2015. *L-Band SAR Backscatter related to forest cover, height and aboveground biomass at multiple spatial scales across Denmark. Remote Sensing*, 7 (4): 4442-4472.
- Kaasalainen, S., Holopainen, M., Karjalainen, M., Vastaranta, M., Kankare, V., Karila, K., Osmanoglu, B. 2015. *Combining Lidar and Synthetic Aperture Radar data to estimate forest biomass: Status and prospects. Forests*, 6 (1): 252-270.

- Keller, Y. and Averbuch, A. 2006. *Multisensor image registration via implicit similarity. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, 28 (5): 794-801.
- Kim, Y., Jackson, T. J., Bindlish, R., Hong, S., Jung, G., Lee, K. 2014. *Retrieval of wheat growth parameters with radar vegetation indices. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 11 (4): 808-812.
- Kim, Y., Jackson, T. J., Bindlish, R., Lee, K., Hong, S. 2012. *Radar vegetation index for estimating the vegetation water content of rice and soybean. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 9 (4): 564-568.
- Kim, Y. S., Lee, J. H. ve Ra, J. B. 2008. *Multi-sensor image registration based on intensity and edge orientation information. Pattern Recognition*, 41 (11): 3356-3365.
- Kim, Y., van Zyl, J. J. 2009. *A time-series approach to estimate soil moisture using polarimetric radar data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 47 (8): 2519-2527.
- Koppe, W., Gnyyp, M. L., Hütt, C., Yao, Y., Miao, Y., Chen, X., Bareth, G. 2013. *Rice monitoring with multi-temporal and dual-polarimetric TerraSAR-X data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21 (2013): 568-576.
- Lee J-S, Pottier E. 2009. *Polarimetric Radar Imaging: From Basics to Applications*. CRC Press, ISBN: 9781420054989.
- Lee J. S. 1983. *Digital image smoothing and the sigma filter. Computer Graphics and Image Processing*, 24 (1983): 255-269.
- Liu, H.Q., Huete, A.R. 1995. *A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33 (2): 457-465.
- Liu H., Zhao Z., Jezek K.C. 2004. *Correction of Positional Errors and Geometric Distortions in Topographic Maps and DEMs Using Rigorous SAR Simulation Technique. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70 (9): 1031-1042.
- Lopez-Martinez C., Lopez-Sanches J.M. 2017. *Polarimetric Sar Techniques and Applications*. Applied Sciences, MDPI. ISBN 978-3-03842-617-2.
- Lopez-Sanchez, J. M., Cloude, S. R., Ballester-Berman, J. D. 2012. *Rice Phenology Monitoring by Means of SAR Polarimetry at X-Band, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 50 (7): 2695-2709.
- Lopez-Sanchez, J. M., Vicente-Guijalba, F., Ballester-Berman, J. D., Cloude, S. R. 2014. *Polarimetric Response of Rice Fields at C-Band: Analysis and Phenology Retrieval, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52 (5): 2977-2993.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran E. 2004. *Change detection techniques. International Journal of Remote Sensing*, 25 (12): 2365-2401.
- Maingi, J.K., Marsh S.E., Kepner W.G., Edmonds C.M. 2002. *An Accuracy Assessment of 1992 Landsat-MSS Derived Land Cover for the Upper San Pedro Watershed*

- (U.S./Mexico). United States Environmental Protection Agency, EPA/600/R-02/040.
- Major, D., Smith, A., Hill, M., Willms, W., Brisco, B., Brown, R., 1994. *Radar backscatter and visible infrared reflectance from short-grass prairie. Canadian Journal of Remote Sensing*, 20 (1994): 71-77.
- Mastin, A., Kepner, J. ve Fisher, J. 2009. Automatic registration of LiDAR and optical images of urban scenes, Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 2639–2646.
- Miranda N., Meadows P.J., 2015. Radiometric calibration of s-1 level-1 products generated by the s-1 ipf. Technical Report, ESA, Ref: ESA-EOPG-CSCOP-TN-0002.
- Moreau, S., Le Toan, T. 2003. *Biomass quantification of Andean wetland forages using ERS satellite SAR data for optimizing livestock management. Remote Sensing of Environment*, 84 (4): 477-492.
- Nasirzadehdizaji, R., Sanli, F. B., Abdikan, S., Cakir, Z., Sekertekin, A., Ustuner, M. 2019. *Sensitivity Analysis of Multi-Temporal Sentinel-1 SAR Parameters to Crop Height and Canopy Coverage. Applied Sciences*, 9 (4): 655.
- Onur I. 2007. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleriyle Kıyı Bölgelerde Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Değişiminin İzlenmesi ve Analizi: Antalya-Kemer Örneği. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Onur I., Sönmez N.K., Çoşlu M. 2018. Evaluation Of Vegetation Cover By Supervised Classification and Four Vegetation Indices with Sentinel 2 Image of Kemer in Antalya, Turkey, International Academic Research Congress, vol.1, pp.1993-2000.
- Park, J.W., Korosov, A., Babiker, M. 2017. Efficient thermal noise removal of Sentinel-1 image and its impacts on sea ice applications. In the Proceedings of the EGU General Assembly Conference Abstracts, Vienna, Austria, volume 19, p. 12613
- Patel P., Srivastava H.S., Panigrahy S., Parihar J.S. 2006. *Comparative Evaluation of the Sensitivity of Multi-Polarized, Multi-Frequency SAR Backscatter to Plant Density. International Journal of Remote Sensing*, 27 (2006): 293-305.
- Pohl, C., and Van Genderen, J. L. 1993. Geometric integration of multi-image information. Space at the Service of our Environment, Proceedings of the Second ERS-1 Symposium, pp. 1255-1260, 11-14 October, Hamburg, Germany.
- Pohl C., Van Genderen J., L. 1998. *Multisensor image fusion in remote sensing: Concepts, methods and applications. Int. J. Remote Sensing*, 19 (5): 823-854.
- Ratha, D., Mandal, D., Kumar, V., McNairn, H., Bhattacharya, A., Frery, A.C. 2019. *A Generalized Volume Scattering Model-Based Vegetation Index From Polarimetric SAR Data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 16 (11): 1791-1795.
- Reddy, K.B.K., Ahamed, M., Hebbar, R., Raj, U., Rao, R. 2016. *Object Based Classification for Citrus Orchards. Journal of Geomatics*, Vol.10, No. 1.

- Ribbes, F. 1999. *Rice field mapping and monitoring with RADARSAT data*. *International Journal of Remote Sensing*, 20 (4): 745–765.
- Rignot, E.J.M. and Van Zyl, J.J. 1993. *Change detection techniques for ERS-1 SAR data*. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, 31(4): 896–906.
- Sakamoto, T., Yokozawa, M., Toritani, H., Shibayama, M., Ishitsuka, Ohno, H. 2005. *A crop phenology detection method using time-series MODIS data*. *Remote Sensing of Environment*, 96 (3-4): 366-374.
- Sarı, M., Sönmez, N.K., Altunbaş, S. 2009. *Aksu Araştırma ve Uygulama istasyonu topraklarının morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri*. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 22 (2): 157-168.
- Sarı, M., Kılıç Ş., Altunbaş, S., Sönmez, N.K., Demiral, A. 2003. *Aksu Araştırma ve Uygulama arazilerinin temel toprak etüdü ve ideal arazi kullanım planlaması*. Rapor. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü.
- Schmullius, C., Furrer, R. 1992. *Frequency dependence of radar backscattering under different moisture conditions of vegetation-covered soil*. *International Journal of Remote Sensing*, 13 (12): 2233-2245.
- Schmitt, M., Zhu, X. X., 2016. *Data Fusion and Remote Sensing: An ever-growing relationship*. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 4 (4): 6-23.
- Sentinel-1 Team., 2013. Sentinel-1 user handbook. Manual, ESA, Ref: GMES-S1OP-EOPG-TN-13-0001.
- Shao, Y., Fan, X., Liu, H., Xiao, J., Ross, S., Brisco, B., Brown, R., Staples, G. 2001. *Rice Monitoring and Production Estimation Using Multitemporal RADARSAT*. *Remote Sensing of Environment*, 76 (3): 310-325.
- Shenglong, G., Yurun, T., Yang, L., Shiqiang, C., Wen, H. 2015. *Unsupervised Classification Based on H/Alpha Decomposition and Wishart Classifier for Compact Polarimetric SAR*. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 26-31 Temmuz 2015.
- Singh, A. 1989. *Review article digital change detection techniques using remotely sensed data*. *International Journal of Remote Sensing*, 10 (6): 989-1003.
- Souza, G. S. A., Soares, V. P., Leite, H. G., Gleriani, J. M., Amaral, C. H., Ferraz, A. S., Silveira, M. V. F., Santos, J. F. C., Velloso, S. G. S., Domingues, G. F., Silva, S. 2019. *Multi-sensor prediction of Eucalyptus stand volume: A support vector approach*. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 156 (2019): 135-146.
- Steele-Dunne, S., C., McNairn, H., Monsivais-Huertero, A., Judge, J., Liu, P.-W., Papathanassiou, K., 2017. *Radar remote sensing of agricultural canopies: A review*, *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.*, 10 (5): 2249-2273.
- Su, L., Gong, M., & Sun, B. 2014. *Change detection in synthetic aperture radar images based on non-local means with ratio similarity measurement*. *International Journal of Remote Sensing*, 35 (22): 7673-7690.

- Suri, S. and Reinartz, P. 2010. Mutual-information-based registration of TerraSAR-X and Ikonos imagery in urban areas, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 48 (2): 939-949.
- Tamiminia, H., Homayouni, S., McNairn, H., Safari, A. 2017. *A particle swarm optimized kernel-based clustering method for crop mapping from multi-temporal polarimetric L-band SAR observations. International journal of applied earth observation and geoinformation*, 58 (2017): 201-212.
- Toan T.L., Quegan S., Woodward I., Lomas M., Delbart N., Picard G. 2004. *Relating Radar Remote Sensing of Biomass to Modelling of Forest Carbon Budgets. Climatic Change*, 67(2004): 379-402.
- Tuzcu, Ö. 1990. Türkiye’de Yetiştirilen Başlıca Turunçgil Çeşitleri. Akdeniz İhracatçı Birlikleri Yayınları. Mersin-TÜRKİYE.
- Van Zyl, J. J., Arii, M., Kim, Y. 2011. *Model-based decomposition of polarimetric SAR covariance matrices constrained for nonnegative eigenvalues. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 49 (9): 3452-3459.
- Vecchi, D., Dell’Acqua, F. 2014. A case study on fusion of seismic damage information from spaceborne and ground-based imaging of L’Aquila, 2009 earthquake. *Proc. IEEE Int. Geoscience and Remote Sensing Symp.*, Quebec, Canada, pp. 4761-4763.
- Vicente-Guijalba, F., Martinez-Marin, T., Lopez-Sanchez, J. M. 2014. *Crop Phenology Estimation Using a Multitemporal Model and a Kalman Filtering Strategy, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11 (6): 1081-1085.
- Viergever, K.M. 2008. Establishing the Sensitivity of Synthetic Aperture Radar to above-ground biomass in Wooded Savannas. PhD Thesis, The University of Edinburg, U.K.
- Vreugdenhil, M., Wagner, W., Bauer-Marschallinger, B., Pfeil, I., Teubner, I., Rüdiger, C., Strauss, P. 2018. *Sensitivity of Sentinel-1 Backscatter to Vegetation Dynamics: An Austrian Case Study. Remote Sensing*, 10 (9): 1396.
- Wald, L., 1999. *Some terms of reference in data fusion. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 37 (3): 1190-1193.
- Wang, C., Qi, J. 2008. *Biophysical estimation in tropical forests using JERS-1 SAR and VNIR imagery. II. Aboveground woody biomass. International Journal of Remote Sensing*, 29 (23): 6827-6849.
- Wang, H., Magagi, R., Goita, K., Trudel, M., McNairn, H., Powers, J. 2019. *Crop phenology retrieval via polarimetric SAR decomposition and Random Forest algorithm. Remote Sensing of Environment*, 231 (2019): 111234.
- Wang, L., Niu, Z., Wu, C., Xie, R. ve Huang, H., 2012. *A robust multisource image automatic registration system based on the SIFT descriptor. Int. J. Remote Sens.*, 33 (12): 3850-3869.

- Wang, L., You, S., ve Neumann, U., 2007. Semiautomatic registration between ground-level panoramas and an orthorectified aerial image for building modeling, in Proc. 11th IEEE Int. Conf. Computer Vision. 14-21 Oct., Rio de Janeiro, Brazil.
- Wang, X., 2013. The Feasibility of Using Satellite SAR Images to Monitor Pasture in Australia. PhD Thesis. The University of New South Wales, Australia. 14-15 p.
- Wang, Y., Zhu, X., Zeisl, B. ve Pollefeys, M., 2017. *Fusing meterresolution 4-D InSAR point clouds and optical images for semantic urban infrastructure monitoring. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*, 55 (1): 14-26.
- Wiseman, G., McNairn, H., Homayouni, S., Shang, J. 2014. *RADARSAT-2 polarimetric SAR response to crop biomass for agricultural production monitoring. IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ.* 7 (11): 4461-4471.
- Yommy, A. S., Liu, R., Wu, A., S. 2015. SAR Image Despeckling Using Refined Lee Filter. 7th International Conference on Intelligent Human Machine Systems and Cybernetics. 22-23 Aug., Hangzhou, China.
- Yonezawa, C., Negishi, M., Azuma, K., Watanabe, M., Ishitsuka, N., Ogawa, S., Saito, G. 2012. *Growth monitoring and classification of rice fields using multitemporal RADARSAT-2 full-polarimetric data, International Journal of Remote Sensing*, 33 (18): 5696-5711.
- Yüzügüllü, O. 2017. Monitoring Rice Fields Using Synthetic Aperture Radar. PhD Thesis, ETH Zürich, Switzerland.
- Zitová, B. and Flusser, J. 2003. *Image registration methods: A survey. Image and Vision Computing*, 21 (11): 977-1000.
- Zhuang, H., Deng, K., Fan, H., Ma, S. 2018. *A novel approach based on structural information for change detection in SAR images. International Journal of Remote Sensing*, 39 (8): 2341-2365.
- Zhuang, H., Fan, H., Deng, K., Yao, G. 2018. *A spatial-temporal adaptive neighborhood-based ratio approach for change detection in SAR images. Remote Sensing*, 10 (8): 1295.
- Zhuang, H., Fan, H., Deng, K., Yu, Y. 2018. *An improved neighborhood-based ratio approach for change detection in SAR images. European Journal of Remote Sensing*, 51 (1): 723-738.
- Zhuang, H., Tan, Z., Deng, K., Fan, H. 2019. *It is a misunderstanding that log ratio outperforms ratio in change detection of SAR images. European Journal of Remote Sensing*, 52 (1): 484-492.
- Anonim 1: https://www.aksu.bel.tr/Aksu-Ilcesinde-Ekonomi_page_20 [Son erişim tarihi: 13.03.2021].
- Anonymous 1: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1;>
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/overview> [Son erişim tarihi: 13.03.2021].
- Anonymous 2: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/data-products> [Son erişim tarihi: 13.03.2021].

- Anonymous 3: https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/ers/instruments/sar/applications/radar-courses/content-2/-/asset_publisher/qIBc6NYRXfnG/content/radar-course-2-slant-range-ground-range [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Anonymous 4: <https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/earthquake-damage-detection-sentinel-1/step-by-step> [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Anonymous 5:
http://wiki.landscapetoolbox.org/doku.php/remote_sensing_methods:enhanced_vegetation_index [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Cloude, S., The dual polarisation Entropy/Alpha decomposition: A Palsar case study
https://earth.esa.int/workshops/polinsar2007/papers/75_cloude.pdf [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- FAO, 2014. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx> [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- SNAP Software, Help Document 2019. <https://step.esa.int/main/toolboxes/snap> [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Veci, L. 2019. Polarimetric Tutorial
<http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20Polarimetry%20Tutorial.pdf> [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Veci, L., 2019. SENTINEL-1 Toolbox-SAR Basics Tutorial, Skywatch ESA
<http://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf> [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Weiβ, T., 2018. SAR Pre-processing Documentation. MULTIPLY User Workshop in Frascati.
https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/multiply-sar-pre-processing/get_to_version_0.4/multiply-sar-pre-processing.pdf [Son erişim tarihi: 20.01.2021].
- Yiu, T. 2019. Understanding random forest
<https://towardsdatascience.com/understanding-random-forest-58381e0602d2> [Son erişim tarihi: 20.01.2021].

ÖZGEÇMİŞ

İŞİN ONUR

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2015-2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü
Yüksek Lisans 2000-2007	İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Bölümü
Lisans 1995-2000	İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Selim S., Sönmez N.K., Çoşlu M., Onur I. (2019). Semi-automatic Tree Detection from Images of Unmanned Aerial Vehicle Using Object-Based Image Analysis Method. Photonirvachak-Journal Of The Indian Society Of Remote Sensing, vol.47, pp.193-200.

2- Sönmez N.K., Onur I., Altunbaş S. (2015). Determining Natural And Cultural Changes Around Wetlands By Means Of Remote Sensing Techniques: A Case Study In Egirdir Lake. FRESENIUS ENVIRONMENTAL BULLETIN, vol.24, pp.244-249.

3- Sönmez N.K., Onur I. (2012). Monitoring Of Land Use And Land Cover Changes By Using Fuzzy Supervised Classification Method: A Case Study Of Antalya, Turkey. Journal of Food, Agriculture & Environment, vol.3, pp.963-967.

4- Onur I., Maktav D., Sari M., Sönmez N.K. (2009) Change Detection Of Land Cover And Land Use Using Remote Sensing And Gis: A Case Study In Kemer, Turkey. International Journal of Remote Sensing, vol.7, pp.1749-1757.

5- Sönmez N.K., Onur I., Sari M., Maktav D. (2009) Monitoring Changes In Land Cover/Use By Corine Methodology Using Aerial Photographs And Ikonos Satellite Images: A Case Study For Kemer, Antalya, Turkey. International Journal of Remote Sensing, vol.7, pp.1771-1778.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Onur I., Sönmez N.K. (2019). Monitoring Physiological Development Periods Of Citrus Trees Using Sentinel-1 (SAR) Images. II.International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, Antalya, Türkiye, vol.1, no.1, pp.250-256.

2- Onur I., Sönmez N.K. (2019). Detecting Land Use Dynamics By Means Of Remote Sensing Method: A Case Study In Antalya. II.International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, Antalya, Türkiye, vol.1, no.1, pp.257-262.

3- Onur I., Sönmez N.K., Türkkan H.R. (2018). Change Detection By Using Multi-Temporal Remotely Sensed Imagery: A Case Study In Alanya, Turkey. International Academic Research Congress, Türkiye, vol.1, pp.2173-2179.

4- Onur I., Sönmez N.K., Çoşlu M. (2018). Evaluation Of Vegetation Cover By Supervised Classification And Four Vegetation Indices With Sentinel 2 Image Of Kemer In Antalya, Turkey. International Academic Research Congress, vol.1, pp.1993-2000.

5- Selim S., Sönmez N.K., Çoşlu M. , Onur I. (2017). Determination of the ecological connectivity between landscape patches obtained using the knowledge engineer (expert) classification technique. SPIE Remote Sensing, Varşova, Polonya, 11-14 Eylül 2017, pp.1-9.

6- Selim S., Sönmez N.K., Çoşlu M. , Onur I. (2017). Semi-automatic tree detection from images of unmanned aerial vehicle using object-based image analysis method. SPIE Remote Sensing, Varşova, Polonya, 11-14 Eylül 2017, pp.9-9.

7- Sönmez N.K., Selim S., Türkkan H.R., Onur I. (2016). Köyceğiz-Dalyan ÖÇKB Arazi Örtüsü Değişiminin UA ve CBS ile Belirlenmesi. 1st International Academic Research Congress, Antalya, Türkiye, 3-5 Kasım 2016, vol.1, pp.718-724.

8- Sönmez N.K., Selim S., Türkkan H.R., Onur I. (2016). Gazipaşa-Alanya Bölgesinde 2004-2016 Yılları Arasındaki Muz Ekili Arazi Kullanım Değişimlerinin Ua Ve Cbs İle Belirlenmesi. VI. UZAL-CBS Sempozyumu, Adana, Türkiye, 5-7 Ekim 2016, cilt.1, ss.650-660.