

**ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANARAK
YANMIŞ ORMAN ALANLARININ FARKLI SINIFLANDIRMA
YÖNTEMLERİ İLE HARİTALANMASI**

İbrahim TAŞCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi ZEHRA YİĞİT AVDAN

(İkinci Danışman: Doç.Dr. Uğur AVDAN)

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Haziran, 2018

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İbrahim TAŞCI'nın "Yerel Yönetimlerde Entegre Coğrafi Bilgi Sistemi ve İş Zekâsı Uygulaması" başlıklı tezi 29/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr.Ö.Üy. ZEHRA YİĞİT AVDAN
Üye	: Doç. Dr. Murat UYSAL
Üye	: Doç. Dr. Serdar GÖNCÜ

Prof.Dr. Ersin YÜCEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

ORTA ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANARAK YANMIŞ ORMAN ALANLARININ FARKLI SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ İLE HARİTALANMASI

İBRAHİM TAŞCI

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı
Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran, 2018

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi ZEHRA YİĞİT AVDAN

(İkinci Danışman: Doç.Dr. Uğur AVDAN)

Yangınlardan dolayı her yıl on binlerce hektar orman alanı yok olmaktadır. Yanmış orman alanlarının hızlı bir şekilde haritalanması hem hasar tespiti hem de alana yönelik yapılacak müdahalelerin planlanması açısından önemlidir. Günümüzde ücretsiz sunulan orta çözünürlüklü uydu görüntüleri birçok alanda olduğu gibi yanmış alanların haritalanmasında önemli avantajlar sunmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak olay öncesi ve sonrasına ait orta çözünürlüklü Sentinel 2A uydu görüntüsü bantlarından faydalanılarak üretilen farklı bant indislerinin değişim saptama ile yanmış alanların haritalanmasındaki başarısı incelenmiştir. Bu kapsamda bant indisi olarak Fark Bitki indeksi (DVI), Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi (NBR) ve Ham Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi (NBR-Raw) kullanılmıştır. Değişim saptama işlemi hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımları ile gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak, test sahası olarak kullanılan yanmış orman alanlarının haritalanması için nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Bu kapsamda iki sınıflandırma yaklaşımı arasında karşılaştırma işlemi yapılacağından, sınıflandırma algoritması, eğitim veri seti ve sınıflandırma için kullanılan parametreler aynı olarak seçilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçların değerlendirilmesi için çalışma alanında 2400 adet rastgele kontrol noktası üretilerek üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu, genel doğruluk ve kappa değerleri hesaplanmıştır. Doğruluk analizi sonuçlarına göre en iyi sonuç %92 doğruluk oranı ile nesne tabanlı DVI indisine göre yapılan değişim saptama ile elde edilmiştir. En düşük doğruluk değeri ise %66,98 ile indislere göre yapılan nesne tabanlı sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilmiştir. Ayrıca piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımları karşılaştırıldığında, nesne tabanlı değişim saptama piksel tabanlı değişim saptamaya göre tüm indislerde daha yüksek doğruluk değerleri vermiştir. Piksel ve Nesne tabanlı sınıflandırmada ise tüm indislerde piksel tabanlı sınıflandırma daha yüksek doğruluk değeri vermiştir.

Anahtar Sözcükler: Yanmış Orman Alanı, Nesne tabanlı Sınıflandırma, Piksel Tabanlı Sınıflandırma, Değişim Analizi, Orta Çözünürlüklü Uydu Görüntüsü

ABSTRACT

MAPPING WITH DIFFERENT CLASSIFICATION METHODS OF BURNT FOREST AREAS BY USING MEDIUM RESOLUTION SATELLITE IMAGES

İbrahim TAŞCI

Department of Remote Sensing and Geographical Information Systems

Anadolu University, Graduate School of Sciences, June, 2018

Supervisor: Asst. Prof. Dr. ZEHRA YİĞİT AVDAN

(İkinci Danışman: Asst. Prof. Dr. Uğur AVDAN)

Every year tens of thousands of hectares of forest are being destroyed due to fires. The regular mapping of burnt forest areas is essential for damage assessment and interventions. Nowadays, the free availability of medium-resolution satellite imagery offers significant advantages in mapping burnt areas. Firstly, the change detection of burnt forest areas with the different band indices were successfully mapped by using the bands of medium resolution Sentinel 2A imagery before and after the fires. Difference Vegetation Index (DVI), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Burn Area Index (NBR), and Raw Normalized Burn Area Index (NBR-Raw) were used in this study. Change detection has been performed by using both pixel-based and object-based classification approaches. Secondly, using the test fields, the object-based and pixel-based classification methods are applied to map the burnt forest areas. In this study, the same algorithm, training data set and parameters were used for the comparison of the two classification approaches.

To evaluate all the results obtained, 2400 randomly generated control points in the study area were used to calculate the user accuracy, the producer accuracy, overall accuracy and kappa values. According to the accuracy results analysis, the best change detection result was the object-based DVI index with 92% accuracy. The lowest accuracy value of 66.98% was obtained from the object-based classification without indices. Furthermore, when pixel-based and object-based classification approaches are compared, object-based change detection yields higher accuracy values than the pixel-based and all indexes.

Keywords: Burned Area, Object Based Classification, Pixel Based Classification, Change Analysis, Medium Resolution Satellite Image

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi ve desteğini esirgemeyen, tecrübelerini motive ederek aktaran sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi ZEHRA YİĞİT AVDAN, Doç. Dr. Uğur AVDAN, Arş. Gör. Resul ÇÖMERT'e, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü hocalarına, çalışanlarına ve öğrenci arkadaşlarıma, teze yaptıkları katkılar ve iyi niyetleri için jüri üyesi Doç. Dr. Murat UYSAL ve Doç. Dr. Serdar GÖNCÜ'ye, teşekkür ederim.

Ders ve tez sürecinde hoşgörü, sabır ve sevgisini eksik etmeyen sevgili eşim Şehadet TAŞCI özelinde hayatım boyunca maddi manevi desteklerini sürekli hissettiğim tüm aileme şükranlarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

İbrahim TAŞCI

Haziran-2018

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmanın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilemeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediği” beyan ederim. Herhangi bir zamanda çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

İbrahim TAŞCI

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
GÖRSELLER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
TABLolar DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	17
1.1. Literatür Özeti.....	17
1.2. Amaç ve Kapsam.....	18
2. ORMAN VE YANGIN KARAKTERİSTİĞİ	19
2.1. Türkiye’ de Orman	19
2.2. Yangın Karakteristiği ve Uzaktan Algılama	23
3. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMELLERİ	24
3.1. Elektromanyetik Enerji	24
3.2. Elektromanyetik Spektrum.....	25
3.3. Elektromanyetik Enerjiye Atmosferik Etkiler	28
3.4. Cisimlerin Spektral Yansıması	29
3.4.1. Bitkilerin spektral yansıması	31
3.4.1.1. Yanmış bitkilerin spektral yansıması.....	33

3.4.2.	Suyun spektral yansımaları.....	34
3.4.3.	Toprağın spektral yansımaları	34
3.5.	Uzaktan Algılama Sistemleri.....	35
3.5.1.	Uzaktan algılama verilerinin elde edilmesi	36
3.5.2.	Algılayıcı tipleri.....	37
3.5.3.	Uydu yörüngeleri ve tarama alanı.....	37
3.5.4.	Veri işleme ve görsel yorumlama	39
3.5.5.	Görüntü elde etme	42
3.5.5.1.	<i>Düzeltilmeler</i>	42
3.5.5.1.1.	<i>Geometrik düzeltme</i>	42
3.5.5.1.2.	<i>Radyometrik düzeltme</i>	44
3.5.5.2.	<i>Görüntü keskinleştirme</i>	45
3.5.6.	Yer gözlem uydu sistemleri.....	45
3.5.6.1.	<i>Sentinel-2</i>	46
3.5.6.1.1.	<i>Yörünge</i>	48
3.5.6.1.2.	<i>Uydu teknik özellikleri</i>	49
3.5.6.1.3.	<i>Spektral çözünürlük</i>	50
3.5.6.1.3.	<i>Radyometrik çözünürlük</i>	51
3.5.7.	İndeksler	53
3.5.7.1.	<i>Normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI)</i>	53
3.5.7.2.	<i>Normalize edilmiş yanma şiddeti (NBR)</i>	54
3.5.7.3.	<i>Fark normalize edilmiş yanma şiddeti (dNBR)</i>	54
3.5.7.4.	<i>Yanmış alan indeksi(BAI)</i>	55
3.5.7.5.	<i>Normalleştirilmiş yanma oranı indeksi(NBR-RAW)</i>	55
3.5.7.6.	<i>Farklı bitki örtüsü indeksi (DVI)</i>	55
3.5.7.7.	<i>Dik vejetasyon indeksi (PVI)</i>	55
3.5.7.8.	<i>Basit oranlı bitki örtüsü indeksi (RVI)</i>	56

3.5.7.9. Gelişmiş bitki örtüsü indeksi (EVI).....	56
3.5.7.10. Dönüştürülmüş bitki örtüsü indeksi (TVI).....	57
3.5.7.11. Normalize farklılık su indeksi (NDWI).....	57
3.5.7.12. Yalın toprak indeksi (BSI).....	57
3.5.8. Sınıflandırma.....	57
3.5.8.1. Piksel tabanlı sınıflandırma.....	60
3.5.8.1.1. Kontrolsüz sınıflandırma.....	60
3.5.8.1.2. Kontrollü sınıflandırma.....	61
3.5.8.2. Nesne tabanlı sınıflandırma.....	64
3.5.8.2.1. Segmentasyon aşaması.....	65
3.5.8.2.2. Sınıflandırma algoritmaları.....	66
3.5.8.3. Değişim analizi.....	68
3.5.8.3.1. Piksel tabanlı değişim saptama.....	68
3.5.8.3.2. Nesne tabanlı değişim saptama.....	68
3.5.8.3.3. Doğruluk analizi.....	69
4. ÇALIŞMA ALANI.....	71
4.1. Coğrafi Özellikleri.....	71
5. UYGULAMA.....	73
5.1. Verilerin Analiz İçin Hazırlanması.....	73
5.1.1. Görüntü verilerinin temini ve çalışma sahasının belirlenmesi.....	73
5.2. Bant indislerine Bağlı Değişim Saptama ile Haritalanması.....	75
5.2.1. NDVI indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması.....	76
5.2.1.1. Piksel tabanlı saptama.....	76
5.2.1.2. Nesne tabanlı saptama.....	77
5.2.2. NBR indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması.....	78
5.2.2.1. Piksel tabanlı saptama.....	78
5.2.2.2. Nesne tabanlı saptama.....	78

5.2.3. NBR-RAW indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması.....	79
5.2.3.1. <i>Piksel tabanlı saptama</i>	79
5.2.3.2. <i>Nesne tabanlı saptama</i>	79
5.2.4. DVI indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması	80
5.2.4.1. <i>Piksel tabanlı saptama</i>	80
5.2.4.2. <i>Nesne tabanlı saptama</i>	80
5.3 Piksel ve Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemleri ile Yanmış Alanların Haritalanması	84
5.3.1 Eğitim verilerinin toplanması	85
5.3.2. Nesne tabanlı sınıflandırma ile yanmış alanların haritalanması ...	86
5.3.4 Piksel tabanlı sınıflandırma	92
5.4. Doğruluk Analizi	96
6. BULGULAR VE TARTIşMALAR	98
6.1. Değişim Saptamaya Bağlı Bulgu ve Tartışmalar	98
6.2. Piksel ve Nesne Tabanlı Sınıflandırmalar Bağlı Bulgu ve Tartışmalar .	102
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	105
KAYNAKÇA	107
ÖZGEÇMİş	110

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel 2.1 - Türkiye Orman Varlığı Haritası (2015)	22
Görsel 3.1 - Elektromanyetik Işınım.....	26
Görsel 3.2 - Uzaktan algılamanın çalışma prensibi	36
Görsel 3.3 - Algılayıcı tipleri	37
Görsel 3.4 - Uydu yörünge tipleri	38
Görsel 3.5 - Görüntü piksel değerleri.....	39
Görsel 3.6 - Görüntü piksel yoğunluğu.....	40
Görsel 3.7 - Radyometrik Çözünürlük	40
Görsel 3.8 - Spektral Çözünürlük	41
Görsel 3.9 - Uzaysal Çözünürlük	41
Görsel 3.10 - Radyometrik Düzeltme-2.....	45
Görsel 3.11 - Sentinel-2 yapım aşaması	49
Görsel 3.12 - SENTINEL-2 uzay aracının şematik görünümü.....	50
Görsel 4.1- Çalışma alanı.....	72
Görsel 5.1 - Tez araştırması kapsamında belirlenen araştırma sahası	74
Görsel 5.2 - dDVI Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu	82
Görsel 5.3 - dNDVI Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu	82
Görsel 5.4 – dNBR Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu	83
Görsel 5.5 - dNBR-RAW Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu	83
Görsel 5.6 - Çalışma sahasına ait toplanan eğitim verileri	86
Görsel 5.7 - Farklı ölçek parametresine göre elde edilen görüntü nesneleri	87
Görsel 5.8 - RO Algoritması ile Nesne tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası.....	90
Görsel 5.9 - RO Algoritması ile Nesne tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası	90
Görsel 5.10 - RO Algoritması ile Nesne tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Hart.....	90
Görsel 5.11 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Nesne tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası.....	91
Görsel 5.12 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Nesne tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası.....	91
Görsel 5.13 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Nesne tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası.....	92
Görsel 5.14 - RO Algoritması ile Piksel Tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası.....	93

Görsel 5.15 - RO Algoritması ile Piksel Tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası	93
Görsel 5.16 - RO Algoritması ile Piksel Tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Hart ...	94
Görsel 5.17 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Piksel Tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası	95
Görsel 5.18 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Piksel Tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası	95
Görsel 5.19 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Piksel Tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası	95
Görsel 5.20 - Sınıflandırılmış Yanmış Alan Noktaları	96
Görsel 5.21 - Doğruluk Analizi Sınıflandırılmış Kontrol Noktaları	97
Görsel 6.1 - Doğruluğu Etkileyen Kaba Hatalar	99
Görsel 6.2 - Tuz-Biber Etkisi	100
Görsel 6.3 - Küçük Alanların Piksel Tabanlı Sınıflandırılması	101
Görsel 6.4 - Küçük Alanların Nesne Tabanlı Sınıflandırılması	101
Görsel 6.5 - RO ve NN Sınıflandırma Hataları	104

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 - Türkiye’de arazi kullanım sınıflarının ülke yüzölçümüne dağılımı.....	19
Şekil 2.2 - Geçmişten günümüze Türkiye Orman Varlığı (milyon ha)	20
Şekil 3.1- Elektromanyetik Salınım.....	24
Şekil 3.2 - Elektromanyetik Spektrum.....	25
Şekil 3.3 - Elektromanyetik Spektrum-2	27
Şekil 3.4 - Elektromanyetik enerjiye atmosferik etkiler	28
Şekil 3.5 - Cisimlerin Spektral Yansıması.....	31
Şekil 3.6 - Bitkilerin Spektral Yansıması	31
Şekil 3.7 - Klorofil Spektral Yansıması.....	32
Şekil 3.8 - Yanmış Bitkilerin Spektral Yansıması	33
Şekil 3.9 - Geometrik Düzeltme	42
Şekil 3.10 - Yeniden örnekleme metotları	43
Şekil 3.11- Radyometrik Düzeltme	44
Şekil 3.12 - Sentinel-2 spektral çözünürlük çizelgesi.....	47
Şekil 3.13 - SENTINEL-2 10 m spektral çözünürlüklü bantları	50
Şekil 3.14 - SENTINEL-2 20 m spektral çözünürlüklü bantları	51
Şekil 3.15 - SENTINEL-2 60 m spektral çözünürlüklü bantları	51
Şekil 3.16 - Objelerin Segmentasyonu	59
Şekil 4.17 - Sınıflandırma matris gösterimi.....	61
Şekil 3.18 - En yakın uzaklık sınıflandırma yöntemi	62
Şekil 3.19 - En yakın uzaklık sınıflandırma yöntemi-2	62
Şekil 3.20 - Parallelepiped sınıflandırma yöntemi.....	64
Şekil 5.1 - Değişim Analizi Şeması	76
Şekil 5.2 - Nesne ve piksel tabanlı sınıflandırması iş akışı şeması.....	85

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1 Sentinel-2A,2B 20 m, Radyometrik Çözünürlük ve Bant Genişlikleri.....	52
Tablo 3.2 Sentinel-2A,2B 10 m, radyometrik çözünürlük ve bant genişlikleri.....	52
Tablo 3.3 Sentinel-2A,2B 60 m, radyometrik çözünürlük ve bant genişlikleri.....	52
Tablo 5.1 Görüntü keskinleştirme işleminde pankraomatik olarak kabul edilen bantlar	75
Tablo 5.2 Çalışma kapsamında faydalanılan indisler.	88
Tablo 5.3 Tez çalışması kapsamında uygulanan sınıflandırma işleminde kullanılan değişkenler	88
Tablo 5.4 Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde kullanılan rastgele orman algoritması ağaç ve değişken sayıları	89
Tablo 5.5 Piksel tabanlı sınıflandırma işleminde kullanılan rastgele orman algoritması ağaç ve değişken sayıları	93
Tablo 6.1 Değişim Analizi Doğruluk Sonuçları	98
Tablo 6.2 En Yakın Komşuluk Algoritması ile Sınıflandırma Sonuçları.....	102
Tablo 6.3 Rastgele Orman Algoritması ile Sınıflandırma Sonuçları	103

KISALTMALAR DİZİNİ

ha	:	Hektar
Landsat	:	Land Satellite
MODIS	:	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NBR	:	Normalized Burn Ratio
NIR	:	Near Infrared
NDVI	:	Normalid Burn Ratio
SWIR	:	Short Wave Infrared
UTM	:	Universal Transverse Mercator
WGS	:	World Geodetic System
ENVANİS	:	Orman Envanter İstatistik Sistemi
UA	:	Uzaktan Algılama
CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DN	:	Digital Number
ORBIS	:	Orman Bilgi Sistemi
OGM	:	Orman Genel Müdürlüğü
ORBIS	:	Orman Bilgi Sistemi
GMES	:	Global Monitoring for Environment and Security
MGVI	:	The MERIS Global Vegetation Index
NASA	:	National Aeronautics and Space Administration
VNIR	:	The visible and near-infrared
VIIRS	:	Visible Infrared Imaging Radiometer Suite
LAI	:	Leaf area index
LCC	:	Klorofil İçeriği
LC	:	Yaprak Örtüsü
MLST	:	Ortalama Yerel Güneş Saati
GNSS	:	Global Navigasyon Uydu Sistemi
MSI	:	MultiSpectral Enstrümandan
SWIR	:	Sensing in the shortwave infrared
FOV	:	The field of view
SNR	:	The Signal-to-Noise Ratio
NDVI	:	Normalized Difference Vegetation Index

NBR	:	Normalized Burn Index
dNBR	:	Difference Normalized Burn Index
BAI	:	Body adiposity index
NBR-RAW	:	Normalized Burn Index
DVI	:	Difference Vegetation Index
PVI	:	Pleth Variability Index
RVI	:	Relative Vigor Index
EVI	:	Enhanced Vegetation Index
TVI	:	Trade Volume Index
NDWI	:	Normalized Difference Water Index
ISODATA	:	Iterative Self Organizing Data Analyses Tecnique
MS	:	Multiresolution Segmentation

1. GİRİŞ

1.1. Literatür Özeti

Literatür araştırması kapsamında orman yangınlarının tespiti, analizi ve tekrar kazanımına yönelik bazı araştırmalar incelenmiştir. Ayrıca değişim analizi, nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin ve bu yöntemlerde tercih edilen indis ve algoritmaların farklı uygulamalarda kullanımından edilen sonuçların doğruluğu irdelenmiştir.

Özkan 1998 yılında ülkemizde yanmış alanların uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmesine yönelik ilk çalışma Muğla İli, Marmaris ilçesinde gerçekleşen yangınların tespitine yöneliktir. SPOT, LANDSAT ve IRS 1C uydu verileri ile yapılan çalışmada görüntüye NDVI ve TNDVI dönüşümleri uygulanmıştır. Sonuç olarak yapılan sınıflandırma işlemi orman bölge müdürlüğünün haritaları ile karşılaştırılmıştır.

Çölkesen 2009 yılında yapılan çalışmada uzaktan algılama işlemlerinde yararlanılan sınıflandırma yöntemlerinden destek vektör makineleri, karar ağacı, yapay sinir ağacı ve K-star ve en çok benzerlik yöntemleri karşılaştırılarak irdelenmiştir.

Kalkan ve Maktav'ın 2010 yılında Kırklareli İli, Vize İlçesi, Çakıllı Köyünde yapılan arazi sınıflandırması çalışmasında IKONOS görüntüleri kullanılmıştır. Aynı görüntü üzerinde piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma işlemleri ayrı ayrı yapılmıştır. Sınıflandırma işleminde dDVI(Fark Bitki İndeksi) kullanılmıştır. Doğruluk analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Esemen 2011 yılında Antalya ili, Manavgat ve Serik ilçelerinde meydana gelen orman yangınlarının hasar tespiti çalışmalarında 20 metre çözünürlüklü görüntü üreten SPOT uydularını kullanarak NDVI dönüşümünü uygulamışlardır. Görüntüler NDVI değerlerine göre yanmış ve kısmi hasar görmüş olmak üzere iki grupta sınıflandırılmıştır

Çelik 2015 yılında Şanlıurfa İline bağlı 3 ilçede Landsat8 ve SPOT uydu görüntüleri kullanılarak pamuk ve mısır tarlalarının tespitine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Uygulamada nesne tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Üç bölgede ki görüntüler için birkaç farklı ölçek, şekil ve bütünlük parametrelerinde sınıflandırmalar yapılarak sonuçları irdelenmiştir.

Çömert ve ark. 2017 yılında Antalya İli, Kumluca ve Ardaşan bölgelerinde meydana gelen yangının nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile tespiti çalışması

gerçekleştirilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde kural setleri ile yanmış alan, yeşil bitki alanı, su alanı, sera ve yerleşim alanları ile diğer alanlar görüntü üzerinden sınıflandırılmıştır.

Literatürde çoğunlukla piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi tercih edilirken nesne tabanlı sınıflandırma ile de yangın alanlarının haritalanması yapılmıştır. Bu çalışmalarda Landsat, SPOR IRS 1C vs. farklı uydular kullanılmıştır.

Bu tez kapsamında bitki ve orman çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilen ve 10 m çözünürlüğe sahip Sentinel-2A uydu görüntüsü kullanılmıştır. Sınıflandırma aşamasında aynı görüntü piksel ve nesne tabanlı değişim analizi, kontrollü piksel tabanlı sınıflandırma ve kontrollü nesne tabanlı sınıflandırma olmak üzere üç ayrı sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Değişim analizinde dört farklı indis, piksel ve nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma da ise iki farklı algoritma ve 3 farklı değişkene göre sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Toplamda aynı alana ait 20 adet harita üretilmiş ve doğruluk analizleri karşılaştırılmıştır.

1.2. Amaç ve Kapsam

Bu çalışmanın temel amacı; Sentinel 2A uydusundan elde edilen orta çözünürlüklü görüntü verileri kullanılarak, yangın alanının uydu görüntülerinin haritalanması için piksel tabanlı ve nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma ile nesne tabanlı ve piksel tabanlı değişim saptama yöntemleri uygulamaktır. Değişim analizinde hem piksel hem de nesne tabanlı hesaplaması yapılan 4 farklı indis değerinin değişimi tespit edildikten sonra doğruluk analiz sonuçları karşılaştırılarak yorumlanacaktır. Piksel ve nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma işlemlerinde ise aynı algoritma, eğitim veri seti ve sınıflandırma parametreleri kullanılarak iki yöntemde sınıflandırma işlemi gerçekleştirildikten sonra doğruluk analizi sonuçları karşılaştırılarak yorumlanacaktır.

Çalışmada Antalya Alanya ilçesi Sapadere, Bağlıca ve Beldibi köylerini kapsayan bölgede 30 Haziran 2017 tarihinde başlayan ve 2 Temmuz 2017 tarihine kadar 3 gün devam eden orman yangını nedeni ile yanan alan test sahası olarak seçilmiştir.

Bu çalışmanın, ülkemizde ve dünyada ileride yaşanabilecek orman yangın olaylarında hasar tespitinin en doğru ve en hızlı şekilde belirlenmesine ve yangın yönetimi açısından faydalı olması amaçlanmaktadır.

2. ORMAN VE YANGIN KARAKTERİSTİĞİ

2.1. Türkiye’ de Orman

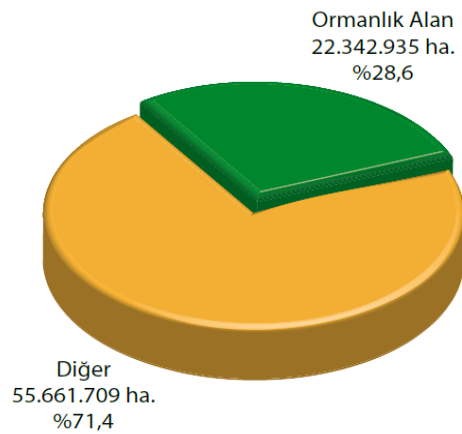
Ormanlar, insanlığa temiz hava, su, gıda başta olmak üzere yakıt, barınak, ilaç, gelir kaynağı, istihdam, dinlenme, peyzaj gibi maddi-manevi birçok ekonomik, ekolojik, sosyokültürel yararlar sağlayan doğal kaynaklardır. Ekosistemin bir parçası olan ormanlar, belirli bir kapalılıkta ağaçlar, diğer bitki ve hayvan topluluğu ile topraktaki gözle görünmeyen diğer organizmaların cansız çevreyle belli bir denge içinde birbirleriyle etkileşimde bulunduğu canlı bir sistemdir. Ancak bu değerli doğal kaynağın manevi ve maddi katkı ve yararlarından faydalanmanın tek yolu, tabiatına uygun olarak sürdürülebilirlik ilkesine bağlı olarak idare edilmesinden geçmektedir.

Türkiye’de arazi çalışmalarının uzaktan algılama yöntemleri birleşiminden ENVANİS (envanter-istatistik 2015) bilgi sistemi oluşturulmuştur. Sistemdeki veriler envanter yöntemiyle orman amenajman planları için toplanan verilerden elde edilmektedir.

Ülkemiz 783.562 kilometrekare yüzölçümü ile dağ, ova, plato vs. çeşitli coğrafi zenginliklere sahiptir. Bu ekolojik çeşitlilik sayesinde ülkemizin dört bir tarafında bulunan ormanlarımız farklı türlerin bir arada bulunması bakımından zengindir. 2015 yılında yapılmış olan tespitlerde ağaçlı veya ağaçsız orman alanları, Türkiye yüzölçümünün %28,6’sını teşkil etmektedir (Şekil 2.1).

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	(%)
Orman	22.342.935	28,6
Diğer (*)	55.661.709	71,4
Genel Alan	78.004.644	100

(*) Diğer arazi kullanımları; Ağaçsız orman toprağı, yayla, bozkır, kayalık taşlık araziler, kum, bataklık, ziraat, iskan, mezarlık, ocak, mera, su alanları, izin verilmiş tesisler vb. alanları kapsar.

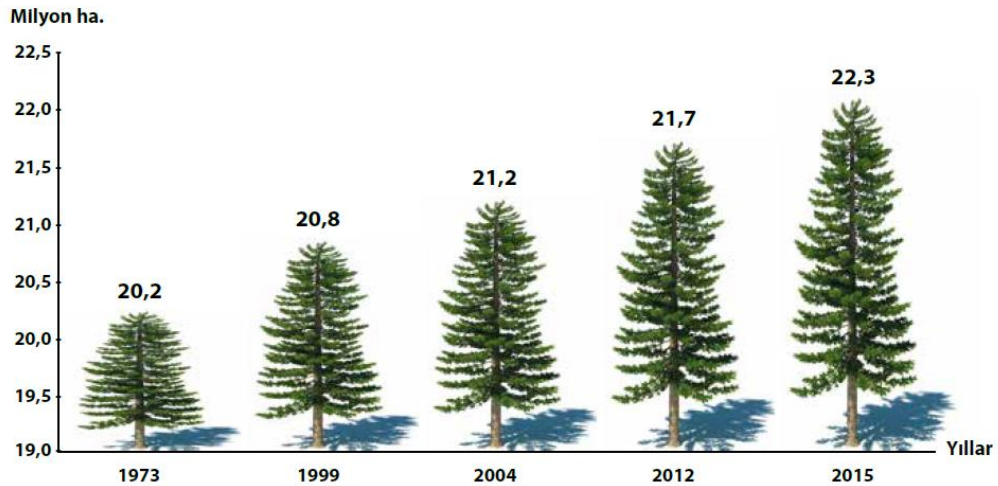


Şekil 2.1 - Türkiye’de arazi kullanım sınıflarının ülke yüzölçümüne dağılımı

Ülkemizdeki ormanların durumunu izlemek için belirli aralıklarda yapılan amenajman planlama çalışmaları ülkemizdeki ormanlık alanların yüzdesini şöyle vermektedir;

- 1963–1972 : 20.199.296 hektar (%26,1),
- 1997 : 20.763.248 hektar (%26,7),
- 2004 : 21.188.747 hektar (%27,2),
- 2012 : 21.678.134 hektar (%27,6),
- 2015 : 22.342.935 hektar (%28,6),

Yukarıda ki istatistik sonucuna bakıldığında; orman alanları geçtiğimiz kırk iki yıl içerisinde 2 milyon ha'dan fazla artış göstermiştir. Şekil 2.2'de verilen orman alanlarının yıllara göre dağılımında bu değişim daha net olarak fark edilmektedir.



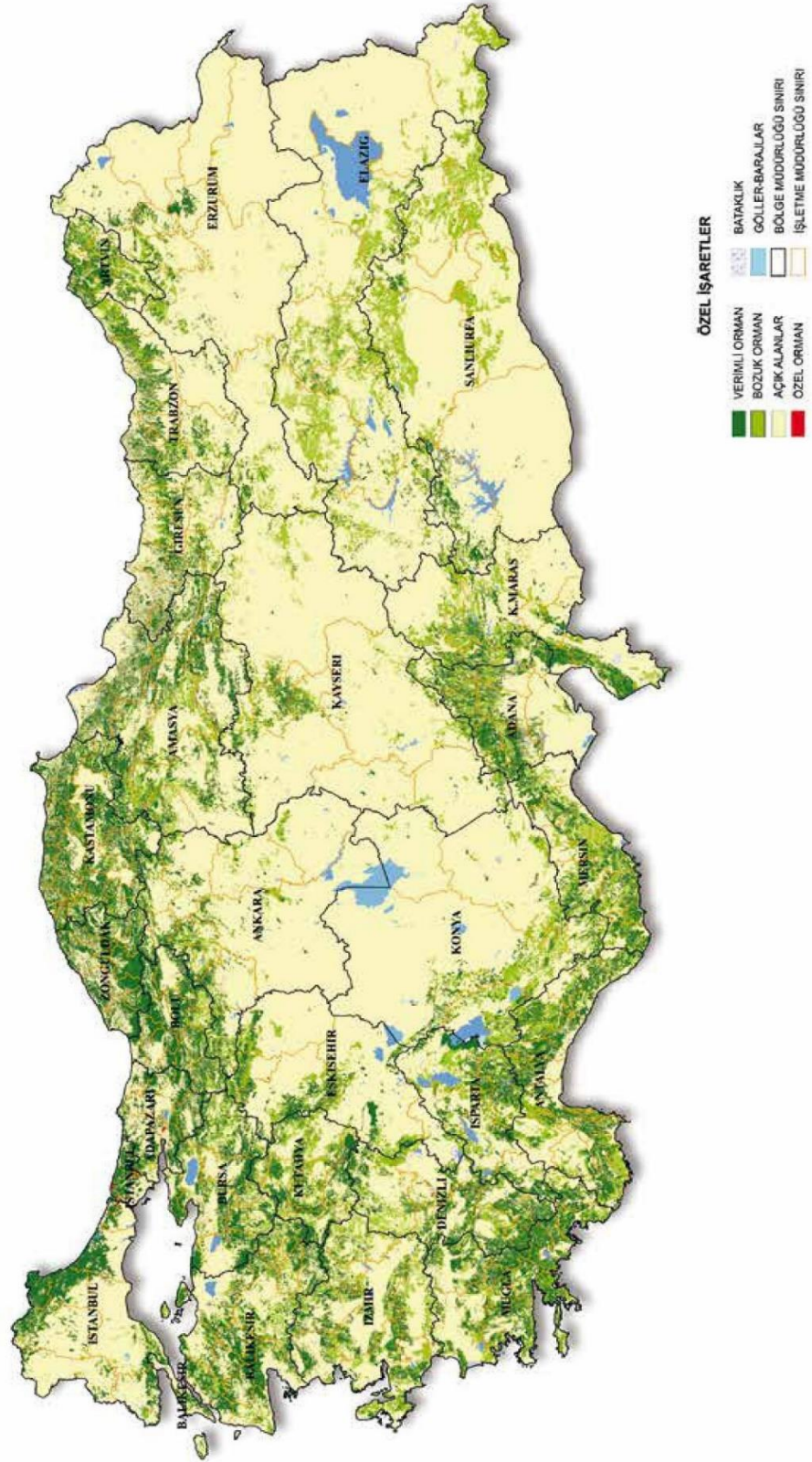
Şekil 2.2 - Geçmişten günümüze Türkiye Orman Varlığı (milyon ha)

Orman yangınları; ormanların yapısal özelliklerine, buldukları yerin arazi ve iklim yapısına, toplumların sosyal-kültürel ve ekonomik yapılarına bağlı olarak değişebilmektedir. Orman yangınları ekonomik yönden kayıplara sebep olmasının yanı sıra çevre dengesi üzerinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Ülkemiz coğrafi konum itibariyle Akdeniz iklim kuşağı içerisinde bulunmakta olup genel alanın %28' i ormanlarla kaplıdır(Görsel 2.1). Mevcut ormanlarımızın ekseriyetinin düşük rakımda bulunması, yangın çıkma ve büyüme riskini artırmaktadır. Alanya ilçesi'nde, bulunduğu coğrafi konum itibariyle, karayolu ve köy yolu ağının yoğunluğu, özellikle yaz aylarında turistik

amaçlı ziyaretçi akınına yoğun bir şekilde uğraması, dağınık ve çok sayıda yerleşim birimlerinin ormanlarla iç içe olması, orman içi ve orman kenarında birçok kamp yeri, ören yeri ve piknik yerinin mevcudiyeti orman yangını riskini had safhaya çıkarmaktadır (M.Çelik,2016).

Orman yangınlarının önlenmesi, söndürülmesi ve izlenmesi için günümüzde ilgili kuruluşlar birçok çalışma yapmaktadır. Kullanılan yöntem ve ekiplerin eksik kaldığı noktaları kapatmak, en doğru ve en erken çözümler bulmak bir gerekliliktir. Bu eksikliğin giderilmesinde uydu teknolojileri ile yapılan uzaktan algılama (UA) çalışmaları ciddi katkı sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ile daha sık ve devamlı olarak görüntü üretebilen sabit yörüngeye sahip uydular, orman yangınlarının erken belirlenebilmesinde en ideal sistemlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Uzaktan algılama sistemlerinin doğru ve tutarlı çalışabilmesinde, uydu görüntülerinin bant sayısı, mekânsal ve zamansal çözünürlüklerine bağlıdır. Bu şartlara rağmen, UA sistemleri ile orman yangınlarının tespit çalışmalarının, insandan kaynaklanan hataları kaldırıp daha dengeli ve sistematik veri setleri oluşturacağı düşünülmektedir [http-2].

TÜRKİYE ORMAN VARLIĞI HARİTASI (2015)



Görsel 2.1 - Türkiye Orman Varlığı Haritası (2015)

2.2. Yangın Karakteristiği ve Uzaktan Algılama

Orman yangınları dñnyada ki diğer ÷lkelerde ve ÷lkemizde önemli derecede mal ve can kayıplarına neden olmaktadır. Yangında meydana gelen zararın en düşük seviyeye indirgenmesi orman yangını ile mücadele ekip ve organizasyonlarının görevlerindedir. Meydana gelen orman yangınlarının yanıcı madde tüketimi, yanma şiddeti ve yanma oranı vs. yangın davranış özelliklerinin hızlı bir şekilde hesaplanması veya belirlenmesi yangınla mücadele organizasyonları için hayati öneme sahiptir. Bu değişkenlerin yersel ölçümlerle gerçekleştirilmesi hem uzun zaman ve mesai hem de ciddi bir bütçe gerektirmektedir (M.Yavuz/B.Sağlam, 2012).

Arazi çalışmalarını ile yapılamayan veya sınırlı yapılabilen ölçme ve tespitler, Uzaktan algılama (UA) ve coğrafı bilgi sistemlerinin (CBS) alternatif teknikleriyle yapılabilmektedir. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri;

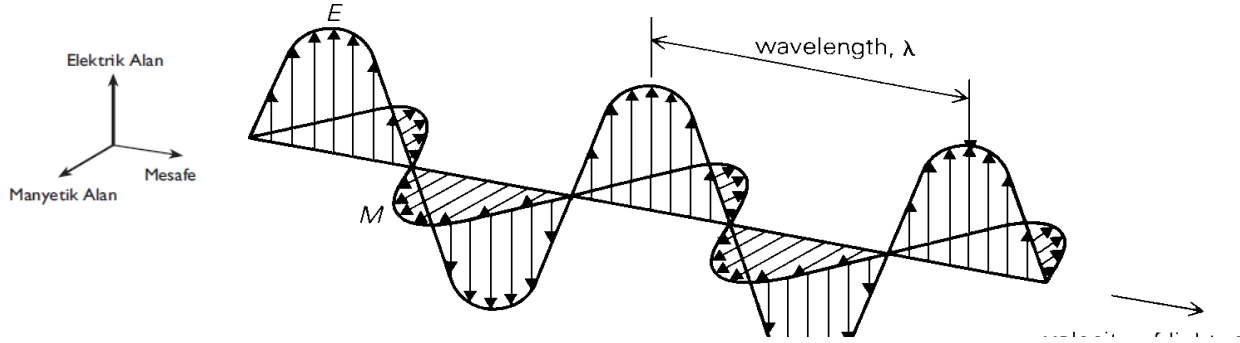
- i. Olası yangın risklerinin tespit edilmesi,
 - ii. Yangının ilk başlangıç aşamasında saptanması,
 - iii. Yangının davranışının izlenmesi,
 - iv. Sonlanan yangınların analizi ve hasarın tespit edilmesi,
- gibi birçok kısımda kullanılmaktadır. Ayrıca Uzaktan algılama ve CBS teknikleri yangın esnasında riskli bölgelere ulaşım olanaklarını sağlamaktadır.

3. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMELLERİ

3.1. Elektromanyetik Enerji

Elektromanyetik enerji/ışınım, c ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden tüm enerji türleridir. Harmonik dalgalar ise periyodik ve eşit halde hareket eden dalgalardır. Elektromanyetik enerji türlerinden sadece bir tanesi görünür ışıktır. Bunun dışında mor ötesi, Radyo dalgaları, X-ışınları, ısı vs. farklı dalgalarda vardır (Şekil 3.3).

Elektromanyetik dalgalar birbirine ve yayılma doğrultusuna dik olan Manyetik (M) ve Enerji (E) alanlarından oluşmaktadır. Tüm elektromanyetik enerji ışık hızında ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$), hareket etmektedir. Tanecik ve dalga modeli Şekil 3.1’de açıklanmaktadır.



Şekil 3.1- Elektromanyetik Salınım

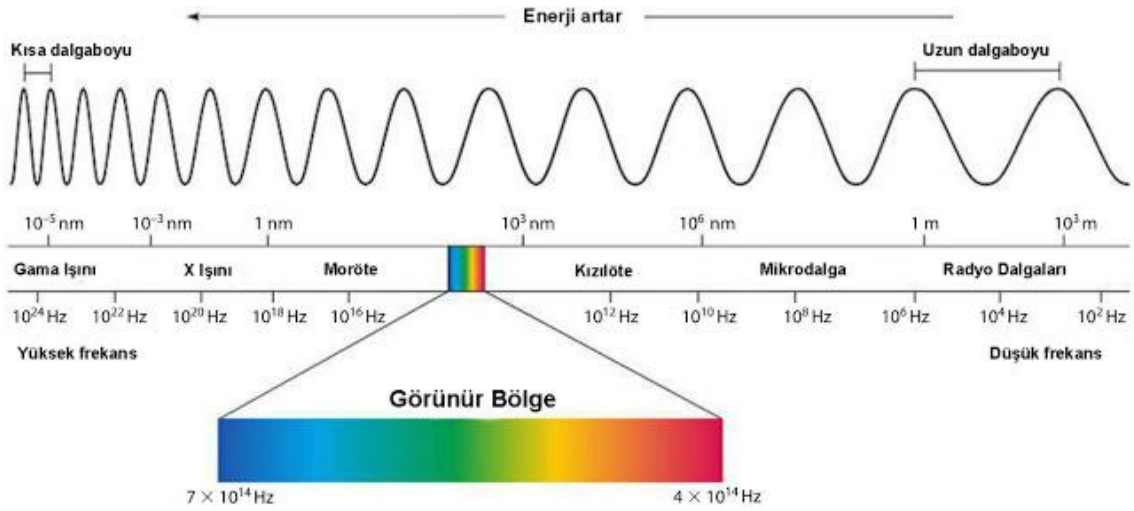
Elektromanyetik ışınlam maddenin herhangi bir hali ile (katı, sıvı, gaz) temas ettiği zaman doğrultu, şiddet, polarizasyon, faz ve dalga uzunluğu gibi faktörler açısından pek çok değişikliğe maruz kalır. UA çalışmalarında bu değişiklikler tespit edilerek kaydedilir. Bu işlemler sonucunda elde edilen görüntüler ve diğer veriler, her cismin özelliğinin belirlenmesi için uzaktan algılama çalışmaları kapsamında yorumlanır (Örmeci, 1987).

Aslında uzaktan algılamanın temelini cisim-enerji arasındaki bu ilişkiler oluşturmaktadır. Ayrıca enerjinin dalga uzunluğu, cismin sıcaklığı ve bunlarla ilişkili olarak ışıyan enerji miktarı da UA’da önem arz etmektedir (Özkan,1988).

3.2. Elektromanyetik Spektrum

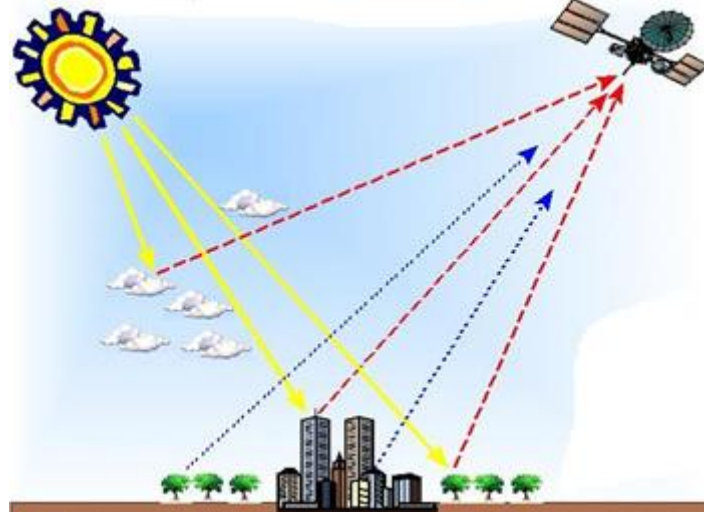
Elektromanyetik spektrum 3×10^8 m/sn hızla hareket eden, dalga boyu nanometrelerden kilometrelere uzanan aralıklara sahip bir değer ortamıdır. UA'da ekseriyetle ilgilenilen dalga boyları 0,30- 15 μm aralığında ki dalga boylarıdır.

Elektromanyetik spektrum daha rahat kullanılabilmesi için belirli aralıklarla bölünmüş olsa da net bir sınır asla söz konusu değildir. Her tip ışınım aralığının belirlenmesinde, uzaktan algılamanın farklı yöntemleri kullanılmıştır. Görünür ışınım spektrumunun 0,4-0,7 μm aralığındaki çok küçük bir kısmında yer almaktadır. Elektromanyetik spektrumun değişik aralıklarında algılama yaparak elde edilen veriler ile yeryüzü hakkında pek çok farklı özellikler tespit edilerek yorumlanabilir. Uzaktan algılamada en çok kullanılan dalga boyları (0,4–0,7 μm) görünür, (0,7–14 μm) kızılötesi ve (1–100 mm) mikrodalga ışınımılarıdır (Şekil 3.2). Elektromanyetik spektrumda kızılötesi ve görünür bölgede yapılan çalışmalarda enerjilerin algılanması için multispektral optik (Aster, Landsat, Sentinel vb.) algılayıcılar tercih edilirken, uzun dalga boylarında yapılan çalışmalarda aktif ya da pasif mikrodalga algılayıcılar kullanılmaktadır.



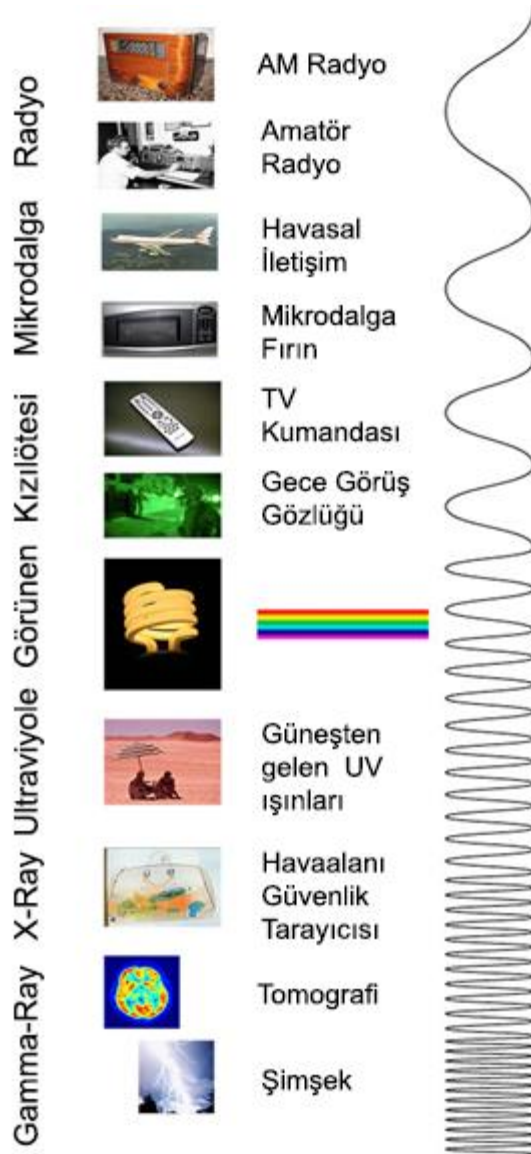
Şekil 3.2 - Elektromanyetik Spektrum

Uzaktan algılama sistemleri elektromanyetik ışınımın kullanıldığı dört temel bileşenden oluşmaktadır (Curran, 1985):



Görsel 3.1 - Elektromanyetik Işınım

- a) Kaynak: Pasif uzaktan algılama sistemlerinin temelini oluşturan güneş ışığı ve aktif uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan yapay elektromanyetik ışınım, uzaktan algılamanın ışınım kaynaklarını oluşturmaktadır.
- b) Yeryüzü ile karşılıklı etkileşim: Yeryüzündeki objenin özellikleri, yansıyan ışınımın özellikleri ve ışınım miktarına bağlıdır.
- c) Atmosfer ile karşılıklı etkileşim: Elektromanyetik ışınım atmosfer içerisinden geçerken, farklı etkilerden dolayı saçılmaya ve/veya bozulmaya maruz kalabilmektedir.
- d) Algılayıcı: Yeryüzündeki objeye çarpıp geri dönen elektromanyetik ışınım, algılayıcılarla kaydedilmektedir (Görsel 3.1).



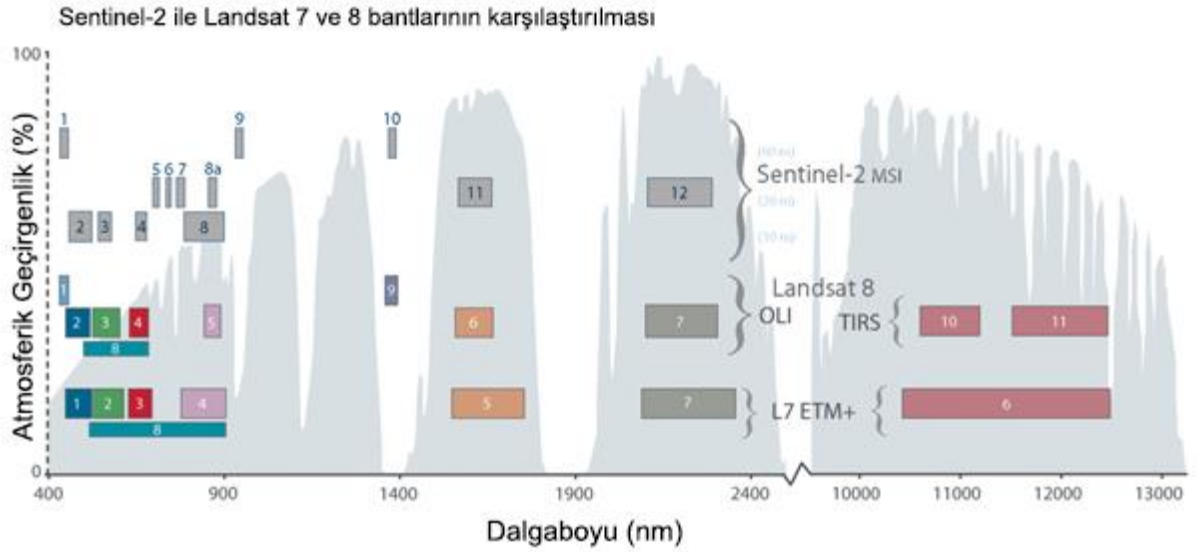
Şekil 3.3 - Elektromanyetik Spektrum-2

Elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde, değişik yeryüzü özellikleri kaydedilmektedir (Şekil 3.3). Yapılan uzaktan algılama çalışmalarında ve algılayıcı tasarımlarında kullanılan uydu görüntülerinin seçiminde, elektromanyetik spektrumun algılama bölümleri önemli rol oynamaktadır (Musaoğlu, 1999).

3.3. Elektromanyetik Enerjiye Atmosferik Etkiler

Işınım kaynağı aktif ya da pasif olsun, uzaktan algılamada algılanan tüm ışınlar atmosferde belirli bir yol almaktadır. Kaynaktan çıkan ve algılayıcıya ulaşan ışınlar bu yolu kat ederken atmosferden geçmektedir.

Elektromanyetik enerji atmosfere girdiğinde, çeşitli yoğunluk ve geçirgenliğe sahip su moleküllerinin, parçacıkların ve atmosferik gazların varlığı nedeniyle emilim, kırılma ve saçılma etkisi altında olacaktır. Bazı elektromanyetik dalga frekansları tamamen emilirken, bazıları dağılabilir, enerjisi azalabilir ve bazıları hiçbir kayıp olmadan iletilebilir. Bu taban, elektromanyetik dalganın uzunluğuna ve mevcut atmosfer koşullarına bağlıdır. Sistemin güvenilirliği, böylece “atmosferik pencere” terimini oluşturan atmosferik etkileşimlerle sınırlıdır. Belli dalga boylarının kayıpsız olarak iletileceği eşsiz bant aralıkları şekil 3.4’de gösterildiği şekildedir.



Şekil 3.4 - Elektromanyetik enerjiye atmosferik etkiler

Absorpsiyon, elektromanyetik radyasyonun atmosferle etkileşime girdiği anda meydana gelir. Bu olay atmosferdeki moleküllerin çeşitli dalga boylarında enerjiyi absorbe etmesine neden olur. Ozon, karbon dioksit ve su buharı, radyasyonu emen üç ana atmosfer bileşenidir. Ozon aslında dünya sağlığı için önemli bir görev yaparak güneşten ultraviyole radyasyonu emmeye yaramaktadır. Karbondioksit, atmosferin içindeki bu ısının yakalanmasını sağlayan tayfin uzak kızılötesi kısmında radyasyonu güçlü bir şekilde alma eğilimindedir. Atmosferdeki su buharı ise gelen uzun dalga kızılötesi ve kısa

dalgalı mikrodalga radyasyonu (22µm ve 1m arasında) emer. Alt atmosferdeki su buharının varlığı, yerin konumundan lokasyona ve yılın farklı zamanlarına göre büyük ölçüde değişir. Bir çölün üzerindeki hava kütlesi, enerjiyi emmek için çok az su buharına sahip olurken, tropik bölgeler yüksek neme bağlı olarak yüksek su buharı yoğunluğu taşımaktadır (K. Esemem, 2011).

Saçılma, atmosferde bulunan parçacıklar veya büyük gaz molekülleri ile etkileştiğinde ve elektromanyetik radyasyonun orijinal yolundan yeniden yönlendirilmesine neden olduğunda meydana gelir. Ne kadar saçılma meydana gelirse, radyasyonun dalga boyu, parçacık veya gaz miktarı ve radyasyonun atmosferden geçtiği mesafe gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Üç tip saçılma vardır;

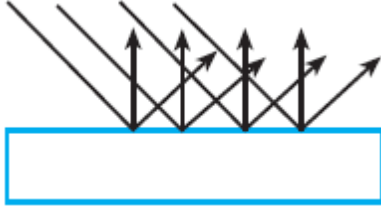
Rayleigh saçılması: Parçacıkların küçük toz veya azot ve oksijen molekülleri gibi radyasyonun dalga boyuna göre çok küçük olduğu zaman, kısa dalga boylarının daha uzun dalga boylarından daha çok dağılmasına sebep olmaktadır.

Mie saçılması: Parçacıkların, Rayleigh saçılmasından etkilenenlere göre daha uzun dalga boylarını etkileme eğiliminde olan toz, duman ve su buharı gibi radyasyon dalga boyu ile hemen hemen aynı büyüklükte olduğunda, atmosferin alt kısımlarında meydana gelmektedir.

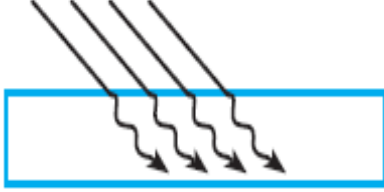
Non-selektif (Seçici olmayan) saçılma: Parçacıklar, su damlacıkları ve büyük toz parçacıkları gibi radyasyonun dalga boyundan çok daha büyük olduğunda meydana gelir, bu da tüm dalga boylarının saçılmasıyla sonuçlanmaktadır.

3.4. Cisimlerin Spektral Yansımaları

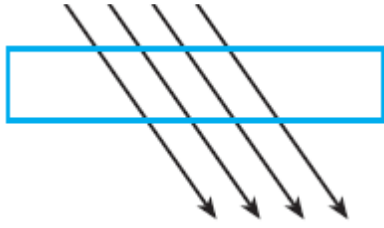
Cisimlerin uzaktan algılama ile ifade edilebilmelerinin sebebi ana spektral özelliklerinin farklı olmasıdır. Cisimler enerjiyi farklı yansıtımları spektral yansıtım eğrileriyle gösterilmektedir. Spektral bantların her biri elektromanyetik spektrumun belirli bir aralığına duyarlıdır. Spektral yansıtım özellikleri belli spektral aralıklarda ayırt edilebilir biçimde farklılık gösteren cisimler o aralıklara duyarlı uzaktan algılama görüntülerinde farklı renklere görünürler. Bu doğrultuda cisimlere ait spektral yansıtım özelliklerinin biliniyor olması, spektral bant seçiminde önemlidir (S. Ekercin,2011).



Yansıtılma: Tüm ışınımın belli bir miktarı objeden geri yansır ve yüzey pürüzlülüğü ve ışının geliş açısıyla ilişkili olarak farklı şekilde saçılmaktadır.



Yutulma: Objeye gelen toplam ışınımın belli bir miktarı çevredeki elektron ve moleküler tepkimeler sebebi ile soğrulur, bu ışınımın belli bir miktarı çoğunlukla uzun dalga boylarında geri yansır, bir kısmı ise yutularak objenin ısınımasını çoğaltır.

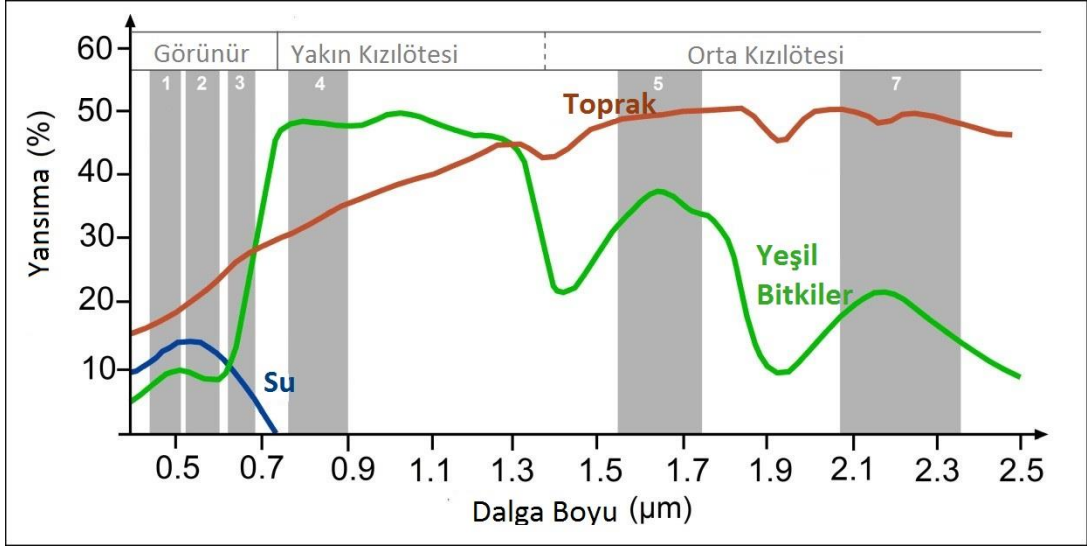


Geçirilme: Gönderilen enerji bazen su vb. maddelere nüfuz edebilir. Maddeye gelen saydam ışınımın bir kısmı maddeden geçip diğer ortama iletilebilmektedir (A. Marangoz, 2018).

Bütün maddeler yansıtma bakımından birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Bu özellikler spektral yansıtma eğrisi olarak adlandırılan bir eğride gösterilmektedir. Eğri, ışının sahip olduğu dalga boyu ile ilişkili olarak yüzeyden yansıyan ve yüzeye gelen toplam ışınımın yüzdesini ifade etmektedir. Cisimlerin spektral yansıtma katsayısı ölçülüp spektral yansıtma eğrileri oluşturulur. Kullanılacak algılayıcının ve uzaktan algılamada çalışılacak alanın seçiminde bu eğrilerden faydalanılır. Bu açıdan cisimlerin spektral yansıtma özelliklerinin biliniyor olması, ihtiyaç duyulan bandın seçiminde önem arz etmektedir.

Spektrometre cihazları ile değişik özelliklere sahip yüzeylerin spektral imzaları oluşturulabilir. Bu sayede herhangi bir spektral bantta obje yüzeyinden yansıyan elektromanyetik radyasyon algılanır. Bu işlem her bant için ölçülerek, tüm dalga boylarında spektral imza elde edilebilir. Herhangi bir materyal için, yansıyan (emilen veya iletilen) güneş ışınımının miktarı dalga boyu ile değişecektir. Maddenin bu önemli özelliği, belirli bir dalga boyu için tepki değerlerine göre farklı kapak tiplerini ayırmamızı sağlar. Belli bir arazi örtüsünün spektral imzası, tepki özelliklerinin dalga boyu ile ilişkisi

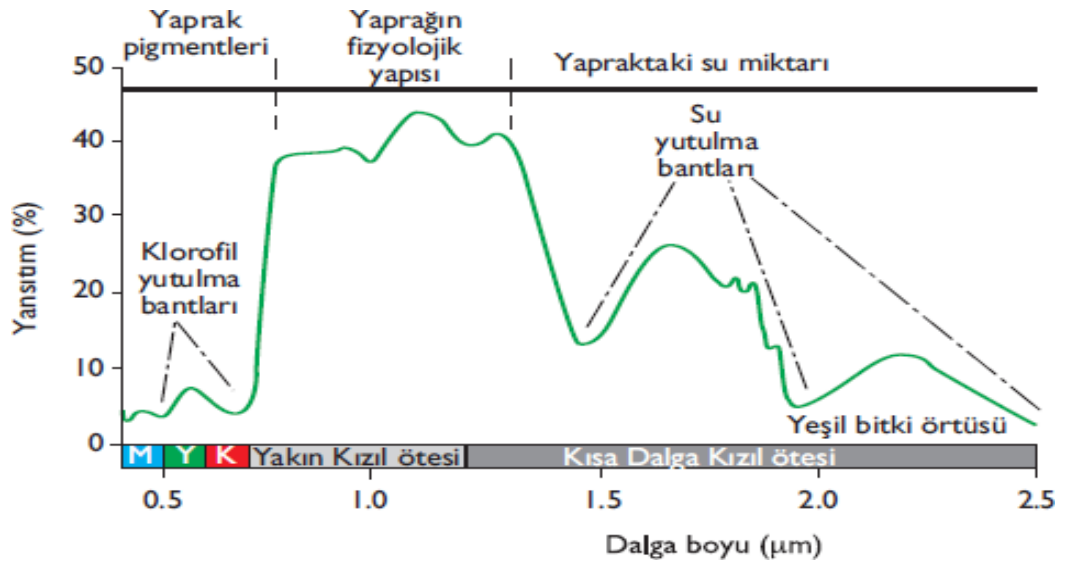
olarak tanımlanmaktadır (F. Sunar vd. 2011) Her bir maddenin kendine özgü bir spektral yansımaya sahip olmasına rağmen, en sık gözlenenler toprak, su ve yeşil bitki örtüsünün 3 benzer yansıtma özelliği altında toplanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 - Cisimlerin Spektral Yansımaları

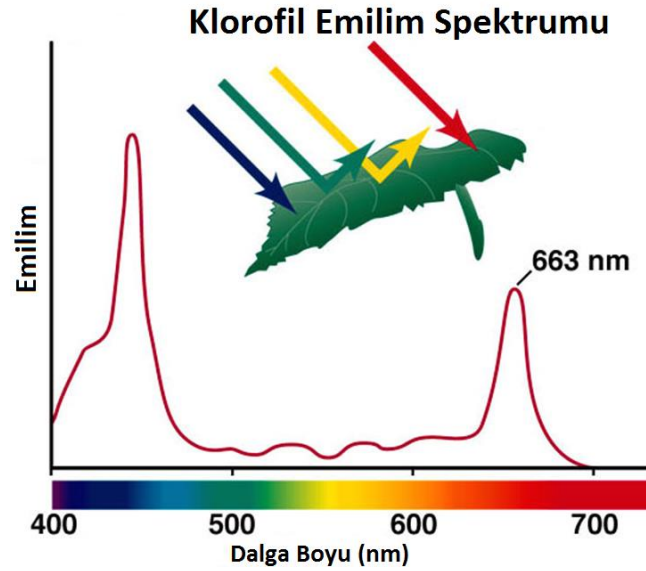
3.4.1. Bitkilerin spektral yansımaları

Yaprakların iç yapısı yakın kızılötesinin yansıtım derecesini kontrol etmektedir. Kaynaktan çıkan enerjinin neredeyse yarısı yaprak tarafından yansıtılır, kalan kısmının çoğu geçirilir ve çok az kısmı da yutulur.



Şekil 3.6 - Bitkilerin Spektral Yansımaları

Bitkilerin toplam nem muhteviyatı, gelen ışınının ekseriyeti yaprak içerisindeki su tarafınca yutulacak ve geri kalanı yansıyacak şekilde orta kızılötesi yansıtımı kontrol etmektedir. 0.98–1.20 μm arası dalga boylarında çalışan algılayıcılar ile bitkilerin hücre yapısını değiştiren bitki hastalıklarını tespit etmek mümkündür (Şekil 3.6).



Şekil 3.7 - Klorofil Spektral Yansıması

Kısacası, bitkilerin spektral yansıması; yakın kızılötesi aralığında hücre yapısına, orta kızılötesi aralığında nemliliğine ve görünür kısımda ise klorofil pigmentlerinin yansıma ve yutmasına bağlıdır (Şekil 3.7) (A. Marangoz 2018).

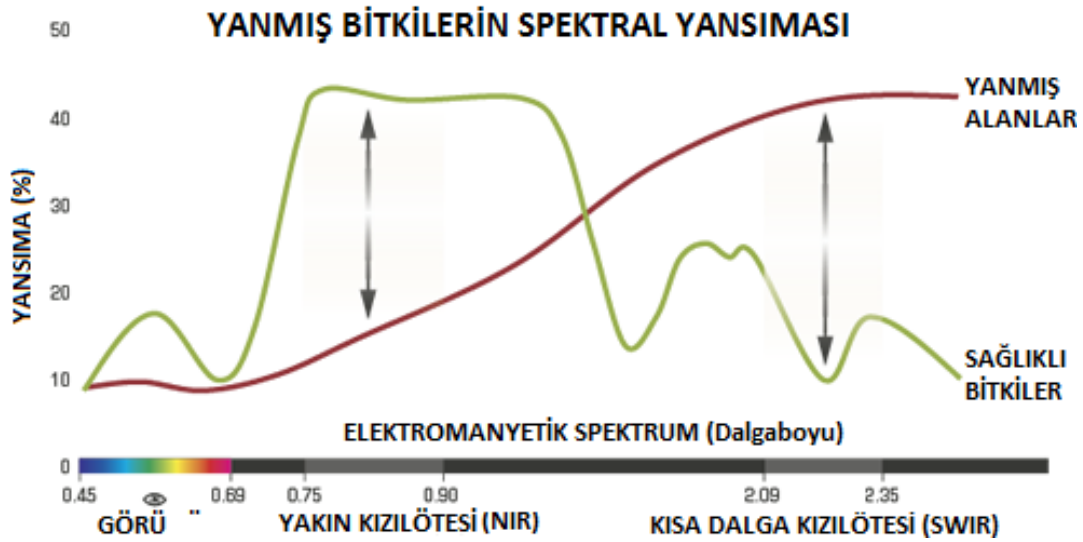
Bitkilerde yansıtmayı etkileyen faktörlerin bitkinin kendisinden kaynaklanabileceği gibi bazı dış etkenlere de bağlı olması söz konusudur. Bunlar; yaprağın morfolojik yapısı, yaprakların yaşı, bitkilerin büyüme dönemleri, bitkilerin yaprak yapısı, yapraklardaki su kaybı, yüksek tuzluluk, besin elementi eksiklikleri, hastalık ve zararlılardır (K. Karadağ, R. Taşaltın, 2016).

Sağlıklı ve yeşil bitkilerin spektral yansıma eğrileri genellikle birbirini takip eden tepe ve çukurlar şeklindedir. Spektral grafikte görünen bölgedeki çukurlar, bitki yapraklarında bulunan pigmentler sebebi ile oluşur. Çünkü klorofil a ve klorofil b olarak isimlendirilen maddeler yaklaşık 0,45 ve 0,67 μm değerlerine, merkezlenmiş dalga boyu bantlarındaki enerjiyi büyük oranda soğurur (Senanda, 1986). Mavi ve kırmızı enerjinin bahsedilen bu değerlerde bitki yapraklarında yutulması ve yeşil enerjinin de aynı oranda yansıması, insan gözünün sağlıklı bir bitkiyi yeşil renkte görmesini sağlar. Eğer bitkiler

beklenen gelişim ve verimini engelleyen bazı zorlamalara maruz kalıyorsa klorofil üretimi, azalmış ya da olmuyor demektir. Böylesi durumlarda, kırmızı ve mavi bantlarda daha az klorofil soğrulduğundan dolayı sağlıklı yeşil bitki renginde değişimler tespit edilecektir (K. Kavak, 2014).

3.4.1.1. Yanmış bitkilerin spektral yansımaları

Yanmış bitkilerde yaprağın morfolojisi, su oranı, tuzluluk oranı vs. birçok içerik yanma ile kaybolduğu veya değiştiği için spektral yansımaları farklı olacaktır. Bu farklılık sayesinde uzaktan algılama yöntemleri ile uydu fotoğrafları üzerinden sağlıklı bitkiler ile yanmış bitkiler ayırt edilebilecektir.



Şekil 3.8 - Yanmış Bitkilerin Spektral Yansımaları

Yakın kızılötesi ışık büyük ölçüde sağlıklı yeşil bitki örtüsü tarafından yansıtılır. Bu, kızıl ötesi bantların sağlıklı yeşil bitki örtüsü alanlarında çok yüksek olacağı ve az bitki örtüsünün olduğu bölgelerde düşük olacağı anlamına gelir. Orta kızılötesi ışık büyük ölçüde kaya ve çıplak toprak tarafından yansıtılır. Bu orta kızılötesi bant değerlerinin çok az bitki örtüsüyle çıplak ve kayalık alanlarda ve sağlıklı yeşil bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde çok yüksek olacağı anlamına gelir.

Bir yangın öncesi bir ormanda toplanan görüntüler çok yakın kızılötesi bant değerlerine ve çok düşük orta kızılötesi bant değerlerine sahip olacaktır. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi bir yangından sonra orman üzerinde toplanan görüntüler kızılötesi bant değerlerine yakın ve çok yüksek orta kızılötesi bant değerlerine sahip olacaktır [http-3].

3.4.2. Suyun spektral yansımaları

Suyun spektral yansımalarına bakıldığında; yansıyan kızıl ötesi dalga boyundaki enerjinin soğurulması en göze çarpan özelliktir. Bitki örtüsü veya topraktaki su ve deniz, göl, akarsu vs. su kütleleri yansıyan kızılötesi dalga boyundaki enerjiyi soğurmaktadır. Bu nedenle UA veri setleriyle su kütlelerini tespit etme ve şeklini çıkarma işlemleri yansıyan kızılötesi dalga boylarında gerçekleşir. Bir su kütleindeki yansımaya, suyun yüzeyi, su kütleinin derinliği ve suyun içeriğindeki fiziksel ve kimyasal maddeler gibi etkenler sebebiyle çeşitlilik göstermektedir (K. Kavak, 2014).

Suyun yansımaya özellikleri suyun ve sudaki organik ve/veya inorganik malzemenin bir fonksiyonudur. Çok miktarda askıda çökelti mevcutsa, berrak su kütleleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek görünür bir yansımaya ortaya çıkacaktır. Klorofil miktarı da su yansımaya miktarını etkileyecektir.

Klorofildeki bir artış, mavi dalga boylarında bir azalmaya ve yeşil dalga boylarında artışa neden olur, bu da varlığın izlenmesini ve alg konsantrasyonunu tahmin etmeyi sağlar. Sıcaklık değişimleri, gün boyunca suyun yansımalarını etkiler. Türbülans, akıntı ve yüzey dalgalarının varlığı dağınık ve iletilen enerji miktarını da etkileyen dağınık bir yansımaya da beraberinde getirecektir. Suyun en ayırt edici özelliği, spektral yansımaya açısından, yakın kızıl ötesi dalga boylarında enerji emilimidir.

Olay enerjisi, su yüzeyi ile etkileşimler gibi karmaşık bir şekilde etkileşir, bir yansıtma biçimindedir, ancak bir su kütleinin dibinde asılı malzemeden kırılan ve daha sonra yansıyan enerji ile birleşim halindedir. Çözünmüş oksijen yoğunluğu, pH, tuz yoğunluğu gibi belirli su karakteristikleri, doğrudan su yansımaya değişiklikleri ile gözlemlenemez, ancak gözlemlenen yansımaya ile korele edilebilir. Bu nedenle su kütleleri için yansıtma verileri, petrol veya endüstriyel atıklar gibi kirleticileri tespit etmek için kullanılmış ve ova bölgelerindeki bataklık bitki örtüsünden tanen boyaların varlığını veya yokluğunu belirlemek için kullanılmıştır [http-4].

3.4.3. Toprağın spektral yansımaları

Toprak, yansımaya olayında özel bantları en düşük düzeyde etkileyen yapıdadır. Şekil 4.5'deki toprağın spektral eğrisine bakıldığında da yansımada en az tepe ve çukur değişiminin toprakta olduğu görülmektedir. Nem, toprak dokusu (mil, kil, kum miktarı vs.), yüzey engebesi, demir oksit ve organik madde içeriği vs. faktörler toprak

yansımaları etkilemektedir. Bu faktörler değişken, karmaşık ve birbirleriyle ilişkilidir. Örneğin toprağın nemi toprağın dokusu ile ilişkilidir ve yansımayı azaltmaktadır. Dolayısıyla kumlu ve sert toprakların nem oranı düşük olduğundan genelde yüksek yansıtma yapmaktadır. Aksi şekilde nem oranı fazla gevşek dokulu topraklar ise düşük yansıtma sahiptirler. Yüzey açısı ve organik madde içeriği vs. değişkenlerde toprak yansımaları azaltan faktörlerdir. Demir oksit içeren topraklar da özellikle görünür dalga boylarındaki yansıma daha azdır.

3.5. Uzaktan Algılama Sistemleri

UA, bir temasta bulunmadan, algılayıcı sistemler sayesinde yeryüzü hakkında bilgi alma bilimi veya sanatıdır.

UA teknolojileri yer yüzeyindeki hedeflerden yansıyan ışınımın algılanması, kaydedilmesi, elde edilen verilerin işlenmesi ve analizinde kullanılır.

İnsanlar bir objeyi tanımlamak istediği zaman ilk olarak objeyi görür, şekil ve büyüklüğü hakkında bilgi edinir, sonrasında eğer önceden obje hakkında bilgi sahibi ise edindiği bilgiler ile gözlemlerini karşılaştırır. Eğer objeye ulaşabileceği bir uzaklıktaysa duyu organlarını kullanarak obje hakkında daha kesin bilgi elde eder.

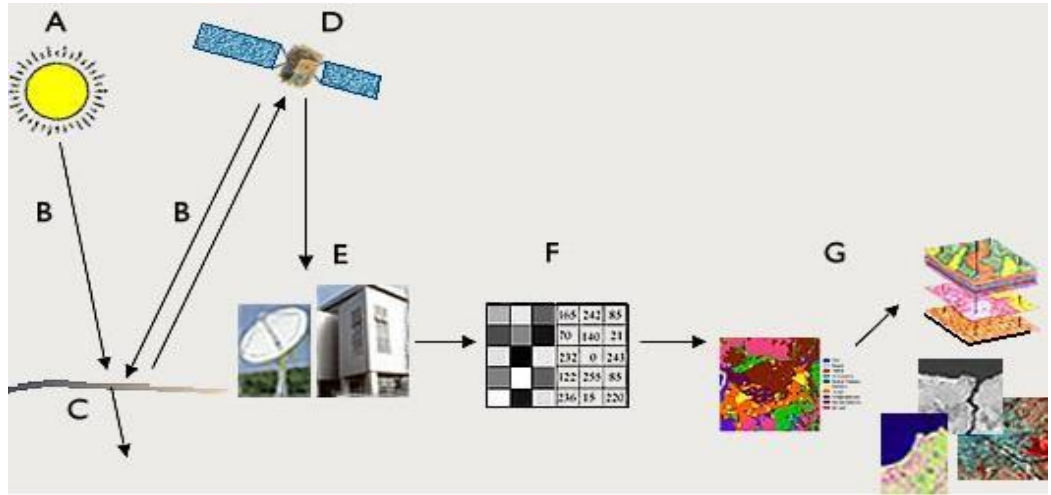
Uzaktan algılama, 1909 yılında Wilbur Wright tarafından bir uçaktan ilk kez sıralı bir şekilde Hava Fotoğrafı çekimi ile başlamıştır. 1957’li yıllarda SPUTNIK-1 ile başlayan Uzay Çağı, 1972 yılında LANDSAT uydusunun fırlatılması ile başlamış ve günümüze kadar gelişerek gelmiştir. Günümüzdeki teknoloji ile uzaktan algılama bilimindeki ilerleme tam anlamıyla baş döndürücüdür. Uzaktan algılama ilk olarak askeri amaçlı kullanılmıştır. Daha sonra uzaktan algılama uydularının da fırlatılmasından sonra askeri amaçların dışında yeryüzü hakkında bilgi toplama aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle; meteorolojik araştırmaların yapılması, bitkilerin gelişiminin gözlemlenmesi, doğal afetlerin izlenmesi, su kaynaklarının tespiti vb. çalışmalar uzaktan algılama teknolojilerinden yararlanılarak yapılmaya başlanılmıştır. Hızla artan nüfus ile dünyada ki doğal kaynakların azalması, kaynakların etkili bir şekilde kullanılması, yeni yerleşim alanlarının bulunması, çevre kirliliği, beslenme vs. sorunları doğurmuştur.

Uydulardan alınan görüntüler sayesinde yeryüzü küresel bir ölçekte gözlemlenebilmekte ve yukarıda belirtilen sorunların çözümüne yönelik güncel, ekonomik ve hızlı veri uydular ve hava fotoğrafları ile temin edilebilmektedir. UA bilimi; tarım alanlarının ve bu alanlardaki değişimlerin saptanması, kentsel alanların tespiti,

jeomorfolojik, jeolojik ve yer yapısı hakkında bilgi edinilmesi, sayısal arazi modellerinin ve topografik haritaların oluşturulması, denizlerin ve buzulların değişiminin izlenmesi, meteoroloji, hastalıklı ağaçların saptanması, şehir ve bölge planlaması, orman yangınlarının tespiti vs. birçok alanda aktif olarak kullanılmaktadır.

3.5.1. Uzaktan algılama verilerinin elde edilmesi

UA çalışmaları iki ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar "Veri Elde Etme" ve "Veri İşleme" aşamalarıdır.



Görsel 3.2 - Uzaktan algılamanın çalışma prensibi

Enerji Kaynağı (A): Doğal veya yapay bir kaynak ile hedefe enerji gönderilmektedir. Bu kaynak hem hedefi aydınlatır hem de hedefe elektromanyetik enerji göndermektedir. Pasif uydu sistemlerinde tek enerji kaynağı güneştir, fakat pasif radar uydu sistemlerinin kendi enerji kaynakları kendileridir ve ürettiği elektromanyetik enerjiyi hedefe gönderir.

Işınım ve Atmosfer (B): Doğal veya yapay kaynaktan çıkan enerji hedefe ve alıcıya doğru kat ettiği yolda atmosfer ortamından geçer ve bazı diğer etkileşimlere maruz kalır.

Hedef ile Etkileşim (C): Elektromanyetik dalga atmosfer ortamından geçtikten sonra, hedefe vardığında hem ışınım hem de hedef özellikleriyle ilişkili olarak farklı etkileşimler oluşturmaktadır.

Enerjinin Algılayıcı Tarafından Kayıt Edilmesi (D): Algılayıcı, hedefle etkileşiminde yayılan ve saçılan enerjiyi algılayarak ilgili veriyi kaydeder.

Verinin İletimi, Alınması ve İşlenmesi (E): Algılayıcının kaydettiği veri, görüntüye dönüştürülerek işlenmek için uydu yer istasyonlarına iletilir.

Yorumlama ve Analiz (F): İşlenen görüntü görsel, dijital ve elektronik tekniklerle zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlara ulaşılacak veri seti elde edilir.

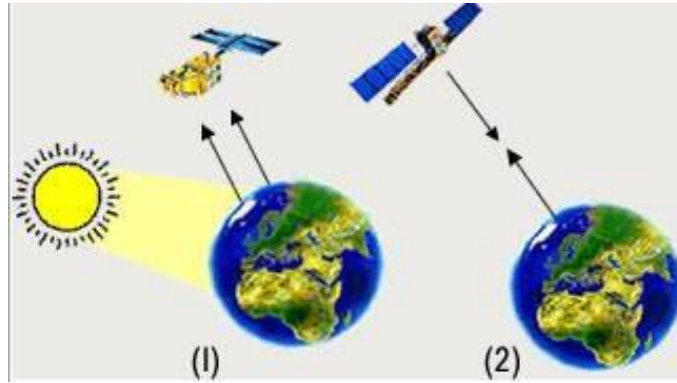
Uygulama (G): Elde edilen veri setlerinden bilgi çıkartılarak belirli sonuçlara ulaşılır. Sonrasında üretilen sonuçlar, başka veri setleriyle birleştirilerek kullanılabilir.

3.5.2. Algılayıcı tipleri

UA biliminde kullanılan ve geliştirilen algılayıcılar iki temel gruba ayrılmaktadır:

1-Pasif Sistemler: Yeryüzünün doğal ışınımını veya güneş enerjisinin yansımını algılayan optik, ısı ve mikrodalga algılayıcı sistemlerdir.

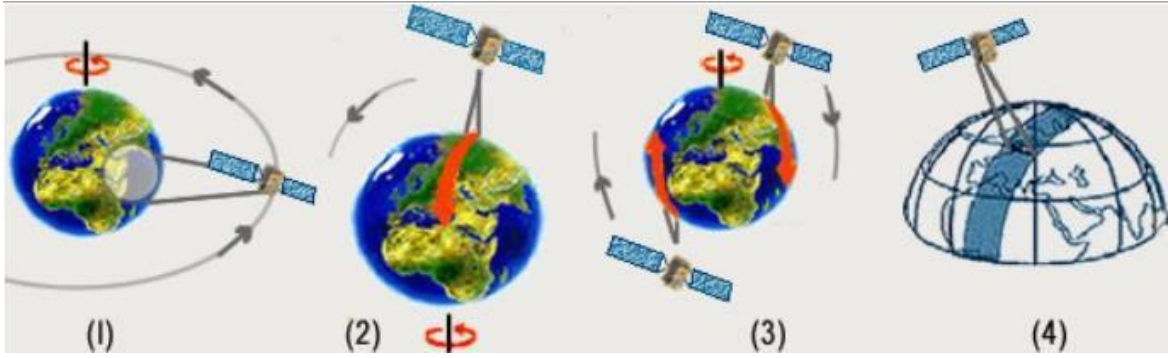
2-Aktif Sistemler: Kendi enerji kaynaklarını kullanmaktadırlar. Hedefe kendi kaynağında ürettiği elektromanyetik dalga sinyallerini göndererek hedeften saçılan enerjiyi algılamaktadırlar (Görsel 3.3).



Görsel 3.3 - Algılayıcı tipleri

3.5.3. Uydu yörüngeleri ve tarama alanı

Uyduların takip ettiği ve tamamladığı dairesel yolun adı yörüngedir. Yörüngeler dönüş yönlerine, yüksekliklerine ve dünyanın dönüşüne göre dört sınıfa ayrılmaktadır.



Görsel 3.4 - Uydu yörünge tipleri

1-Yer-Sabit Yörünge: Bu tür yörüngelerdeki uydular çoğunlukla en yüksek irtifada bulunmaktadır. Bu tipteki uydular her zaman dünyanın aynı yerini görüntüleyerek o yeri devamlı izleme ve o yer hakkında sürekli bilgi temin etme imkânı sağlarlar. Meteorolojik ve haberleşme uyduları ekseriyetle bu yörüngelerdeki uydulardır.

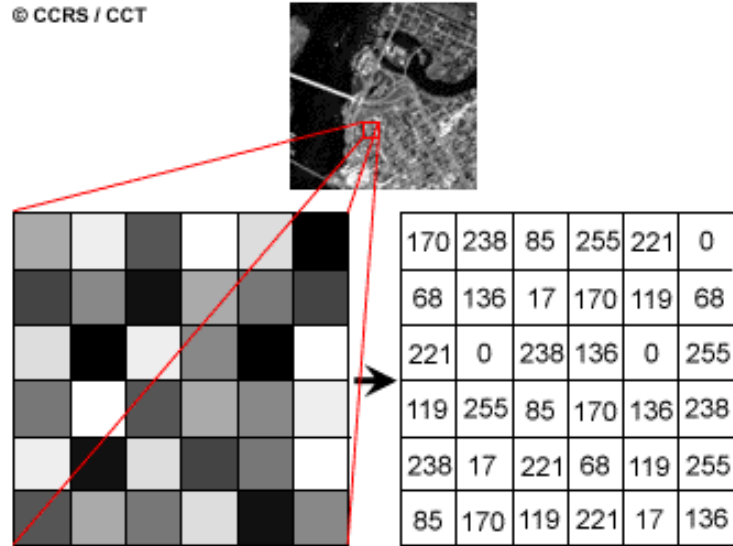
2-Yakın-Kutupsal Yörünge: Birçok uzaktan algılama platformu kısa zamanda dünyanın birçok yerini görüntülemeyi sağlayacak yörüngelere yerleştirilmiştir. 'Yakın-kutupsal yörünge' adı, bu uydu türlerinin kuzey ve güney kutupları arasında uzanan bir yolu takip etmeleri sebebiyle kullanılmaktadır.

3-Güneş-Eşzamanlı Yörünge: Birçok yakın kutupsal uzaktan algılama uydusunun yörüngesi aynı zamanda güneşle eşzamanlı hareket etmektedir. Böylece bu tür uydular dünyada görüntülediği tüm bölgeleri aynı yerel saatte görüntüleyebilmektedir.

4-Tarama Alanı: Uydular dünya etrafında dönmekteyken, algılayıcılar yer yüzeyinin belirli bir bölümünü tarayabilmektedir. Uydu bu yörünge boyunca ilerlerken taradığı bölgeye "tarama alanı" denmektedir (Http-8).

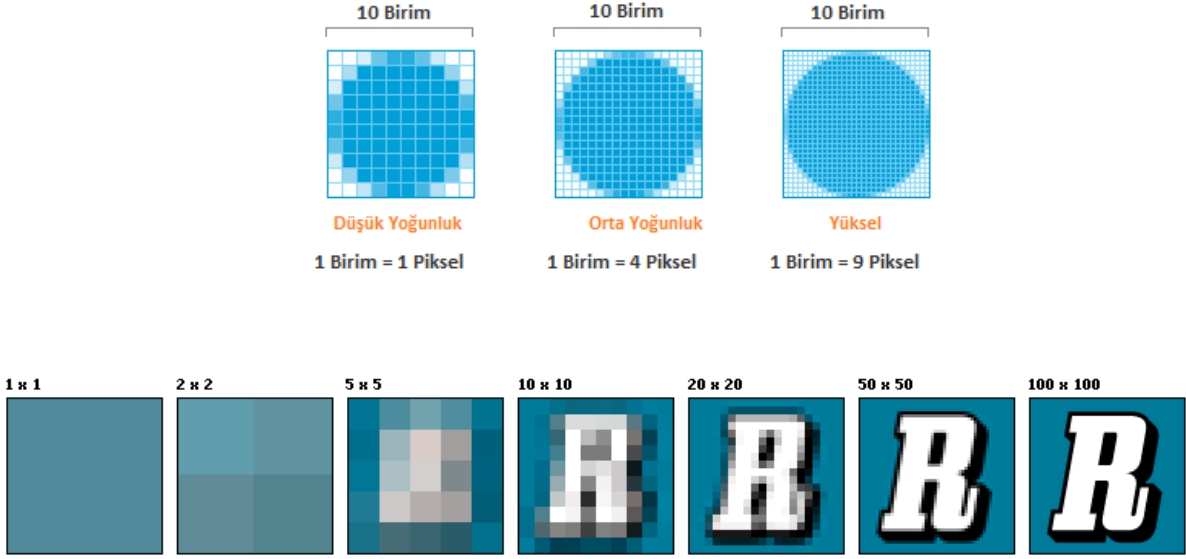
3.5.4. Veri işleme ve görsel yorumlama

UA görüntüleri dijital şekilde kayıt edilip bilgisayarlar yardımıyla işlenerek görüntüye dönüştürülür. Bir uzaktan algılama sisteminde algılayıcı ışınımı (enerji) algılar, ölçer ve miktarını bilgisayarın algılayabileceği bir sayıya dönüştürür. Yörüngedeki uzay aracı bu kodları sinyallerle yeryüzündeki uydu yer istasyonuna iletir. Bu sinyaller alınarak sayı dizilerine dönüştürülmektedir. Sütun ve sıralar gri değerine denk gelen sayılara dönüştürülür. Böylece bir dijital görüntü meydana getirilir. Kısaca, sayılar küçük resim elemanlarına dönüştürülür ve bir araya geldiklerinde görüntünün tamamını oluşturur. Dijital görüntüyü oluşturan en küçük resim parçalarına piksel denir. Her piksele ait olan ve temsil edilen alandan gelen ortalama ışınımı veren değer DN ile gösterilir. DN değerleri Şekil 4.5’ de olduğu gibi her zaman 0-255 arasına tekabül eder.



Görsel 3.5 - Görüntü piksel değerleri

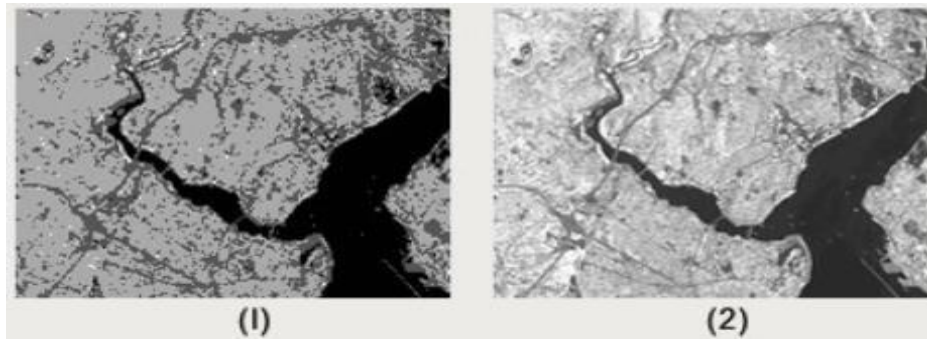
Bir görüntü sisteminde kaydedilen detayların ayırt edilebilirlik ölçütüne çözünürlük denir (Görsel 3.6)



Görsel 3.6 - Görüntü piksel yoğunluğu

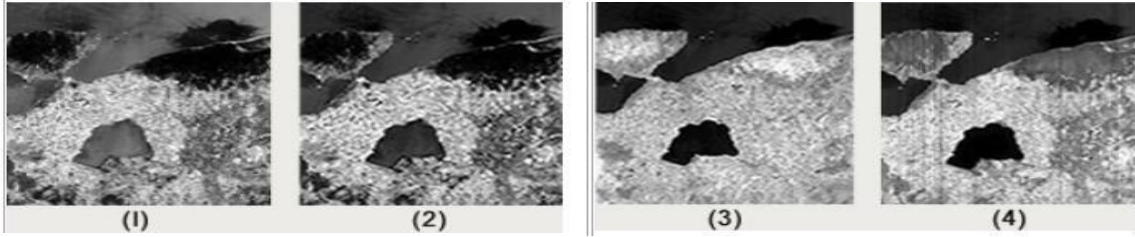
Uydu görüntüleri dört farklı çözünürlük sınıfında incelenmektedir. Bunlar;

Radyometrik Çözünürlük: Elektromanyetik enerji miktarındaki hassasiyet radyometrik çözünürlüğü göstermektedir. Farklı şekilde ifade etmek gerekirse, bir görüntüleme sistemindeki radyometrik çözünürlük, görüntülerin sahip olduğu enerji farklılıklarını ayırt edebilme kabiliyetini gösterir. Söz edilen enerji farklılıkları ayırt edilebilen gri tonu sayısı ile ifade edilir (Görsel 3.7)



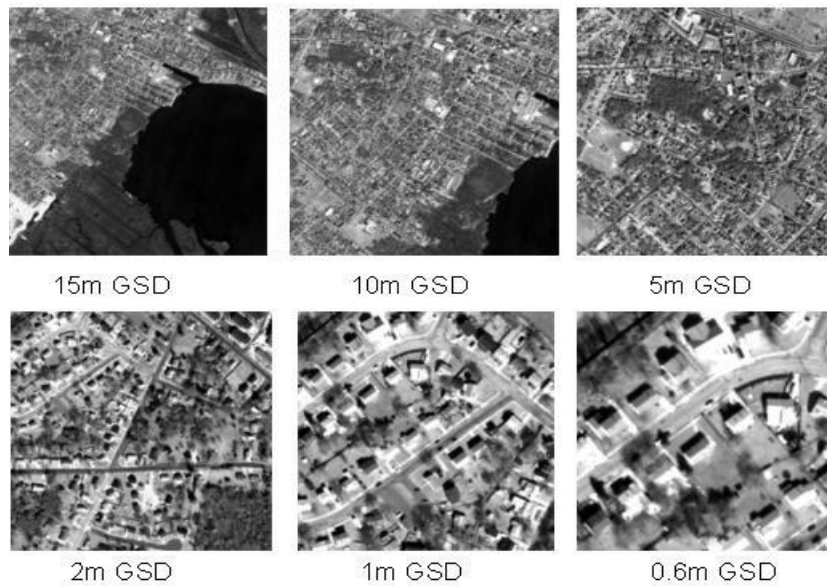
Görsel 3.7 - Radyometrik Çözünürlük

Spektral Çözünürlük: Algılayıcıların duyarlı olduğu dalga boyu aralıkları ile alakalıdır. Spektral çözünürlüğü iyi olan bir kanal veya bandın algıladığı dalga boyu aralığı daha küçüktür. Görsel 4.8'daki görselde; 1.band (0.50 - 0.59 μm), 2.band (0.61 - 0.68 μm), 3.band (0.78 - 0.89 μm), 4.band (1.58 - 1.75 μm) spektral çözünürlük değerlerindedir.



Görsel 3.8 - Spektral Çözünürlük

Mekânsal Çözünürlük: Bir görüntüde fark edilebilir en ufak detay, algılayıcının uzaysal çözünürlüğüyle alakalıdır ve görülebilen en ufak hedef boyutu olarak tanımlanır. Ticari uydular bir metreden kilometrelere kadar pek çok çözünürlükte görüntü sağlamaktadırlar. Yalnızca çok büyük objelerin fark edilebildiği görüntülerin çözünürlüğü düşük, küçük objelerin fark edilebildiği görüntülerse yüksek çözünürlükte (Görsel 3.9).



Görsel 3.9 - Uzaysal Çözünürlük

Zamansal Çözünürlük: Bir uzaktan algılama sisteminin aynı alandan görüntü alma sıklığı ile ilgilidir. Bir bölgedeki spektral karakteristikler zamanla farklılaşabilir ve çok zamanlı görüntü veri setleri kullanarak değişim analizi yapılabilmektedir.

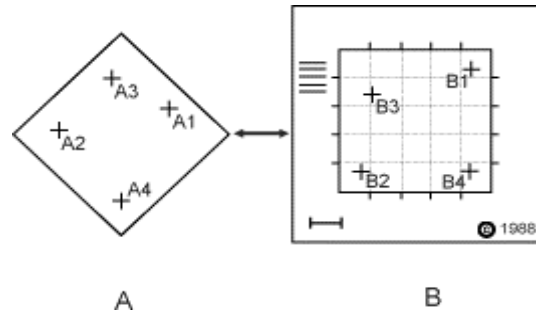
3.5.5. Görüntü elde etme

3.5.5.1. Düzeltmeler

Esas verilerin ve bilgilerin tam olarak ortaya çıkarılması için gerekli olan hazırlıkların başında radyometrik ve geometrik düzeltmeler gelir. Radyometrik düzeltmeler, bilgilerdeki düzensiz ve yanlış algılamalara neden olan atmosferik etkilerin giderilmesini ve algılayıcılar tarafından algılanan radyasyondan, objeleri tam olarak temsil etmeyen yansımaların düzeltilmesi ya da elimine edilmesini içerir. Geometrik düzeltmelerle, algılayıcı-yer geometrisi değişiminden dolayı meydana gelen distorsiyonlar giderilir. Bu etkilerin ikisi de görüntü iyileştirme ve sınıflandırmadan önce düzeltilmiş olmalıdır.

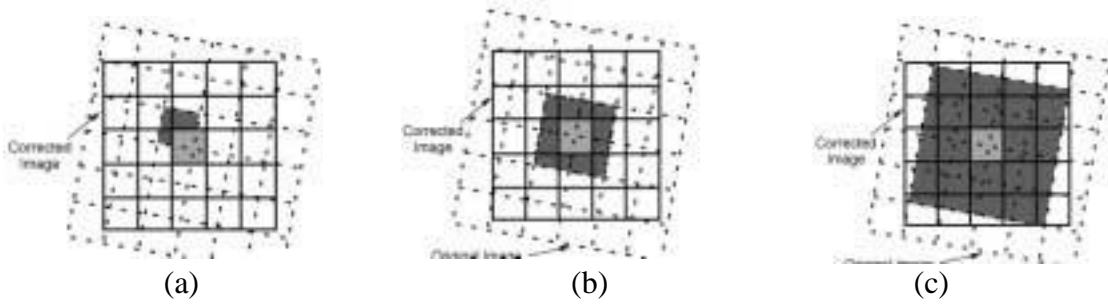
3.5.5.1.1. Geometrik düzeltme

Geometrik düzeltme işlemiyle görüntü, sahip olduğu koordinat sisteminden farklı bir koordinat sistemine dönüştürülür. Görüntünün geometrik düzeltme (geometric registration process) işleminde görüntü üstüne rastgele ve homojen dağıtılmış yer kontrol noktaları belirlenmektedir. Bu noktalar haritanın koordinatları kullanılarak bir altlık üstüne işlenir. Dönüşüm eşitliklerinden faydalanarak koordinatlar bilgisayar ortamında hesaplandıktan sonra noktalar altlık üzerinde doğru yer koordinatlarına karşılık gelen yerlerine getirilir (Şekil 3.9). Bu işleme görüntüden haritaya geçiş (image-to-map registration) denmektedir. Bunun dışında geometrik kayıt coğrafi koordinatlar yerine bir görüntüden diğer görüntüye geçişte de kullanılır (Mather, 1996).



Şekil 3.9 - Geometrik Düzeltme

Geometrik düzeltme, distorsiyonlu görüntünün yeniden örnekleme için ve düzeltilen görüntüde yeni piksellerin dijital değerlerini belirlemek için kullanılmaktadır. Yeniden örnekleme metoduyla distorsiyonlu görüntü ilk dijital piksel değerlerinden yeni piksel değerleri hesaplanır. Yeniden örnekleme işleminde kullanılan 3 metot vardır. Birincisi en yakın komşuluk (nearest neighbour), ikincisi bilineer enterpolasyon (bilineer interpolation) ve üçüncüsü kübik eğridir (cubic convolution) (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 - Yeniden örnekleme metotları

(a)-En yakın komşuluk yöntemi: Düzeltilecek piksel değerleri, ilk görüntüdeki piksel konumuna en yakın dijital piksel değerlerinden yararlanarak hesaplanmaktadır. İlk değerlerin değişmediği basit bir metottur.

(b)-Bilineer enterpolasyon yöntemi: Yeni piksel değerleri, ilk görüntüdeki piksel konumuna en yakın dört pikselin ortalama ağırlığından yararlanarak hesaplanmaktadır. Yeniden piksel değerlerinin oluştuğu yöntemde ilk piksel değerleri değişmektedir. Eğer spektral sınıflandırma vs. kompleks analizler ve işlemler yapılmayacak ise bu işlem kullanılabilir.

(c)-Kübik eğri yöntemi: Yeni piksel değerleri, ilk görüntüdeki piksel konumunu çevreleyen sekiz pikseli içeren bir bloğun ortalama ağırlığı kullanılarak yeni piksel değeri hesaplanmaktadır. Yapılan işlemler neticesinde tamamen yeni piksel değerleri oluşmaktadır.

3.5.5.1.2. Radyometrik düzeltme

Bir görüntüdeki bozukluk; verinin alınması, kaydı, veri iletimi sırasında olan hatalar nedeni ile olabilir. İşlem sırasında medyana gelen bozukluklar ya sistematik kayıplar ya da bant alımında ki kayıplardır. Kayıp hatlar bant alımı esnasındaki değişim ve sürüklenmeden kaynaklanmaktadır. Kayıp hatlar normal olarak, hattın altı veya üzerindeki değerlerle ya da ikisinin ortalamasından oluşan yeni bir hat ile düzeltilebilir.

Radyometrik düzeltme işlemi bir takım filtreleme yöntemleri kullanarak yapılmaktadır. Aşağıdaki örnekte filtreleme yöntemi ile radyometrik değerlerin düzeltilmesi ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. Örneğin 3x3 ya da 5x5 piksel boyutlu hareketli ortalama filtreler kullanılabilir. Şekil 3.11'deki piksellerin dijital değerlerinin çoğu 40 ile 60 arasındaki değerlerdir. Ancak 0 ve 90 değerlerine sahip piksellerde görülmektedir. Bu aksi değerler filtreleme işlemiyle aşağıdaki adımlar takip edilerek diğer piksel değerleriyle uyuşacak şekilde değiştirilmiştir (C.Altuntaş, 2002).

1. x ve y yönündeki piksellerin düzeltilmesi için 3x3 boyutunda filtre belirlenmiş ve bu alanın ortasındaki aksi pikseller bu alanın içine düşen 3x3 boyutlu piksel grubunun ortalaması yeniden hesaplanmıştır.
2. Sıfır (0) değerli pikselin kontrolü için filtre işlemi şekilde görüldüğü şekilde konumlandırılmış ve 9 pikselin ortalaması hesaplanmıştır.
3. 9 pikselin ortalaması 43 olarak hesaplanmıştır $[(390/9)=43]$.
4. Merkez piksel ve ortalama değer arasındaki değer farkı belirlenmiştir $[0-43=43]$.
5. Fark eşik değerinden (burada +10 ya da -10 olarak alınmıştır) fazla olursa, bulunan değer ile merkezi piksel yeniden hesaplanmıştır.
6. Filtre kaydırılarak 40 ve 90 değerleri içinde aynı işlem yapılmıştır.

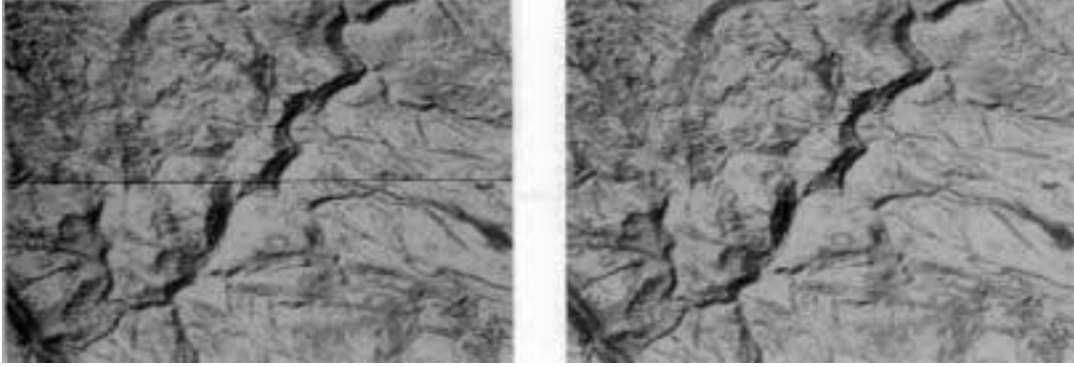
40	60	50	40	50
40	0	40	90	60
40	60	60	40	50

(a) İlk veriler ile 3x3 boyutlu filtre

40	60	50	40	50
40	43	40	53	60
40	60	60	40	50

(b) Oluşan düzeltilmiş değerler

Şekil 3.11- Radyometrik Düzeltme



a) Orijinal görüntü

b) Radyometrik düzeltme uygulanmış görüntü

Görsel 3.10 - Radyometrik Düzeltme-2

3.5.5.2. Görüntü keskinleştirme

Sürekli gelişmekte olan ve yeni uygulama alanları bulan uydu teknolojilerinde farklı algılayıcı sistemlerden ve farklı çözünürlükte görüntüler kullanılmaktadır. Görüntü keskinleştirme, çözünürlük kaynaştırma, görüntü entegrasyonu veya görüntü füzyonu olarak tanımlanan işlem, birden fazla uydu verisini hem spektral hem mekânsal olarak en hassas özelliklerini alarak tek bir görüntü verisi oluşturmayı sağlamaktadır. Bu işlem; Brovey dönüşümü, Yoğunluk Renk Doyumu (IHS) dönüşümü, TBD dönüşümü, Dalgacık dönüşümü, Yüksek Geçirgen Süzgeç (HPF) dönüşümü gibi farklı yöntemlerle yapılmaktadır.

3.5.5.2.1. Yüksek geçirgen süzgeç (HPF)

HPF yönteminde, yüksek mekânsal bilgi taşıyan pankromatik görüntüye yüksek geçirgenli filtreleme yapılması neticesinde elde edilen sonuç piksel, spektral çözünürlüğü yüksek görüntüye eklenir. Bu sayede tüm görüntü verileri sıkıştırılarak yeniden yapılandırılmaktadır. Çıktı olarak hem mekânsal hem de spektral çözünürlüğü yüksek yakın hassasiyette görüntüler elde edilmektedir.

3.5.6. Yer gözlem uydu sistemleri

Yeryüzünü gözlemleyen uzaktan algılama uydularının gelişimi ile yer yüzeyi hakkında çeşitli fotografik ve diğer şekillerde verilerin elde edilmesini sağlayan sistemlerdir. Elde edilen veriler, yeryüzünde çeşitli kaynakların incelenmesi, azalan doğal

kaynak stoklarının tespiti, çevre kirliliği takibi, kentlerin düzenli büyümesini sağlamak, doğal felaketlerin tespiti ve yönetimi gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır.

Topografik ve tematik haritaların üretilmesinde, oluşturulmuş haritaların güncellenmesinde, uzaktan algılama görüntüleri hızı, doğruluğu ve maliyeti yönünden pek çok avantaja sahiptir. Uyduların yüksek intifasının sağladığı geniş görüş, uydu alıcılarının hızlı hareketi ve kullanılan spektral bant sayısı sebebiyle çok fazla sayıda veri üretilmektedir.

Uzaktan algılama çalışmalarında veri üreten uydulara; LANDSAT, SPOT, IRS-1C, JERS-1, NOAA ve SENTINEL uyduları örnek verilebilir.

3.5.6.1. Sentinel-2

Sentinel-2 görevi, aynı yörüngeye yerleştirilmiş, birbirine 180° 'lik kademeli iki polar yörüngeli uydudan oluşan bir kümelenme içermektedir. Arazi yüzey koşullarındaki değişkenliği, alan genişliğini ve yüksek dönüş süresini bir uydu ile ekvator da 10 gün, bulutsuz koşullarda 5 gün, 2 uydu ile ortalama 2-3 günde sonuçlandırarak izlemeyi amaçlamaktadır. Enlemler, büyüme mevsimi içinde vejetasyondaki değişikliklerin izlenmesini desteklemektedir. Kapsama limitleri 56° güney ve 84° kuzey enlemleri arasındadır.

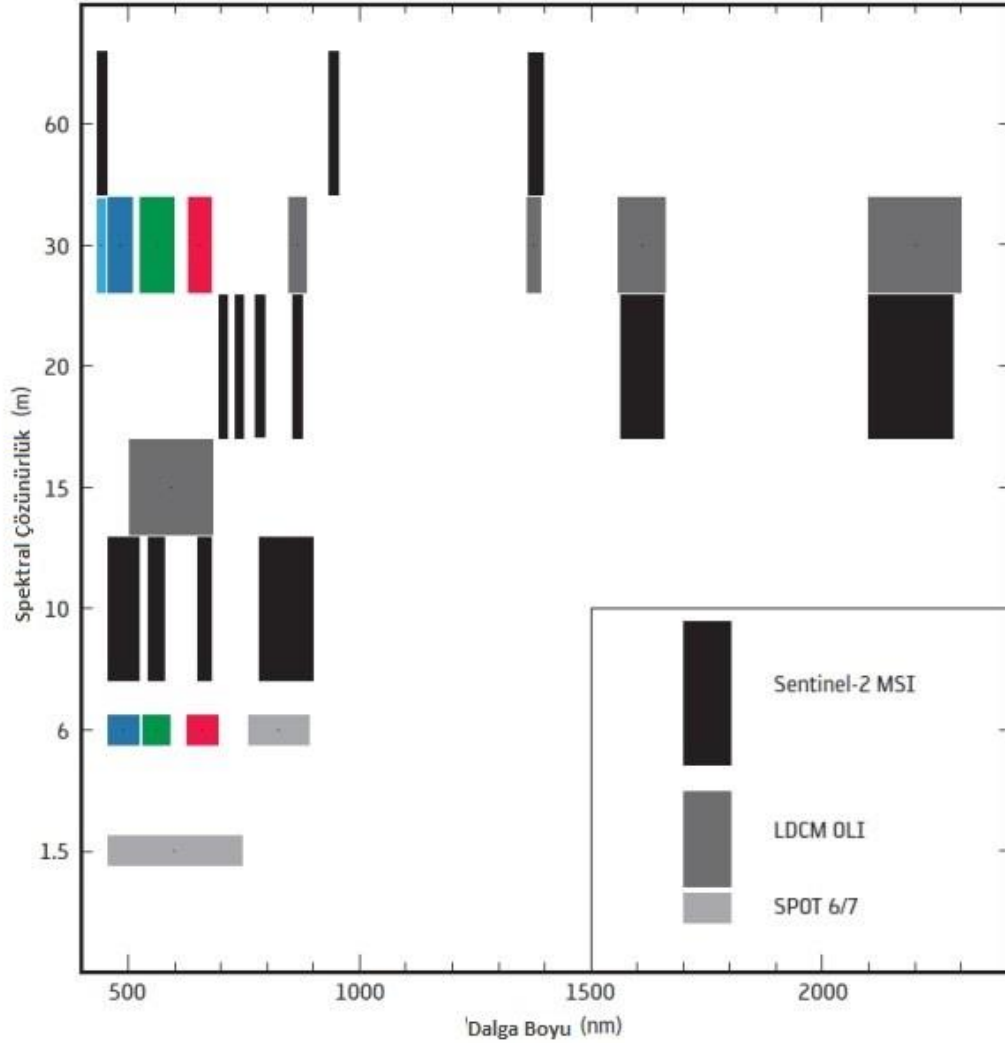
SENTINEL-2, Avrupa geniş biçimli, yüksek çözünürlüklü, çok spektral görüntüleme yapmaktadır. Aynı yörüngede uçan ancak 180° 'de kademeli olan ikiz uyduların tam görev tanımlaması, Equator'da 5 günlük bir yüksek dönüş frekansı verecek şekilde tasarlanmıştır.

SENTINEL-2, 13 spektral bant içeren bir optik alet yükü taşır: 10 m'de dört bant, 20 m'de altı bant ve 60 m uzaysal çözünürlükte üç banttan oluşur ve şerit genişliği 290 km'dir.

SENTINEL-2'nin ikiz uyduları, SPOT ve LANDSAT tipi görüntü verilerinin sürekliliğini sağlamakta, devam eden multispektral gözlemlere katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, Copernicus hizmetleri ile arazi yönetimi, tarım ve ormancılık, felaket kontrolü, insani yardım operasyonları, risk haritalaması ve güvenlik hizmetleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

SENTINEL-2 misyonunun spektral bant konfigürasyonu, tasarım aşamasında kullanıcılarla yapılan görüşmelerin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Mevcut Copernicus / GMES Servis Unsurları (GSEs), LANDSAT ve SPOT dalga boylarının kullanımı

etrafında geliştirildi ve SENTINEL-2'nin hizmet gereksinimleri bunların merkezinde bulunmaktadır.



Şekil 3.12 - Sentinel-2 spektral çözünürlük çizelgesi

SENTINEL-2 spektral bantlarının genişliğini daraltmak su buharı da dahil olmak üzere atmosferik bileşenlerin etkisini sınırlar. Orijinal LANDSAT Infra-Red (NIR) bandının (760-900 nm) su buharı tarafından yoğun şekilde kirlendiği ve toprak demir oksit içeriği gibi parametrelere yeterince duyarlı olmadığı bulunmuştur. 8a nm'de NIR'deki 8a bandın darlığı, su buharından kaynaklanan kirlenmeyi önlemek için tasarlanmıştır, ancak hala bitki örtüsü için NIR platosunu temsil edebilir ve toprak için demir oksit içeriğine duyarlı olabilir.

Elde edilen verilerin kesin aerosol düzeltmesi, SENTINEL-2 konfigürasyonunda 443 nm'de (Band 1) mavi alandaki bir spektral bandın eklenmesiyle sağlanır. 443 nm'lik bant, ENVISAT MERIS Küresel Bitki Örtüsü İndeksinin (MGVI) hesaplanması için önceki görevlerde ve NASA'nın MODIS sensörü için atmosferik düzeltmelerde kullanılmıştır.

Yansıma değerleri üzerindeki potansiyel etkisi, hava tahmininde bir gösterge olarak kullanılması ve gelen güneş ışınımının yakalanmasındaki rolü nedeniyle, sirus bulutunun varlığı ele alınmalıdır. 1375 nm'de bir spektral bandın eklenmesi (bant 10), sirus tespitini mümkün kılar. İnce sirus için verilerin düzeltilmesi, Yakın Gelen Kızılötesi (VNIR) bant bilgisi kullanılarak yönetilebilir. Bu bant, 26 bant olarak MODIS araçlarına dahil edilmiştir ve LANDSAT-8 ve Görünür Kızılötesi Görüntüleme Radyometre Suite (VIIRS) gibi mevcut ABD multispektral görevlerinde kullanılmaktadır.

SENTINEL-2, sık ve sistematik kapsamı ile hem arazi örtüsü hem de arazi örtüsü değişim haritasına girdi sağlayarak arazi izleme hizmetlerine önemli bir katkıda bulunacak ve Yaprak Alan İndeksi (LAI), yaprak gibi biyojeofiziksel parametrelerin değerlendirilmesini destekleyecektir.

Hizmetin amacı, çevre ve diğer karasal uygulamalar alanında çalışan kullanıcılara arazi örtüsü bilgisi sağlamaktır. Hizmet, arazi örtüsü ve bitki örtüsü veya su döngüsü gibi ilgili değişkenler hakkında coğrafi bilgi sağlamak için tasarlanmıştır ve aynı zamanda mekansal planlama, orman yönetimi, su yönetimi, tarım ve gıda güvenliği dahil olmak üzere diğer alanlardaki uygulamaları desteklemektedir.

3.5.6.1.1. Yörünge

SENTINEL-2 yörüngesi güneş-eşzamanlıdır. Güneşin senkronize yörüngeleri, Dünya yüzeyinin üzerinde sürekli olarak güneş ışığının açısını sağlamak için kullanılır. Küçük mevsimsel değişimler dışında, uyduların yörüngesinin güneşin açısına sabitlenmesi, gölgelerin ve zemin üzerindeki aydınlatma seviyelerinin potansiyel etkisini en aza indirir. Bu, zaman içinde tutarlılığı sağlar ve zaman serisi verilerinin değerlendirilmesinde kritik öneme sahiptir.

SENTINEL-2 takımyıldızlarının ortalama orbital yüksekliği 786 km'dir. Yörünge eğimi 98.62° 'dir ve azalan düğümdeki Ortalama Yerel Güneş Saati (MLST) 10:30 (am)' dir. MLST'nin bu değeri, uygun bir güneş aydınlatması seviyesi ve potansiyel bulut

örtüsünün en aza indirilmesi arasında bir uzlaşma olarak seçilmiştir. MLST değeri, LANDSAT'ın yerel üst geçme süresine yakındır ve neredeyse SPOT-5'in değeri ile aynıdır, SENTINEL-2 verilerinin mevcut ve tarihsel görevlerle entegrasyonuna izin verir ve uzun süreli zaman dizisi veri toplamaya katkıda bulunur.

3.5.6.1.2. Uydu teknik özellikleri

SENTINEL-2 uydularının her biri yaklaşık 1,2 ton ağırlığındadır. Her ikisi de Avrupa başlatıcısı VEGA ile başlatılmıştır. Piller ve iticiler, ömrünü tamamlayan manevralar dâhil olmak üzere 12 yıllık operasyonları kapsayacak şekilde sağlanmıştır.



Görsel 3.11 - Sentinel-2 yapım aşaması

İki özdeş SENTINEL-2 uydu, aynı anda çalışır, 786 km'lik bir rakımda güneşin eşzamanlı yörüngesinde, birbirine 180° 'de kademeli olarak çalışır. Her bir SENTINEL-2 uydusunun yörüngesindeki konumu, bir çift frekanslı Global Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) alıcısı tarafından ölçülür. Orbital doğruluk, özel bir tahrik sistemi ile korunur.

SENTINEL-2 uydu sistemi, Astrium GmbH (Almanya) tarafından yönetilen endüstriyel bir konsorsiyum tarafından geliştirilmiştir. MultiSpectral Enstrümandan (MSI) Astrium SAS (Fransa) sorumludur.

MSI, Dünya'dan yansıyan güneş ışığını toplayarak pasif olarak çalışır. Uydu, yörünge yolu boyunca hareket ettikçe yeni veriler elde edilir. Gelen ışık huzmesi bir filtreye bölünmüştür ve alet içindeki iki ayrı odak düzlemi üzerine odaklanmıştır; Biri Görünür ve Yakın Kıızıl ötesi (VNIR) bantları ve bir tanesi Kısa Dalga Kıızılötesi (SWIR) bantları içindir. Her bir bandın bireysel dalga boylarına spektral olarak ayrılması, detektörlerin üstüne monte edilmiş şerit filtreler ile gerçekleştirilir.



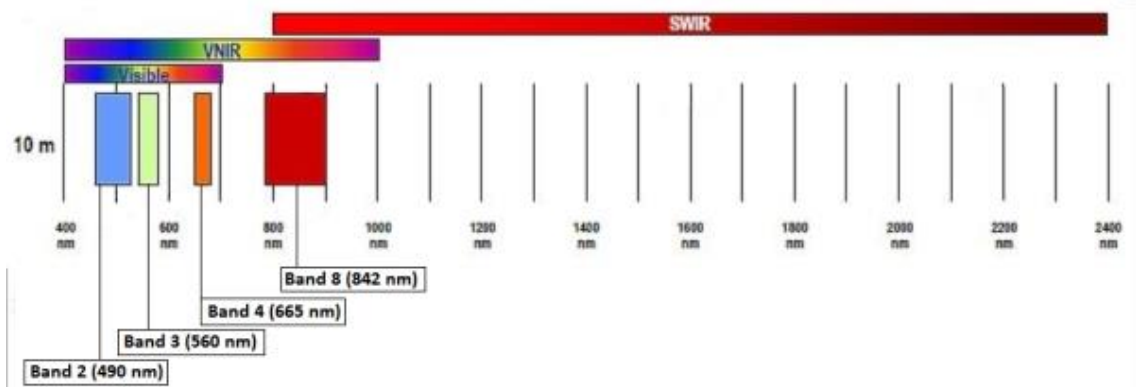
Görsel 3.12 - SENTINEL-2 uzay aracının şematik görünümü

MSI teleskopunun optik tasarımı 290 km'lik bir Görüş Alanı (FOV) sağlar. Bir deklanşör mekanizması, aracın yörüngede güneş tarafından doğrudan aydınlatmasını önler ve fırlatma sırasında kirlenmeyi önler. Aynı mekanizma, difüzörün yansımından sonra güneş ışığını toplayarak bir ölçümleme cihazı olarak işlev görür.

3.5.6.1.3. Spektral çözünürlük

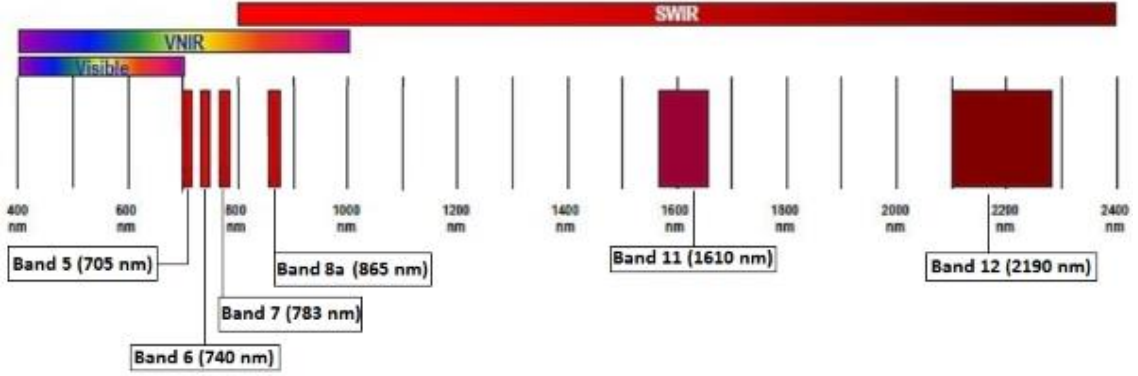
Spektral çözünürlük, elektromanyetik spektrumdaki özellikleri çözümlene becerisinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. SENTINEL-2 spektral çözünürlükleri (Bant genişliği) Şekil 3.13, 3.14, 3.15 'de verilmiştir. SENTINEL-2 verileri VNIR ve SWIR'de 13 spektral bant üzerinde elde edilir. Yerde ölçülen ve tek bir pikselle temsil edilen yüzey alanı, uzaysal çözünürlük olarak adlandırılır. SENTINEL-2 için, üç olası uzaysal çözünürlüğü vardır.

10 metre spektral çözünürlük;

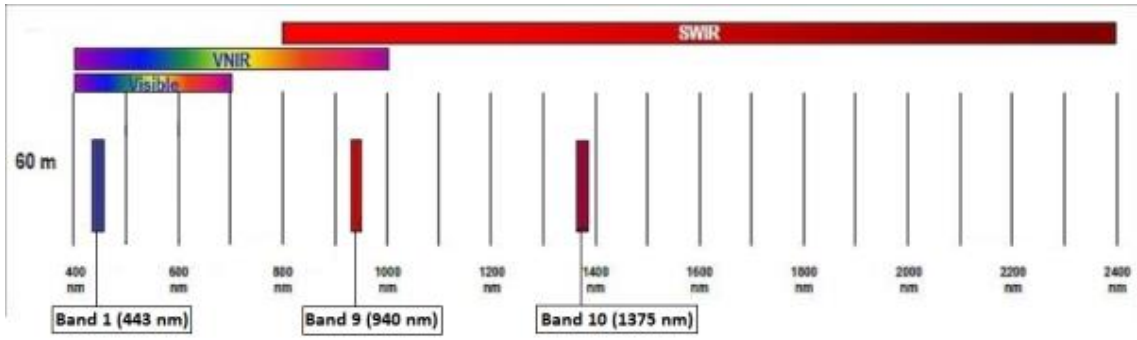


Şekil 3.13 - SENTINEL-2 10 m spektral çözünürlüklü bantları

20 metre spektral çözünürlük;



Şekil 3.14 - SENTINEL-2 20 m spektral çözünürlüklü bantları



Şekil 3.15 - SENTINEL-2 60 m spektral çözünürlüklü bantları

3.5.6.1.3. Radyometrik çözünürlük

Radyometrik çözünürlük, enstrümanın ışık şiddetindeki veya yansımalarındaki farklılıkları ayırt etme kapasitesidir. Radyometrik çözünürlük ne kadar büyük olursa, algılanan görüntü o kadar doğru olur.

Radyometrik çözünürlük, tipik olarak 8 ila 16 bit aralığında bir bit numarası olarak ifade edilir. MSI cihazının radyometrik çözünürlüğü 12 bit olup, görüntünün 0 ila 4095 potansiyel ışık şiddeti değerleri aralığında elde edilmesini sağlar. Radyometrik doğruluk % 5'in altındadır (% 3 hedef). Radyometrik çözünürlük ayrıca detektörün Sinyal Gürültü Oranına (SNR) bağlıdır[http-9].

Tablo 3.2 Sentinel-2A,2B 20 m, Radyometrik Çözünürlük ve Bant Genişlikleri

Bant Numarası	S2A		S2B		L_{ref} ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)	SNR @ L_{ref}
	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)		
2	496.6	98	492.1	98	128	154
3	560.0	45	559	46	128	168
4	664.5	38	665	39	108	142
8	835.1	145	833	133	103	174

Tablo 3.1 Sentinel-2A,2B 10 m, radyometrik çözünürlük ve bant genişlikleri

Bant Numarası	S2A		S2B		L_{ref} ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)	SNR @ L_{ref}
	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)		
5	703.9	19	703.8	20	74.5	117
6	740.2	18	739.1	18	68	89
7	782.5	28	779.7	28	67	105
8a	864.8	33	864	32	52.5	72
11	1613.7	143	1610.4	141	4	100
12	2202.4	242	2185.7	238	1.5	100

Tablo 3.3 Sentinel-2A,2B 60 m, radyometrik çözünürlük ve bant genişlikleri

Bant Numarası	S2A		S2B		L_{ref} ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$)	SNR @ L_{ref}
	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Merkezi Dalgaboyu (nm)	Bant Genişliği (nm)		
1	443.9	27	442.3	45	129	129
9	945.0	26	943.2	27	9	114
10	1373.5	75	1376.9	76	6	50

3.5.6.1.4. Veri işleme tipi

Seviye-0 veri işleme tipinde üretilmeye başlayan Sentinel-2, Seviye-1A, Seviye-1B, Seviye-1C ve son ürün olarak Seviye-2A ile şu an ki veri işleme seviyesine ulaşmıştır. Süreç içerisinde kullanıcıya daha kullanılır ve doğru görüntüler sunmak için bazı gelişmeler kat edilmiştir. Uygulamamızda kullandığımız Seviye-2A verisinde, elde edilen ham görüntü UTM / WGS84 projeksiyonuna oturtulmuş ve 100x100km² karolara bölünmüş orto-görüntülerdir. Her parça 13 bantı içerir ve yaklaşık 500 mb boyutundadır. Karoların genelinin tamamı görüntü ile kaplıdır fakat ham görüntünün kenarlarına denk gelen parçalar kısmen kaplıdır.

Seviye-2A ürünü, Üst Atmosfer (TOA) düzeltmesi yapılmış Seviye-1C ürününün sahne sınıflandırması ve Alt Atmosfer (BOA) düzeltmesi yapılarak elde edilir. Ayrıca bu seviye Aerosol Optik Kalınlık (AOT) haritası ve Su Buharı (WV) haritası ve Sahne Sınıflandırma Haritası (SCM) ile birlikte 60 m çözünürlükteki bulut ve kar olasılıkları için Kalite Göstergeleri (QI) gibi ek çıktılar sağlamaktadır.

Seviye-2A çıktı görüntü ürünleri, istenen çözünürlük (10 m, 20 m veya 60 m) temelinde tüm bantlar için eşit bir uzaysal çözünürlük ile yeniden örneklenebilmekte ve üretilmektedir. 10 m çözünürlüklü bir ürün, 2, 3, 4 ve 8 spektral bantlarını ve 20 m'den yeniden örneklenen bir AOT haritasını içermektedir. 20 m'lik bir ürün 2 - 7 bantlarını, 8A, 11 ve 12 bantlarını ve bir AOT ve WV haritasını içerir. 60 m'lik bir ürün, 20 m ürününün tüm bileşenlerini ve ek olarak 60 m'lik bant 1 ve 9'u içerir. Yüzey bilgisi içermediğinden, band-10 çıkarılacaktır [http-10].

3.5.7. İndeksler

3.5.7.1. Normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI)

Bitkiler, yapraklarındaki klorofili ve güneş ışınlarını inorganik maddeleri organik maddeye dönüştürmek için kullanırlar. Fotosentez olarak adlandırılan bu süreç sırasında gün ışığından alınan kırmızı ışığa denk ışınım elektromanyetik spektrumun 0,63 – 0,69 µm dalga boyu aralığında bulunmaktadır. Bu nedenle, kırmızı ışığa denk gelen bölgenin yansımaları ölçebilen uydu görüntüleri, canlı bitkilerin sık olduğu bölgelerde daha az sayısal değerlere sahiptir. Öte yandan bitkiler 0,7 µm ve daha yüksek dalga boyuna sahip elektromanyetik enerjiyi bünyelerine almaz geri yansıtırlar. Dolayısıyla, yakın kızılötesi

ışığa denk gelen bölgenin yansımaları ölçülebilen uydu görüntüleri, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgelerde daha yüksek sayısal değerlere sahiptir.

NDVI olarak anılan normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak üretilir. Her piksel için o piksele ait yakın kızılötesi bant sayısal değerinden aynı piksele ait kırmızı bant sayısal değeri çıkartılır. Bu fark, bitki örtüsü yoğun alanlar için bitki örtüsü seyrek alanlara göre daha fazla olacaktır. Farkları alınan bu iki sayının toplanması ve farkın toplama bölünmesi ile [-1,+1] aralığında bir değer elde edilir. Yeni bir 8-bitlik görüntü oluşturmak için bu aralığın [0, 255] aralığına genişletilmesi gerekir, bu işleme de normalize etme denir.

Bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin, üretilen NDVI görüntüsünde yüksek sayısal değerlere; bitki örtüsünün seyrek olduğu alanlara karşılık gelen piksellerin ise aynı görüntüde düşük sayısal değerlere sahip olması beklenir (Kandemir, 2010).

$$NDVI = [(NIR - RED) / (NIR + RED)] = [(B08 - B04) / (B08 + B04)] \quad (3.1)$$

3.5.7.2. *Normalize edilmiş yanma şiddeti (NBR)*

Yanmış alanların tespitinde, uydu görüntü değerlerinden oluşturulan indisler uzun süredir kullanılmaktadır. NBR spektral indisinde yangın tespit ve izleme çalışmalarında aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

NBR spektral indisi, yakın kızılötesi bant (NIR) ve kısa dalga kızılötesi bantları(SWIR) kullanılarak oluşturulmuş bir matematiksel formülle gösterilmektedir. NBR spektral indisi, [-1 ile +1] arasında değişen sayısal kısımda bulunmaktadır.

Sağlıklı bitki örtüsü, spektrumun kısa dalga kızılötesi kısmında çok yüksek yakın kızıl ötesi yansıma ve düşük yansıma oranına sahiptir. Diğer taraftan yanmış alanlar kısa dalga kızılötesi bandında yakın kızılötesi ve yüksek yansıma oranlarında nispeten düşük bir yansıma sergilemektedir. Yüksek bir NBR değeri genellikle sağlıklı bitki örtüsünü gösterirken, düşük bir değer çıplak zemini ve son zamanlarda yanmış alanları gösterir.

$$NBR-RAW = [(B08 - B11) / (B08 + B11)] \quad (3.2)$$

3.5.7.3. *Fark normalize edilmiş yanma şiddeti (dNBR)*

Yakın zamanda yanmış alanları tespit etmek ve onları çıplak toprağa ve diğer bitkisel olmayan alanlara ayırmak için, yangın öncesi ve yangın sonrası NBR arasındaki fark için, Fark Normalleştirilmiş Yanma Oranı (dNBR) sıklıkla kullanılır.

Bununla birlikte, dNBR, yangın öncesi ve yangın sonrası NBR arasındaki mutlak değişimin küçük olacağı yangın öncesi vejetasyon örtüsünün az olduğu bölgelerde problemleri ortaya çıkarabilecek mutlak bir farklılıktır. Bu gibi durumlarda yangın şiddetinin göreceli versiyonu avantajlıdır.

$$dNBR = NBR_{pre-fire} - NBR_{post-fire} \quad (3.3)$$

3.5.7.4. Yanmış alan indeksi(BAI)

Ateş sonrası görüntülerde kömür sinyalini vurgulayarak BAI, kırmızı renkteki Near Infra-red spektrumuna yakılan araziye vurgular. Her bir pikselden, yakın zamanda yanan alanların yakınlığı bir referans spektral noktaya spektral mesafeden hesaplanır. İndekse göre oluşturulan haritada daha parlak pikseller yanmış alanları gösterir.

$$BAI = [1 / ((0.1-B04)^2 + (0.06-B08)^2)] \quad (3.4)$$

3.5.7.5. Normalleştirilmiş yanma oranı indeksi(NBR-RAW)

Yanmış alanları tespit etmek için, NBR-RAW indeksi en uygun seçimdir. Büyük yangın bölgelerinde 500 dönümden büyük yangın alanlara dikkat çekiyor. Ateş öncesi ve sonrası NBR görüntüleri oluşturulan, yanma şiddetini gösteren farklı (veya delta) bir NBR görüntüsü oluşturmak için yangın sonrası görüntü yangın öncesi görüntüden çıkarılmaktadır. İndekse göre oluşturulan haritada daha koyu pikseller yanmış alanları gösterir.

$$NBR-RAW = [(B08- B12) / (B08 + B12)] \quad (3.5)$$

3.5.7.6. Farklı bitki örtüsü indeksi (DVI)

En basit bitki örtüsü endekslerinden biri; Farklı bitki örtüsü indeksi (DVI), bitki örtüsü miktarına duyarlıdır. Genellikle toprak ve bitki örtüsünü ayırt etmek için kullanılır, ancak DVI, atmosfer veya gölgelerin neden olduğu yansıma ve parlaklık arasındaki farkla ilgilenmez, bu yüzden gölgeli alanlarda topraktan vejetasyonu çok iyi ayırt edemez (K. Esemem,2011).

$$DVI = NIR - RED = (B08 - B04) \quad (3.6)$$

3.5.7.7. Dik vejetasyon indeksi (PVI)

Bitki örtüsü ile yüzeyin dik vejetasyon indeksini (PVI) hesaplarırken, kırmızı ve NIR aralıklarındaki yansıma ölçülerek ve bir grafik üzerinde çizilmektedir. PVI, ölçülen noktanın aşağıdaki gibi tanımlanan toprak hattından dikey uzaklığıdır:

$$PVI = 1 / \text{sqrt} [(a^2 + 1) * (NIR- a * RED + b)] \quad (3.7)$$

“b” ve “a”, sırasıyla eğim ve toprak hattının eğimidir. PVI, bitki örtüsünün neden olduğu çıplak toprak yansımından kaynaklanan değişiklikleri ölçmektedir. Bu şekilde, toprağın etkilerinden bağımsız olarak bitkisel örtünün bir göstergesidir. PVI, farklı eğimli toprak hatlarına izin veren DVI'nin bir genelleştirilmesi olarak düşünülebilir. PVI, atmosferik varyasyonlara oldukça duyarlıdır, bu nedenle farklı tarihlerde alınan veriler için PVI değerlerinin karşılaştırılması risklidir. Karşılaştırma yapmak için atmosferik düzeltme önemlidir (K.Esemen,2011).

3.5.7.8. Basit oranlı bitki örtüsü indeksi (RVI)

Basit oranlı bitki örtüsü indeksi (RVI), yakın kızıl ötesi ve kırmızı ışığın oranını kullanmaktadır. Bununla birlikte, RVI, atmosferik koşullar gibi faktörlerden dolayı görüntülerde bulunan 'gürültüden' etkilenir. Tipik aralıklar, yoğun bitki örtüsü için 20'den fazla çıplak toprak için 1'den biraz daha fazladır. Uzaktan algılamada yaygın bir uygulama, çeşitli albedo etkilerini ortadan kaldırmak için bant oranlarının kullanılmasıdır. Basit oranlı bitki örtüsü indeksi şu şekilde hesaplanır:

$$RVI = NIR / RED \quad (3.8)$$

3.5.7.9. Gelişmiş bitki örtüsü indeksi (EVI)

Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI) NDVI ile benzer bir algoritmaya sahiptir, fakat aynı zamanda havadaki partiküllerin neden olduğu yansıyan ışıktaki ve ayrıca bitki örtüsünün altındaki toprak örtüsündeki bazı bozulmaları düzeltir. Ayrıca, büyük miktarda klorofil içeren alanları görüntülerken, EVI NDVI kadar kolay bir şekilde doymuş hale gelmemektedir. Öte yandan EVI, tüm engelleri ortadan kaldıramamaktadır. Bulutlar ve aerosoller genellikle yüzeyin uydu görüntüsünü tamamen bloke edebilir, güneşin parlaması belirli pikselleri doyurabilir ve uydu cihazlarındaki geçici arızalar görüntüyü bozabilir.

$$EVI = G * [(NIR-RED) / (NIR + C1 * RED - C2 * BLUE + L)] \quad (3.9)$$

Atmosferik olarak düzeltilmiş veya kısmen atmosferik düzeltilmiş (Rayleigh ve ozon emilimi) yüzey yansıması olduğunda, L gölgelik arka plan ayarlama terimidir ve C1, C2 aerosol direnç terimlerinin katsayılarıdır, bu da aerosol etkilerini düzeltmek için mavi bantı kullanır. Kırmızı bantta MODIS aracından türetilen bir ürün olan EVI, Dünya'nın karasal foto sentetik bitki örtüsü aktivitesini izlemek için kullanılan küresel bitki örtüsü koşullarının tutarlı mekânsal ve zamansal karşılaştırmasını sağlamaktadır.

3.5.7.10. Dönüştürülmüş bitki örtüsü indeksi (TVI)

Dönüştürülen Bitki Örtüsü Endeksi (TVI), NDVI'nın karekökünü alarak bir Poisson dağılımı ile negatif değerleri ortadan kaldırmaya ve NDVI histogramlarını dönüştürmeye çalışmaktadır, ancak sonuç her zaman NDVI ile aynı olması gerektiği için istenen sonuç elde edilememektedir. Bazı farklılıklar ortaya çıkmaktadır. TVI şu şekilde hesaplanır:

$$TVI = \sqrt{[(IR - RED) / (IR + RED)]} \quad (3.10)$$

3.5.7.11. Normalize farklılık su indeksi (NDWI)

Su kütleleri belirli durumlarda benzer NBR farkını gösterebilir, bu nedenle onları maskelemek gerekir. Ayrıca, istediğimiz tarihte her zaman bulutluluk oranı düşük uydu verisi temin edemeyebiliriz. Bu nedenle bulutları da maskelememiz gerekebilir. Normalleştirilmiş Fark Su Endeksi verimizi kullanışlı hale getirecektir.

Normalize Farklılık Su Endeksi (NDWI), su kütesinin yeşil banttaki yansımalarını en üst düzeye çıkararak NIR bandındaki su kütesinin yansımalarını en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır.

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) = (B3 - B8) / (B3 + B8) \quad (3.11)$$

3.5.7.12. Yalın toprak indeksi (BSI)

Toprak karakteri mavi, kırmızı, kızılötesi ve birleşik özellik taşımaktadır. Bu özellikleri içeren bandlar kullanarak hesaplanan indeks, tarımsal olmayan alanlar ile tarım alanları arasındaki farkı tanımlamak için kullanılmaktadır.

$$BSI = ((B11 + B4) - (B8 + B2)) / ((B11 + B4) + (B8 + B2)) \quad (3.12)$$

3.5.8. Sınıflandırma

Bir veri seti içerisinde belirli sınıflar oluşturabilen nesnelerin benzerliklerinden yola çıkıp nesnelerin özelliklerine gruplandırma işlemi olarak ifade edilebilir. Otomatik sınıflandırma ise bir veri setindeki nesne grupları içerisindeki benzer nesnelerin homojen sınıflara bölünmesi ya da nesnelerin özelliğinden yararlanarak birden fazla veya öncede tanımlanan belirli sayıda sınıfın oluşturulması işleminin matematik ve istatistik olarak gerçekleştirilmesidir.

Sınıflandırma, birden çok bilim dalının kullanılması ile gerçekleşen bir karar verme işlemidir. Görüntü sınıflandırmadaki hedef, bir görüntüdeki bütün piksellerin

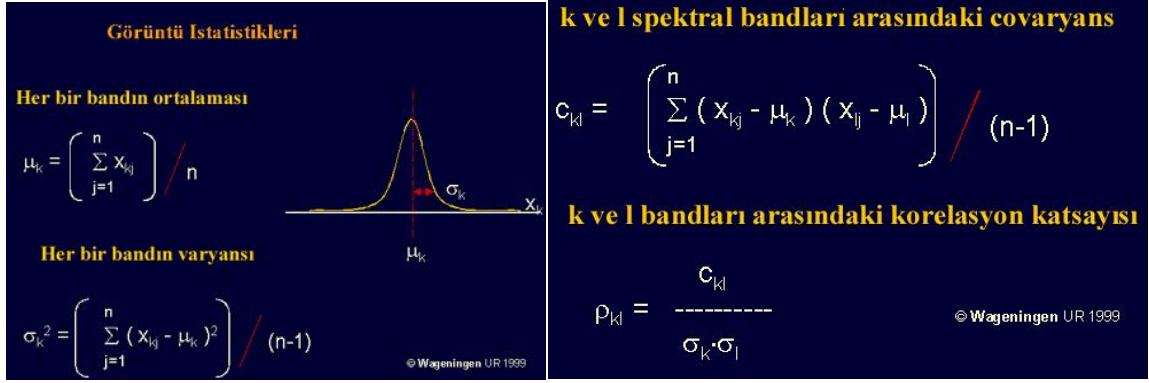
arazideki karşılıklarını sınıf ya da temalar halinde otomatik olarak saptamak ve yerleştirmektir. Bir diğer deyişle görüntüdeki objeleri segmente etmektir. Sınıflandırmayla görüntüdeki nesnelere, kontrollü (kullanıcı tarafından belirlenen) veya kontrolsüz (program tarafından belirlenen) olarak belirlenen sınıflara ayrılırlar. Özellikle arazi kullanım durumları uydu görüntülerinde sınıflandırma yapılarak üretilir. Üretilen görüntüler vektör veriye çevrilerek tematik haritalar oluşturulur. Bu süreçte, gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin doğruluğu ve görüntünün çözünürlüğüne bakılarak sonuç ürünlerin kullanım ölçeklerinin belirlenmesi önemlidir.

Görüntü, yeryüzündeki hedeflerden yansıyan ışınımın algılayıcı tarafından algılanmasıyla oluşmaktadır. Bu yüzden görüntüdeki bant sayıları nesnelere birbirinden ayrılmasında kolaylık sağlar. Tüm nesnelere elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde farklı yansımalar yapar. Böylece sınıflandırmada birden fazla bantla çalışılarak nesnelere sınıflandırılması (segmentasyonu) kolaylaşmaktadır. Örneğin K nesnesi ile L nesnesinin elektromanyetik spektrumun 0.45-0.50 bölgesinde benzer yansımaya sahip olduklarını düşünelim. Bu nesnelere ayırt edilmesi mümkün değildir. Farklı bantlar kullanıldığında bu problem ortadan kalkacaktır (Şekil 3.16).

Bazı uygulamalarda aynı bölgenin farklı zamanda üretilmiş görüntüleri kullanılarak bölgedeki değişim incelenebilir. Örneğin Ankara'da farklı zamana ait görüntülerle yeşil alanın değişimi incelenmek istenirse; bu iki görüntüye ait yeşil alanın ayrı ayrı sınıflandırılmasıyla elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerekmektedir.

Uzaktan algılama yoluyla üretilmiş görüntüler yeryüzüne ait farklı türde bilgi içerir. Bu bilgiler yeryüzünden yansıyan veya yayılan enerjinin elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde ölçülüp bantlara kaydedilmesiyle toplanır. Tüm bantlarda o bandın hassas olduğu spektral aralığa ait yansıma değerleri bulunmaktadır.

Uydu görüntülerinden alınan veriler ham durumdadır. Kompleks görünen bu verilerden bilgi elde edebilmek için farklı analiz ve yorumlama teknikleri kullanılmalıdır.



Şekil 3.16 - Objelerin Segmentasyonu

Objelerin konumları ve dış sebepler, aynı nesnelere farklı yansıtma değerlerinde görüntülenmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden aynı nesnelere ait yansıtma değerleri gruplandırılmaktadır. Bu kısım, uzaktan algılama verilerinin içerdiği spektral sınıfları çeşitli istatistiksel yöntemlerle belirli kategorilere ayırıldığı kısımdır. Görüntü sınıflandırma kurallarının temel amacı; alandaki konu ve sınıflara göre tüm pikselleri ayırtmaktır. İstenen sınıflandırmaya ulaşmak için genelde çok bantlı görüntüler kullanılır.

Sınıflandırma işlemlerinde dikkat edilecek hususlar şu şekildedir;

- Algılayıcı, algılama zamanı ve spektral bantların hedefe uygun olarak seçimi
- Yeryüzü özelliklerini çıkarabilecek kontrol alanlarının belirlenmesi
- Hedefe yönelik sınıflandırma algoritmalarının belirlenmesi
- Belirlenen bu özelliklerin bütün görüntüye uygulanması
- Sonuç görüntülerinin doğruluk analizlerinin yapılması

Sınıflandırmaların neticesinde iki çeşit hata ile karşılaşmaktadır. Bunlar;

- Piksellerin olması gereken dışında farklı bir sınıfa atanması.
- Piksellerin hiçbir sınıfa atanmamasıdır.

Bu nedenlerden dolayı, sınıflandırma işleminden önce, amaca en uygun bant kombinasyonu seçilmeli ve sınıflandırma neticesinde gerçekleşen iki hatayı en aza düşürecek sınıflandırma yönteminin belirlenmelidir.

Çalışmanın hedefi kapsamında sınıflandırma işlemini nesne-tabanlı sınıflandırma ve piksel-tabanlı sınıflandırma olarak iki temel gruba ayırmak mümkündür.

3.5.8.1. Piksel tabanlı sınıflandırma

Piksel-tabanlı sınıflandırma yöntemi kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemi olarak iki gruba ayrılmaktadır.

3.5.8.1.1. Kontrolsüz sınıflandırma

Bu yöntemde sınıflandırma işlemi kullanıcı müdahalesi olmaksızın algoritmalar yardımı ile otomatik olarak gruplandırılması temeline dayanmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma işleminde genelde kullanılan “Tekrarlı Veri Analizi Yöntemi” ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analyses Technique) dir. Bu yöntem, tekrarlı olarak tüm sınıflandırmayı gerçekleştirme ve uygulanan her iterasyon sonrasında tekrardan istatistik hesaplamasını temel almaktadır.

Bu yöntem minimum uzaklığı karar kuralı olarak kullanır. Pikseller, görüntünün sol üst köşesinden başlamak koşuluyla soldan sağa ve satır satır analiz edilmektedir. Piksellerin her bir küme ortalaması arasında spektral uzaklık hesaplanır ve en yakın kümeye atanır. İlk olarak istenilen sınıf sayısı kadar oluşturulan kümenin ortalaması hesaplanır. İlk iterasyon işleminden sonra, her bir kümenin yeni ortalaması hesaplanarak, bu ortalamalar bir sonraki iterasyon kümelerinin belirlenmesinde kullanılır.

Kontrolsüz sınıflandırma görüntüdeki veri tanımsız kaldığında başvuru olan yöntemdir. Bu yöntemde, arazi örtüsü tipinin bilinmesine gerek olmamakla birlikte öncelikle sınıf sayıları belirlenir. Ayrıca, veri bandı değerleri yardımı ile, benzer piksellerin otomatik olarak tespit edilmesi öncelenmektedir. Tanımlanan bu pikseller sembol, değer veya etiketlere atanır, gerektiğinde de benzer özellikteki sınıflar birleştirilir.

Kontrolsüz segmentasyon sonucu elde edilen sınıflar, spektral sınıflardır ve spektral sınıfların özellikleri başlangıçta bilinmemektedir. Kullanıcı sınıflandırılmış görüntüyü, spektral sınıfların değer bilgilerini tespit edebilmek için farklı bir referans bilgileriyle (harita, görüntü vs.) kıyaslama yapar. Veriler içindeki doğal spektral sınıflar, saçılma diyagramı grafiği sayesinde görüntülenerek tespit edilebilmektedir [Http-11].

3.5.8.1.2. Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada görüntünün kaç sınıf türlerine ayrılacağı, ya da görüntüden hangi sınıflar çıkarılabileceği önceden belirlenir. Bu işlem için görüntüden belirlenen sınıflara ait denetim alanlarının belirlenmesi gerekir. Bu seçim için gerektiğinde arazide yer gerçekliği yapılması gerekmektedir. Denetim alanlarının seçimi sınıflandırma doğruluğunu etkilemektedir. Uygulamanın içerisinde sıkça karşılaşılan problem sınıf çakışmalarıdır. Bu problemlerin nedenlerinden biri de denetim alanlarının ölçümlerinde yapılan hatalardır.

The image shows a dark blue background with white and yellow text. At the top left, it says "Matris Gösterimi" in yellow. Below that, "Ortalama Vektör" is written in yellow, followed by "M = " and a column vector of mean values: μ_1 , μ_2 , ..., μ_N . Below this, "Kovaryans matrisi" is written in yellow, followed by "C = " and a square matrix of covariance values: c_{11} , c_{12} , ..., c_{1N} ; c_{21} , c_{22} , ..., c_{2N} ; ..., c_{N1} , c_{N2} , ..., c_{NN} . At the bottom right, there is a small copyright notice: "© Wageningen UR 1999".

Şekil 4.17 - Sınıflandırma matris gösterimi

Seçilen sınıfların bütün görüntü için istatistikleri aşağıdaki şekilde tanımlanır. Sınıflar bir bir ele alınırsa, m sınıf için:

$$W_1 \quad W_2 \dots \quad W_M$$

$$M_1 \quad M_2 \dots \quad M_M$$

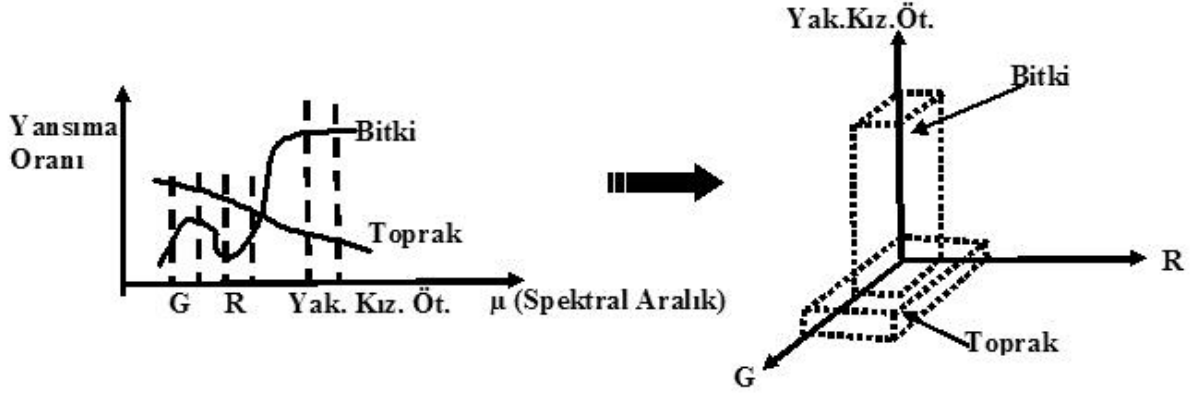
$$C_1 \quad C_2 \dots \quad C_M$$

M_M , C_M değerleri denetim alanlarındaki piksellere aittir.

Kontrollü sınıflandırmadaki farklı yöntemlerden bazıları şunlardır;

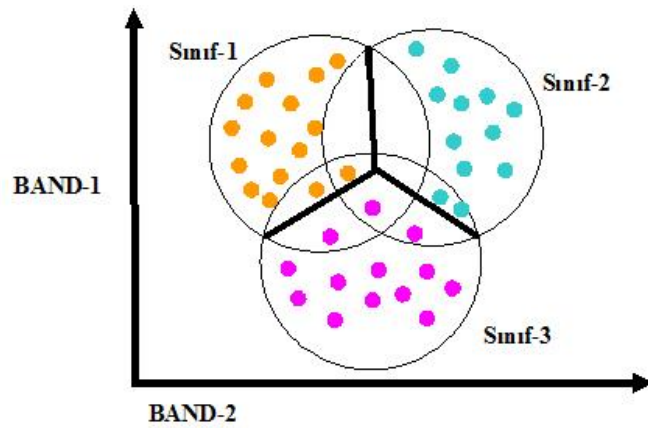
En yakın uzaklık sınıflandırma yöntemi (Minimum Distance):

Bu sınıflama metodunda, tüm tanımlanan dosyaların ortalama vektörü hesaplanır. Pikselin her bir sınıf ortalamasına olan mesafesi Öklid teoremi ile hesaplanır. Öklid Uzaklığı, Pisagor Teoremi temel alınarak iki pikselin birbirine olan uzaklığının ölçen bir yöntemidir.



Şekil 3.18 - En yakın uzaklık sınıflandırma yöntemi

Öncelikle sınıflandırma için oluşturulan veri küme sayısına göre, bilgisayar tüm veri setlerini tanımlar ve o sayıda sınıf oluşturur. Sonrasında her piksel parlaklık değerlerini oluşturan sınıfların ortalaması ile karşılaştırılıp en yakın sınıfa atanır.



Şekil 3.19 - En yakın uzaklık sınıflandırma yöntemi-2

$$SD_{XYC} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} + \chi_{xyi})^2} \quad (3.13)$$

SD_{XYC} : sınıf C ye (x,y) konumundaki pikselin spektral uzaklığı

n : band sayısı

χ_{xyi} : Band i deki (x,y) konumundaki pikselin parlaklık değeri

μ_{ci} : sınıf c'yi oluşturan temsil kümelerinin ortalama parlaklık değeri

SD' nin en küçük olduğu yerde piksel c sınıfına atanır. Yöntemin dezavantajı, sınıflandırmada yalnızca piksel parlaklık değerlerinin kullanılmasıdır.

Mahalanobis uzaklık sınıflandırma yöntemi

Bu yöntemle varyans ve kovaryans matris tekniği kullanılmaktadır. Yöntemde kullanılan matris sayesinde değeri yüksek olan pikseller kendi içerisinde benzer sınıflarda, değeri düşük pikseller ise kendi içlerinde benzer sınıflar oluşturmaktadır. D' nin en az olduğu yerlerde piksel sınıfı c'ye atanır.

Mahalanobis uzaklık formülünde sınıfların değişkenlikleri hesaba katılır. Fakat bu yöntem yavaş çalışmaktadır.

$$D = (X - M_C)^T (COV_C)^{-1} (X - M_C) \quad (3.14)$$

D : mahalanobis uzaklık

M_C : sınıf C nin ortalama vektörü

COV_C : sınıf C yi oluşturan temsil kütüklerinin varyans / kovaryans matrisleri

X : (x,y) konumundaki pikselin parlaklık değerleri

En çok benzerlik yöntemi (Maximum Likelihood)

Bu yöntem, algoritması uzaktan algılama uydu verisinde ekseriyetle tercih edilen kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Bu algoritma, spektral farklılıkları kullanarak işlem yapar. Bu yöntem her pikselin bir sınıfa atanması mantığına dayanır. Sınıfların ilk olasılıkları hakkında bilgi mevcut olmadığı durumlarda tüm pikseller eşit olasılıklı olarak kabul edilir. Ayrıca; en çok benzerlik yöntemi, diğer sınıflandırma yöntemleri içerisinde en güvenilir olandır. Çünkü pikselleri hem parlaklık değerlerine göre hem de her sınıf için ayırım oluşturabilen varyans / kovaryans matris değerini baz alarak sınıflandırır. Bu yöntem normal dağılım gösteren veri setlerinde daha doğru sonuçlar vermektedir.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|COV_c|)] - [0.5(X - M_c)^T (COV_c^{-1})(X - M_c)] \quad (3.15)$$

D : ağırlıklı uzaklık,

C : sınıf,

X : bir pikselin ölçü vektörü,

MC : C sınıfına ait denetim alanının ortalama vektörü,

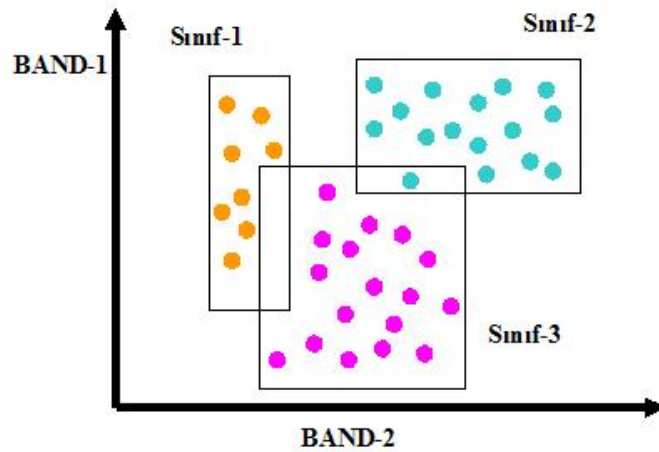
a_c : Herhangi bir pikselin C sınıfına ait olmasının % olasılığı, öncül olasılık,

COV_c : C sınıfına ait denetim alanı piksellerinin kovaryansı

|COV_c| : COV_c nin determinantı

Parallelepiped sınıflandırma (box classifier)

Bu yöntem, iki boyutlu alanlarda, sınıf tanım verileri kullanılarak oluşturulur. Histogramlar yardımıyla, üst ve alt sınırlar tanımlandıktan sonra sınıflara ait kapalı alanlar oluşturulmaktadır. Paralelkenar veya dikdörtgen olarak kullanılan kutular X eksenine paralel olarak oluşturulmaktadır. Piksellerin ilgili sınıflara atanmasında yatay konumları belirleyicidir. Aynı düzlemde olan pikseller, aynı sınıfa atanmaktadır. Çok tercih edilen bir yöntem değildir [http_11].



Şekil 3.20 - Parallelepiped sınıflandırma yöntemi

3.5.8.2. Nesne tabanlı sınıflandırma

Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları yardımıyla nesnelerin otomatik veya kullanıcı tarafından çıkarımı ve tespiti uzaktan algılama biliminin araştırma konuları arasındadır. Uzaktan algılanmış görüntüler yardımıyla yeryüzü nesnelere hakkında bilgi çıkarımında en çok kullanılan yöntem görüntü sınıflamasıdır. Görüntü üzerindeki tüm

piksellere ait yansıma ve parlaklık değerlerinden yararlanılarak piksellerin kullanıcı tarafından belirlenen sınıflara atanması işlemidir.

Genel olarak sınıflandırma işleminde piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Son yıllarda geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi yerine nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bunun en önemli nedeni olarak, uydu görüntü verilerinin ve hava fotoğraflarının son yıllarda mekânsal çözünürlüklerinin artması ile mevcut olan zengin bilgi içeriklerinin piksel tabanlı yaklaşımdan elde edilen ürünlerde tam olarak yansıtılamaması olarak gösterilebilir (Navulur 2007). Ayrıca bilinen piksel tabanlı sınıflandırmalarda, sadece pikselin gri değerine ait detayların çıkarımı esastır. Yüksek çözünürlüklü veriler, zengin bilgi içeriği nedeni ile piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarında tutarsız sonuçlar verebilmektedir.

Nesne tabanlı sınıflandırma, klasik piksel tabanlı sınıflandırma işlemlerinin zıttı bir yaklaşım olup, tekil pikseller ile değil görüntü üzerindeki benzer spektral özelliklere sahip piksellerin bir araya getirilerek bu pikselleri temsil eden görüntü nesnelерinin oluşturulması ve pikseller yerine söz konusu nesnelерin sınıflandırılmasına dayanır (Blaschke 2010; Myint vd. 2011). Bu işlem sayesinde görüntüdeki binlerce piksel yerine pikselleri temsil eden nesnelер sınıflandırılmaktadır. Nesne tabanlı sınıflandırmada doku, yapı, nesnelерin büyüklükleri ve spektral bilgileri sınıflandırmada dikkate alınır ve birçok ek görüntü bilgisi nesnelерden çıkartılabilir. Bu doku, şekil, komşuluk ve diğer obje tabakalarından alınan bilgilerden sağlanır (A.Sabuncu vd., 2016).

3.5.8.2.1. Segmentasyon aşaması

Nesne tabanlı sınıflandırmada en önemli ve ilk aşama segmentasyon aşamasıdır. Segmentasyon, benzer spektral özelliklere sahip piksellerin bir araya getirilmesi ve görüntü nesnelерinin oluşturulması işlemidir. Segmentasyonun amacı; görüntünün birbirinden farklı alt bölümlere ayrılması ve görüntüden anlamlı nesnelер yaratılmasıdır. Ayrıca, çoğu durumda belirli bir görev için bir görüntüde ilgilenilen, istenilen nesnelерin otomatik olarak çıkarılmasının mümkün olması da segmentasyonun amaçları arasındadır. Segmentasyon işlemi, aşağıdan-yukarıya (bottom-up) ve yukarıdan-aşağıya (top-down) olarak iki farklı şekilde işlemektedir. Yukarıdan aşağıya yönteminin temelinde bütünün en küçük parçalara ayrılması işlemi vardır. 3 farklı yukarıdan aşağıya segmentasyon metodu bulunmaktadır. Bunlar; satranç tahtası segmentasyon (chessboard segmentation), dörtlü ağaç tabanlı segmentasyon (quadtree-based segmentation) ve kontrast

bölümlemesi segmentasyon (contrast split segmentation) algoritmalarıdır. Segmentasyon işleminin ikinci stratejisi aşağıdan yukarıya bölümlemedir. Bu yaklaşımda, küçük parçalar belirli bazı kriterler göz önüne alınarak büyük parçalar olarak elde edilmektedir. Aşağıdan yukarıya strateji için kullanılan en önemli yöntem “Çoklu Çözünürlüklü Segmentasyon (Multiresolution Segmentation)” yöntemidir. Multiresolution segmentasyon algoritması ile segmentasyon işleminde 3 değişken kullanıcı tarafından belirlenir. Bunlar; ölçek, şekil ve yoğunluk parametreleridir. İçlerinden en önemlisi ölçek parametresidir. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon aşamasında, yumuşaklık/yoğunluk parametresi, şekil/reng parametresi ve ölçek parametreleri olabildiğince gerçeğe yakın belirlenmelidir. Şekil/reng ve yumuşaklık/yoğunluk parametre değerlerinin toplamı 1 rakamını verir (A.Sabuncu,2017).

Çoklu çözünürlüklü segmentasyon (multiresolution segmentation)

Multiresolution Segmentation (MS) aşağıdan yukarıya bir bölge-birleştirme tekniği olduğundan, bölge tabanlı bir algoritma olarak kabul edilir. Multiresolution Segmentation, her bir pikseli ayrı bir nesne olarak ele alarak başlar. Daha sonra, görüntü nesnelere çiftleri daha büyük segmentler oluşturmak için birleştirilir.

Birleşme kararı, bitişik görüntü nesnelere arasındaki benzerliği açıklayan yerel homojenlik kriterine dayanmaktadır. Tanımlanan ölçekteki en küçük artışa sahip görüntü nesnelere birleştirilir. Süreç, en küçük homojenlik artışının kullanıcı tarafından belirlenen bir eşiği (yani Ölçek Parametresi –SP) aştığı zaman sona erer. Bu nedenle, daha yüksek bir ölçek parametresi daha fazla birleşme ve sonuç olarak daha büyük nesnelere izin verecektir ve bunun tersi de geçerlidir.

Homojenlik kriteri renk (spektral değerler) ve şekil özelliklerinin birleşimidir. Farklı Ölçek Parametrelerini ve renk / şekil kombinasyonlarını uygulayan kullanıcı, görüntü nesnelere hiyerarşik bir ağ oluşturabilir (A.Darwish vd., 2003).

3.5.8.2.2. Sınıflandırma algoritmaları

En yakın komşuluk algoritması

En yakın komşu algoritması (kNN), nesnelere özellik alanındaki en yakın örneklerine dayanarak sınıflandırmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. En eski komşu algoritması, tüm makine öğrenimi algoritmalarının en basitleri arasında yer alır. Temel

prensibi, bir nesne komşularının çoğunluk oyu ile sınıflandırılır. Nesne, en yakın komşuluğuna en çok ortak olan sınıfa atanır. Birden fazla yakın komşunun değeri ile sınıflandırma yapılması da mümkündür. Eğer $k = 1$ ise, o zaman nesne en yakın komşusunun sınıfına atanır. Eğer $k = 5$ ise, o zaman en yakın 5 komşunun sınıfı dikkate alınarak atama yapılır. Bu k , sınıflandırılmamış bir nesnenin piksel komşuluğunda dikkate alınacak örnek sayısıdır. k 'nin en iyi seçimi, verilere bağlıdır. eCognition yazılımı, sınıflandırma işleminde en yakın komşuluk algoritmasını (kNN/NN) otomatik olarak uygulayabilecek imkânı sağlayan araçlara sahiptir.

Rastgele orman algoritması

Sınıflandırma yöntemleri, tek sınıflandırıcının yerine birden fazla sınıflandırıcının üretildiği ve sonrasında onların tahminlerinden yola çıkarak yeni verileri sınıflandıran öğrenme algoritmalarıdır. Rastgele Orman algoritması hem hızı hem de yüksek oranda doğru sonuçlar vermesi sebebi ile tercih edilen bir algoritma haline gelmiştir. RO algoritması, fazla ağaç üretmek için tekrar tekrar bölünerek parçalanmış bir toplu öğrenme metodudur.

Algoritmanın ağaç geliştirme prensibi;

$$\{h(x, \theta_k) | k = 1, \dots\} \quad (3.16)$$

şeklinde. Burada, x , girdi verisi iken, θ_k rastgele vektördür. Yeni bir objeyi sınıflandırmak için girdi verisi her bir ağaca yerleştirilir. Her ağaçtan elde edilen sınıflandırmalar oylanarak yüksek oya sahip sınıf seçilir.

İşlem sırasında iki adet değişkeni belirlemek önemlidir. Bunlar düğümde kullanılan değişkenlerin sayısı (m) ve geliştirilecek ağaçların sayısı (N)'dir. Bu değerler m girdi değişken sayısından (M) büyük olmayacak şekilde olmak kaydı ile deneme ve hata yöntemi kullanılarak belirlenir.

Algoritmada ağaç oluşturulurken budama yapılmaz. En yüksek sayıda ağaca erişmek için CART (Classification and Regression Tree) algoritmasını kullanmaktadır. Ayrıca bölünme işleminde en homojen sınıf dağılımına sahip düğümlere erişmek için Gini indeksi kullanılmaktadır (Ö.Akar vd.,2010).

3.5.8.3. Değişim analizi

Değişim izleme ve saptama, bir cismin veya olayın durumundaki farklılıkların farklı zamanlarda gözlemlenerek analiz edilme süreci olarak tanımlanmaktadır (Singh, 1989). Uzaktan algılamada değişim analizi ise aynı mekânın farklı iki zamanda üretilmiş görüntülerinin karşılaştırılması ile değişimin analiz edilmesi şeklinde tanımlanabilir.

Bu analiz, göl ve barajlardaki su seviyesi değişimi, şehirleşmenin izlenmesi, tarım arazilerinin kullanımın izlenmesi, orman yangınlarının tespiti ve analizi vb. birçok konuda ki projelerde kullanılmaktadır. Değişim analizi, meteorolojik hesaplamalar gibi kısa vadeli, mevsimsel fenoloji gibi döngüsel, şehirselleşme gibi yönsel, ormanların veya tarım alanlarının izlenmesi gibi çok yönlü vs. farklı tür ve konularda yapılmaktadır. Ayrıca bu analiz orman yangını, doğal afetler vs. doğa olaylarının izlenmesi, tespiti ve analizinde yüksek doğrulukta sonuçlar vermektedir.

3.5.8.3.1. Piksel tabanlı değişim saptama

Görüntülerde ki en küçük yapı taşı olan pikselleri karşılaştırarak değişimi tespit etmektedir. Dijital görüntülerde ilk kullanılan görüntü oranlama, görüntü çıkarma gibi basit tekniklerin yanında aritmetiksel tekniklerle çıkarılan yöntemlerde kullanılmaktadır.

Değişim saptama en önemli parametre algoritmalarında değişimin olup tanımlayan karar fonksiyonudur. Değişim saptama fonksiyonlarının çoğunda eşik değeri yaygın olarak tercih edilir. Ancak değişim saptamada kullanılacak en uygun eşik değerini belirlemek bir hayli zordur. Bunun sebebi ise olması gerekenden düşük bir eşik değerinin seçilmesi halinde, bazı değişim alanlarının saptanmayacak, olması gerekenden yüksek eşik değerinin seçilmesi halinde ise görüntüde birçok hatalı değişim alanının oluşacak olmasıdır.

Çalışılan alanı ve çalışmanın amacı doğrultusunda; görüntü çıkarma, görüntü oranlama, bitki örtüsü indeksi farkı, sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü regresyonu, değişim vektör analizi, doku tabanlı analiz, çok zamanlı spektral karşılaştırma analizi gibi birçok yöntem kullanılabilir (F.Sunar, 2017).

3.5.8.3.2. Nesne tabanlı değişim saptama

Görüntüdeki aynı öz nitelik bilgileri içeren pikselleri gruplandırılması bir başka deyişle görüntüyü segmente edilmesi sonucunda oluşturulan nesnelere üzerinden değişimi

saptamaktadır. Görüntü-nesne tabanlı değişim saptama, Sınıf-nesne tabanlı değişim saptama, Çok zamanlı nesne tabanlı değişim saptama ve Hibrit değişim saptama olmak üzere dört farklı yöntem bulunmaktadır. Tüm yaklaşımda esas olan, en doğru segmentasyon görüntülerini elde etmek için görüntü çözünürlüğü, çalışma alanı, çalışmanın hedefi vs. şartlar dikkate alınarak en uygun segmentasyon parametreleri belirlenmektedir. Bu işlemde sabit parametre değerleri olmadığı için uygun parametre deneme-yanılma yöntemi ile belirlenmektedir (F.Sunar,2017).

3.5.8.3.3. Doğruluk analizi

Yapılan çalışmalar neticesinde elde edilen tematik haritanın başarısı, son kullanıcının alacağı kararları etkileyen en önemli etkidir. Bu sebeple üretilen haritaların doğruluğunun saptanması ve alınacak kararların en doğru haritalar üzerinden yapılması elzemdir.

Sınıflandırma yöntemleri kullanarak üretilen haritaların, bir eğitim verisi ile görsel yorumlama veya istatistiksel analizler ile kıyaslanarak incelenmesi işlemi doğruluk analizi olarak tanımlanmaktadır. Analiz aşamasında oluşturulacak test verileri beş yöntem ile örneklenebilmektedir;

- **Rastgele örnekleme:** Yeteri kadar pikselin/noktanın görüntünün üzerinde rastgele belirlenmesi işlemidir.
- **Sistemik örnekleme:** Görüntünün üzerine istenilen boyutlarda oluşturulan ve her bir parçası birden fazla piksel içeren ızgaranın içerisinde aynı konumlarda piksel/noktanın belirlenmesi işlemidir. Bu işlem homojenliği artırmaktadır.
- **Tabakalı rastgele örnekleme:** Sınıflandırılan görüntüde ki bölgelerin önemine oranla piksel/noktanın belirlenmesi işlemidir.
- **Tabakalı hizalanmamış örnekleme:** Görüntü üzerinde oluşturulan ızgaranın içerisinde rastgele piksel/noktaların belirlenmesi işlemidir.
- **Kümeleme örnekleme:** Piksel/noktaların çalışma alanının yakınında belirlenmesi işlemidir (A.Ö.Ok, 2017).

Doğruluk analizinde hata matrisi en yaygın kullanılan istatistiksel yöntemdir. Bu yöntemde oluşturulan tablo, üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu, genel doğruluk ve kappa istatistiğinden elde edilen değerleri içerir.

Kappa istatistiği

Sınıflandırılmış tematik harita ile kontrol verisi arasındaki doğruluğu tamamen hata matrisindeki değerleri kullanarak hesaplamayı sağlayan istatistiksel bir metottur (A.Ö.Ok, 2017).

$$Kappa = \frac{(n * \sum_{i=1}^K a_{ii}) - \sum_{i=1}^K (a_{i+} \times a_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^K (a_{i+} \times a_{+i})} \quad (3.17)$$

K = sınıflandırmada kullanılan sınıf sayısı

n = toplam piksel sayısı

a_{ii} = hata matrisin ana diyagonal elementler

a_{i+}, a_{+i} = sırasıyla her bir satır ve sütun toplamından elde edilen değerler

4. ÇALIŞMA ALANI

4.1. Coğrafi Özellikleri

Çalışma alanı olarak Antalya İli Alanya İlçesi seçilmiştir (Görsel 4.1). İlçe şehir merkezine 135 km uzaklıkta Akdeniz kıyısındadır. Toplam kapsadığı alan 175.658 hektardır. Kuzey tarafında Torosların devamı olan dağlık bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 1000 metreyi bulmaktadır. Güneyi 6500 metre uzunluğunda Akdeniz'e komşu olan yarımada'nın kuzeyi ormanlarla çevrilidir.

Alanya'nın toplam yüzölçümünün

% 16,45'i (28.880 ha) tarım alanı

% 6,26'sı (9.860 ha) olan çayır ve mera alanı

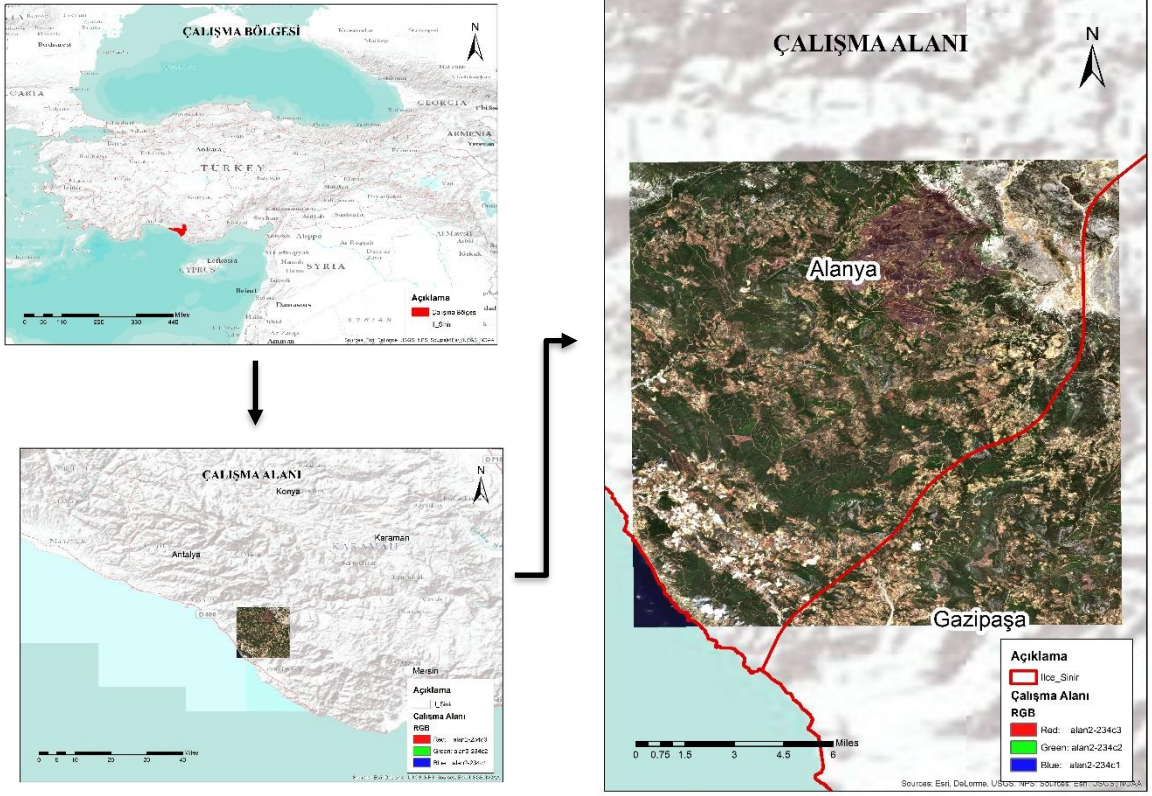
% 65,48'i (115.013 ha) olan fundalık ve orman alanı

% 0,10'u (185 ha) olan su alanı

% 11,70'i (20.560 ha) olan tarımsal olmayan meskûn alanlardan oluşmaktadır.

İklim ve konum itibarıyla bölgenin en verimli topraklarının sahibi Alanya'dır. Bu sebeple çeşitli birçok bitki türü yetişmektedir. Aynı şekilde, bölgenin en çok orman alanı da il sınırlarında bulunmaktadır. Türkiye ormanlarının % 0,5'ini ilçede ki orman alanları oluşturmakta ve bu oranın artırılması için ağaçlandırma çalışmaları devam etmektedir. Bölgenin yüksek kesimlerindeki dağlık alanları karaçam ve sedir ormanları, sahile yakın kesimlerini ise kızılçam ormanları teşkil etmektedir. Sahile yakın bölgelerde Portakal, Mandalina, Muz, Avakado, Kivi vs. tarım ürünleri yetişmektedir. Yüksek kesimlerde ki dağ ve platolarda soğuğa dayanabilen Ayva, Elma ve Armut vs. meyve türleri yetişmektedir.

Akdeniz bölgesinin tipik iklimini yaşayan Alanya'da yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Sıcaklık 38.7 dereceleri bulmakta ve günlük güneşlenme süresi yaklaşık 6.6 saattir. Yağışlı gün sayısı 93 gündür [http-1].



Görsel 4.1- Çalışma alanı

5. UYGULAMA

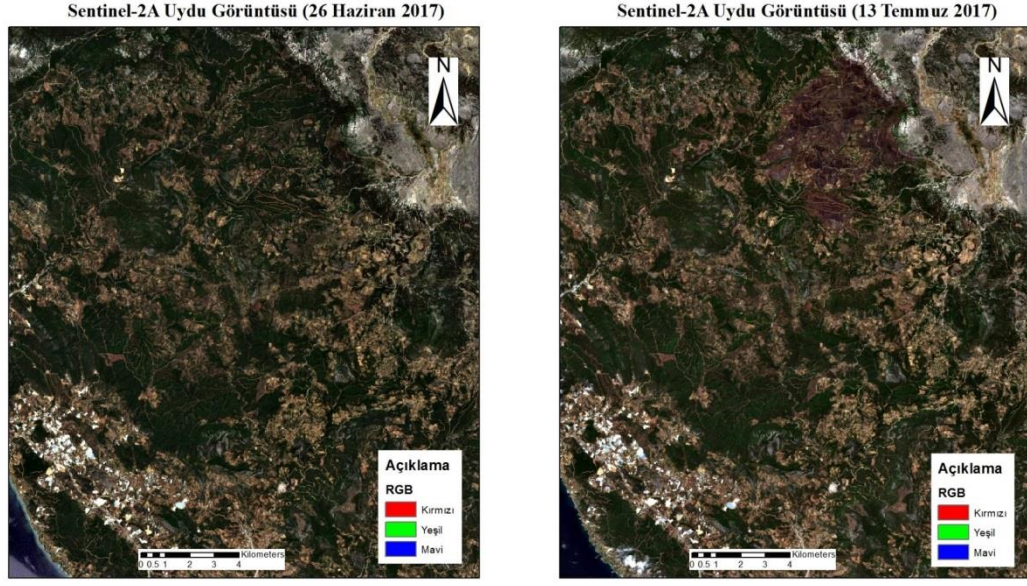
Bu tez çalışmasında Antalya Alanya ilçesi Sapadere, Bağlıca ve Beldibi köylerini kapsayan bölgede 30 Haziran 2017 tarihinde başlayan ve 2 Temmuz 2017 tarihine kadar 3 gün devam eden orman yangını nedeni ile yanan alan test sahası olarak seçilmiştir. Araştırma kapsamında Sentinel 2A uydusundan elde edilen orta çözünürlüklü görüntü verileri kullanılarak, yangın alanının uydu görüntülerinin haritalanması için piksel tabanlı ve nesne tabanlı kontrollü sınıflandırma ile nesne tabanlı ve piksel tabanlı değişim saptama yöntemleri uygulanmıştır. Haritalama çalışması kapsamında yapılan uygulamalar aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

5.1. Verilerin Analiz İçin Hazırlanması

5.1.1. Görüntü verilerinin temini ve çalışma sahasının belirlenmesi

Sentinel 2A uydu verileri ücretsiz olarak internet üzerinden indirilebilen orta çözünürlüklü verilerdir. Bu çalışma kapsamında Sentinel 2A uydusundan elde edilen iki farklı tarihe ait görüntüler Copernicus Açık Erişim Merkezi (<https://scihub.copernicus.eu>) web sayfasından indirilmiştir. İndirilen verilerden birincisi 26 Haziran 2017 tarihine ait olay öncesi görüntüsü, ikincisi ise 13 Temmuz 2017 tarihinde çekilmiş olan olay sonrası görüntüsüdür.

Çalışma kapsamında Sentinel 2A uydusunun Seviye 2A verisi indirilmiştir. Seviye 2A görüntüleri geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmış görüntülerdir. Bundan dolayı çalışma kapsamında herhangi bir geometrik ve radyometrik düzeltme işlemi görüntülere uygulanmamıştır. İndirilen görüntülerin boyutları 100x100 km bir alanı kapsamaktadır. Tez çalışması kapsamında yangın alanın ve çevresini içeren daha küçük bir test sahası belirlenmiş ve görüntüye ait veriler bu çalışma alanına göre kesilmiştir. Görsel-15'de belirlenen çalışma sahasına göre kesilmiş olay öncesi ve olay sonrası görüntülerin gerçek renkli görünümüleri sunulmuştur.



(a) Olay Öncesi Görüntü

(b) Olay Sonrası Görüntü

Görsel 5.1 - Tez araştırması kapsamında belirlenen araştırma sahası

(a): çalışma alanına ait Sentinel 2A olay öncesi gerçek renkli görüntüsü

(b): çalışma alanına ait Sentinel 2A olay sonrası gerçek renkli görüntüsü

Sentinel 2A uydu görüntüsü 4 adet 10 metre (Mavi (B02), Yeşil (B03), Kırmızı (B04) ve Yakın Kıızıl Ötesi (B08)) konumsal çözünürlüklü bant, 6 adet (Bitki Kırmızı Kenar (B05, B06, B07 ve B8a), Kısa Dalga Kıızıl ötesi (B11, B12)) 20 metre konumsal çözünürlüklü bant ve 3 adet (kıyı aerosol (B1), su buharı (B9), kısa dalga kıızilötesi – sirus (B10)) olmak üzere 13 banttan oluşmaktadır. 60 metre çözünürlüğe sahip bantlar arazi kullanım sınıflandırmasına uygun olmadığı için bu çalışma kapsamında kullanılmamıştır. Çalışma kapsamında 10 metre ve 20 metre çözünürlüğe sahip bantlar kullanılmıştır. Çalışma kapsamında konumsal olarak standart bir çözünürlükte çalışmak için 20 metre çözünürlüğe sahip bantlara görüntü keskinleştirme işlemi uygulanarak 10 metre çözünürlüğe sahip bantlar elde edilmiştir. Sentinel 2A uydusundan elde edilen görüntü bantlarının içinde yüksek çözünürlüklü pankromatik bir bant bulunmadığı için pankromatik bant olarak 10 metre çözünürlüklü bantlardan faydalanılmıştır. Görüntü keskinleştirme işlemi, Zheng vd. (2017) yapmış oldukları çalışma kapsamında elde ettikleri sonuçlar dikkate alınarak bu çalışmada kullanılan veri setine uygulanmıştır. Bu kapsamda, görüntü keskinleştirme yöntemi olarak yüksek geçirgenlik filtre füzyon

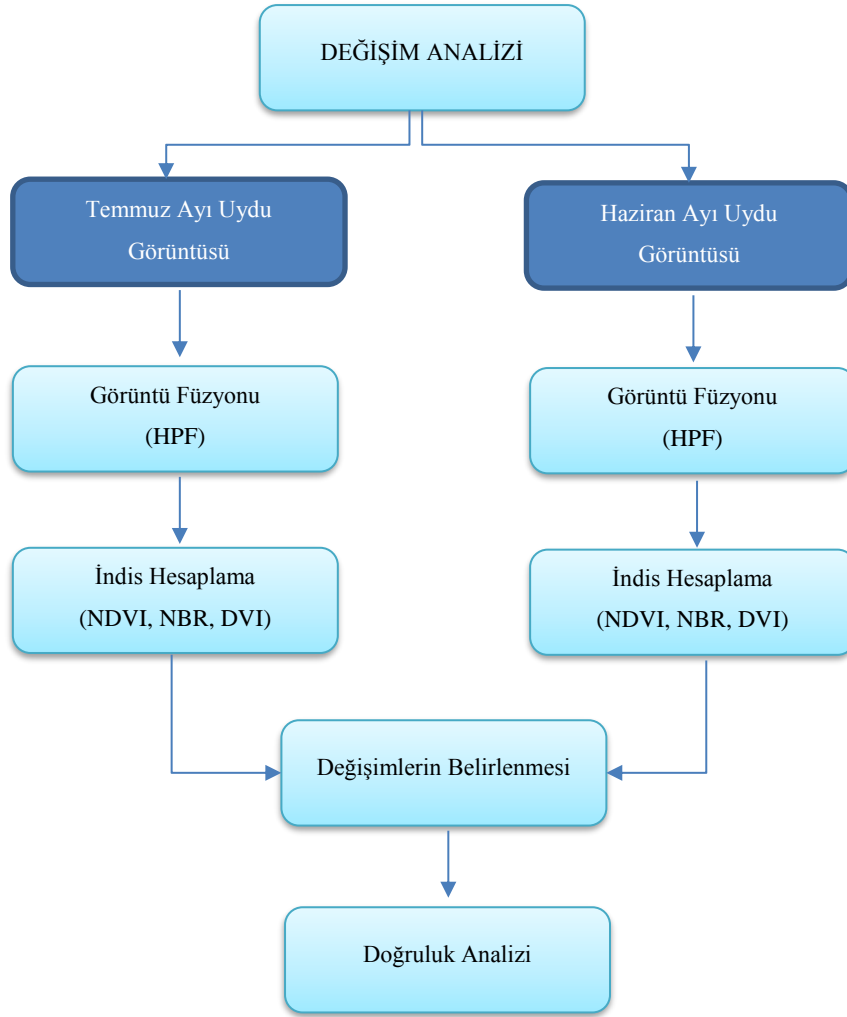
yöntemi (high-pass filter fusion (HPF)) tercih edilmiştir. Bu keskinleştirme 20 metre çözünürlüğe sahip bantların keskinleştirilmesi işlemi, bant 5 ve bant 6'nın keskinleştirilmesinde bu bantlara spektral olarak yakın olan bant 4; bant 7, bant 8a, bant 11 ve bant 12'nin keskinleştirilmesinde bu bantlara spektral olarak yakın olan bant 8 pankromatik bant olarak kullanılmıştır (Tablo 5.1) (Zheng vd. 2017).

Tablo 5.1 Görüntü keskinleştirme işleminde pankromatik olarak kabul edilen bantlar

Spektral Bant (20 m)	Pankromatik olarak Kullanılan Bant (10 m)
Bant 5 Bant 6	Bant 4
Bant 7 Bant 8A Bant 11 Bant 12	Bant 8

5.2. Bant indislerine Bağlı Değişim Saptama ile Haritalanması

Tez çalışması kapsamında öncelikli olarak değişim saptama ile yanmış alanların saptaması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Sentinel 2A görüntüsünün bantlarından faydalanılarak üretilen bant indisleri kullanılmıştır. Orman yangınları esnasında alanda bulunan bitkiler ve ağaçlar doğrudan etkilendiğinden çalışma kapsamında bitki indisleri ve yanmış alan indislerine bağlı olarak değişim saptama işlemi gerçekleştirilmiştir. Değişim saptama işleminde olay öncesi ve olay sonrası görüntü bantlarından elde edilen indislerin farkları alınarak alanda meydana gelen değişimler incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda en iyi değişimi verdiği gözlemlenen Fark Bitki İndeksi (DVI), Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI), Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi 1 (NBR) ve Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi 2 (NBR-RAW) indisleri değişim saptama ile haritalama amacı ile kullanılmıştır. Değişim analizi uygulamasında piksel tabanlı sınıflandırma ArcGIS programı, nesne tabanlı sınıflandırma eCognition programı kullanılmıştır. Sınıflandırılmış verilerin işlenmesi ve doğruluk analizi yine ArcGIS programı kullanılarak yapılmıştır. Değişim saptama işleminde izlenen iş akışı Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 - Değişim Analizi Şeması

5.2.1. NDVI indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması

5.2.1.1. Piksel tabanlı saptama

Öncelikle hem yangın öncesi hem de yangın sonrası görüntünün içerdiği tüm bantlar füzyon işlemi yapıldıktan sonra ilgili programlarda açılmıştır. Bu yöntemde ilk aşama olarak her iki tarihteki görüntü için NDVI indeksli görüntü, yakın kızıl ötesi bant ve kırmızı bantlar NDVI formülünde kullanılarak oluşturulmuştur. Daha sonra eski tarihli NDVI görüntüsünden yeni tarihli NDVI görüntü çıkarılarak fark NDVI değeri elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -1.8150 ile 1.9650 değer aralığında sonuç vermiştir. Bu aralıkta yanmış alanların tespit dışı kalmasına mümkün olduğunca izin vermeyecek aynı

zamanda da yanmamış alanları tespit bölgesine mümkün olduğunca eklemeyecek şekilde optimal eşik değeri deneme yanılma yöntemi ile 0.25 olarak belirlenmiştir. Bu değere istinaden “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere 2 sınıf oluşturulmuştur. 0.25 - 1.965078592 arası “Yangın Alanı”, -1.815054893 - 0.25 arası “Diğer” bölge olarak tanımlanmıştır. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.3).

5.2.1.2. Nesne tabanlı saptama

Nesne tabanlı sınıflandırmanın birinci aşaması segmentasyon aşamasıdır. Çalışma kapsamında görüntü nesnelere üretebilmek için çoklu çözünürlüklü segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Segmentasyon işlemine girdi bant olarak her iki tarihe ait yakın kızıl ötesi bant ve kırmızı bantlar kullanılmıştır. Optimum görüntü nesnelere elde etmek için gerekli olan ölçek, bütünlük ve şekil parametreleri deneme ve hata yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda veri seti için uygun ölçek parametresi 50, şekil parametresi 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak tespit edilmiştir. Bu parametreler veri setine uygulanarak görüntü nesnelere üretilmiştir.

İkinci aşama ise indeks değerlerinin hesaplanmasıdır. Bu aşamada yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler için ayrı ayrı Yakın Kızılötesi (VNIR) ve kırmızı bantın farkının toplamlarına bölünmesi ile NDVI görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra yangın öncesi NDVI görüntüsünden yangın sonrası NDVI görüntüsü çıkarılarak fark NDVI görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -0.0665273651 - 0.764984198 değer aralığında sonuç vermiştir.

Üçüncü aşama ise doğru eşik değerini belirleyerek sınıflandırma yapmaktır. Bu aşamada deneme yanılma yöntemi ile yanmış alanların tespit dışı kalmasına mümkün olduğunca izin vermeyecek aynı zamanda da yanmamış alanları tespit bölgesine mümkün olduğunca eklemeyecek şekilde eşik değeri tespit edilmiştir. Optimum eşik değeri 0.20 olarak tespit edilmiş olup 0.20 - 0.764984198 aralığı “Yanmış Alan” ve -0.0665273651 – 0.20 aralığı “Diğer” olarak belirlenmiş ve sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Dördüncü aşamada ise aynı sınıftaki komşu objeler birleştirilerek mümkün olduğunca obje sayısı azaltılmıştır. Daha sonra objelerimiz vektör olarak kaydedilmiştir.

Sonrasında vektör verimiz raster formatına dönüştürülmüş ve “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere iki sınıf içeren raster verimiz elde edilmiştir. Raster verimiz yeniden

sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.3).

5.2.2. NBR indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması

5.2.2.1. Piksel tabanlı saptama

İlk olarak her iki tarihteki görüntü için NBR indeksi, Yakın Kızılötesi (VNIR) ve Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) bantları NBR formülünde kullanılarak program içerisinde hesaplanmıştır. Daha sonra eski tarihli NBR görüntüsünden yeni tarihli NBR görüntü çıkarılarak dNBR değeri elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -1.971501827 ile 1.998760104 değer aralığında sonuç vermiştir. Bu aralıkta en uygun eşik değeri deneme yanılma yöntemi ile 0.22 olarak belirlenmiştir. Bu değere istinaden “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere 2 sınıf oluşturulmuştur. 0.22 - 1.998760104 arası “Yangın Alanı”, -1.971501827 - 0.22 arası “Diğer” bölge olarak tanımlanmıştır. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.5).

5.2.2.2. Nesne tabanlı saptama

Bu yöntemin ilk aşaması olan segmentasyon işleminde çoklu çözünürlüklü segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Segmentasyon işlemine girdi bant olarak her iki tarihe ait yakın kızıl ötesi bant ve kırmızı bantlar kullanılmıştır. Optimum görüntü nesnelere elde etmek için gerekli olan ölçek, bütünlük ve şekil parametreleri deneme ve hata yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda veri seti için uygun ölçek parametresi 50, şekil parametresi 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak tespit edilmiştir. Bu parametreler veri setine uygulanarak görüntü nesnelere üretilmiştir.

İkinci aşama ise indeks değerlerinin hesaplanmasıdır. Bu aşamada yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler için NBR indeksleri, yakın kızılötesi ve kırmızı bantın NBR formülünde kullanılması ile elde edilmiştir. Daha sonra yangın öncesi NBR görüntüsünden yangın sonrası NBR görüntüsü çıkarılarak fark NBR görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -0.145893765 - 0.93702793 değer aralığında sonuç vermiştir.

Üçüncü aşama ise doğru eşik değerini belirleyerek sınıflandırma yapmaktır. Deneme yanılma yöntemi ile en uygun eşik değeri 0.20 olarak tespit edilmiş olup 0.20 -

0.93702793 aralığı “Yanmış Alan” ve -0.145893765 – 0.20 aralığı “Diğer” olarak belirlenmiş ve sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Dördüncü aşamada ise aynı sınıftaki komşu objeler birleştirilerek mümkün olduğunca obje sayısı azaltılmış ve sonrasında objelerimiz vektör olarak kaydedilmiştir.

Daha sonra vektör verimiz raster formatına dönüştürülmüş ve “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere iki sınıf içeren raster verimiz elde edilmiştir. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.5).

5.2.3. NBR-RAW indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması

5.2.3.1. *Piksel tabanlı saptama*

İlk olarak her iki tarihteki görüntü için NBR indeksi, Yakın Kızılötesi (VNIR) ve Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) bantları NBR formülünde kullanılarak program içerisinde hesaplanmıştır. Daha sonra eski tarihli NBR görüntüsünden yeni tarihli NBR görüntü çıkarılarak dNBR değeri elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -1.972049594 ile 1.998415232 değer aralığında sonuç vermiştir. Bu aralıkta en uygun eşik değeri deneme yanılma yöntemi ile 0.22 olarak belirlenmiştir. Bu değere istinaden “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere 2 sınıf oluşturulmuştur. 0.3 - 1.998415232 arası “Yangın Alanı”, -1.972049594 - 0.3 arası “Diğer” bölge olarak tanımlanmıştır. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.4).

5.2.3.2. *Nesne tabanlı saptama*

Bu yöntemin ilk aşaması olan segmentasyon işleminde çoklu çözünürlüklü segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Segmentasyon işlemine girdi bant olarak her iki tarihe ait yakın kızıl ötesi bant ve kırmızı bantlar kullanılmıştır. Optimum görüntü nesnelere elde etmek için gerekli olan ölçek, bütünlük ve şekil parametreleri deneme ve hata yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda veri seti için uygun ölçek parametresi 50, şekil parametresi 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak tespit edilmiştir. Bu parametreler veri setine uygulanarak görüntü nesnelere üretilmiştir.

İkinci aşama ise indeks değerlerinin hesaplanmasıdır. Bu aşamada yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler için NBR indeksleri, yakın kızılötesi ve kırmızı bantın NBR formülünde kullanılması ile elde edilmiştir. Daha sonra yangın öncesi NBR

görüntüsünden yangın sonrası NBR görüntüsü çıkarılarak fark NBR görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -0.164506807 - 1.2939 değer aralığında sonuç vermiştir.

Üçüncü aşama ise doğru eşik değerini belirleyerek sınıflandırma yapmaktır. Deneme yanılma yöntemi ile uygun değer eşik değeri 0.30 olarak tespit edilmiş olup 0.30 - 1.2939 aralığı “Yanmış Alan” ve -0.164506807 – 0.30 aralığı “Diğer” olarak belirlenmiş ve sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Dördüncü aşamada ise aynı sınıftaki komşu objeler birleştirilerek mümkün olduğunca obje sayısı azaltılmış ve sonrasında objelerimiz vektör olarak kaydedilmiştir.

Daha sonra vektör verimiz raster formatına dönüştürülmüş ve “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere iki sınıf içeren raster verimiz elde edilmiştir. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.4).

5.2.4. DVI indisine bağlı değişim saptama ile haritalanması

5.2.4.1. Piksel tabanlı saptama

Bu yöntemde ilk aşama olarak her iki tarihteki görüntü için DVI indeksli görüntü, yakın kızıl ötesi bant değerlerinden ve kırmızı bant değerleri çıkarılarak oluşturulmuştur. Daha sonra eski tarihli DVI görüntüsünden yeni tarihli DVI görüntü çıkarılarak fark DVI değeri elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -6,995.00 ile 13,788.00 değer aralığında sonuç vermiştir. Bu aralıkta yanmış alanların tespit dışı kalmasına mümkün olduğunca izin vermeyecek aynı zamanda da yanmamış alanları tespit bölgesine mümkün olduğunca eklemeyecek şekilde optimal eşik değeri deneme yanılma yöntemi ile 320 olarak belirlenmiştir. Bu değere istinaden “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere 2 sınıf oluşturulmuştur. 320 - 13,788 arası “Yangın Alanı”, -6,995 – 320 arası “Diğer” bölge olarak tanımlanmıştır. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.2).

5.2.4.2. Nesne tabanlı saptama

Nesne tabanlı sınıflandırmanın birinci aşaması segmentasyon aşamasıdır. Çalışma kapsamında görüntü nesnelere üretebilmek için çoklu çözünürlüklü segmentasyon yöntemi uygulanmıştır. Segmentasyon işlemine girdi bant olarak her iki tarihe ait yakın kızıl ötesi bant ve kırmızı bantlar kullanılmıştır. Optimum görüntü nesnelere elde etmek

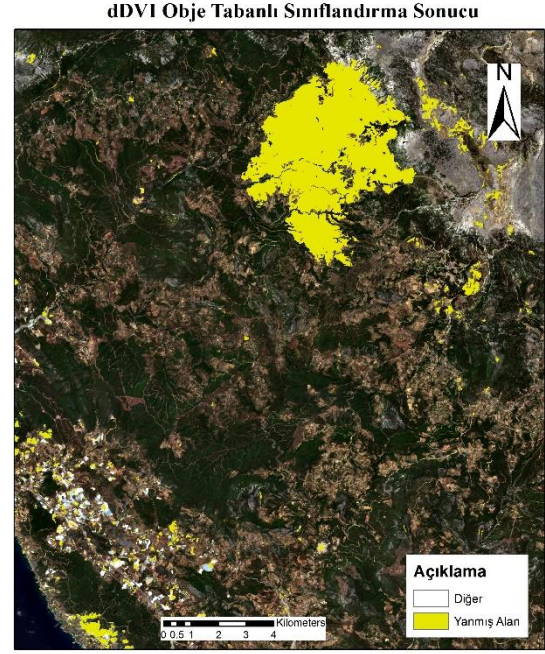
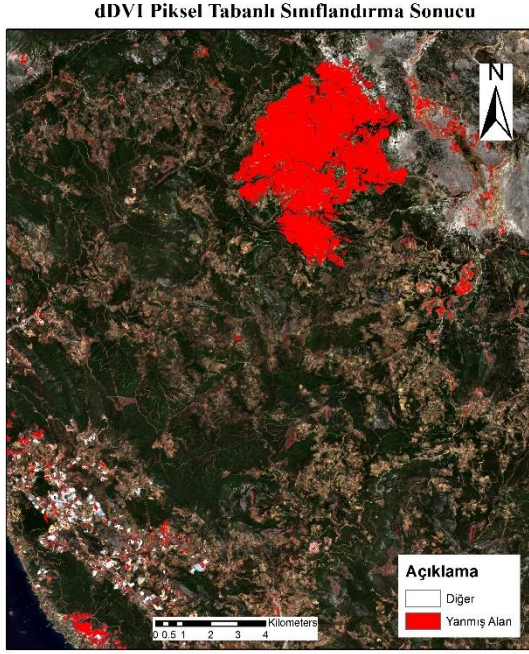
için gerekli olan ölçek, bütünlük ve şekil parametreleri deneme ve hata yöntemi uygulanarak tespit edilmiştir. Bu doğrultuda veri seti için uygun ölçek parametresi 50, şekil parametresi 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak tespit edilmiştir. Bu parametreler veri setine uygulanarak görüntü nesnelere üretilmiştir.

İkinci aşama ise indeks değerlerinin hesaplanmasıdır. Bu aşamada yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler için ayrı ayrı Yakın Kızılötesi (VNIR) bant değerlerinden ve kırmızı bant değerleri çıkarılarak oluşturulmuştur. Daha sonra yangın öncesi DVI görüntüsünden yangın sonrası DVI görüntüsü çıkarılarak fark DVI görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen görüntü -1430.45 - 2461.12 değer aralığında sonuç vermiştir.

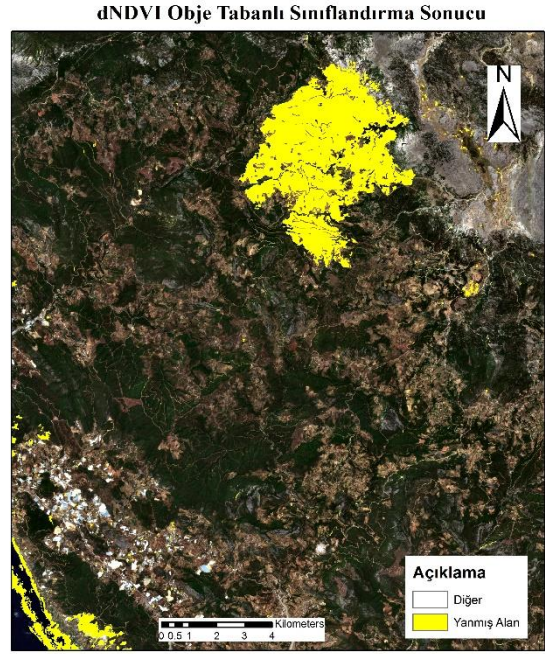
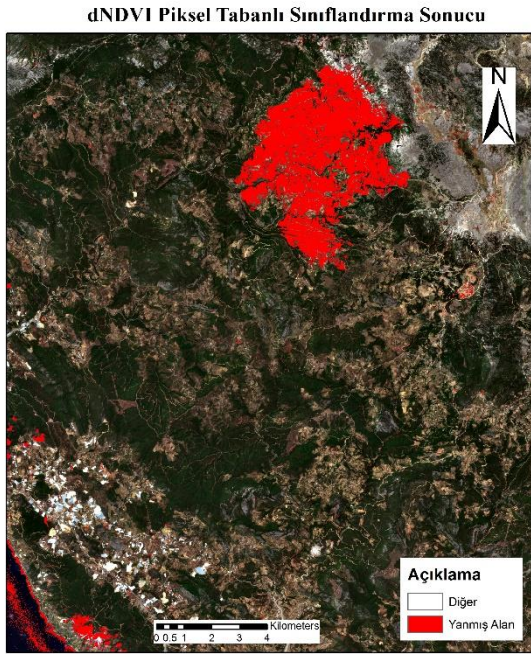
Üçüncü aşama ise doğru eşik değerini belirleyerek sınıflandırma yapmaktır. Bu aşamada deneme yanılma yöntemi ile yanmış alanların tespit dışı kalmasına mümkün olduğunca izin vermeyecek aynı zamanda da yanmamış alanları tespit bölgesine mümkün olduğunca eklemeyecek şekilde eşik değeri tespit edilmiştir. Optimum eşik değeri 320 olarak tespit edilmiş olup 320 - 2461.12 aralığı “Yanmış Alan” ve -1430.45 – 320 aralığı “Diğer” olarak belirlenmiş ve sınıflandırma işlemi yapılmıştır.

Dördüncü aşamada ise aynı sınıftaki komşu objeler birleştirilerek mümkün olduğunca obje sayısı azaltılmıştır. Daha sonra objelerimiz vektör olarak kaydedilmiştir.

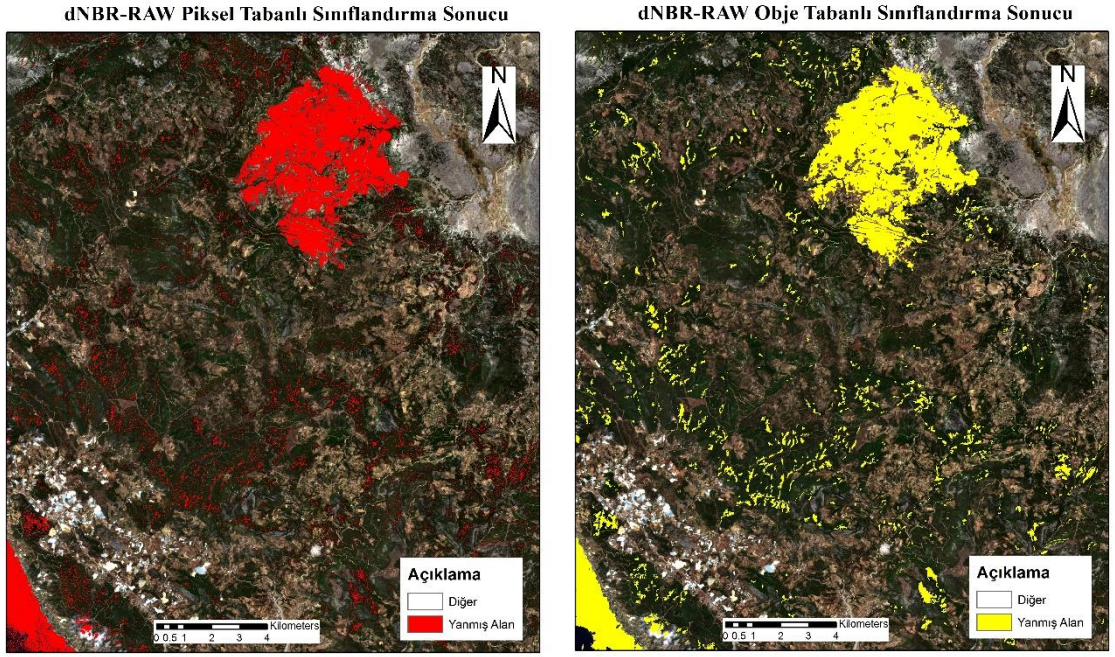
Sonrasında vektör verimiz raster formatına dönüştürülmüş ve “Yanmış Alan” ve “Diğer” olmak üzere iki sınıf içeren raster verimiz elde edilmiştir. Raster verimiz yeniden sınıflandırılarak “Yanmış Alanlar” 1 değerinde “Diğer” alanlar 0 değerinde tanımlanmıştır (Görsel 5.2).



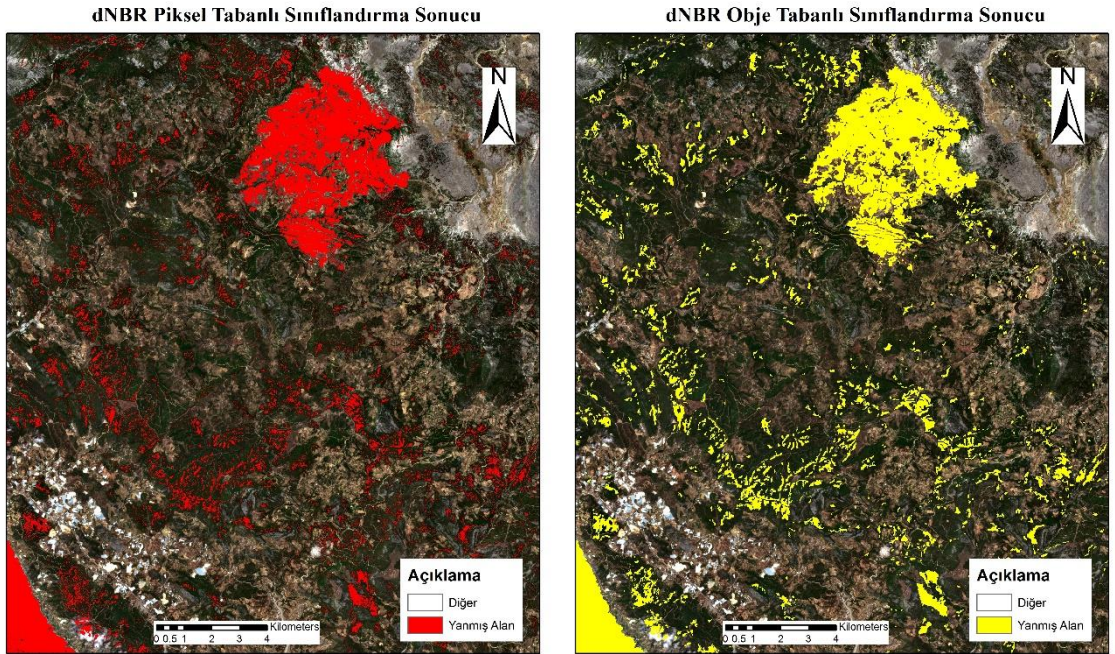
Görsel 5.2 - dDVI Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu



Görsel 5.3 - dNDVI Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu



Görsel 5.5 - dNBR-RAW Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu

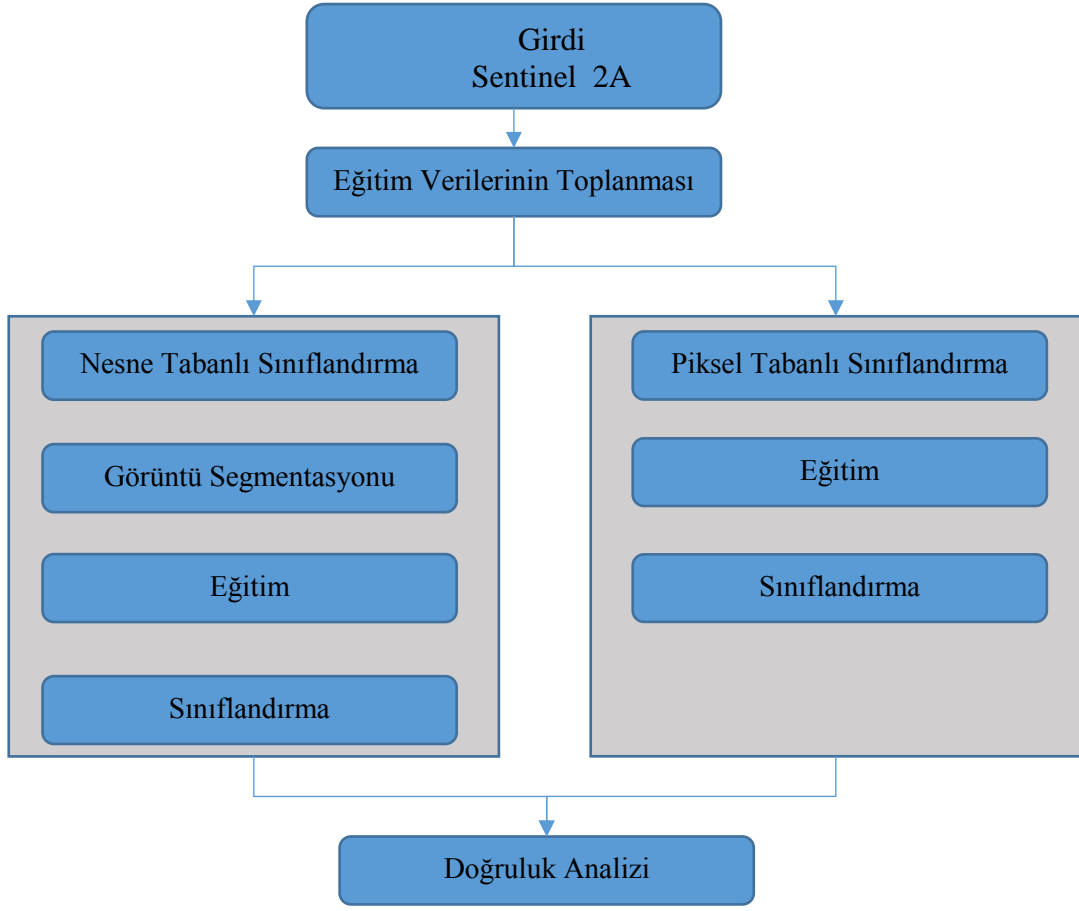


Görsel 5.4 – dNBR Piksel ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Sonucu

5.3 Piksel ve Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemleri ile Yanmış Alanların Haritalanması

Değişim analizi uygulamasından sonra tez çalışmasında ikinci olarak, test sahası olarak kullanılan yanmış orman alanlarının haritalanması için nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Bu uygulamadaki amaç iki farklı sınıflandırma yaklaşımının yanmış orman alanlarının haritalanmasındaki başarısını test etmektir. Bu kapsamda iki sınıflandırma yaklaşımı arasında karşılaştırma işlemi yapılacağından, sınıflandırma algoritması, eğitim veri seti ve sınıflandırma için kullanılan parametreler aynı olarak seçilmiştir.

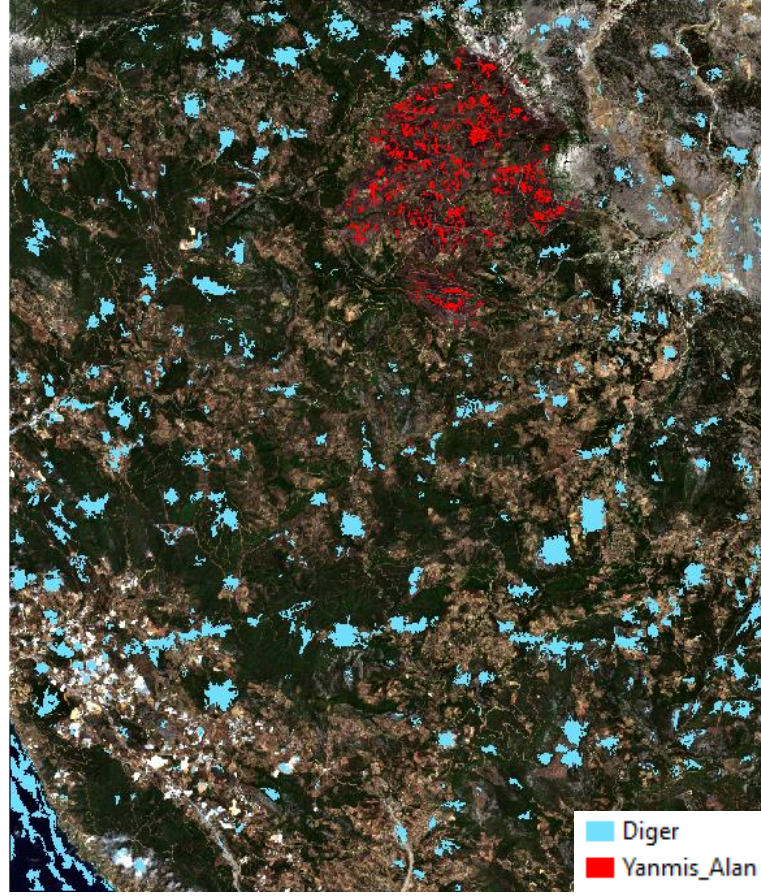
Uygulamada sınıflandırma algoritması olarak rastgele orman algoritması seçilmiştir. Rastgele orman algoritması son yıllarda uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında etkin olarak kullanılan bir yöntem olduğu için bu çalışmada tercih edilmiştir. Hem piksel tabanlı sınıflandırma hem de nesne tabanlı sınıflandırma işleminde de rastgele orman algoritması kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminde kullanılacak eğitim verisi ArcGIS 10.3 yazılımında sınıflandırma yapılacak görüntü üzerinden toplanmış ve bu eğitim veri seti hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı sınıflandırma işleminde değişiklik yapılmadan kullanılmıştır. Sınıflandırma işleminde sınıflandırma değişkenleri olarak görüntü bantları ve görüntü bantlarından üretilen bant indisleri kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi farklı değişkenlerin sınıflandırma etkisini görmek için farklı tipte değişkenler seçilerek sınıflandırma yapılmıştır. Birinci sınıflandırma işleminde, görüntüye ait on bant değişken olarak seçilmiştir. İkinci sınıflandırma işleminde bantlardan üretilen bant indisleri değişken olarak kullanılmıştır. Üçüncü sınıflandırma işleminden ise bantlar ve bantlardan üretilen indislerin hepsi sınıflandırma işlemine dâhil edilerek sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında uygulanan iş akışı Şekil-5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2 - Nesne ve piksel tabanlı sınıflandırması iş akışı şeması

5.3.1 Eğitim verilerinin toplanması

Sentinel 2A görüntüsünden yanmış alanların haritalanmasında çalışma sahası için 2 farklı sınıf tanımlanmıştır. Bu sınıflardan birincisi alanda yer alan yanmış alan sınıfı, ikincisi ise alanda yer alan su alanı, yerleşim alanı, yeşil alan, ormanlık alan, toprak alan, kayalık alan vb. diğer tüm arazi kullanımlarını temsil eden sınıftır. Rastgele orman ve en yakın komşuluk algoritmaları kullanılarak yapılacak kontrollü sınıflandırma işlemi için gerekli olan eğitim verilerinin toplanması ArcGIS 10.3 yazılımında gerçekleştirilmiştir. Eğitim verisi toplanırken mümkün olduğu kadar her arazi kullanım türünden örnekler seçilmeye çalışılmıştır. Şekil 5.6'de çalışma sahasına ait toplanan eğitim verileri uygulamada kullanılan görüntünün gerçek renkli görüntüsü üzerinde verilmiştir.

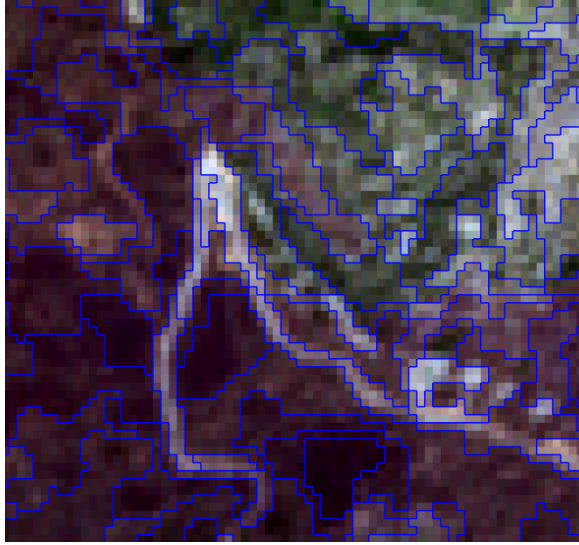


Görsel 5.6 - Çalışma sahasına ait toplanan eğitim verileri

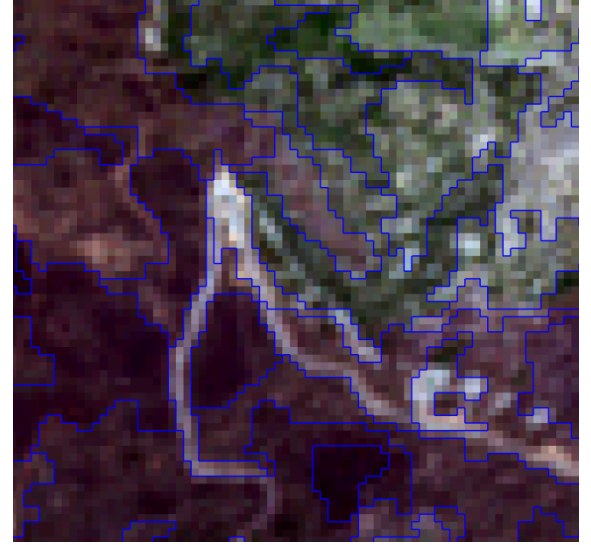
5.3.2. Nesne tabanlı sınıflandırma ile yanmış alanların haritalanması

Olay sonrası görüntülerden yanmış alanların çıkarılması için birinci olarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma işlemi için eCognition 9.0 yazılımı kullanılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminin ilk aşamasında görüntü segmentasyonu işlemi yapılmıştır. Segmentasyon yöntemi olarak çoklu çözünürlüklü segmentasyon kullanılmıştır. Segmentasyon işlemine girdi olarak çalışmada kullanılan Sentinel 2A uydusunun tüm bantları girdi katmanları olarak kullanılmıştır. Yanmış alanların doğru bir şekilde çıkarılabilmesi için öncelikli olarak segmentasyon parametreleri olan ölçek, şekil ve bütünlük değerlerini belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler deneme ve hata yöntemine göre oluşan görüntü nesnelerinin görsel analizine bağlı olarak tespit edilmiştir. Ölçek parametresi görüntü nesnesinin boyutunu doğrudan etkileyen bir parametredir. Büyük ölçek değeri büyük görüntü nesnesi oluşmasına, küçük görüntü nesnesi küçük görüntü nesnesi oluşmasına neden olmaktadır (Görsel 5.7). Çalışma kapsamında farklı ölçek, şekil ve bütünlük

parametreleri uygulanmıştır. Kullanılan veri seti için uygun değerler ise ölçek 50, şekil 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak belirlenmiştir.



(a) Ölçek: 50



(b) Ölçek: 100

Görsel 5.7 - Farklı ölçek parametresine göre elde edilen görüntü nesnelere

(a): ölçek 50 değerine göre elde edilen görüntü nesnesi

(b): ölçek 100 değerine göre elde edilen görüntü nesnelere

Segmentasyon işleminden sonra sınıflandırma aşamasına geçilmiştir. Sınıflandırma işlemi öncesinde sınıflandırma işleminde kullanılacak band indisleri hesaplanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında kullanılan indisler Tablo-5’de gösterilmiştir. Bu indislerden çıplak toprak indisi yerleşim yeri ve parlak kayalıklar için iyi sonuç verdiği için tercih edilmiştir. Kısa dalga kızılötesi mavi bant farkı yangın ve su alanlarını ayırmak için oluşturulan bir indistir. Kırsaldalga kızılötesi ile mavi bantın spektral değerleri su alanlarında birbirine çok yakın iken, yangın alanlarında aralarındaki fark oldukça fazladır. Bundan dolayı ayırıcı bir özellik olarak çalışmada kullanılmıştır. Kırmızı mavi bant fark indeksi gölge alanların ayrıştırılması için çalışmaya dahil edilmiştir. Normalize edilmiş yangın indeksleri (NBR1, NBR2) yanmış alan çıkarmada etkili olduğu için kullanılmıştır. Orman yangınları doğrudan bitki ve orman alanlarını etkilediği için bitki indeksleri olan fark bitki indeksi (DVI), Normalize edilmiş fark bitki indeksi (NDVI) çalışma kapsamında kullanılan diğer iki indistir. Su alanları için normalize edilmiş fark su indeksleri (NDWI1 ve NDWI2) kullanılmıştır. Yanmış alanlar kısa dalga kızılötesi bantlarda yüksek yansıtım gösterdiği için her iki kırsaldalga kızılötesi

bantın ortalamasını gösteren indistende sınıflandırma işleminde faydalanılmıştır. Ayrıca görünür bölge bantlarının ortalamaya değerleri ile, tüm bantların ortalaması alınarak hesaplanan parlaklık değeri de sınıflandırma işlemi için kullanılan indislerdendir.

Tablo 5.2 Çalışma kapsamında faydalanılan indisler.

Band indisi	Formül
Çıplak toprak indeksi (BSI)	$((b11+b04)-(b08+b02)) / (b11+b04+ b08+b02))$
Kısaldağa mavi bant farkı	$b11 - b02$
Kırmızı mavi bant fark indeksi	$(b04-b02)/(b04+b02)$
Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi 1 (NBR1)	$(b08 - b12)/(b08 + b12)$
Normalize Edilmiş Yanmış Alan İndeksi 2 (NBR2)	$(b08 - b11)/(b08 + b11)$
Normalize Edilmiş Fark Su indeksi 1 (NDWI 1)	$(b8a - b11)/(b8a + b11)$
Normalize Edilmiş Fark Su indeksi 1 (NDWI 2)	$(b03 - b08)/(b3 + b08)$
Fark Bitki indeksi (DVI)	$B08 - b04$
Normalize Edilmiş Fark Bitki indeksi (NDVI)	$(B08 - b04)/ (B08 - b04)$
Görünür Bölge Ortalama değer	$(B02 + b03 + b04)/ 3$
Parlaklık	Tüm bantlar / 10

Çalışma kapsamında sınıflandırmaya giren değişken sayılarına göre 3 farklı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Herbir sınıflandırma işleminde kullanılan değişken sayıları ve açıklamaları Tablo 5.3’de gösterilmiştir. Farklı değişkenlere göre sınıflandırma yapmadaki amaç değişken sayılarının sınıf doğruluklarını nasıl etkilediğini araştırmaktır.

Tablo 5.3 Tez çalışması kapsamında uygulanan sınıflandırma işleminde kullanılan değişkenler

Sınıflandırma No	Değişken Sayısı	Açıklama
1. Sınıflandırma (Spektral Bantlara göre)	10	Sentinel 2A tüm bantları
2. Sınıflandırma (Bant İndislerine Göre)	11	Tablo-5’de verilen indisler
3. Sınıflandırma (Spektral Bant + Bant indislerine Göre)	21	Sentinel 2A bantları + Tablo-5’de verilen indisler

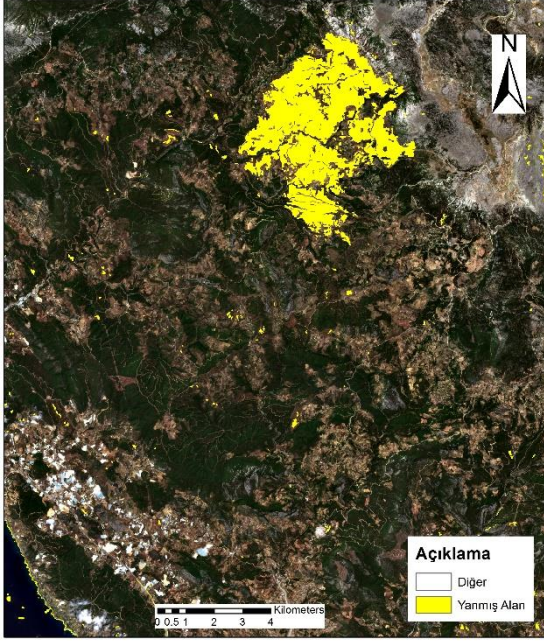
Rastgele orman algoritması ile sınıflandırma işlemini gerçekleştirmek için öncelikle belirlenmesi gereken parametre değerleri vardır. Bu parametre değerleri sınıflandırma işleminde oluşturulacak rastgele ağaç sayısı ve oluşturulacak her bir ağaçta sınıflandırma için kullanılacak değişken sayısıdır. Çalışma kapsamında bu parametrelerin tespit edilmesi için farklı sayıda ağaç ve değişken sayısı veri setine uygulanmıştır. Yapılan deneme ve görsel analiz ile veri seti için uygun ağaç sayısı ve kullanılacak değişken sayısı tespit edilmiştir. Tablo 5.4’de bu tez çalışması kapsamında veri setine uygulanan ağaç sayısı ve değişken sayıları verilmiştir.

Tablo 5.4 Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde kullanılan rastgele orman algoritması ağaç ve değişken sayıları

Sınıflandırma Adı	Ağaç Sayısı	Değişken sayısı
Spektral Bantlara Göre Sınıflandırma	150	3
Bant İndislerine Göre Sınıflandırma	200	4
Spektral Bant ve Bant İndislerine Göre Sınıflandırma	200	5

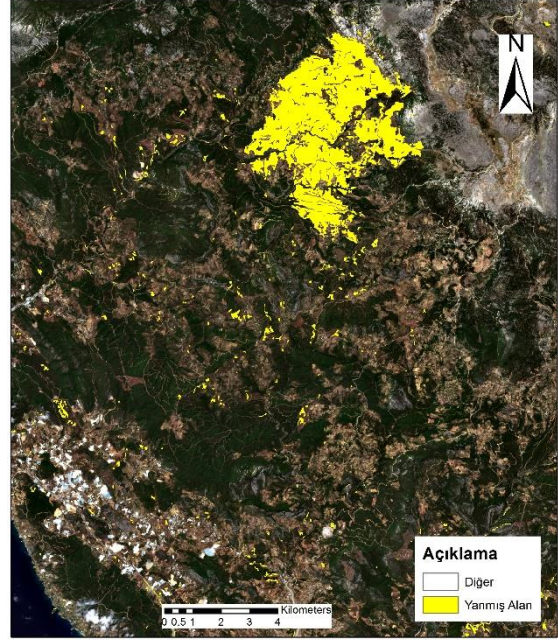
Rastgele orman algoritması ile yapılan üç farklı değişken seti kullanılarak üretilen nesne tabanlı sınıflandırma sonuç haritaları Görsel 5.8, 5.9, 5.10’da verilmiştir.

**RO Algoritması ile Obje Tabanlı
Bantlara Göre Sonuç Haritası**



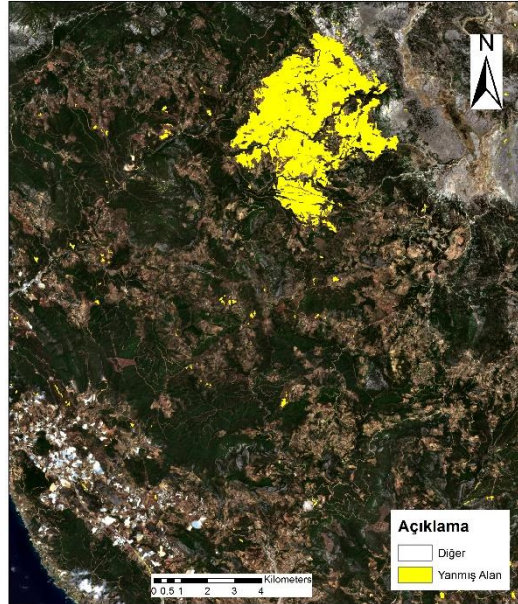
Görsel 5.8 - RO Algoritması ile Nesne tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası

**RO Algoritması ile Obje Tabanlı
İndislere Göre Sonuç Haritası**



Görsel 5.9 - RO Algoritması ile Nesne tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası

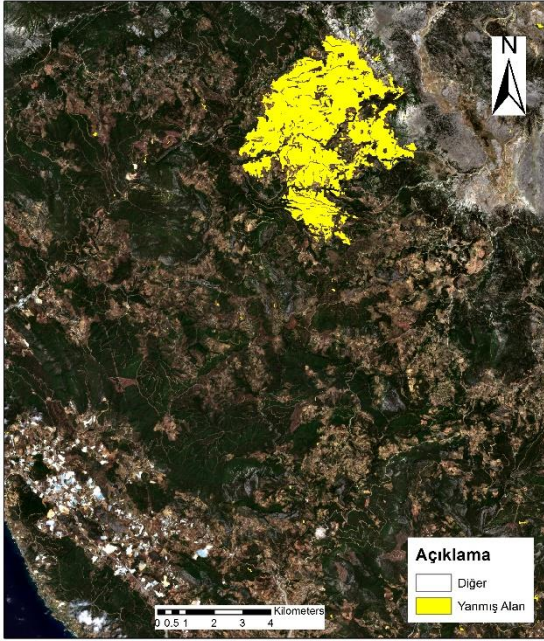
**RO Algoritması ile Obje Tabanlı
Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası**



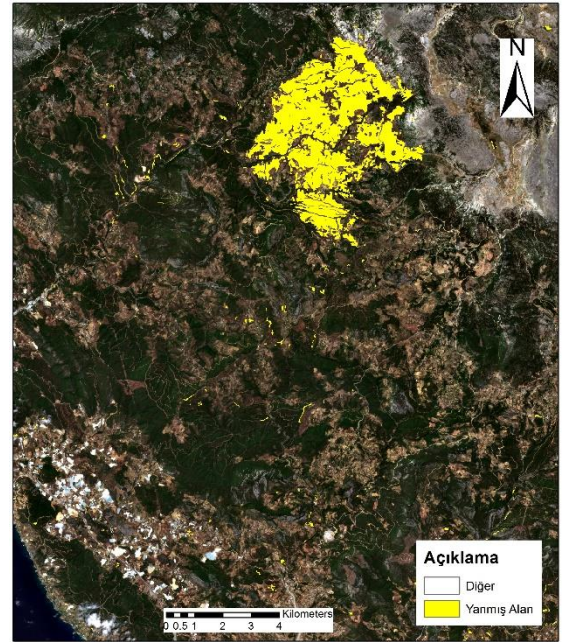
Görsel 5.10 - RO Algoritması ile Nesne tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası

Çalışma kapsamında nesne tabanlı sınıflandırma işlemi için ikinci olarak en yakın komşuluk algoritması ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde rastgele orman algoritmasında olduğu gibi sadece spektral bantlar kullanılarak, sadece bant indisleri kullanılarak ve bu iki değişken grubunun birleşimine uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulama sonucu en yakın komşuluk yöntemi ile elde edilen sonuç haritalar Görsel 5.11, 5.12, 5.13’de gösterilmiştir.

En Yakın Komşu Algoritması ile Obje Tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası



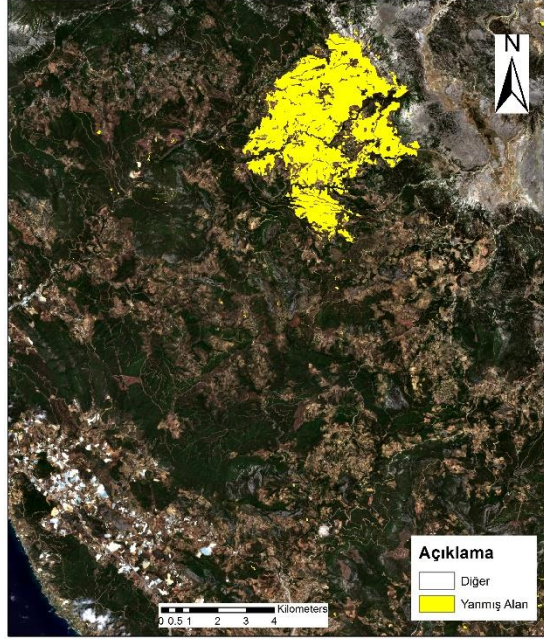
En Yakın Komşu Algoritması ile Obje Tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası



Görsel 5.11 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Nesne tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası

Görsel 5.12 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Nesne tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası

**En Yakın Komşu Algoritması ile Obje Tabanlı
Bant ve İndekslere Göre Sonuç Haritası**



Görsel 5.13 - *En Yakın Komşuluk
Algoritması ile Nesne tabanlı Bant ve İndislere
Göre Sonuç Haritası*

5.3.4 Piksel tabanlı sınıflandırma

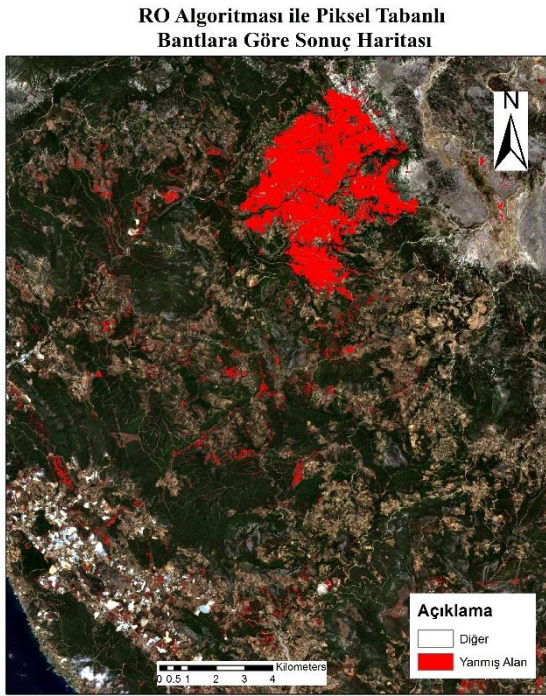
Nesne tabanlı sınıflandırma işleminden sonra piksel tabanlı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde uygulanan görüntü segmentasyonu aşaması haricinde diğer işlem adımları piksel tabanlı sınıflandırma işleminde de uygulanmıştır. Sınıflandırma işleminde nesne tabanlı sınıflandırma işleminde olduğu gibi, bantlara, bant indislerine ve spektral bantlara + bant indislerine göre olmak üzere 3 farklı veri seti kullanılmıştır.

Rastgele orman algoritması ile yapılan piksel tabanlı sınıflandırma işlemi kapsamında öncelikle rastgele oluşturulacak orman sayısı, alt veri setlerinde kullanılacak değişken sayısının belirlenmesi yapılmıştır. Yapılan deneme ve görsel analiz sonucundan uygun değerler tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında piksel tabanlı sınıflandırma için uygulanan orman sayısı ve değişken sayıları her bir sınıflandırma için Tablo 5.8'de verilmiştir.

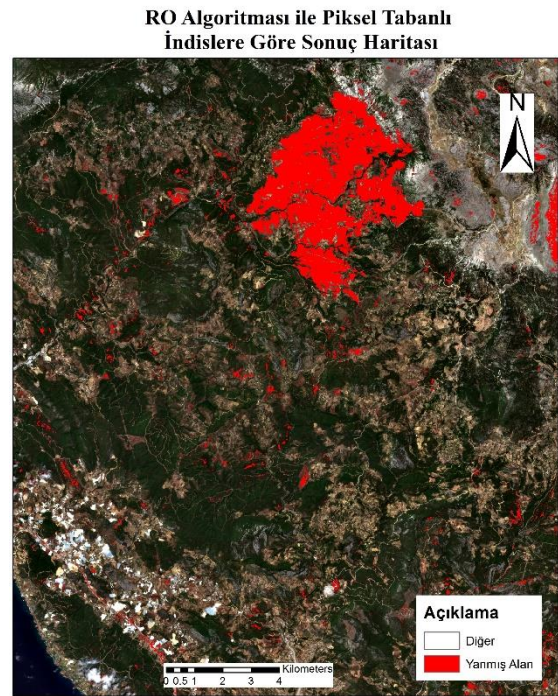
Tablo 5.5 *Piksel tabanlı sınıflandırma işleminde kullanılan rastgele orman algoritması ağaç ve değişken sayıları*

Sınıflandırma Adı	Ağaç Sayısı	Değişken sayısı
Spektral Bantlara Göre Sınıflandırma	200	4
Band İndislerine Göre Sınıflandırma	200	4
Spektral Bant ve Band İndislerine Göre Sınıflandırma	200	5

Piksel tabanlı sınıflandırma işlemi ile üretilen haritalar Görsel 5.14, 5.15, 5.16'de gösterilmiştir.

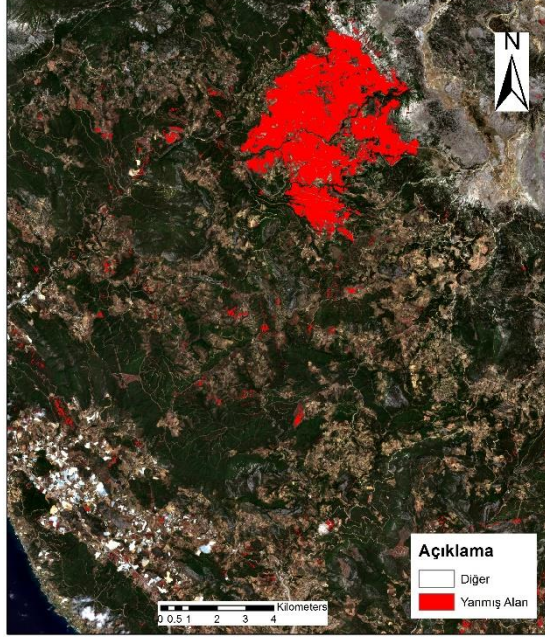


Görsel 5.14 - *RO Algoritması ile Piksel Tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası*



Görsel 5.15 - *RO Algoritması ile Piksel Tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası*

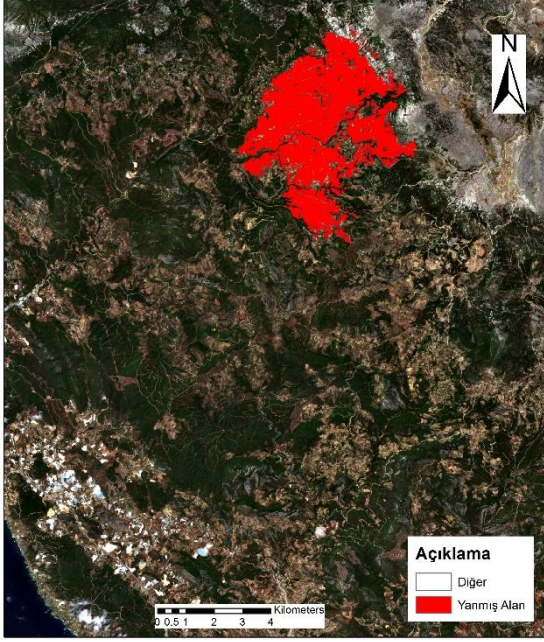
**RO Algoritması ile Piksel Tabanlı
Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası**



Görsel 5.16 - RO Algoritması ile Piksel Tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası

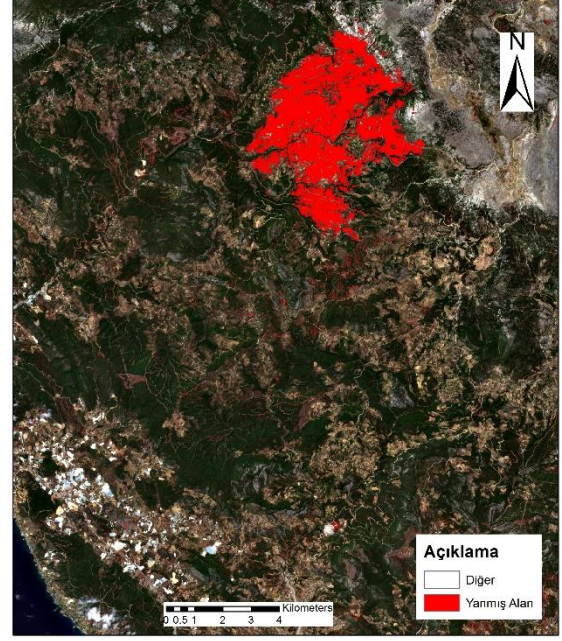
Piksel tabanlı sınıflandırma yaklaşımı ile ikinci olarak en yakın komşuluk sınıflandırma algoritması uygulanmıştır. Bu algoritmada ile diğer uygulamalarda olduğu gibi 3 farklı sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuç haritalar Görsel-5.17, 5.18, 5.19 'da verilmiştir.

En Yakın Komşu Algoritması ile Piksel Tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası



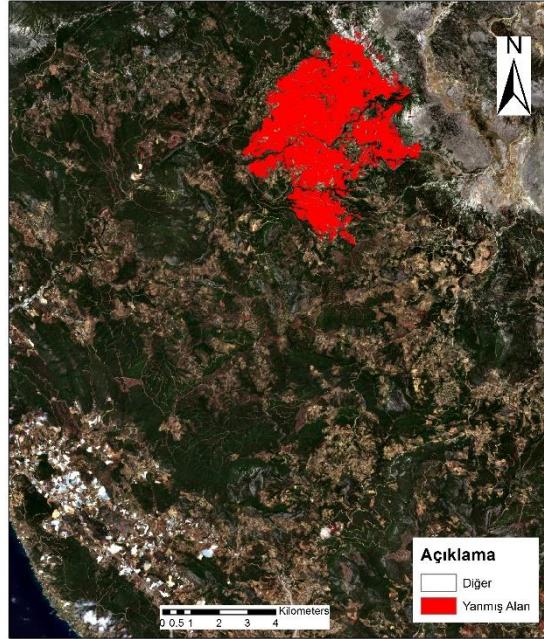
Görsel 5.17 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Piksel Tabanlı Bantlara Göre Sonuç Haritası

En Yakın Komşu Algoritması ile Piksel Tabanlı İndekslere Göre Sonuç Haritası



Görsel 5.18 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Piksel Tabanlı İndislere Göre Sonuç Haritası

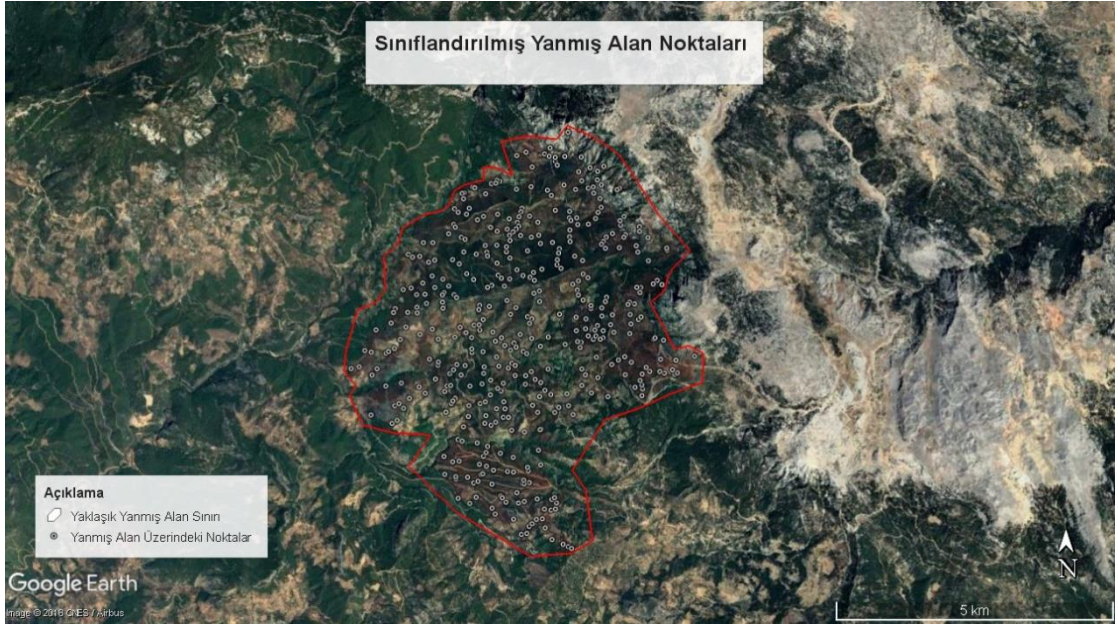
En Yakın Komşu Algoritması ile Piksel Tabanlı Bant ve İndekslere Göre Sonuç Haritası



Görsel 5.19 - En Yakın Komşuluk Algoritması ile Piksel Tabanlı Bant ve İndislere Göre Sonuç Haritası

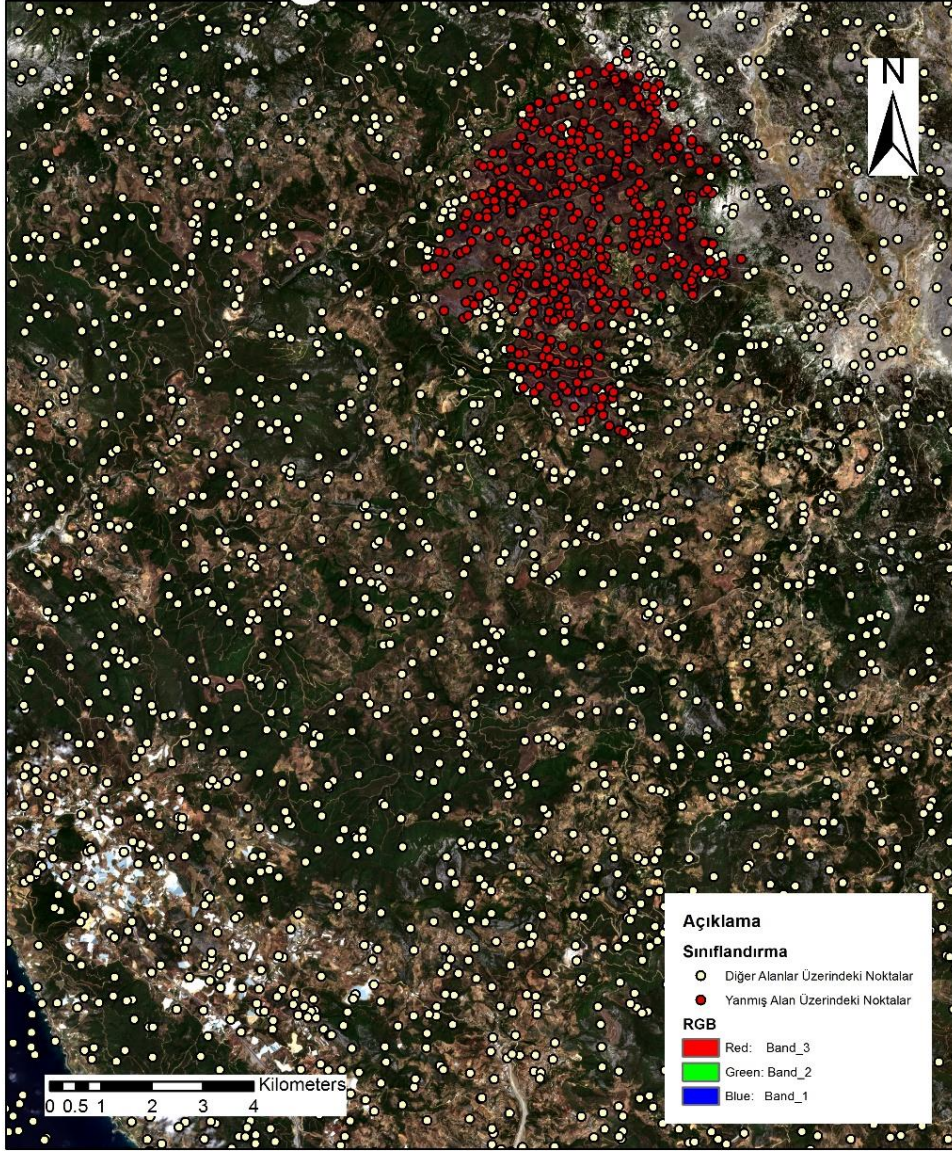
5.4. Doğruluk Analizi

Elde edilen değişim analizi ve sınıflandırma yöntemlerinin doğrulukları araştırmak için çalışma sahası içerisinde ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılarak rastgele 2400 adet kontrol noktası üretilmiştir. Bu noktaların gerçek arazi sınıfı değerleri daha yüksek çözünürlüklü görüntü sunan Google Earth aracılığı ile belirlenmiştir. Google Earth üzerinden yapılan işaretleme sonucunda, kontrol noktalarından 450 tanesinin yanmış alan içinde, kalan 1950 noktanın ise diğer sınıf içinde yer aldığı tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen haritaların doğruluklarının belirlenmesi için, noktaların tez kapsamında üretilen haritalardaki sınıf değerleri otomatik olarak bir dosya içine yazdırılmıştır. Noktaların sınıflandırma sonucu elde edilen değerleri ile Google Earth üzerinden belirlenen gerçek sınıf değerleri kullanılarak üretilen her bir değişim analizi ve sınıflandırma haritaları için genel doğruluk, kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu ve kappa değeri üretilmiştir. Çalışma kapsamında üretilen kontrol noktalarının dağılımı Görsel-5.20, 5.21 'de gösterilmiştir.



Görsel 5.20 - Sınıflandırılmış Yanmış Alan Noktaları

Doğruluk Analizi Sınıflandırması



Görsel 5.21 - Doğruluk Analizi Sınıflandırılmış Kontrol Noktaları

6. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada orta çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak yanmış orman alanlarının değişim saptama, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma ile haritalanması yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan uygulamalar sonucunda elde edilen bulgular aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.

6.1. Değişim Saptamaya Bağlı Bulgu ve Tartışmalar

Bu çalışmada öncelikle değişim saptama yöntemi ile yanmış alanların haritalanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için çalışmada kullanılan Sentinel-2A uydusunun olay öncesi ve olay sonrası görüntü bantlarından üretilen bant indisleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında NDVI, NBR, NBR-RAW ve DVI bant indislerinin farklarına bağlı değişim saptama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda rastgele atılan 2400 adet kontrol noktasına bağlı olarak elde edilen doğruluk analizi tablosu aşağıdaki gibidir.

Tablo 6.1 Değişim Analizi Doğruluk Sonuçları

Yöntem	İndeks	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Genel Doğruluk	Kappa
Piksel Tabanlı Çalışma Sonuçları	dNDVI	81,11%	94,56%	95,58%	0,847
	dNBR	76,67%	73,72%	90,50%	0,693
	dNBR-RAW	78,22%	80,73%	92,42%	0,748
	dDVI	87,33%	91,18%	96,04%	0,868
Nesne Tabanlı Çalışma Sonuçları	dNDVI	88,00%	94,51%	96,79%	0,892
	dNBR	79,11%	72,65%	90,50%	0,699
	dNBR-RAW	81,78%	81,78%	93,17%	0,776
	dDVI	92,00%	93,67%	97,33%	0,912

Tablo 6.1'e göre, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımları karşılaştırıldığında, nesne tabanlı değişim saptama sonuçlarının piksel tabanlı sonuçlara göre yanmış alanların tüm band indislerinde yaklaşık %3 ile %7 oranında daha yüksek

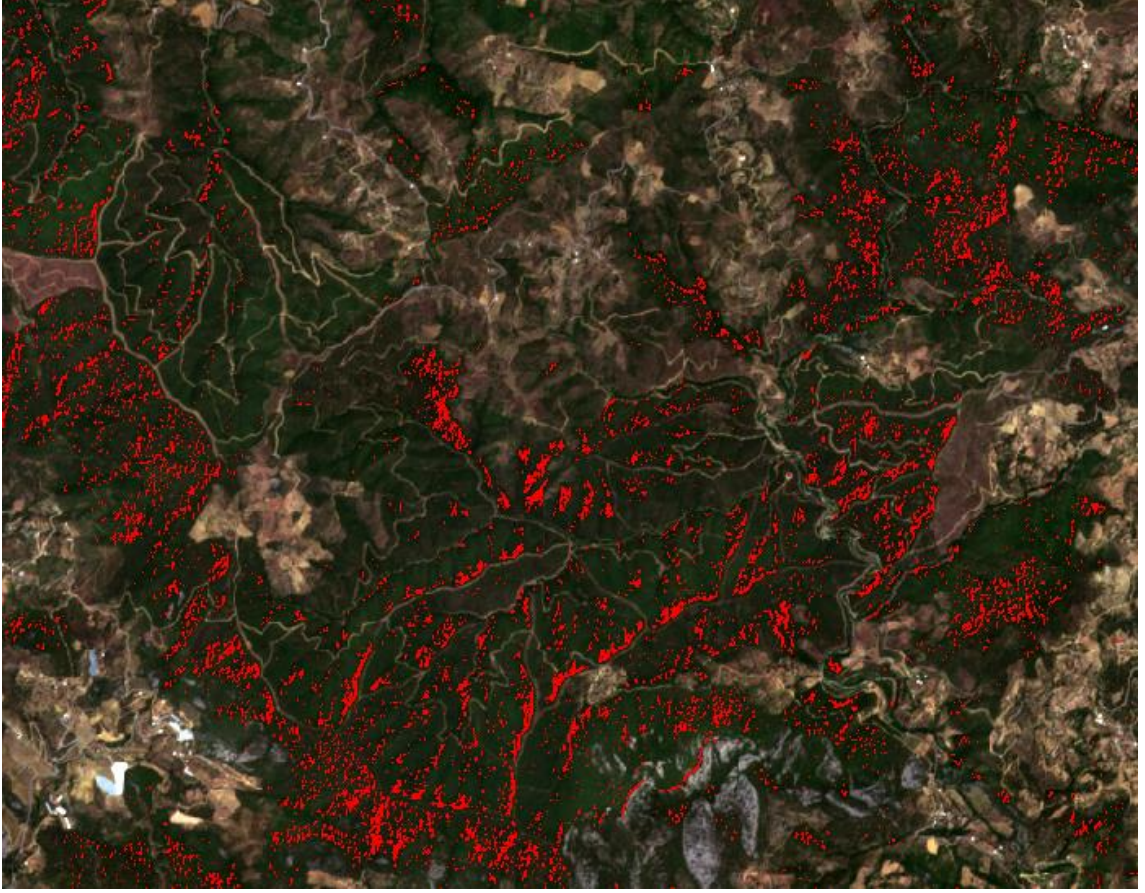
doğrulukta elde edildikleri görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre en düşük doğruluk % 76.67 ile dNBR farkına göre piksel tabanlı değişim saptamada yöntemi ile elde edilmiştir. En yüksek doğruluk değeri ise %92 doğruluk oranı ile nesne tabanlı değişim saptamaya göre dDVI farkına bağlı değişim saptama ile elde edilmiştir. dDVI farkı hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı değişim saptama işleminde en yüksek doğruluk değerini sunan bant indisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tüm indeksler için oluşturulan haritalar incelendiğinde en kaba hatalar; deniz, bulutlar ve şehir içerisindeki parlak sera çadırları olduğu görülmüştür (Görsel-6.1).



Görsel 6.1 - Doğruluğu Etkileyen Kaba Hatalar

Yine tüm indekslerden üretilen haritalar incelendiğinde piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi ile üretilen haritaların tamamında tuz-biber etkisinden kaynaklı hatalar olduğu görülmüştür. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile yapılan segmentasyon sonucu homojen görüntü nesneleri oluşturulmuştur. Buna bağlı olarak da yapılan değişim saptama işleminde tuz-biber etkisinin azaldığı görülmüştür (Görsel 6.2).

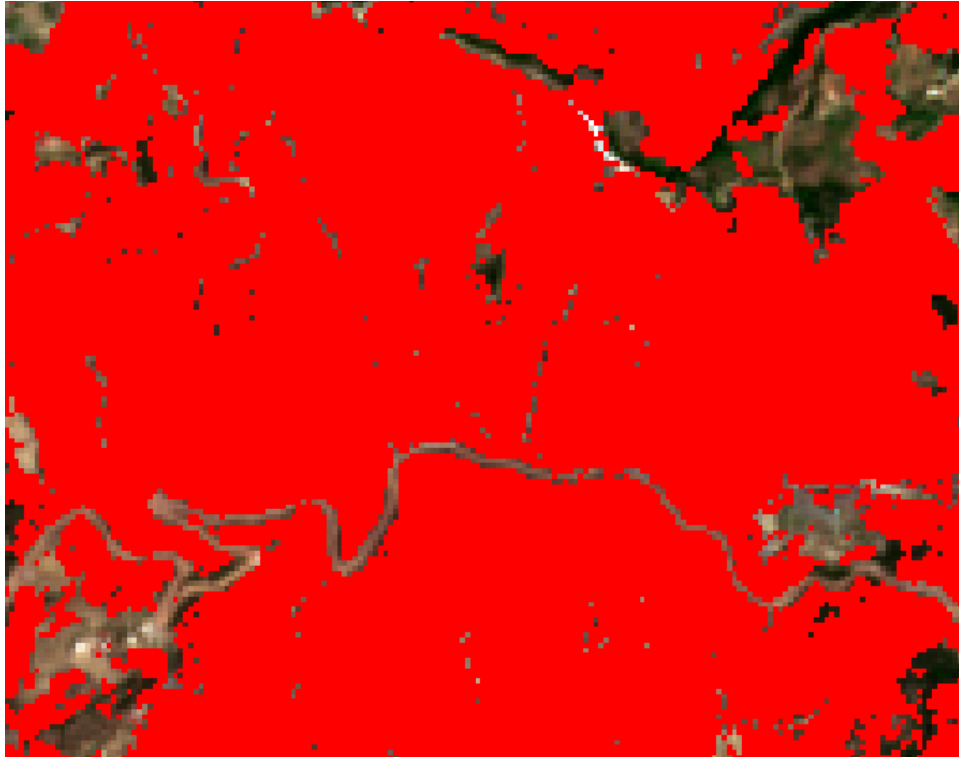


Görsel 6.2 - Tuz-Biber Etkisi

Diğer bir yandan nesne tabanlı sınıflandırma yönteminde segmentasyon aşamasında seçilen optimum ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri belirli boyuttan küçük yanmamış alanları içine alırken bazı yanmış küçük alanları objenin dışında bırakabilmektedir. Piksel tabanlı sınıflandırma yönteminde ise yanmış küçük alanları doğru tespit ederken, yangında tamamı yanmış büyük bir alanlar içerisinde belirli küçük parçaları yanmamış olarak tespit edebilmektedir. Bu yanlış sınıflandırma örneklerini, yanmış dar orman yolları ve tamamı yanmış orman alanlarında gözlemlemek mümkündür (Görsel-6.3,6.4).



Görsel 6.4 - Küçük Alanların Nesne Tabanlı Sınıflandırılması



Görsel 6.3 - Küçük Alanların Piksel Tabanlı Sınıflandırılması

6.2. Pksel ve Nesne Tabanlı Sınıflandırmalar Bağlı Bulgu ve Tartışmalar

Bu çalışmada, Pksel ve Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin her biri için en yakın komşuluk ve rastgele orman algoritmaları ile uygulama yapılmıştır. Her iki işlemde de tüm bantlar, tüm indisler ve tüm bantlar ve indisler kullanılarak üç ayrı sınıflandırma yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen altı adet en yakın komşuluk ve altı adet rastgele orman algoritması ile yapılan sınıflandırma doğruluk sonuçları Tablo 6.2, 6.3 'deki gibidir.

Tablo 6.2 En Yakın Komşuluk Algoritması ile Sınıflandırma Sonuçları

Yöntem	En Yakın Komşuluk Algoritması				Kappa
	İndeks	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Genel Doğruluk	
Pksel Tabanlı Çalışma Sonuçları	Bantlar	76,00%	97,71%	95,17%	0,82
	İndisler	68,22%	97,15%	93,67%	0,765
	Bantlar ve İndisler	74,67%	98,53%	95,04%	0,821
Nesne Tabanlı Çalışma Sonuçları	Bantlar	72,00%	98,78%	94,58%	0,802
	İndisler	66,89%	97,41%	93,46%	0,756
	Bantlar ve İndisler	71,78%	97,88%	94,42%	0,796

En yakın komşuluk yöntemine göre yapılan sınıflandırma işleminde farklı değişken kombinasyonlarında pksel tabanlı sınıflandırma sonuçları nesne tabanlı sınıflandırmaya göre daha yüksek doğruluk değerleri vermiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek sınıflandırma doğruluğu %76 doğruluk oranı ile bantlara göre pksel tabanlı sınıflandırma işleminden elde edilmiştir. En düşük doğruluk değeri ise %66,89 doğruluk oranı ile bant indislerine göre yapılan nesne tabanlı sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilmiştir. Bant indislerine göre yapılan sınıflandırma işlemi her iki yaklaşımda da en düşük doğruluk değerini verirken, sadece bantların spektral değerleri kullanılarak yapılan

sınıflandırma işlemi her iki yaklaşımda da en yüksek sonucu vermiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde bantlar ve indisler kullanılarak yapılan sınıflandırma işleminde çok yakın doğruluk değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6.3 Rastgele Orman Algoritması ile Sınıflandırma Sonuçları

		Rastgele Orman Algoritması			
Yöntem	İndeks	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu	Genel Doğruluk	Kappa
Piksel Tabanlı Çalışma Sonuçları	Bantlar	76,22%	92,45%	94,38%	0,802
	İndisler	73,11%	90,63%	93,54%	0,771
	Bantlar ve İndisler	74,00%	95,69%	94,50%	0,802
Nesne Tabanlı Çalışma Sonuçları	Bantlar	74,00%	95,14%	94,42%	0,800
	İndisler	74,22%	96,53%	94,67%	0,808
	Bantlar ve İndisler	75,11%	97,97%	95,04%	0,821

Tablo 6.3'te gösterilen rastgele orman algoritmasına göre yapılan sınıflandırma sonuçları incelendiğinde hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı sınıflandırma işlemlerinde çok yakın doğruluk değerleri elde edilmiştir. Piksel tabanlı sınıflandırma işleminde en yüksek doğruluk değeri %76,22'lik oranla sadece bant değerlerine göre yapılan sınıflandırma işleminde elde edilirken en düşük doğruluk %73,11 ile bant indislerine göre yapılan sınıflandırma işleminde elde edilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde en yüksek doğruluk değeri %75,11 oranla bant indisleri ve bantlara göre yapılan sınıflandırma işleminde elde edilmiştir. En düşük sınıflandırma doğruluğu ise %74,00 ile bantlara göre yapılan sınıflandırma işleminde elde edilmiştir.

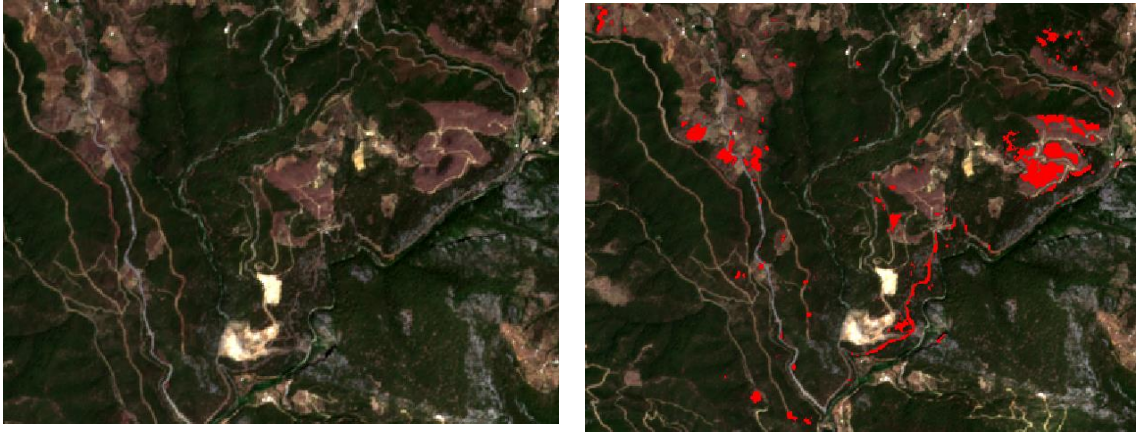
Tablo 6.2 ve Tablo 6.3'e göre en yakın komşuluk ve rastgele orman algoritmaları karşılaştırıldığında, nesne tabanlı sınıflandırma işleminde rastgele orman algoritması, en

yakın komşuluk algoritmasına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Piksel tabanlı sınıflandırma işleminde sadece bantlar ve bant indislerine göre yapılan sınıflandırma işleminde en yakın komşuluk algoritması yüksek doğruluk değeri verirken, diğer değişkenlere göre yapılan sınıflandırma işleminde rastgele orman algoritması yüksek doğruluk değeri vermiştir.

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde rastgele orman algoritmasının hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı sınıflandırma işleminde sınıflandırma doğruluğunu artırdığı görülmektedir. Rastgele orman algoritmasında sınıflandırma işleminde karar vermek surecinde, çok sayıda karar ağacı üretildiği ve bu ormanlardan en iyi sınıf ayırt ediciliğine sahip değişkenler seçilip sınıflandırma işlemi yapıldığı için en yakın komşuluk yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir.

Genel olarak değişim analizinde olduğu gibi piksel tabanlı sınıflandırmalarda tuz-biber etkisi görülmektedir. Fakat değişim analizinde olay öncesi ve sonrası görüntüde gölge, bulut vs. değişen etkenler hata verirken bu uygulamada değişimden kaynaklı hatalar meydana gelmemektedir.

Hem en yakın komşuluk ve rastgele orman algoritmaları ile yapılan sınıflandırmalarda tam yanmamış alanlar ve yanmış toprakların sınıflandırmada yanmış alan sınıfına girmediğini görülmüştür (Görsel-6.5).



Görsel 6. 5 - RO ve NN Sınıflandırma Hataları

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Uzaktan Algılama(UA) biliminin orman yangınlarının tespiti, analizi ve haritalanmasındaki önemine vurgu yapılmıştır. Bu sayede arazi üzerinde yapılan maliyetli, riskli ve zaman alan çalışmaların yerine gelişen teknoloji ile belirli hassasiyet ve doğrulukta sonuçların çok daha ekonomik, hızlı ve risksiz şekilde yapılabilirliği irdelenmiştir. Ülkemizde ekseriyetle tercih edilen uygu görüntülerinin yanı sıra bitki ve orman izlemeleri için 13 bantlı görüntü üretmekte olan Sentinel 2A uydusunun kullanılabilirliği irdelenmiştir. Çalışma içerisinde farklı yöntem, algoritma, bant ve indislerin kullanılarak bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

Farklı algoritmalar ile farklı bant ve indisler kullanılarak yapılan üç farklı sınıflandırma yönteminde 20 adet harita üretilmiş ve bu haritaların karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar üzerinden yapılan incelemede en doğru sonuçlar değişim analizinde alınmıştır. Değişim analinde, Fark Bitki indeksi (DVI) ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırma işleminde %92,00 doğruluk ile en iyi sonucu vermiştir. Fakat her zaman olay öncesine ait görüntü elde edilemeyebilir veya elde edilen görüntü bulutluluk, mevsimsel değişim vs. sebeplerden kullanılmaya elverişli olmayabilmektedir. Bu sebepten dolayı değişim analizinin doğruluk oranı daha yüksek olsa dahi değişim analizinin yansırı hem piksel tabanlı hem de nesne tabanlı yaklaşımlar, gerekli şartlara göre kullanılması oldukça önem arz etmektedir.

Değişim analizinde olay öncesi ve sonrası görüntü arasında görüntülerin üretildiği saatten kaynaklı gölge farkları, bulutluluk oranı farkı, deniz seviyesindeki değişim, mevsimsel değişimler vs. bazı farklardan kaynaklı hatalar söz konusu olabilir. En doğru sonucu elde etme odaklı çalışmalarda, hataya neden olarak bu farkların işlem adımlarında dikkate alınması gerekmektedir. Sınıflandırma yaklaşımlarında ise tek tarihli görüntülerle sınıflandırma işlemi gerçekleştirilebilmekte ve değişim saptama da yaşanan problemlerin önüne geçilebilmektedir.

Tüm sınıflandırma yöntemlerinde nesne tabanlı çalışmaların veri işleme aşaması daha kısa sürdüğü görülmüştür. Bunun en büyük nedeni piksel tabanlı sınıflandırma çalışma alanında yaklaşık 4.000.000 pikselin sınıflandırılması gerçekleştirilirken, nesne tabanlı sınıflandırmada 62.500 adet görüntü nesnesinin sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminde segmentasyon işlemi sonucunda veri boyutu küçültülmekte ve buna bağlı olarak veri işleme hızı artmaktadır.

Bu süre görüntü boyutunun ve çözünürlüğünün artması ile daha da önem kazanacaktır. Bu nedenle sınıflandırma işlem sürecinin daha hızlı sonuçlanması için nesne tabanlı sınıflandırma önerilebilmektedir.

Doğruluk analizi için üretilen noktalar ne kadar fazla ve farklı sınıfları içine alacak şekilde olursa o kadar sağlıklı sonuçlar elde edilmektedir. Noktaların kullanıcı müdahalesi olmaksızın rastgele üretilmesi çalışmanın gerçek doğruluğunu tespit etmek için önem arz etmektedir. Üretilen noktaların arazi çalışması ile tespiti mümkün değil ise yangının olduğu döneme ait daha yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden tespit edilmesi önerilebilmektedir.

Çalışma kapsamında yanmış alanların haritalanmasında, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımlarının etkinliği araştırılmıştır. Bu etkinliği ortaya koyabilmek için her iki yaklaşımda da aynı sınıflandırma algoritması aynı girdi değişkenler ve aynı eğitim verileri kullanılarak sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen doğruluk değerleri yaklaşık %68 ile %77 arasında değişmektedir. Özellikle nesne tabanlı sınıflandırmada dokusal, şekilsel özellikler sınıflandırma işlemine dahil edilerek sınıflandırma doğrulukları artırılabilir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre eğitim verisi daha fazla toplanıp bu doğruluk değerleri artırılabilir.

Çalışma kapsamında piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma işlemlerinde doğruluk değeri olarak çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Ancak kullanılan sınıflandırma yöntemleri karşılaştırıldığında rastgele orman algoritması ile en yakın komşuluk yöntemine göre daha yüksek doğrulukta sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

KAYNAKÇA

- [1] Yavuz, M., & Sağlam, B. (2012) Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanılması.
- [2] Örmeci, C. (1987). Uzaktan algılama:(temel esaslar ve algılama sistemleri). İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [3] Karadağ, K., & Taşalın, R. (2016). Biber Bitkisinden Alınan Spektral Yansımaların Yapay Sinir Ağları Kullanarak Hastalık Tespiti. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3(5), 50-59
- [4] Kavak, K. Ş. (1998). Uzaktan algılamanın temel kavramları ve jeolojideki uygulama alanları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, (52).
- [5] Altuntaş C., Çorumluoğlu, Ö. (2002) Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve RSImage Yazılımı / Konya
- [6] Navulur, K. (2006). Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm. CRC press.
- [7] Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 65(1), 2-16.
- [8] Sabuncu A., Uça Avcı Z.D., Sunar F. (2016), Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verisi ile Nesne Tabanlı Sınıflandırma Uygulamasında Mevsimsel Koşulların Etkisi
- [9] Darwish, A., Leukert, K., & Reinhardt, W. (2003, July). Image segmentation for the purpose of object-based classification. In Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International (Vol. 3, pp. 2039-2041). Ieee.
- [10] Sabuncu, A., & Sunar, F. (2017). Ortofotolar ile nesne tabanlı görüntü sınıflandırma uygulaması: Van-Erciş Depremi örneği.
- [11] Esemem, K. (2011). Uydu Görüntüleri İle Orman Yangını Analizi (Doctoral dissertation, Bilişim Enstitüsü).
- [12] Zheng, H., Du, P., Chen, J., Xia, J., Li, E., Xu, Z., ... & Yokoya, N. (2017). Performance Evaluation of Downscaling Sentinel-2 Imagery for Land Use and Land Cover Classification by Spectral-Spatial Features. Remote Sensing, 9(12), 1274.
- [13] Uça Avcı, Z.D., Ok, A.Ö., Berberoğlu, S. (2017). Çok Zamanlı Görüntü Analizi. F.Sunar, Digital Görüntü İşleme (pp. 213-237). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi

- [14] Uça Avcı, Z.D., Ok, A.Ö., Berberoğlu, S. (2017). Sınıflandırma – Temel Teknikler. A.Ö. Ok, Digital Görüntü İşleme (pp. 213-237). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi
- [15] Singh, A., (1989). Review Article: Digital Change Detection Techniques Using Remotely-sensed Data. *International Journal of Remote Sensing*,10(6), 989-1003.
- [16] F.Sunar, S. Özkan, B.Osmanoğlu, (2011)Uzaktan Algılama, F.Sunar, Cisimlerin Spektral Yansıması (pp. 2-21). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi
- [17] Esemem, K. (2011). Uydu Görüntüleri İle Orman Yangını Analizi (Doctoral dissertation, Bilişim Enstitüsü).
- [18] Çelik, Y. B. (2015). Mısır Ve Pamuk Ekili Alanların Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Ve Nesne tabanlı Sınıflandırma Yöntemi İle Tespiti (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [19] Çömert, R., Matcı, D. K., Emir, H., & Avdan, U. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi.
- [20] Kalkan, K., & Maktav, D. (2010). Nesne Tabanlı ve Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (IKONOS Örneği).
- [21] Tonbul, H. (2015). Uydu Görüntü Verileri Kullanılarak Orman Yangın Şiddeti Ve Yangın Sonrası Durumun Zamansal Olarak İncelenmesi: Akdeniz Bölgesi Örneği (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [22] Ekercin, S. (2007). Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu İle Tuz Gölü Ve Yakın Çevresinin Zamana Bağlı Değişim Analizi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [23] Özkan, C. (1998). Uzaktan algılama verileriyle orman yangını analizi (Doctoral dissertation).
- [24] Çölkesen, İ. (2009). Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi. GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.
- [25] Akar, Ö., Güngör, O., & Akar, A. (2010) Rastgele Orman Sınıflandırıcısı ile Arazi Kullanım Alanlarının Belirlenmesi , UZAL-CBS Sempozyumu, Gebze
- [http-1] <http://www.alanya.gov.tr/alanyanın-cografi-yapisi> (22.04.2018)
- [http-2] <https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/TurkiyeOrmanVarligi.aspx> (09.04.2018)
- [http-3] <https://www.fs.fed.us/eng/rsac/baer/barc.html> (03.05.2018)

- [http-4] Dr. S. C. Liew Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing National University of Singapore <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/rsmain.htm> (10.04.2018)
- [http-5] http://geog.hkbu.edu.hk/virtuallabs/RS/env_backgr_refl.htm (08.04.2018)
- [http-6] www.ucalgary.ca/UofC/faculties/SS/GEOG/Virtual/remoteintr.html (08.04.2018)
- [http-7] <http://www.cnr.berkeley.edu/~gong/textbook/chapter1/html/home1.htm> (08.04.2018)
- [http-8] [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/opt/mch/sct.rxml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/opt/mch/sct.rxml) (08.04.2018)
- [http-9] <http://geomatik.beun.edu.tr/marangoz/ders-dokumanlari-2/> (08.04.2018)
- [http-10] <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (08.04.2018)
- [http-11] <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> (08.04.2018)
- [http-12] <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/processing-levels> (02.05.2018)
- [http-13] https://www.sentinel-hub.com/develop/documentation/eo_products/Sentinel2EOproducts (28.03.2018)
- [http-14] http://harita.aksaray.edu.tr/se/tr/dokumanlar/UA_Giris/UA_HAFTA_4_Cisimler_in_Spektal_yansitmasi.pdf
- [http-15] (RUS,Burned Area Mapping with SENTINEL-2 using SNAP JUNE 2017, PORTUGAL) https://rus-copernicus.eu/portal/wp-content/uploads/library/education/training/HAZA02_BurnedArea_Portugal_Tutorial.pdf