

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ANALİZİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çiğdem İNAN

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Çiğdem İNAN
(705061004)**

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedef KENT PINAR

HAZİRAN 2018

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 705061004 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Çiğdem İNAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ANALİZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sedef KENT PINAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mesut KARTAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Osman Nuri UÇAN
Altınbaş Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2018**
Savunma Tarihi : **07 Haziran 2018**



ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında her türlü desteğini yanımda hissettiğim, bilgisi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi olan danışmanım, Prof. Dr. Sedef KENT PINAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, çalışma süresince desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen canım anneme, canım babama, değerli aileme, çok kıymetli arkadaşım sevgili Murat SÜER'e, canım abim sevgili Oğan GÜNEŞ'e ve canım abim sevgili Özcan ERDEMLİ'ye sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

Mayıs 2018

Çiğdem İNAN





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
2. UZAKTAN ALGILAMADA TEMEL KAVRAMLAR	5
2.1. Uzaktan Algılamanın Bileşenleri	6
2.2. Elektromanyetik Enerji	7
2.2.1. Elektromanyetik ışınım	7
2.2.2. Elektromanyetik dalgalar	7
2.2.3. Elektromanyetik spektrum	8
2.3. Atmosfer ile Enerji Etkileşimi.....	11
2.3.1. Saçılma.....	11
2.3.2. Yutulma.....	12
2.4. Yeryüzü ile Enerji Etkileşimi	13
2.5. Yeryüzü Objelerinin Spektral Yansıtımları.....	14
2.5.1. Bitki örtüsünün spektral yansıtımı	15
2.5.2. Toprağın spektral yansıtımı	16
2.5.3. Suyun spektral yansıtımı.....	17
3. UZAKTAN ALGILAMA UYDULARI.....	19
3.1. Uyduların Genel Özellikleri	19
3.1.1. Mekânsal çözünürlük	20
3.1.2. Spektral çözünürlük	21
3.1.3. Radyometrik çözünürlük.....	23
3.1.4. Zamansal çözünürlük	24
3.2. Uzaktan Algılamada Kullanılan Bazı Uydular.....	25
3.2.1. LANDSAT 1-7.....	25
3.2.2. LANDSAT 8.....	27
3.2.3. SPOT 6-7 uyduları	28
3.2.4. Terra – (ASTER ve MODIS).....	29
3.2.5. EO-1(ALI-Hyperion)	31
3.2.6. QuickBird 2.....	31
3.2.7. IKONOS.....	32
4. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	35
4.1. Dijital Görüntü	35
4.2. Dijital Görüntü İşleme Yöntemleri	36
4.2.1. Ön işleme	36
4.2.1.1. Radyometrik düzeltme	36
4.2.1.2. Geometrik düzeltmeler.....	38
4.2.2. Görüntü zenginleştirme işlemleri.....	40
4.2.2.1. Kontrast artırımı	40
4.2.2.2. Filtreleme	41
4.2.3. Sınıflandırma.....	43

4.2.3.1. Kontrollü sınıflandırma	43
4.2.3.2. Kontrolsüz sınıflandırma	45
4.2.4. Doğruluk analizi	46
5. ORMAN YANGINLARI VE UZAKTAN ALGILAMA	47
5.1. Orman Yangınları	47
5.2. Yangın Karakteristiği ve Uzaktan Algılama	48
5.2.1. Yanan alanın spektral özellikleri	49
5.3. Yangın Tespiti ve Sonrasında Kullanılan İndisler	50
5.3.1. Normalize edilmiş yanma şiddeti (NBR)	50
5.3.2. Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)	50
5.3.3. BAI (Burn Area Index) analizi [Yanmış Alan İndeksi]	51
6. ÇALIŞMA ALANI ve UYGULAMA	53
6.1. Coğrafi Özellikleri	53
6.2. Uygulama	55
6.2.1. Görüntülerin ön işlenmesi	55
6.2.2. Yanan alan tespiti	56
6.2.3. Farklı yöntemler ile yanan alan hesaplamaları	56
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	67

KISALTMALAR

ALI	: Advanced Land Imager
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
DN	: Digital number
EMS	: Elektromanyetik spektrum
ETM	: Enhanced Thematic Mapper
ha	: Hektar
KOH	: Karesel Ortalama Hata
Landsat	: Land Satellite
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MS	: Multispektral görüntü
NBR	: Normalized Burn Ratio
NDVI	: Normalid Burn Ratio
NIR	: Near Infrared
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
PAN	: Pankromatik görüntü
SWIR	: Short Wave Infrared
TM	: Thematic Mapper
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transverse Mercator
YKN	: Yer Kontrol Noktası
WGS	: World Geodetic System

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : LANDSAT 1-7 uydularının teknik özellikleri	26
Çizelge 3.2 : LANDSAT 8 uydusunun teknik özellikleri.....	28
Çizelge 3.3 : SPOT 6-7 uydularının teknik özellikleri.	29
Çizelge 3.4 : Terra-ASTER algılayıcısının teknik özellikleri	30
Çizelge 3.5 : Terra-MODIS algılayıcısının teknik özellikleri	30
Çizelge 3.6 : EO-1 (ALI-Hyperion) uydusunun teknik özellikleri.....	31
Çizelge 3.7 : QuickBird 2 uydusunun teknik özellikleri	32
Çizelge 3.8 : IKONOS uydusunun teknik özellikleri	33
Çizelge 4.1 : Kalibre edilmiş radar geri yansıtım değerleri ve olası nedenleri.....	37
Çizelge 6.1 : Landsat 8 Uydu görüntüsü tarihleri.....	55
Çizelge 6.2 : Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Yanan Alan Değerleri	60



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Aktif ve pasif uzaktan algılama.....	6
Şekil 2.2 : İdeal uzaktan algılama bileşenleri	7
Şekil 2.3 : Elektromanyetik dalganın yayılımı.	8
Şekil 2.4 : Elektromanyetik spektrum yayılımı.	8
Şekil 2.5 : Görünür spektrumdaki renkler ve dalga boyları.....	10
Şekil 2.6 : Atmosferik pencere	13
Şekil 2.7 : Yeryüzündeki başlıca cisimlerin spektral yansıtım eğrileri	15
Şekil 2.8 : Bitkinin spektral yansıtımı	16
Şekil 2.9 : Toprak yansıtımını etkileyen faktörler; (a) Nem, (b) Organik madde, (c) Parçacık boyutu	17
Şekil 2.10 : Su kütlelerindeki yansıtım çeşitleri	18
Şekil 3.1 : Dijital görüntü	21
Şekil 3.2 : Farklı mekansal çözünürlükteki görüntüler	21
Şekil 3.3 : Siyah&beyaz ve renkli film karşılaştırması	22
Şekil 3.4 : Farklı optik uydu görüntü örnekleri (08/2001, Belgrad Landsat 7)	23
Şekil 3.5 : Farklı radyometrik çözünürlükteki görüntüler	24
Şekil 3.6 : Kutupsal uydu yörüngesi (Radarsat-1)	25
Şekil 4.1 : Dijital görüntünün piksel ve matris olarak gösterimi	35
Şekil 4.2 : Geometrik Kayıt İşlemi	39
Şekil 4.3 : Yeniden örnekleme yöntemleri a) En yakın komşuluk yöntemi b) Bilineer enterpolasyon yöntemi c) Kübik enterpolasyon yöntemi	40
Şekil 4.4 : Kontrast arttırımı a) İşlenmemiş görüntü b) İşlenmiş görüntü c) Görüntü histogramları	41
Şekil 4.5 : Filtreleme işleminin şematik gösterimi	42
Şekil 4.6 : Kontrollü sınıflandırma işlem adımları	44
Şekil 4.7 : Uludağ, Bursa (a) Landsat TM görüntüsü, (b) Sınıflandırılmış Landsat TM görüntüsü	44
Şekil 4.8 : Kontrolsüz sınıflandırmanın akış şeması	45
Şekil 5.1 : Yangın üçgeni	47
Şekil 5.2 : Yangın risk haritası	48
Şekil 6.1 : Antalya İli, Kumluca İlçesi Adrasan Mevkii Yangın Alanı.....	54
Şekil 6.2 : Landsat 8 Uydusu (a)Yangın öncesi orjinal görüntü, (b)Yangın öncesi RGB görüntüsü	57
Şekil 6.3 : Landsat 8 Uydusu (a)Yangın sonrası orjinal görüntü, (b)Yangın sonrası pansharp görüntüsü	57
Şekil 6.4 : Landsat 8 Uydusu (a)Yangın sonrası RGB görüntüsü, (b)Yangın sonrası RGB görüntüsü	58
Şekil 6.5 : Yangın öncesi ve sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış NBR Analizi.....	58
Şekil 6.6 : Yangın sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış NIR Band Filtrelemesi.....	59
Şekil 6.7 : Yangın sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış BAI hesabı ...	59
Şekil 6.8 : Yangın sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış NDVI analizi filtrelemesi	60



UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ANALİZİ

ÖZET

Doğal dengenin tesisinde kritik öneme haiz nitelikteki ormanların, çevresel ve ekolojik faydaları itibarıyla ciddi biçimde korunması gerekmektedir. Orman yangınları etkileri ve ortaya çıkardığı sonuçları bakımından tüm dünyada en vahim doğal afetlerin başını çekmektedir. Dünya genelinde orman yangınlarından bahsedildiğinde, öncelikli olarak Akdeniz ülkeleri, Avustralya, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri hatıra gelmektedir. Söz konusu ülkeler yangınlarla mücadele açısından başarılı sayılabilir. Bu başarıda, yangın tehlikesinin gerçekçi tahmini, doğru bir şekilde oluşturulmuş planlama sistemleri ve tehlikenin olduğu yerlere acil müdahale imkânlarının da rolü büyüktür. Türkiye’de, orman yangınlarının oluşumunda en elverişli şartlara haiz olan Akdeniz ikliminin etkisinde yer almaktadır. Büyük ölçüde kuru-yarı nemli, yarı nemli ve yarı kurak iklim şartlarının hakim olan Türkiye için, orman yangını bütün bölgedeki orman alanları için yüksek risk ve ciddi tehlike barındırmaktadır.

Bütün Dünya’da ve benzer şekilde ülkemizde de ormanlara yapılan tahribatın başını orman yangınları çekmektedir. İstatistiki bilgiler irdelendiğinde ülkemizde orman yangınlarının değişik yapıya sahip olduğu ancak ilerleyen senelerde nüfus sayısındaki artışa bağlı olarak yangınlar da da fark edilir bir artışın yaşandığı göze çarpmaktadır. Bu durum; doğal döngünün bozulmasına, erozyona, çölleşmeye, heyelana ve kütle kaybına sebep olmaktadır. Bununla birlikte, yangınlar sebebiyle zarar gören ormanlar ile bitki örtüsünün yenilenmesi de arazi yönetimi bakımından önemlidir.

Orman yangınlarının meydana gelişi ve davranışlarının kestirilmesi yangınla baş etme yöntemleri bakımından oldukça önem arz etmektedir. Özellikle orman yangınlarına yönelik en elverişli koşullara haiz olan Akdeniz bölgesinde, söz konusu doğal tehdite karşı hazırlıklı bulunulmalı ve alınacak gerekli önlemler yangın sonrası hasar tespitini belirleme işlemleri ve yangın yönetimi sistematik bir şekilde uygulanmalıdır. Bu bağlamda, uydu görüntülerini kullanmak, geniş bölgelerde yangından etkilenen sahaları ve yanma şiddetini saptamayı büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır.

Yurdumuzda Temmuz ile Ağustos aylarında, özellikle Akdeniz Bölgesi’nde aşırı yüksek derecelere ulaşan sıcaklık değerleri, düşük nem ile biraraya geldiğinde ormanlık alanlara yönelik tehlike oluşturmaktadır. Afetle mücadele, uzaktan algılama pratikleri arasında önemli bir konuma sahiptir ve günümüzde sıklıkla yaşanan doğal afetlerden biri olan orman yangınları, uydu görüntüleri vasıtasıyla esaslı biçimde kıymetlendirilebilmektedir.

Bu çalışmada, yurdumuzda Akdeniz Bölgesi’nde yaşanan orman yangınlarından biri olan Antalya Kumluca yangını incelenmiştir. Yangın öncesi ve sonrası uydu görüntüleri kullanılarak yanan alan tespiti yapılmıştır. Bu anlamda, ülkemizde ortaya konan çalışmaların arzu edilen yerde olmadığı gözlenmiştir. Bu çalışmanın hedefi, yurdumuzda ilerleyen dönemlerde vuku bulabilecek orman yangınlarında, yanan alan tespitinin uydu görüntüleri vasıtasıyla süratli bir şekilde tespit etmek ve gerçekleştirilecek olan orman rehabilitasyon uygulamalarına katkıda bulunmaktır.

Bu amaç doğrultusunda, 24.06 2016 – 29.06.2016 tarihleri arasında Antalya ili, Kumluca ilçesinde etkili olan orman yangını, uzaktan algılama analiz teknikleri ve Landsat 8 OLI / TIRS uydu görüntüleri ile kıymetlendirilmiştir. Antalya-Kumluca

orman yangınına ait yangın öncesi ve yangın sonrası Landsat 8 OLI / TIRS görüntüleri kullanılarak, yanan alan belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında söz konusu yangında, OGM verilerine göre 540 ha ormanlık alanın yok olduğu tespit edilmiştir. Ancak yapılan analizler sonucu, yanan alan (NDVI) değeri 1372 ha , yanan alan (BAI) değeri 1403 ha ve yanan alan (NIR) değeri 1588 ha olarak hesaplanmıştır. Buna göre, en doğru ve kapsamlı sonucun NIR bandının maskesinin filtrelenmesinden elde edildiği görülmüştür.



FOREST FIRE ANALYSIS USING SATELLITE IMAGES

SUMMARY

The ecosystem consisting of the interaction between microorganisms which are living beings, animals, plants including trees, and physical environmental factors like light, air, soil and temperature is called a forest. The infinite number of substances and events that bring the forest to existence are in a two-way relationship and interaction with each other. For this reason, the forest is an ecosystem that manifests itself through the population of many plants and animals.

The forests which are playing a critical role in the establishment of natural equilibrium have to be devoutly protected due to their environmental and ecologic benefits. Forest fires are the leading cause of destruction to the forests worldwide as well as in our country. When referring to forest fires all over the world, primarily Mediterranean countries, Australia, Canada and the United States come to mind. These countries can be considered successful in the fight against fires. This success is due to the realistic prediction of the danger of fire, the right planning systems and the opportunities for immediate intervention in places where there is danger. Turkey is situated under the influence of the Mediterranean climate which provides the most favorable conditions for the occurrence of forest fires. In Turkey, which is mainly dominated by dry and semi-humid, semi-humid and semi-arid climatic conditions, forest fires constitute a great risk and a serious danger for all forest areas in the region.

In areas where forest fires have occurred, fires are classified as areas to obtain extensive information on the damage caused by fires. The main purpose of the classification is to demonstrate the effectiveness of the activities carried out in combat with fires and to contribute to the measures to be taken against this fight.

To achieve success in combating forest fires, it is not enough to use resources economically and effectively by the timely and on-the-spot recruitment of the necessary measures. In addition, advanced technologies must be used in every phase of the firefighting process. For this reason, due to the possibilities they offer, Remote Sensing methods have been used for the mapping of fire areas, fire management, determination of the severity of the combustion and the burnt area for a long period of time.

Fire characteristics and plant canopy can be determined in connection with the temperature differences between the fire surface and the fire surface using the fire algorithms used in Remote Sensing methods.

The severity of combustion is defined as the determination of the ecosystem specific effect of the physical, chemical and biological structure that undergoes a change in the fire. In this context, spectral changes occurring in the infrared bands of the vegetation are taken into consideration in the determination of burning intensity and burned area, and some analyzes are made by the determined indices. Combustion intensity can be calculated by grading difference images generated by taking advantage of satellite image indices before and after fire.

In the post-fire period, many activities are carried out by taking advantage of the satellite image indexes for examining forest foliation. In this context, the responsible institutions in our country are carrying out activities for the re-foresting of areas where forest fire is happening, and forests have been damaged by fire.

On the other hand, in the literature review, it has been determined that various studies have been carried out to determine the forest fire characteristics (burning area and intensity of burning) and to determine the rehabilitation of the area in question.

For example, the intensity of burning in forest fires in southern Spain has been determined by processing LANDSAT TM / ETM satellite imagery. In the satellite images obtained before and after the fire, the middle (M) and near (N) infrared (IR) bands were analyzed and the locations of the burned and unburned pixels could be determined. The middle (M) and near (N) bands were found to be the most appropriate bands to determine the fire character.

Currently, when the fire effects of large-scale fires in various parts of the world are examined, the dimensions of damage inflicted on vegetation can be categorized by using the method of Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) which is widely used in determining the forest burning intensity map.

As a result of the analysis based on the fire which took place in the Extremadura region of Spain in 2009 and had an impact on 3000 hectares (ha) forest area, 15 satellite images obtained through LANDSAT TM for forest foliation during the 27 months after the fire were examined. The normalized difference for each image was examined by calculating the NDVI for the aforementioned forest foliage survey.

Like all over the world, forest fires cause serious loss also in our country. For this reason, one of the main tasks of forest fire fighting organizations is to reduce forest fires to the minimum. Prediction of fire development and fire behavior characteristics (burning substance consumption, burning intensity and spreading rate) is critical in terms of firefighting activities.

The inadequacy of forest monitoring stations in our country and the spatial size of the forests make it difficult to systematically detect forest fires. Remote Sensing methods stand out as a vital data source for the operational activities to be carried out in large scale with the possibilities that they have brought.

In terms of the effects of forest fires and their consequences, the worst natural disasters in the world are leading. When statistics are analyzed, forest fires in our country have different structures, but in the following years, there is a noticeable increase in fires due to the increase in the number of the population. This situation; natural decay, erosion, desertification, landslides and mass loss. However, renewal of forests and vegetation damaged by fires is also important for land management.

Estimation of forest fires and their behavior is very important in terms of fire fighting methods. In this context, using satellite imagery greatly facilitates the detection of fire-affected areas and intensity of burning in large areas.

Temperatures reaching extremely high levels in July and August, particularly in the Mediterranean region, pose a threat to forest areas when they reach low humidity. Disaster struggle has an important position among remote sensing practices and forest fires, one of the most frequent natural disasters today, can be critically evaluated through satellite imagery.

In this study, we investigated the Antalya Kumluca fires, one of the forest fires in the Mediterranean region in our country. Pre-and post-fire satellite images were used to determine the burning area. In this sense, it is observed that the work put forward in our country is not in the desired place. The aim of this work is to detect rapidly the

burning area in forest fires that may occur in the future and to contribute to forest rehabilitation applications to be realized through satellite images.

For this purpose, forest fire, remote sensing analysis techniques and Landsat 8 OLI / TIRS satellite images which were effective in Kumluca district of Antalya province between 24.06.2016 - 29.06.2016 were evaluated. Using the Landsat 8 OLI / TIRS images before and after the fire of Antalya-Kumluca forest fire, the burning area was determined.

Within the scope of the study, it has been determined that there is no forest area of 540 ha according to GGM data. However, the results of the analyzes were calculated as 1372 hectares for burning area (NDVI), 1403 ha for burning area (BAI) and 1588 ha for burning area (NIR). Accordingly, it has been shown that the most accurate and comprehensive result is obtained by filtering the mask of the NIR band.





1. GİRİŞ

Orman; canlı varlıklar olan mikroorganizmalar, hayvanlar, ağaçların içerisinde yer aldığı bitkiler ile ışık, su, hava, toprak ve sıcaklık gibi fiziki çevresel faktörlerin birlikte karşılıklı meydana getirdikleri ilişkiler dokusuna verilen ekosistemin adıdır. Ormanı meydana getiren sonsuz sayıdaki madde ve hadiseler birbirleriyle çift yönlü münasebet ve etkileşim içerisinde. Bu nedenle orman, birçok bitki ve hayvan nüfusundan meydana gelen bir ekosistemdir [1].

Dünya genelinde orman yangınlarından bahsedildiğinde, öncelikli olarak Akdeniz ülkeleri, Avustralya, Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri hatıra gelmektedir. Söz konusu ülkeler yangınlarla mücadele açısından başarılı sayılabilir. Bu başarıda, yangın tehlikesinin gerçekçi tahmini, doğru bir şekilde oluşturulmuş planlama sistemleri ve tehlikenin olduğu yerlere acil müdahale imkânlarının da rolü büyüktür [1]. Türkiye’de, orman yangınlarının oluşumunda en elverişli şartlara haiz olan Akdeniz ikliminin etkisinde yer almaktadır. Büyük ölçüde kuru-yarı nemli, yarı nemli ve yarı kurak iklim şartlarının hakim olan Türkiye için, orman yangını bütün bölgedeki orman alanları için yüksek risk ve ciddi tehlike barındırmaktadır [2].

Orman yangınlarının meydana geldiği bölgelerde, yangınların neden olduğu zararlara ilişkin geniş çaplı bilgi edinmek amacıyla yangınlar alan olarak sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırmada esas gaye, yangınlarla mücadelede uygulanan çalışmaların sektöre ugrayan yönleri ile etkinliğini ortaya koymak ve bu mücadeleye yönelik alınabilecek tedbirlere katkı sağlamaktır [3].

Orman yangınlarıyla mücadelede başarıya ulaşmak için ihtiyaç duyulan tedbirlerin zamanında ve yerinde alınması ile kaynakların ekonomik ve etkili bir biçimde kullanılması tek başına yeterli değildir. Bunun yanısıra ileri teknolojilerin de yangınla mücadele sürecinin her evresinde kullanılması gerekmektedir [4]. Bu sebeple, Uzaktan Algılama metodlarının sunduğu imkanlar nedeniyle yangın alanlarının haritalanması, yangın yönetimi, [5] yanma şiddetinin tespit edilmesi ve yanmış alan hususlarına yönelik uzunca bir süredir fiilen istifade edilmektedir [6].

Uzaktan Algılama yöntemlerinde kullanılan yangın algoritmalarından istifade ile yangın sonrasında yüzeyde oluşan ısı farklılıkları ile bağlantılı olarak yangın karakteristiği ve bitki kanopisi tespit edilebilmektedir [7].

Yanma şiddeti, yangın neticesinde değişime uğrayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapının ekosistem özelindeki etkisinin saptanması olarak tanımlanır. Bu bağlamda; yanma şiddeti ve yanmış alan belirlenmesi faaliyetlerinde, vejetasyonun kızılötesi bantlarında oluşan spektral değişimler dikkate alınmakta ve belirlenen indisler sayesinde birtakım çözümlene yapılmaktadır. Yanma şiddeti yangından önceki ve sonraki uydu görüntüleri indislerinden istifade ile oluşturulan fark görüntülerinin derecelendirilmesi suretiyle hesaplanabilmektedir [8].

Yangından sonraki süreçte orman yeşermesine ilişkin tetkiklere yönelik uydu görüntüsü indislerinden istifade ile birçok faaliyet gerçekleştirilmektedir [8]. Bu kapsamda, ülkemizde de sorumlu kurumlar tarafından yangın sonrası orman yangının yaşandığı ve ormanların zarara uğradığı bölgelerde fidan ekimi yapmak suretiyle ormanın tekrardan yeşermesine yönelik faaliyetler yürütmektedirler.

Bununla birlikte, literatür taramasında, gerek orman yangın karakteristiğini (yanan alan ve yanma şiddeti) tespiti gerekse söz konusu alanın rehabilitasyonunu belirlemeye yönelik çeşitli çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir.

Örneğin, İspanya'nın güneyinde yaşanan orman yangınlarındaki yanma şiddeti, LANDSAT TM/ETM uydu görüntülerinin işlenmesi suretiyle tespit edilmiştir. Yangın öncesi ve yangın sonrası elde edilen uydu görüntülerinde orta (M) ve yakın (N) kızılötesi (IR) bantları çözümlenerek yanmış-yanmamış piksellerin yerleri saptanabilmiştir. Orta (M) ve yakın (N) bantlar yangın karakteristiğini belirlemede en uygun bantlar olduğu tespit edilmiştir.[9].

Halihazırda, Dünya'nın değişik yerlerinde yaşanan çok sayıda büyük ölçekli yangınlardan elde edilen yangın etkileri irdelendiğinde, orman yanma şiddeti haritası belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) metodu yardımıyla vejetasyonda oluşan tahribatın boyutları kategorize edilerek sergilenebilmektedir [10].

2009 yılında İspanya'nın Extremadura bölgesinde yaşanan ve 3000 hektar (ha) ormanlık alanı etkisi altına alan yangın esas alınarak yapılan analizler neticesinde, yangın sonrası geçen 27 aylık zaman zarfında orman yeşermesine ilişkin LANDSAT TM aracılığıyla elde edilen 15 adet uydu görüntüsü incelenmiştir. Bahsedilen orman yeşermesi incelenmesine yönelik, her bir görüntüye ait normalize edilmiş fark bitki örtüsü indisi (NDVI) hesaplanarak müşahede edilmiştir [8].

Orman yangınları tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de ciddi kayıplara sebebiyet vermektedir. Bu nedenle, orman yangınlarıyla mücadele organizasyonlarının esas görevlerinden biri de orman yangınlarının en aza indirilmesidir. Yangınla mücadele faaliyetlerinde orman yangınlarının meydana gelişi ve yangının davranış özelliklerini (yanıcı madde tüketimi, yanma şiddeti ve yayılma oranı) önceden kestirebilmek yangınla mücadele faaliyetleri açısından kritik önem taşımaktadır [11].

Ülkemizde orman gözlem istasyonlarının yetersizliği ve ormanların kapladığı alansal büyüklük orman yangınlarının sistematik olarak tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Uzaktan Algılama metotları, getirmiş olduğu imkanlar ile büyük çaplı gerçekleştirilecek operasyonel faaliyetlerde hayati bir veri kaynağı olarak öne çıkmaktadır [12].

Bu çalışmada temel amaç; Akdeniz bölgesinde meydana gelen ve ciddi orman yangınlarından biri olan 2016 yılı Antalya-Kumluca yangınının ele alınarak, yanan alan ve yanma şiddetinin uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmesidir.

Bu çalışmanın, müteakip dönemlerde ülkemizde meydana gelebilecek orman yangınlarında gerek yangın yönetimine gerekse ilk hasar tespitine yönelik faydalı bir kaynak olması hedeflenmiştir.

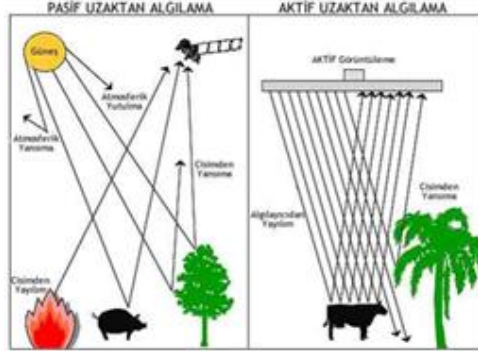


2. UZAKTAN ALGILAMADA TEMEL KAVRAMLAR

Uzaktan algılama, yeryüzü ve atmosfer ile ilgili bilgilerin, arada herhangi bir fiziki etkileşim olmaksızın, uydu ya da uçağa montelenmiş algılayıcı sistemler vasıtasıyla elde edilen bilimdir. Uzaktan Algılama teknolojisinden atmosferden ve yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerjinin kaydedilmesinde, algılanmasında, elde edilen sinyallerin işlenmesinde ve çözümlenmesinde istifade edilmektedir. Bu teknoloji vasıtasıyla yeryüzü ve atmosferde yer alan cisimlere yönelik direkt olarak veri elde edilemeyip, veri, ölçülen yansıtım değerlerine ilişkili olarak edinilmektedir [13]. Genel manada şu ifade edilebilir ki; uzaktan algılama algılayıcılar vasıtasıyla elde edilen verilerin çözümlenerek bilgiye evrilmesi işlemidir. Uzaktan algılamada bahsedilen veri, elektromanyetik enerjinin kendisidir. Uzaktan algılamada veriden bilgiye evrilen söz konusu sürecin iki safhadan meydana geldiği değerlendirilebilir. İlki veri toplanması, ikincisi ise verinin analiz edilmesidir [13].

Veriyi toplamak için, aktif ve pasif olmak üzere iki farklı tür algılayıcı bulunmaktadır (Şekil 2.1). Güneş enerjisinin yansıtımını algılayan ya da yeryüzünün doğal yayılım enerjisi algılayan yakın kızılötesi, mikrodalga, optik ve ısı algılayıcılar pasif sistemler olarak adlandırılır. Öte yandan kendilerinde var olan enerji kaynaklarını kullanan sistemlere aktif sistemler olarak ifade edilir. Bu sistemler, üretmiş oldukları elektromanyetik dalga sinyalleri hedefe gönderir ve hedeften yansıyan enerjiyi algılamaya çalışırlar [14].

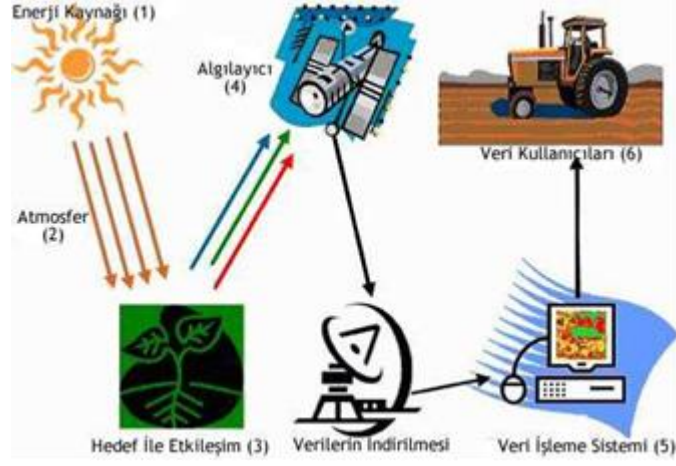
Veriyi analiz etme aşaması ise, elde edilen dijital görüntüyü işleme, yorumlama ile sonuçlarının kıymetlendirilmesi döngüsünden meydana gelmektedir. oluşmaktadır.



Şekil 2.1 : Aktif ve pasif uzaktan algılama [15]

2.1. Uzaktan Algılamanın Bileşenleri

1. **Enerji kaynağı:** Herhangi bir kaynak tarafından hedefe gönderilen elektromanyetik enerjinin hedef ile etkileşimini müteakip bahse konu enerjinin algılanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Optik uydular enerji kaynağı olarak güneşten istifade ederken, radar uyduları bünyesinde bulunan enerji kaynaklarından faydalanır ve ürettikleri elektromanyetik enerjiyi hedefe gönderirler.
2. **Işınım ve atmosfer:** Atmosfer, algılayıcıya ya da yeryüzüne salınan enerji ile etkileşime girerek, bir takım enerji değişimlerine sebebiyet vermektedir.
3. **Hedef ile enerji etkileşimi:** Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefle buluştuğunda gerek yansıtım ve ışınım, gerekse de hedef özellikleri ile bağlantılı, tercih edilen dalga boyundan arı olarak, değişmeyen ve hedefe özel değişik etkileşime girerler.
4. **Algılayıcı:** Algılayıcı, spektrumun farklı dalga boylarında, dalga boyunun bir fonksiyonu olan sadece parlaklık verisine duyarlıdır .
5. **Veri işleme sistemi:** Farklı cisimlerin farklı dalga boylarındaki yansıtımları bilinmektedir. Bu dalga boylarında algılanan veriler, yorumlanabilir bir format elde etmek için işlenmekte ve karşılık geldiği belirli arazi örtüsü elemanlarına özgü olacak şekilde tanımlanmaktadır [16].
6. **Veri kullanıcıları:** Algılanan veriler uzaktan algılama, veri elde edinimi ve analiz teknikleri konularında yeterli bilgi birikimine sahip kişiler tarafından farklı uygulama amaçlarına yönelik olarak kullanılmaktadır [16].



Şekil 2.2 : İdeal uzaktan algılama bileşenleri

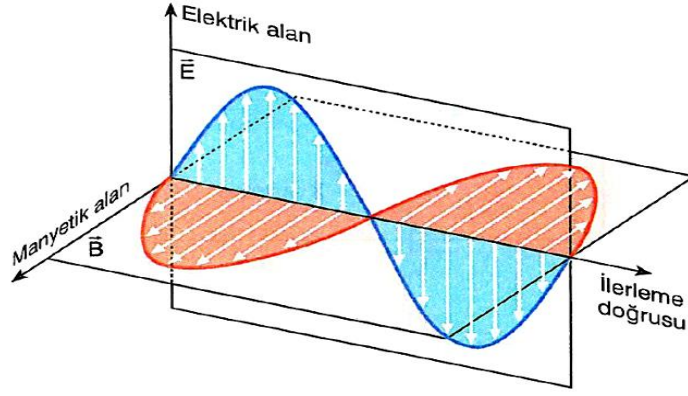
2.2. Elektromanyetik Enerji

2.2.1. Elektromanyetik ışınım

Algılayıcıya bilgi göndermek için elektromanyetik ışınım kullanılır. Farklı zamansal ve uzaysal özellikleriyle elektromanyetik ışınım, uzaktan algılamada, cisimler hakkında bilgi iletimi için kullanılmaktadır [13]. Zaman ve uzay, elektromanyetik ışınımın belirleyici karakteristik elemanlarından. Elektromanyetik ışınımın dalga benzeri yapısı sayesinde, mikrodalga veya kızılötesi gibi farklı biçimlerde bulunan ışınım ayırt edilebilmektedir [14]. Bu yapı, aynı zamanda atmosfer ve elektromanyetik enerji arasındaki etkileşimin de anlaşılmasını sağlamaktadır. Kuantum mekaniğine dayanılarak, elektromanyetik ışınımın, hem bir dalga, hem de bir parçacık akıntısı olduğu söylenebilmektedir [14].

2.2.2. Elektromanyetik dalgalar

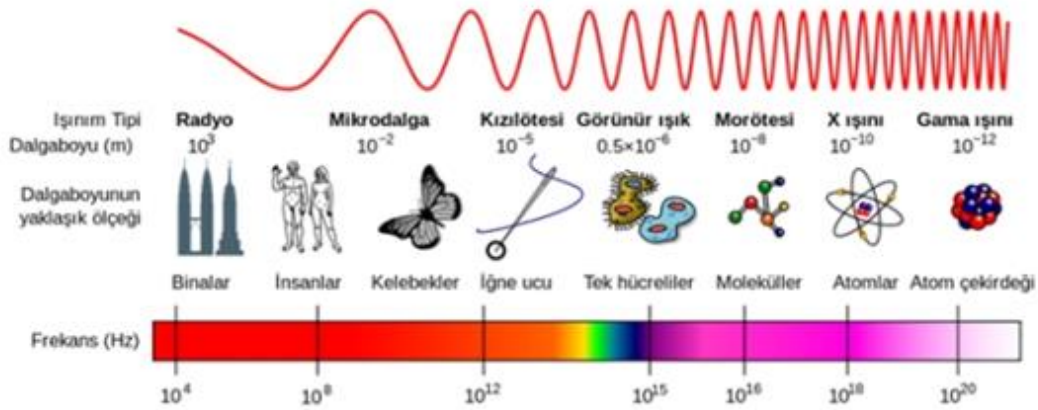
Elektromanyetik dalgalar, elektrik ve manyetik alan ile periyodik etkileşimli bir halde uzayda taşınan enerjilerdir. Bu dalgalar, uzayda, ışık hızında ve sinüzoidal dalgalar halinde yol almaktadır. Ayrıca, elektromanyetik dalgalar, frekans ve dalga boyu ile karakterize edilmektedir (Şekil 2.3). Dalga boyunu ölçmek için kullanılan en küçük birim mikrondur [17]. Dalgaların, frekansı ve dalga boyu kaynağa bağlıdır.



Şekil 2.3 : Elektromanyetik dalganın yayılımı

2.2.3. Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik radyasyon geniş bir dalga boyu ve enerji aralığında farklılık arz etmektedir. Radyant enerjilerin dağılımının sürekliliğini frekansın bir fonksiyonu ve ya dalga boyu şeklinde Elektromanyetik Spektrum (EMS) ismiyle adlandırılan bir tabloda sergilenabilmektedir (Şekil 2.4). EMS kısa dalga boylarına sahip ışınımlardan (x-ışınları ve gamma) başlayarak uzun dalga boylarına sahip ışınımlara (radyo dalgaları, mikrodalga) kapsamaktadır. EMS daki birtakım bölgelere ya da aralıklara belirleyici isimler ile adlandırılmaktadır [18].



Şekil 2.4 : Elektromanyetik spektrum yayılımı

1- Radyo Dalgaları

Radyo dalgaları 10cm'den 10km'ye kadar değişen dalga boyu değerlerine sahiptir. Bu dalga boyları uzaktan algılamada kullanılmasına rağmen, yeryüzüyle ilgili olayların algılanmasında kullanılmamaktadır. Uyduya gönderilen komutlar, radyo dalgaları ile iletilmektedir. Bu dalga boyları kullanılarak, yer uydu istasyonlarına görüntü verileri iletilir ve veriler, yüksek hızlı teyp kaydedicilere, uydu daha yer istasyonunun kapsama alanında iken kayıt edilir [13].

2- Mikrodalga

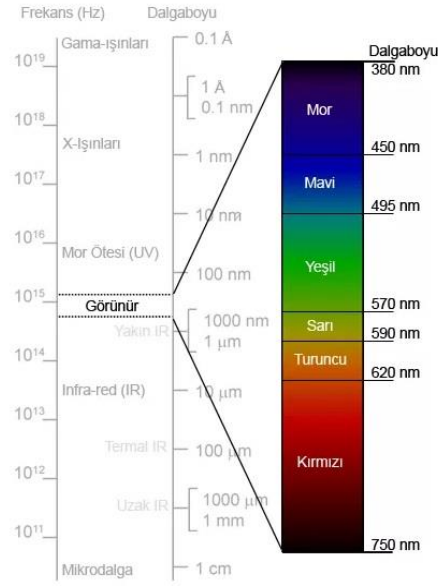
Dalga boyu 1 mm ile 300 cm arasında olan elektromanyetik ışımının oluşturduğu spektrum bölgesine mikrodalga bandı denir. Bu enerji seviyesi, yüksek çözünürlüklü görüntü üretimi için çok düşük kalmaktadır. Bu sebeple, çoğu mikrodalga algılayıcısı kendi ışın kaynaklarını hem üretebilmekte hem de algılayabilmektedir. Bu tür aktif mikrodalga görüntüleme sistemleri radar olarak bilinmektedir [13].

3- Kızılötesi Işın

Kızılötesi bant 0.7 μm 'den 1 mm'ye kadar çok da düzenli olmayan bir dağılım gösterir. Kısa dalga boyu veya yakın kızılötesi ışık, görünür ışık gibi davrandığından bazı özel fotografik filmler yardımı ile tespit edilebilmektedir. Dalga boyu 3.0 μm 'ye kadar olan kızılötesi ışımının esas kaynağı güneştir ve görünür ışık gibi yeryüzünden yansımaktadır. Yeryüzünden yayılan ve dalga boyu 3.0 μm 'den fazla olan kızılötesi ışıma, ısı formunda tespit edilmektedir. Bu dalga boyları ısı cinsinden algılandığından dolayı, ısı kızılötesi olarak isimlendirilmektedir. Söz konusu bölgenin dalga boyu cinsinden aralığı 3.0 μm –100 μm olarak ifade edilmektedir [13].

4- Görünür Işın

Görünür ışık, elektromanyetik spektrumdaki diğer dalga formlarındaki ışımaların aksine gözle algılanabildiğinden dolayı bu ismi almıştır [13]. Elektromanyetik spektrumun bu dar bandı, aynı zamanda güneşin ışıma eğrisinin maksimumuna yakın değerlere denk gelen 400 nm (mor) ve 700 nm (kırmızı) arasında yer almaktadır (Şekil 2.5) [17].



Şekil 2.5 : Görünür spektrumdaki renkler ve dalga boyları

5- Mor Ötesi Işınları

Mor ötesi ışınların dalga boyları 400nm'den 10nm'ye kadar değişen değerler alabilmektedir. Yeryüzü elemanlarının çoğu atmosfer tarafından yutulmaya maruz kalmaktadır. Güneş, çok kuvvetli bir mor ötesi ışık kaynağı olmasına rağmen, atmosferik yutulma sebebiyle birçok kısa dalga boyu kullanılmaktadır [19].

6- X Işınları

Yüksek enerjili elektronların metal bir hedefe çarpması anında yayılan, yüksek nüfuz gücüne sahip ışınlara X ışınları denir. Elektronların ani yavaşlaması halinde ortaya çıkan, yüksek frekanslı elektromanyetik ışınlardır. Bu tipteki ışınların dalga boyları 10nm'den başlayıp daha aşağıya doğru inmektedir [19].

7- Gamma Işınları

Radyoaktif işlemin bir parçası olarak çekirdekteki elektromanyetik ışınmayı ifade etmek için Gama ışın terimi kullanılmaktadır. Nükleer ışınma enerjisinin çok yüksek olmasının nedeni, iki temel güç olan, nükleer enerji ile elektromanyetik enerji arasındaki kuvvetli zıtlaşmadan kaynaklanmaktadır [19].

2.3. Atmosfer ile Enerji Etkileşimi

Güneşten yayılan elektromanyetik dalgalar atmosferden geçerken çok sayıda çeşitli parçacıkla etkileşime maruz kalmaktadırlar. Bu etkileşim iki farklı halde meydana gelmektedir. Saçılımda dalga, atmosferdeki parçacıklarla temas ettiğinde yön değiştirirken, yutulmada ise dalga söz konusu enerji parçacıklar tarafından emilmeye maruz kalmaktadır. Her iki etkileşimde de enerji takip ettiği yol boyunca azalmaya devam etmektedir. Bu nedenle, bahse konu etkileşimler atmosferik zayıflama olarak adlandırılmaktadır. Bu etkileşimler, uzaktan algılama amaçlı bazı elektromanyetik spektrum bölgelerinin kullanımını etkilediğinden, birtakım sınırlamalara neden olmaktadır [13].

2.3.1. Saçılma

Saçılım, elektromanyetik ışınımın atmosfer içerisinde yer alan büyük çaplı gaz molekülleri ve parçacıklar ile etkileşiminden meydana gelmektedir. Bu sayede gelen enerjinin yönü değişime uğramış olmaktadır. Saçılımın etkisi, atmosferdeki gaz parçacıklarının yoğunluğuna, yayılan ışınımın dalga boyuna ve enerjinin atmosferde ne kadar yol aldığıyla ilişkili olarak değişiklik göstermektedir [17]. Söz konusu etkenlerle ilişkili olarak üç çeşit saçılımın var olduğu kabul edilmektedir. Bunlar; Serbest Saçılım, Mie Saçılımı, Rayleigh olarak isimlendirilmektedir.

Atmosferik saçılma sadece görünür ve yakın kızılötesi bölgelerinde önemlidir. Atmosferde bulunan gaz ve taneciklerin etkisiyle meydana gelen saçılım, uzaktan algılamada görüntülerin bozulmasına neden olmaktadır. Yeryüzüne ulaşmadan, atmosferden yansıyarak algılayıcıya ulaşan güneş ışınları görüntülerde bulanık, puslu bir görünüm oluşturmakta ve çözünürlüğü dolaylı olarak etkilemektedir. Rayleigh saçılımının, spektrumun kısa dalga boyundaki ışınımı etkilemesinden dolayı, bu etki daha çok spektrumun görünür bölgesinde, mavi dalga boyunun sonuna doğru etkisini daha fazla göstermektedir. Bununla beraber, algılayıcının görüş alanı içerisinde olmayan bir hedeften saçılan ışınlar görüş alanına girerek algılayıcıya ulaşabilmektedir. Bunun sonucunda meydana gelen etkiye, komşuluk etkisi denir. Komşuluk etkisi, farklı parlaklık değerlerine sahip iki bölge arasındaki sınır civarında, koyu bölgenin parlaklık değerinde artmaya sebep olurken, daha açık parlaklık değerine sahip olan bölgenin parlaklığında azalmaya sebep olmaktadır. Atmosferik saçılma,

cisimlerden yansıyan ışınının dağılmasına sebep olduğundan, cisimlerin bulanıklığını da negatif yönde etkilemektedir [17].

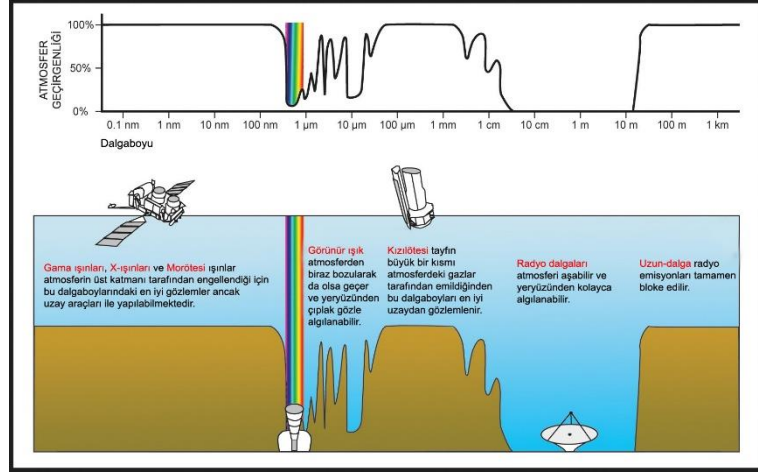
2.3.2. Yutulma

Atmosferik yutulma, atmosferik bileşenler sebebiyle, enerjide etkili bir kayıba yol açmaktadır. Güneş ışımalarının başlıca yutucuları, su buharı, karbondioksit ve ozon gazlarıdır. Atmosferik yutulma, esas olarak görünür ve kızılötesi bantlarda etkilidir. Optik uzaktan algılama, aydınlatmanın kaynağı olan güneş ışımalarına dayanır. Atmosferik gazların yutma bantları aralığında güneş ışımaları, yutulma nedeni ile azalmaktadır. Bununla beraber, yeryüzünden geri yansıyan ışımaya da tekrar atmosferden geçerken güç kaybına uğramaktadır. Bu azalma dalga boyuna bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden, atmosferik yutulma, gözlemlenen hedefin karakteristiğini etkilemektedir [17].

Atmosferdeki yutulmanın dalga boyuna bağlı olmasının sebebi moleküllerin farklı enerji seviyelerindeki ışınları yutmasıdır. Yutulmanın tesiri spektrumun görünür dalga boylarında, nispi olarak daha az gözlenmektedir.

Kızılötesi bölgesinde ise yutulma, temelde moleküllerin dönmesine ve titreşimine bağlı geçiş hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Karbondioksit ve su buharı Kızılötesi bölgede yutulmaya sebep olan esas moleküller ve atmosferik bileşenlerdir. Bunun nedeni, yakın ve uzun dalga kızılötesi arasındaki dalga boylarında yer alan yutma bantlarının varlığıdır. Atmosfer, uzak kızılötesi bölgesinde yer alan ışınları büyük ölçüde yutarken, mikrodalga ışımaları bölgesinde saydam bir katman gibi davranır ve ışımaları enerjisi ile herhangi bir etkileşime girmez [17].

Her farklı molekülün, elektromanyetik spektrumun belirli bölgelerinde yutma bantları vardır. Sonuç olarak, uzaktan algılama için sadece bazı atmosferik gazlara ait temel yutma bantları haricinde kalan dalga boylarından istifade edilmektedir. Bahsedilen bölgeler “atmosferik pencereler” olarak isimlendirilmektedir (Şekil 2.6). Uzaktan algılama sistemlerinin tasarımı aşamasında atmosferik yutulmanın tesirini minimum seviyeye indirmek amacıyla, kullanılan dalga boylarının anılan aralıklar içerisinde yer alması amacı güdülmektedir. Bu bölgeler, mikrodalga, yakın kızılötesi, ısı kızılotesindeki belirli bantlar ve görünür dalga boyları ile sınırlanmıştır [17].



Şekil 2.6 : Atmosferik pencere

2.4. Yeryüzü ile Enerji Etkileşimi

Atmosfer içerisinde yutuluma ve saçılma uğramayan enerjinin birazı yeryüzüne ulaşır ve buradaki nesnelere etkileşime maruz kalırlar. Herhangi bir yüzeye ulaşan enerji üç farklı biçimde davranış sergileyebilmektedir [20].

- 1- Geçirilme: Erişen enerjinin birazı saydam yüzey materyalleri aracılığıyla geçirilmektedir. Su, bu materyallere örnek gösterilebilir. Saydam materyalden geçen enerjide muayyen bir azalış meydana gelmektedir [21].
- 2- Yutulma: Erişen enerjinin bir kısmı ise ortamdaki moleküller ya da elektron reaksiyonları nedeniyle yüzey materyalleri tarafından yutulmaktadır. Söz konusu yutulan enerji maddenin ısınmasına neden olur. Yutulan enerjinin birazı ise materyal tarafından tekrardan gerisin geri yayılmaktadır [21].
- 3- Yansıtım: Gelen enerjinin %100'e yakını çok zaman gerisin geri yansıtılmaktadır. Enerjinin hangi açıyla geldiği ve materyal yüzeyinin pürüzlülüğü yüzeyden geri saçılan enerjinin hangi açıyla yansıtılacağını belirler [21].

Materyale erişen enerji ile geri saçılan enerjinin miktarı arasındaki ilişki "albedo" olarak adlandırılmaktadır. Yüksek albedoya haiz cisimler kendilerine gelen enerji yüksek oranda tekrar yansıtırlar. Bu nedenle bu cisimlerin görüntüleri daha parlak şekilde görülür [22].

3 farklı biçimde davranış gösteren söz konusu enerji miktarları sıklıkla objeye ulaşan toplam enerji miktarına oranları ile belirtilir. Bahsedilen bu oran enerjinin etkileşime girdiği materyalin kimyasal ve fiziksel özellikleriyle ilişkili olarak değişiklik göstermektedir. Enerjinin korunumu prensibine sadık kalındığında, yutulma oranını (α), yansıtılma oranını (ρ), geçirilme oranını (τ) olarak kabul edildiğinde:

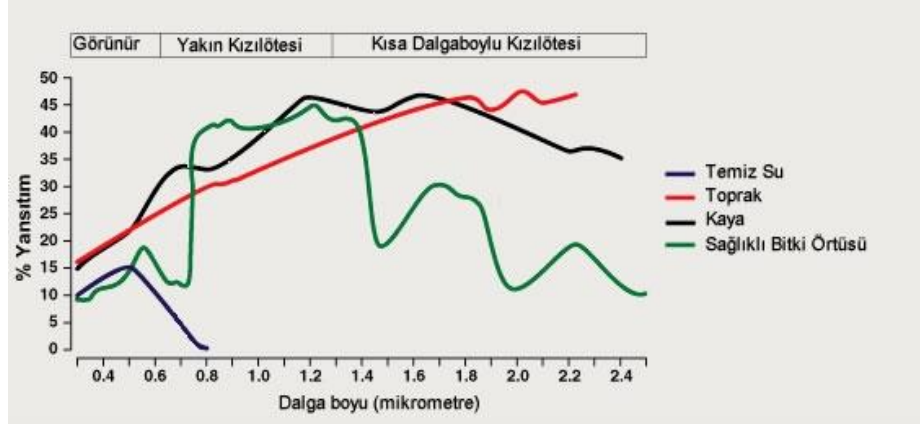
$$\tau + \alpha + \rho = 1 \quad (2.1)$$

Bir cisme erişen enerjinin nasıl hareket edeceği benzer şekilde gelen enerjinin dalga boyuyla da ilişkilidir. Bu nedenle aynı tür yüzeye sahip maddeler yalnız belirli spektral aralıklarda ayırt edilebilmektedir [21].

Dalga boyu ile birlikte maddeye erişen enerjinin tekrar yansıtılması cismin sahip olduğu yüzey formuyla bağlantılı olarak da değişiklik göstermektedir. Bu kapsamda enerjiyi değişik biçimlerde geri yansıtan farklı iki yüzey türü mevcuttur. Pürüzlü yüzeyler gelen enerjiyi birçok farklı açıda geri yansıtırlar, Düzgün yüzeyler gelen enerjiyi geldiği açı ile geri yansıtırlar. Bu nokta enerjinin dalga boyu bir yüzeyin pürüzlü ya da düzgün oluşunu belirleyen ana etmendir [21].

2.5. Yeryüzü Objelerinin Spektral Yansıtımları

Yeryüzünde bulunan doğal cisimlerin üzerlerine gelen enerjinin ne kadar miktarını geri yansıttıklarını belirlemek üzere geri saçılan ışınımın miktarı hesaplanmaktadır. Spektral yansıtım olarak adlandırılan bu hesaplama, aynı zamanda dalga boyunun bir fonksiyonudur. Spektral yansıtım ile dalga boyu arasındaki ilişki gösteren grafik ise spektral yansıtım eğrisi şeklinde tanımlanır (Şekil 2.7). Spektral yansıtım eğrisinin şekli hedef objenin özelliği hakkında doneler sunar. Bununla birlikte yansıtım eğrisinden belli yüzey materyalleri ve uzaktan algılama uygulamalarında kullanılacak dalga boyu aralığının tespit edilmesi ile buna yönelik veri seçiminde de istifade edilir. Spektral yansıtım eğrileri aynı zamanda maddelerin tanınabilmesini ve farklı yüzey maddelerinin birbirinden ayırt edilebilmesini olanak verdiğiinden spektral parmak izi olarak da isimlendirilirler [23].



Şekil 2.7 : Yeryüzündeki başlıca cisimlerin spektral yansıtım eğrileri

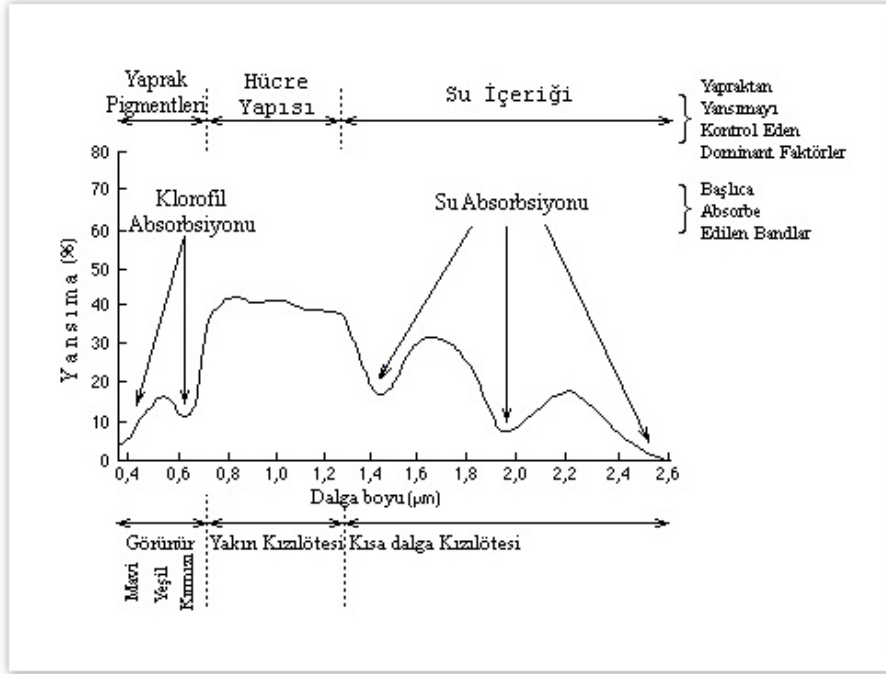
2.5.1. Bitki örtüsünün spektral yansıtımı

Uzaktan algılama görüntülerinde bitkilerin yansıtım seviyesini etkileyen, birçok faktör bulunmaktadır. Bitkinin yansıtım özellikleri, su durumu, bitkinin yaşı, yaprak karakteristiği, sağlık durumu, mineral muhtevası gibi iç ve dış yapısına bağlı etmenlere göre değişiklik göstermektedir. Bitki türünden bağımsız olarak aynı karakteristik özelliklere dolayısıyla yansıtım özelliklerine sahip bitkiler aynı yansıtıma sahiptir. Her bir yaprak için farklılıklar, üç temel spektral bölgede algılanan karakteristik spektral özelliklerde kendini göstermektedir. Bunlar sırasıyla kısa dalga kızılötesi bölgede su muhtevası, yakın kızılötesi bölgede hücre yapısı ve görünür bölgede yaprak pigmentleridir (Şekil 2.8) [24].

Yaprak pigmentlerinin dominant olduğu görünür bölgede, yansıtım eğrisi, kırmızı ile mavi bölgedeki klorofil yutulmasıyla ilişkili olarak daha düşük değerleri içermektedir. Mavi ve kırmızı ışık fotosentez işlemi için gereken enerjinin sağlanmasında kullanıldığından %70-%90 oranında yutulmaya maruz kalmaktadır. Yeşil bölgede yansıtımın daha yüksek olmasının sebebi ise büyümekte olan sağlıklı bitkilerin yeşil gözükmelerinden (klorofil pigmentinin fazlalığı) kaynaklanmaktadır. Bitki yansıtımının tüm spektrumdaki en yüksek değerlerine sahip olduğu yakın kızılötesi bölgesi, bitkinin hücresel yapısındaki özelliklere duyarlı olup bitki türlerinin ayırt edilmesinde etkin rol oynamaktadır [13].

Elektromanyetik spektrumun mikrodalga enerji aralığı bitki ve ağaçların farklı bölgelerine nüfus ederek etki edebilmektedir. Bununla beraber, dalga boyunun uzunluğu da meydana gelebilecek nüfuz etme ve ışıma miktarını etkilemektedir. Ağaç

yaprakları ve ekinler kısa mikrodalga boylarında daha fazla yansıtıma sahip olurken, ağaç gövdeleri ve dalları daha uzun mikrodalga boylarında daha fazla yansıtıma sahiptir. Bölgedeki bitki ve ağaç yoğunluğu da dalga boylarının yansıtımında etken bir faktördür [18].



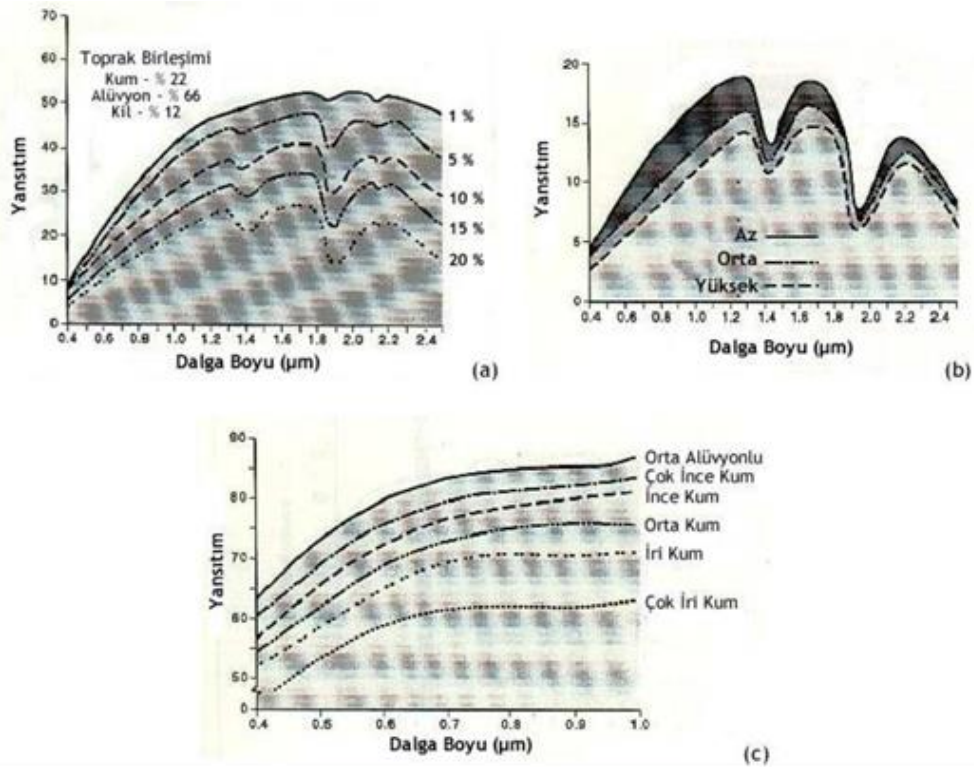
Şekil 2.8 : Bitkinin spektral yansıtımı [25]

2.5.2. Toprağın spektral yansıtımı

Uzaktan algılama görüntülerinde toprağın yansıtım seviyesini etkileyen, birçok faktör bulunmaktadır. Toprağın yansıtıcılığını etkileyen temel etkenler, toprağın mineral bileşenleri, nemliliği, organik madde içeriği ve toprak dokusu (yüzey) şeklinde sıralanmaktadır (Şekil 2.9). Bunlarla birlikte toprak kümelerinin şekil ve boyutları da yansıtıcılığı etkileyen özellikler arasındadır [24].

Toprağın nemliliği, yansıtıcılık spektrasında nem ve yansıtım arasındaki ters orantıya bağlı olarak bütün spektrumu aynı oranda etkilediğinden paralel eğrilerin oluşumuna sebebiyet vermektedir. Aynı şekilde toprağın nemlilik derecesindeki artış mikrodalgalar olduğu gibi uzun dalga boylarının toprağa işleme oranının azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan, toprağın kızılötesi ve kırmızı bantlardaki yansıtımını nem parametresinden bağımsızlık arz eder [24].

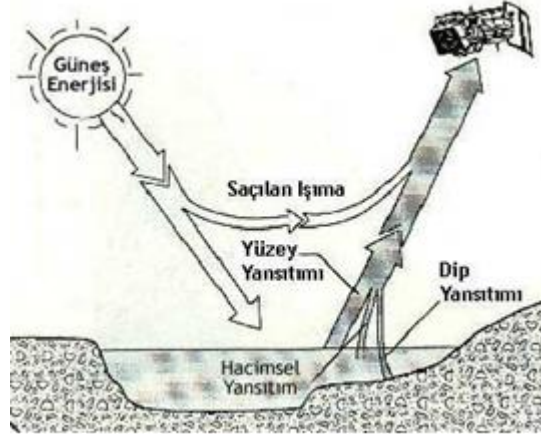
Toprağın sahip olduğu toprak yapısı, su tutma kapasitesi ve organik madde içeriğiyle bağlantılı olduğundan bu durum toprağın yansıtıcılığına dolaylı olarak tesir etmektedir. Bunun yanısıra, toprak yüzeyindeki pürüzlük (doku), büyük taneler arasında ışığın tutulmasına neden olduğundan toprağın yansıtım özelliğini etkileyebilmektedir. Gölge alanlardaki yüzey pürüzlülüğü ve ışığın dağılımındaki değişimler toprağın yansıtımını değiştirmektedir. Bu değişken, spektrumun mikrodalga ve ısı bölgelelerinde oldukça önem arz etmektedir [24].



Şekil 2.9 : Toprak yansıtımını etkileyen faktörler; (a) Nem, (b) Organik madde, (c) Parçacık boyutu [26]

2.5.3. Suyun spektral yansıtımı

Uzaktan algılama teknolojisi ve analiz metotları, enerjinin yansıtılması kadar yutulma özelliğinin de etkin olması nedeniyle su kütleleri üzerinde uygulanabilmektedir. Su kütlelerinde temel olarak, tam (yüzey) yansıtım, dip yansıtımı ve hacimsel yansıtım olmak üzere üç ayrı yansıtım çeşidi gözlemlenmektedir (Şekil 2.10). Bunlardan sadece hacimsel yansıtım ile elde edilen veriler su kalitesi hakkında bilgi içermektedir [26].



Şekil 2.10 : Su kütlelerindeki yansıtım çeşitleri

Gelen elektromanyetik ışınımın iletimi, su yüzeyinin altındaki hedeflere yönelik çalışmalar için önemlidir. Ancak, ışınımın iletimi, spektrumun sadece görünür bölgesiyle sınırlı olup en yüksek değere mavi ve yeşil bantlarda sahip olmaktadır. İletimin seviyesi temiz suda daha yüksek olmakla beraber, sudaki bulanıklığın artmasıyla orantılı olarak bu seviye azalmakta ve iletimin tepe noktası daha uzun dalga boylarına doğru kaymaktadır [27].

Suyun yansıtım özelliği, su ve içerisinde bulunan maddelerin bir fonksiyonudur. Su içerisinde yer alan asılı parçacık miktarı fazlaysa yansıtma oranı berrak suya nisbeten görünür bölgede yükselme gösterir. Suda meydana gelen düzenli olmayan hareketler, yansıtılan ve yutulan enerji miktarına tesir etmektedir. Bununla birlikte, suda bulunan klorofil niceliği de suyun yansıtma karakteristiğini belirleyebilmektedir. Klorofil miktarındaki yükselme yeşil dalga boyundaki yansıtımı artırırken, mavi dalga boyundaki yansıtımı ise azaltmaktadır. Uzaktan algılama, suyun içerisinde bulunan alg varlığının ve bunların yoğunluğunun izlenebilmesine imkan tanımaktadır. Gün içerisindeki sıcaklık değişimleri de suyun yayılım özelliğine tesir eden faktörlerdendir [24].

Su kütlelerinin yansıtım verileri, farklı kirlilik unsurlarının belirlenmesi ve alçak arazi alanlardaki bataklık bitkilerinin varlığının veya yokluğunun belirlenmesinde de kullanılmaktadır [24].

3. UZAKTAN ALGILAMA UYDULARI

Uzaktan algılama, belirli bir mesafeden, fiziksel bir temas olmadan, içinde bulunduğumuz çevrenin incelenmesi ve ölçülmesidir. Bu bağlamda uydu teknolojileri uzaktan algılamada önemli bir role sahiptir. Sovyetler Birliğinin 1957 yılında Sputnik uydusunu Dünya yörüngesine yerleştirdiği günden bugüne Uydu teknolojileri her geçen gün artan bir hızda gelişim göstermektedir [28]. İlk gönderilen uyduların bir çoğu haberleşme maksadını taşıırken, bugün Dünya çevresindeki yörüngelerinde hareket eden ve değişik amaca hizmet eden çok sayıda uydu sistemi yer almaktadır. Söz konusu uydular görevleri itibariyle; uzay ve astronomi uyduları, haberleşme uyduları, askeri maksatlı uydular, meteoroloji uyduları ve yeryüzünü görüntüleyen uzaktan algılama uyduları olarak kategorize edilebilmektedir. Uzaktan algılama uyduları, bünyesinde bulunan algılayıcılar vasıtasıyla yeryüzünü görüntülemektedir. Söz konusu yöntem ile sağlanan görüntüler yeryüzünü araştırma maksatlı icra edilen çok sayıda faaliyetlerde faydalınılmaktadır [28]. Teknoloji geliştikçe, dünyanın herhangi bir bölgesine ait geniş yeryüzü parçalarını görüntüleyebilen uyduların kullanımı mümkün olmuş ve günden güne uydu verileri daha etkin kullanılmaya başlanmıştır.

3.1. Uyduların Genel Özellikleri

Her bir uydu dünya çevresinde belli yörünge üzerinde seyretmektedirler. Bu nedenle uyduları buldukları yörüngeye göre; Kutupsal Yörüngeli Uydular ve Sabit Yörüngeli Uydular olarak 2 gruba ayırmak mümkündür.

Dünyanın dönüş hızına benzer hızda hareket ettiklerinden Sabit yörüngeli uydular dünya üzerinde belirli bir bölgeyi tarassut edebilmektedir. Yeryüzünden 36.000 km yüksekliğe kadar mevkilendirilebilen bu tipteki uydulardan, genellikle haberleşme ve meteoroloji maksadıyla faydanılmaktadır [29].

Diğer taraftan Kutupsal yörüngeli uydular ise yaklaşık olarak 860 km yükseklikte yer alan yörüngede bulunurken, güneşe nispeten sabit bir mevkide yer almaktadır. Bu

sebepten ötürü bu uydular güneş senkronlu uydular adıyla da isimlendirilirler. Kutupsal yörüngeli uyduların ekvator üzeri geçişler lokal saatle aynı zamana denk gelmektedir. Bahse konu uyduların yörüngeleri güney-kuzey (yükselen) ve kuzey-güney (alçalan) yönlerinde hareketleri ile birlikte adlandırılmaktadır. Güneş senkronlu bir algılayıcı güney-kuzey geçişi yaparken güneşin yeryüzünün aydınlatmadığı tarafında olması nedeniyle sadece kendi göndermiş olduğu enerjinin geri yansıyan kısmını algılayabilir ya da termal algılama fonksiyonundan istifade edebilir.

Yörüngelerin yeryüzünden ne kadar yüksekte oldukları bağlı olarak uyduların taradıkları alanın genişliği değişkenlik gösterebilir. İlaveten, uyduların yörüngelerini tamamlama zamanları algılayıcılardan elde edilen nihai görüntülerinin karakteristiklerini belirlemede önemlidir [29].

Yörüngeye yerleştirilmesi planlanan uydular ile halen aktif bir şekilde yörüngede bulunan uyduların sahip olduğu algılayıcılar ve bunlardan elde edilen dijital görüntüler hakkında fikir üretebilmek için öncelikle çözünürlük kavramının açıklanmasına ihtiyaç vardır. Çözünürlük bir algılayıcı tarafından fark edilebilecek en detaylı bilgiyi bir araya getirmek olarak açıklanmaktadır [29]. Uydu ve uydu görüntülerinin özelliğini tanımlayan 4 farklı çözünürlük çeşidi mevcuttur. Bunlar; radyometrik çözünürlük, mekansal çözünürlük, zamansal çözünürlük ve spektral çözünürlük olarak adlandırılır.

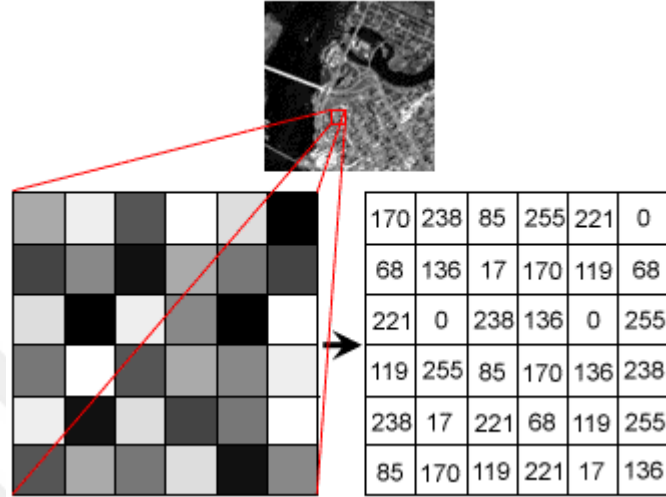
3.1.1. Mekânsal çözünürlük

Algılayıcının mekânsal çözünürlüğü uydu görüntüsünde detayları etkilemektedir. Mekânsal çözünürlük fark edilebilen en ufak objeni büyüklüğü şeklinde tanımlanır [28].

Mekânsal çözünürlük yeryüzünden yansıtıma uğrayan güneş enerjisinden faydalanarak görüntü elde eden uydularda algılayıcının yeryüzünde kaydettiği alanın büyüklüğüyle tanımlanır. Görüntünün azami mekânsal çözünürlüğü yeryüzünde algılanan asgari alana eşittir [28].

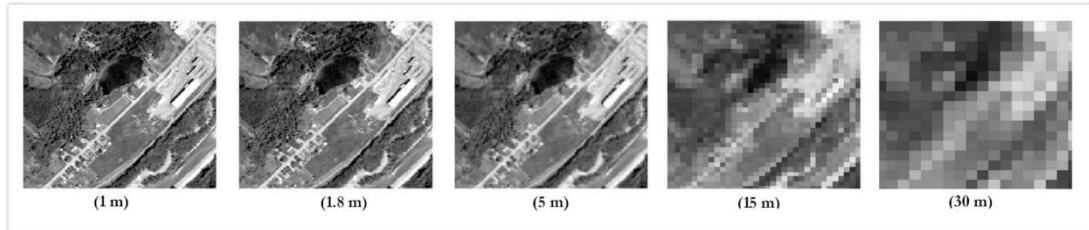
Sayısal görüntüler piksel olarak adlandırılan görüntü elemanlarının meydana getirdiği matrisler şeklinde ifade edilmektedir (Şekil 3.1). Pikselleri mekânsal çözünürlükle örneklediğimizde; Çözünürlüğü 1m olan bir algılayıcıdan temin edilen görüntünün her pikseli 1mx1m lik bir alana tekabül etmektedir. Benzer örnekten hareketle; söz konusu

alanda boyutu 1m'den küçük cisimler mevcut ise bunların sonuç görüntüsünde ayırt edilmesi mümkün değildir. Öte taraftan, söz konusu cisim etrafındaki cisimlere nisbeten daha büyük ise veya kontrastı yüksekse baskın yansıtım nedeniyle anılan piksel bu cisme denk gelebilecektir [28].



Şekil 3.1 : Dijital görüntü

Mekansal çözünürlükleri artırılan algılayıcıların yeryüzünde algıladıkları alanın büyüklüğü de o nispete azalacaktır (Şekil 3.2). Günümüzde ticari maksatlı kullanılan en hassas çözünürlüğe sahip uyduların mekansal çözünürlüklerinin 0,6 m olduğu ifade edilmektedir [28].



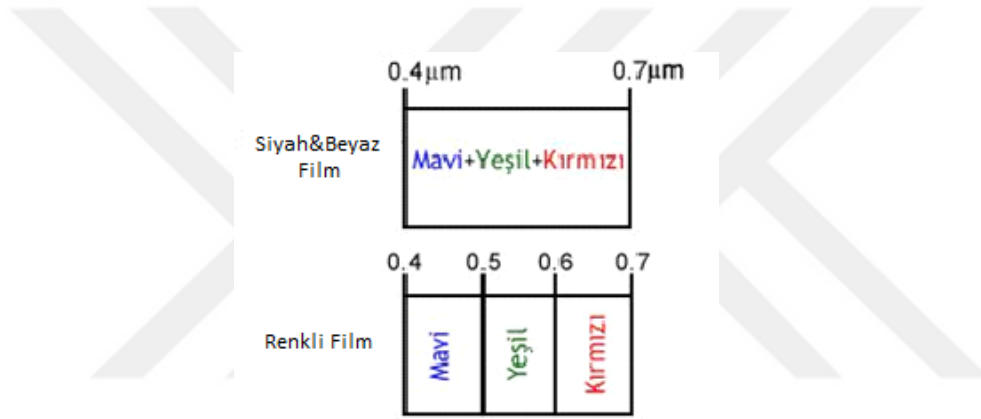
Şekil 3.2 : Farklı mekansal çözünürlükteki görüntüler

3.1.2. Spektral çözünürlük

Bir algılayıcının spektral çözünürlüğü elektromanyetik spektrum üzerinde ne tür dalga boyu içerisinde algılama yapabileceğini ifade eder. Bu nedenle, spektral çözünürlüğün iyileştirilmesi, algılayıcının muayyen bir bandı için dalga boyu aralığının daraltılması anlamına gelir. Bir görüntüdeki detaylar ve farklı obje kategorileri çoğu zaman değişik

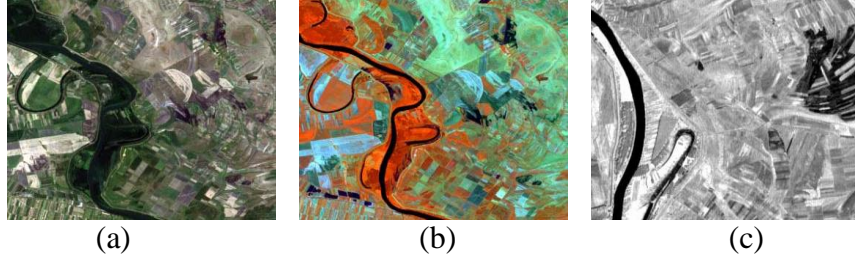
dalga boyu aralıklarına gösterdikleri tepkinin mukayese edilmesi ile ayrıştırılabilir [30]. Spektral çözünürlük iki şekilde açıklanmaktadır.

- 1- Spektral bant genişliği: Tek bir dalga boyunda binlerce ölçüm yapabilmek mümkün değildir. Bu nedenle, herhangi bir gerçek ölçüm, bazı dalga boyu aralıklarındaki ağırlıklı ortalamadır. Spektral çözünürlük bant genişliğinin daralmasıyla artış göstermektedir (Şekil 3.3). Örneğin; bir algılayıcının 0.03 μm spektral farklarla ölçüm yapabilmesi o algılayıcının efektif bir spektral çözünürlüğe sahip olduğunu gösterir. Diğer taraftan elektromanyetik spektrumun büyük bir bölgesinde algılama yapan algılayıcıların ise spektral çözünürlüğünün düşük olduğu söylenebilir [30].



Şekil 3.3 : Siyah&beyaz ve renkli film karşılaştırması [31]

- 2- Algılama yapılan bant sayısı: Örnek ile ifade etmek gerekirse, 36 bant ile algılama gerçekleştiren MODIS algılayıcısı, 7 bant ile algılama gerçekleştiren Landsat TM algılayıcısından yüksek spektral çözünürlüğe haizdir. Bu durumda, veri boyutları limitleri belirler. Diğer yandan temel olan, materyallerin spektral çözünürlük eğrileri baz alınarak tanımlanmalarını mümkün kılmaktır. MODIS gibi çok bantlı sistemlere multispektral adı verilmiş olup, bant sayısı dışında, diğer çoklu spektral veya mono spektral algılayıcılardan farkları yoktur [30].



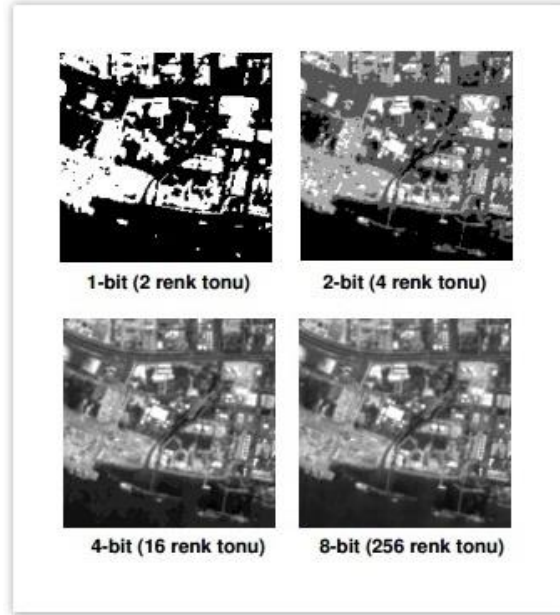
Şekil 3.4 : Çeşitli optik uydulara ait görüntü örnekleri (08/2001, Belgrad Landsat 7)
[32]

3.1.3. Radyometrik çözünürlük

Uzaktan algılama ile elde edilen nihai görüntülerdeki radyometrik çözünürlüğü tayin eden algılayıcının elektromanyetik enerjiyi algılayabilme hassasiyeti olarak tanımlanır. Bu anlamda, algılayıcının yayılan veya yansıyan enerjideki daha küçük değişiklikleri tespit edebilmesi Radyometrik çözünürlüğün daha yüksek olması anlamını taşımaktadır [28].

Dijital görüntüleri meydana getiren matrisdeki her piksel $f(x_n, y_n) = DN$ değerine ve (x_n, y_n) konuma maliktir. Burada DN “digital number” şeklinde ifade edilmektedir. Her pikselin haiz olduğu söz konusu değer anılan pikselin görüntüdeki renk tonunu tanımlar ve bunun yanısıra o pikselin yeryüzünde denk geldiği objenin yaydığı veya yansıttığı enerjiyi tanımlar. Dijital platformda söz konusu değerler 2^n biçiminde ifade edilmektedir. Formül içerisinde yer alan “n” datanın kaç bite sahip olduğunu belirtmektedir. Şayet algılayıcı tarafından kaydedilen enerji n bitlik ise elde edilen nihai görüntüde 2^n adet renk tonu bulunacaktır ve DN değerleri de 2^{n-1} beyaz ve 0 siyah renk olacak biçimde her iki değer arasında değişiklik gösterecektir [28].

Şekil 3.5’de yer alan görüntülerde fark edilebilen detayların artırımında hareketle radyometrik çözünürlük algılayıcının işlediği bit sayısı ile doğru orantılıdır. Mevcut uzaktan algılama uydularının birçoğu 8 bitlik kayıt yaparken kimi yüksek çözünürlüklü uydular ise algıladıkları enerjiyi 11 bitlik kaydedebilmektedirler.

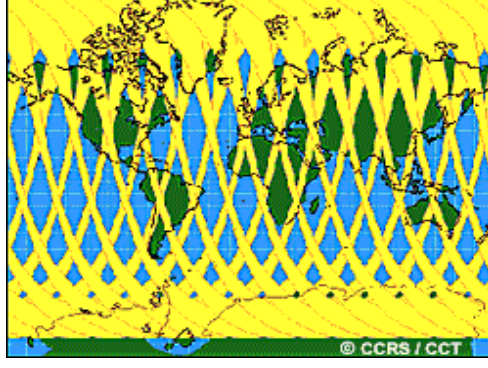


Şekil 3.5 : Farklı radyometrik çözünürlükteki görüntüler [33]

3.1.4. Zamansal çözünürlük

Bir algılayıcının yeryüzündeki belli bölgeden birbiri ardınca aldığı iki algılama arasındaki zaman farkı zamansal çözünürlük olarak ifade edilmektedir. Günümüzde uyduların zamansal çözünürlükleri 3-15 gün arasında değişiklik göstermektedir. Zamansal çözünürlük yüksek oranda uydunun tam yörüngeyi tamamlama süresine diğer bir ifade ile aynı bölgeyi tekrar görmesiyle bağlantılıdır [28].

Ancak, kutupsal yörüngeli uydularda, kutuba yakın enlemler üzerinden ardışık geçişler esnasında algıladığı alanların, büyük ölçüde karşılıklı örtüşmesi ve uydu platformuna monte edilen bir takım sistemlerin sağlamış oldukları avantajlar sayesinde söz konusu uydularda zamansal çözünürlük yörüngeyi tamamlama zamanından daha kısa olmaktadır. Şekil 3.6'da Radarsat-1 uydusuna ait kutupsal yörüngesi yer almaktadır [28].



Şekil 3.6 : Radarsat-1 uydusuna ait kutupsal uydu yörüngesi

Bir algılayıcının zamansal çözünürlüğü, süreç içerisinde meydana gelen değişimleri izleme (şehirleşmenin incelenmesi), periyodik olarak kendini tekrar eden değişimleri gözleme (ürünün vejetasyon sürecinin incelenmesi), kısa zamanlı olayların gözlenmesi (su baskınlarının irdelenmesi) gibi zamanın ehemmiyet arz ettiği uzaktan algılama çalışmalarında ön plana çıkmaktadır.

Hassas zamansal çözünürlük daha düşük görüntüleme aralığı şeklinde ifade edilse de esasen sürenin daha kısa olması bir taraftan da gözlemlenecek değişimin süresiyle ilişkili olarak yeterince kısa olması uzaktan algılama çalışmaları açısından oldukça öneme haizdir [16].

3.2. Uzaktan Algılamada Kullanılan Bazı Uydular

3.2.1. LANDSAT 1-7

1972 yılında uzaya gönderilen ilk LANDSAT uydusunu takiben süreç içerisinde 4 tane LANDSAT uydusu ilave olarak yörüngeye yerleştirilmiştir.

İlk kuşak olarak adlandırabileceğimiz uydular 3 adettir. Bahsedilen uydular bünyesinde iki adet sensör bulundurmaktadır. Bunlar, geliştirilmiş vidikon televizyon kamerası (Return Beam Vidikon (RBV) kamera) ki yüksek çözünürlüklü televizyon görüntüsü kayıt edebilmektedir ve çok bandlı spektral tarayıcı (Multispectral Scanner (MSS)). MSS'in sahip olduğu spektral ve radiometrik üstünlüğünün yanısıra RBV kamerada sık nükseden teknik problemler nedeniyle RBV verileri ender olarak kullanılmaktadır [34].

1982'de LANDSAT 4 ile başlayan ikinci kuşak LANDSAT uydularında RBV çıkarılarak Thematic Mapper (TM) adı verilen yeni bir cihaz kullanılmıştır. 1993 yılında LANDSAT 6'nın düşmesini müteakip LANDSAT 7 geliştirilmeye başlanmıştır. Yüksek çözünürlüklü tarayıcılar ve Thematic Mapper ile donatılan bu uydu Mart 1999 'da gönderilmiştir.

LANDSAT 7 gelişmiş Thematic Mapper (TM) tarayıcısına sahiptir. Söz konusu tarayıcıda yer alan 7 banda ilaveten 15 m çözünürlüğe haiz pankromatik band (0.50-0.90 μm) eklenmiştir. Bununla birlikte Termal Band'ın çözünürlüğü kapasitesine de 60 m 'ye kadar hassasiyet kazandırılmıştır.

LANDSAT uydusundan elde edilen veriler, sivil, askeri, ticari, endüstriyel ve eğitim maksadıyla dünya genelinde kullanılabilir.

Söz konusu verilerden ormancılık, kaynak yönetimi, ziraat, jeoloji , coğrafya, su kalitesi , oşinografi ve haritalama gibi global değişim araştırmaları gibi büyük ölçekli çalışmalarda değerlendirilmektedir [34].

Çizelge 3.1 : LANDSAT 1-7 uydularının teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	LANDSAT 5 - 183 LANDSAT 7 – 185	
Radyometrik Çözünürlük (bit)	8	
Spektral Band (μm =mikron) (VNIR = visible and near infrared) (SWIR = shortwave infrared) (TIR = thermal infrared)	VNIR	Band 1 - 0.45-0.52 Band 2 - 0.52-0.60 Band 3 - 0.63-0.69 Band 4 - 0.76-0.90
	SWIR	Band 5 - 1.55-1.75 Band 6 - 2.08-2.35
	TIR	Band 7 - 10.42-12.5
	PAN	Band 8 - 0.5-0.9
Yersel Çözünürlük (m) (PAN = siyah & beyaz) (MS = renkli)	PAN – 15 MS – 30 TIR - 60	

3.2.2. LANDSAT 8

Sekizinci uydu olan LANDSAT 8 su, yiyecek ve ormanlar gibi insanlar açısından ihtiyaç duyulan kaynakların izlenmesi, anlaşılması ve düzenlenmesinde LANDSAT programının en ehemmiyetli görevinin devamlılığına katkıda bulunmuştur. Halihazırda LANDSAT 7' nin yörüngesine yerleşmiş olan LANDSAT 8 bilimsel doneler göndermeye devam etmektedir. LANDSAT 8 uydusu yakın-infrared (kızılötesi) (VNIR), termal infrared (TIR) ve kısa dalga infrared (SWIR) ve görünür dalgalarında görüntü kaydebilirken spektral aralığa paralel olarak 15 ile 100 m arasında orta uzaysal bir çözünürlüğü vardır.

LANDSAT 8 bünyesinde iki farklı cihazı barındırmaktadır.

OLI (Operational Land Imager); Varolan bantların yanısıra kıyı/aerosol (bir katının veya bir sıvının gaz ortamı içerisinde dağılması) uygulamalarına yönelik derin mavi bandı, sirus bulutlarının tespiti maksadıyla kısa dalga infrared band ve son olarakda kalite değerlendirme bandı ihtiva etmektedir.

Kıyı/Aerosol ve kısa dalga infrared sirus bantları vasıtasıyla su kalitesinin ölçülmesine, ince ve yüksek bulutların tespit edilmesine imkan sağlamaktadır.

OLI, dokuz adet spektral banddan (Coastal/Aerosol + VNIR + SWIR + PAN + CIRRUS) bilgi elde edebilmektedir . Bu 9 bandın 7' si önceki LANDSAT 5 TM ve 7 ETM sensörlerinde bulunanlarla aynı aralık değerlerine sahiptir. Böylelikle önceki Landsat verileri ile uyumlu halde çalışabilmektedir.

TIRS (Thermal Infrared Sensor); iki adet termal band bulunmaktadır. Bu sensörler sayesinde sinyal-gürültü radyometrik performansı 12 bit üzerinde radyometrik çözünürlük sağlayabilmektedir.

Ürünler 16 bit halinde gönderilmektedir. TIRS verisi, geometrik, radyometrik, ve arazi korelasyonlu 12 bit LANDSAT 8 bilgisi üretilebilmek maksadıyla OLI verisine uyumlu olarak kaydedilmiştir.

Verilerin sürekliliği açısından diğer LANDSAT uydularıyla yalnızca 10. Band ile uyumluluk kazandırılmıştır [34].

Çizelge 3.2 : LANDSAT 8 uydusunun teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	185	
Radyometrik Çözünürlük (bit)	8 TIR – 12	
Spektral Band (μm=mikron) (VNIR = visible and near infrared) (SWIR = shortwave infrared) (TIR = thermal infrared) (OLI = Coastal/Aerosol + VNIR + SWIR + PAN + CIRRUS)	Coastal/Aerosol VNIR SWIR PAN CIRRUS TIR	Band 1 - 0.43-0.45 Band 2 - 0.45-0.51 Band 3 - 0.52-0.60 Band 4 - 0.63-0.68 Band 5 - 0.84-0.88 Band 6 - 1.56-1.66 Band 7 - 2.10-2.30 Band 8 - 0.50-0.68 Band 9 - 1.360-1.390 Band 10 - 10.60-11.19 Band 11 - 11.50-12.51
Yersel Çözünürlük (m) (PAN = siyah & beyaz)	PAN - 15 OLI - 30 TIR - 100	

3.2.3. SPOT 6-7 uyduları

SPOT 4 ve 5 uydularının sağlamış olduğu hizmeti devam ettiren SPOT 6 ve 7, iki adet gözlem uydusudur. Her ikisi de yersel çözünürlüğü 2 metredir. Söz konusu uydular öncekilerine nazaran artırılmış dizayn ömrü sebebiyle atık bir yapıya sahiptir ve 60 kmx60 km'lik sınır dahilinde çekim gerçekleştirebilmektedir [34].

Uydularda yüksek çözünürlüklü push-broom sensörünün yanısıra 2 adet NAOMI (New AstroSat Optical Modular Instrument) algılayıcıları yer almaktadır.

SPOT 6 ve SPOT 7 2024 yılına kadar geniş alanlarda 1.5 m. çözünürlüklü nihai görüntüler gönderebilecektir.

SPOT görüntüsünün birçok alanda kullanım imkanı mevcuttur. Kartoğrafya, Tarım, mühendislik ve çevre bunlar içerisinde yer almaktadır [34].

Çizelge 3.3 : SPOT 6-7 uydularının teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	60
Radyometrik Çözünürlük (bit)	12
Spektral Band (µm=mikron) (NIR = near infrared) (PAN = pankrom atık)	Blue Band 1 - 0.45-0.52 Green Band 2 - 0.53-0.59 Red Band 3 - 0.62-0.69 NIR Band 4 - 0.76-0.89 PAN Band 5 - 0.45-0.74
Yersel Çözünürlük (m)	1.5

3.2.4. Terra – (ASTER ve MODIS)

Terra uydusunda CERES, ASTER, MOPITT, MISR ve MODIS olmak üzere beş farklı modül yer almaktadır

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), Terra platformunda yer alan hassas çözünürlüklü tek cihazdır. Bu modül, kalibrasyon/geçerlilik, yeryüzü çalışmaları ve değişiklik saptamalarında diğer aygıtları için yakınlaştırıcı lens olarak görev yapmasından dolayı önemlidir. Aster modülü tam bir yörünge dönüşü süresince ortalama 8 dakikalık veri kaydebilmektedir. Bu cihaz sayesinde, dünyaya ait 14 banttan (VNIR-SWIR-TIR) oluşan ve yüksek çözünürlüklü (15m/piksel - 90m./piksele kadar) görüntüleri alınabilmektedir. ASTER'den elde edilen veriler; yükseklik haritalarını, reflektans, parlaklık değişim oranlarını (emissivity), arazi yüzeyi sıcaklığını ölçmek amacıyla değerlendirilmektedir [34].

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), 36 farklı spektral banda sahip olması ve swath genişliğinin 2.330 km olması sebebiyle söz konusu modül dünyamızdaki her noktayı 1-2 gün aralıklarla görebilecek yetenektedir. Modül, neredeyse hergün dünya yüzeyinin ne kadarının bulutlarla kaplandığını hesaplayabilmektedir. Modis, aynı zamanda küresel karbon devinimini uygulamalarına yeni kazanımlar doğurabilecek olan biyosferdeki büyük çaplı değişimlerin gözlenmesi için ideal bir hizmet sunmaktadır. Halihazırdaki diğer uydu sensörlerinden hiçbiri atmosferde yer alan karbondioksit yoğunlaşmasını doğrudan hesaplayamaz iken, Modis modülü, bitki üretiminde sera gazının hangi miktarda emildiği ve istifade edilğine ilişkin daha doğru varsayımlar ortaya koyabilmek

amacıyla deniz ve karasal bitkilerinin fotosentez ilişkin faaliyetlerini ölçebilmektedir. Modis, buz ve karın kapladığı alanları da haritaya dökülebilmektedir. Ayrıca kasırga, volkanik hareketlilikler ve sel benzeri doğal afetlerin gözlenmesine imkan tanır. Ayrıca Modis'in bantları yangınlara karşı hassas olan Modis'in sahip olduğu bantlar, Atmosfere yayılan dumanlar ve gaz için daha doğru varsayımlar yapılmasını olanaklaştırmaktadır [34].

Çizelge 3.4 : Terra-ASTER algılayıcısının teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	60	
Radyometrik Çözünürlük (bit)	VNIR + SWIR - 8 TIR - 12	
Spektral Band (µm=mikron) (VNIR = visible and near infrared) (SWIR = shortwave infrared) (TIR = thermal infrared)	VNIR	Band 1 - 0.52-0.60 Band 2 - 0.63-0.69 Band 3 - 0.76-0.86
	SWIR	Band 4 - 1.60-1.70 Band 5 - 2.145-2.185 Band 6 - 2.185-2.225 Band 7 - 2.235-2.285 Band 8 - 2.295-2.365 Band 9 - 2.360-2.430
	TIR	Band 10 - 8.125-8.475 Band 11 - 8.475-8.825 Band 12 - 8.925-9.275 Band 13 - 10.25-10.95 Band 14 - 10.95-11.65
Yersel Çözünürlük (m)	VNIR - 15 SWIR - 30 TIR - 90	

Çizelge 3.5 : Terra-MODIS algılayıcısının teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	2330
Radyometrik Çözünürlük (bit)	8
Yersel Çözünürlük (m)	250 m (bands 1-2), 500 m (bands 3-7), 1000 m (bands 8-36)

3.2.5. EO-1(ALI-Hyperion)

21 Kasım 2000 tarihinde bir amaca yönelik bir takım görevleri icra etmek maksadıyla fırlatılan EO-1 (Earth Observing-1), 2001 Kasım ayında bu misyonu başarılı bir şekilde yerine getirmiştir. Fakat, uzaktan algılama araştırma ve bilimsel komüniteler tarafından EO-1 uydusundan görüntü bilgisi alma konusundaki taleplerini iletmelerinden hareketle EO-1 üzerinden veri alınmasına devam edilmesini içeren geniş çaplı bir misyon için USGS ile NASA arasında bir anlaşmaya varılmıştır. Böylelikle, Hyperion hiperspektral ve Advanced Land Imager (ALI) ürünlerinin talepler ışığından elde edilip dağıtılmasına imkan tanınmıştır.

Hiperspektral görüntüler aracılığıyla ormancılık, madencilik, ziraat, çevre yönetimi ve jeoloji de içine alan uygulamalarda daha detaylı neticelere ulaşılabilir.

Hyperion sensörü vasıtasıyla temin edilen hiperspektral görüntüler aracılığıyla daha detaylı sınıflandırma kabiliyetine kavuşulur [34].

Çizelge 3.6 : EO-1(ALI-Hyperion) uydusunun teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	7.7
Radyometrik Çözünürlük (bit)	16
Spektral Band (μm=mikron)	220 Band \rightarrow 0.40-2.50
Yersel Çözünürlük (m)	30

3.2.6. QuickBird 2

QuickBird 2 bilgisinden multispektral bantlar için 2.5m.'lik, pankromatik band içinse 0.61 m.'lik çözünürlükte görüntüler sağlanabilmektedir. Standart işlemler dair ürünler için multispektral 3.0 m pankromatik ise 0.70 m çözünürlük sağlamaktadır. Lakin, QuickBird 2 verisi ile işlenmiş görüntülerde 0.61 m'lik hassas çözünürlüklü veriler elde edilebilir.

QuickBird 2, petrol ve gaz aramaları, değişim tespiti ve analizi, ormancılık ve büyük orman yangınlarından korunma, su baskını haritalaması, varlık ve özellik tanımlaması, acil durum yardım ve cevaplama, çevresel gözlem ve denetim gibi faaliyet sahalarında tercihen kullanılmaktadır [34].

Çizelge 3.7 : QuickBird 2 uydusunun teknik özellikleri [34]

Şerit Genişliği (km)	16.5	
Radyometrik Çözünürlük (bit)	11	
Spektral Band (μm=mikron)	Blue	Band 1 - 0.45-0.52
	Green	Band 2 - 0.52-0.60
	Red	Band 3 - 0.63-0.69
	NIR	Band 4 - 0.76-0.89
	PAN	Band 5 - 0.44-0.90
Yersel Çözünürlük (m) (PAN = pankromatik) (MS = multispektral)	PAN - 0.63 MS - 0.73	

3.2.7. IKONOS

IKONOS dünya yüzeyine ticari görüntü ileten uydular arasında Quickbird uydusundan sonraki en hassas olan uydudur. Hassas çözünürlüğe haiz, siyah-beyaz (pankromatik), çok bantlı, üç boyutlu (stereo), renkli (spektral) görüntüler; harita merkezli verilerin bir araya getirilmesi için tercih edilir. Uydu görüntülerinin yer istasyonlarıyla beraber kullanımı, haritalama ve doğru mevki tayini faaliyetlerine yönelik kusursuz bir ortam hazırlar. Uydu tamamıyla hareket halindedir, bu görüntü elde edilmesinde esneklik sunar. Bahse konu uydu, ± 85 derece paralelleri içerisinde algılama yapabilmektedir. IKONOS görüntüleri, haritalama ve CBS formatları ile uyumaktadır. Doğal afet yönetimi, tarım ve orman uygulamaları, mühendislik, doğal kaynakların kent ve kırsal kesimler için haritalanması, inşaat ve madencilik gibi birtakım çalışma sahalarında kullanılabilir [34].

Çizelge 3.8 : IKONOS uydusunun teknik özellikleri [34]

Şerit Geniş liği (km)	11	
Radyometrik Çözünürlük (bit)	11	
Spektral Band (μm=mikron)	Blue	Band 1 - 0.45-0.53
	Green	Band 2 - 0.52-0.61
	Red	Band 3 - 0.64-0.72
	NIR	Band 4 - 0.77-0.88
	PAN	Band 5 - 0.45-0.90
Yersel Çözünürlük (m) (PAN = pankromatik) (MS = multispektral)	PAN - 1 MS - 4	



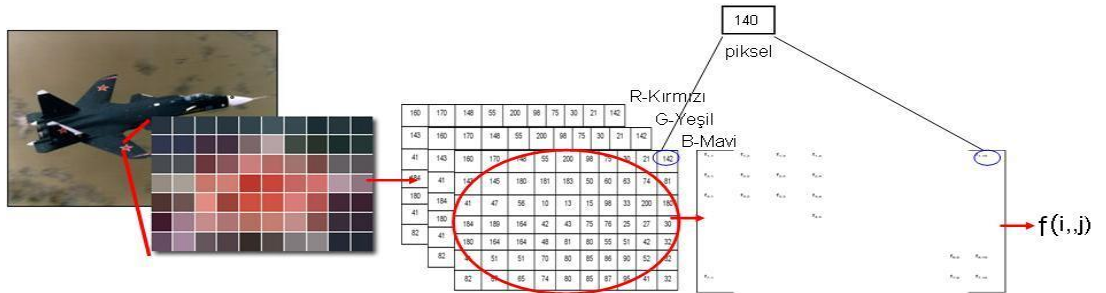


4. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

Sayısal görüntünün işlenmesi, görüntülerden bilgi elde edilmesi amacıyla icra edilen sayısal işleme ve görsel yorumlama metotlarını içerir. Dijital görüntü işleme, temelinde komplike matematik hesaplamalarına dayanan oldukça geniş bir alandır. Bu bölümde uzaktan algılamada kullanılmakta olan ana sayısal görüntü işleme metotlarına yer verilmiştir. Sayısal görüntülerin uzaktan algılamaya konu teşkil etmesi, 1960'lı yıllara kadar sayısallaştırılmış uçağa monte edilmiş çok bantlı tarayıcılardan elde edilen verilerle ve analog hava fotoğrafları ile sınırlı kalırken, esas gelişimine ilk Landsat uydusunun 1972 yılında uzaya fırlatılması başlamış ve halen de gelişimini sürdürmektedir [14].

4.1. Dijital Görüntü

Sayısal görüntü, bir matris ($f(i,j)$) olarak ifade edilmektedir. Söz konusu görüntü matrisine ait her bir eleman da piksel ismiyle adlandırılır. Matris indekslerinden i ve j pikselin görüntüdeki konumunu, $f(i,j)$ ise söz konusu piksele denk gelen yeryüzü alanının belirli bir spektral bant dahilindeki hesaplanmış değeri ifade eder. Söz konusu değer genellikle piksele ait sayısal değeri ifade eden DN olarak belirtilir. Şekil 4.1'deki gösterimde yer alan işaretlenmiş pikselin değeri 140 olarak belirtilmektedir. DN, sayısal görüntünün radyometrik çözünürlüğüyle ilintili olarak 0 ile 2^{n-1} aralığında bir değer olabilir [31].



Şekil 4.1 : Dijital görüntünün matris ve piksel olarak gösterimi

DN değerleri radar verilerinde geri yansıtılan enerjinin şiddetiyle ilintili olarak hesaplama ile elde edilen geri yansıtım katsayısı σ_0 'ı (σ_0) ifade ederken, optik görüntülerde ise yeryüzündeki belli bir bölgenin yaydığı ya da yansıttığı enerjiye karşılık gelir.

Sayısal görüntüyü meydana getiren σ_0 değerlerinin, DN ya da piksellerin bulunma sıklığına (frekans) yönelik durumunu ifade eden grafiğe histogram adı verilir. Bir sayısal görüntüyü daha iyi hale getirebilmek için evveliyetle histogramının irdelenmesi gerekmektedir [31].

4.2. Dijital Görüntü İşleme Yöntemleri

Dijital görüntü işleme metotları 4 ana başlıkta ele alınabilir. Bu işlemler sırasıyla; Ön işleme yapmak, zenginleştirmek, dönüştürmek, sınıflandırmak ve analiz etmektir [28].

4.2.1. Ön işleme

Ön işleme, verilerden bilginin eksiksiz bir şekilde elde edilebilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan hazırlıkları kapsar. Söz konusu işlemler geometrik ve radyometrik olmak üzere iki başlık altında ele alınmaktadır.

4.2.1.1. Radyometrik düzeltme

Radyometrik düzeltmeler, Atmosferik koşullara, DN değerlerinde yer alan güneş ışığının geliş açısına, uydunun ve algılayıcının görüntüleme süresindeki geometrisine, algılayıcıdan kaynaklı gürültüye bağlı etkileri yok etmek veya asgari düzeye indirmek amacıyla tatbik edilirler. Görüntünün algılama zamanındaki şartlara ve hangi uydunun verisi olduğuna göre farklılık arz ederler. Görüntüden yayılma ya da mutlak yansıma değerlerini elde edebilmek amacıyla değerlerin birbirine dönüşümlerine ve kalibrasyon benzeri radyometrik iyileştirmelere gereksinim duyulmaktadır [28].

Radar bilgilerinde hesaplanan geri yansıtılan enerji değerlerini, uydunun algılama karakteristiğine paralel şekilde radar geri yansıtım katsayısı " σ_0 " değeri olarak ifade etme prosedürü radar bilgisinin kalibrasyonu şeklinde adlandırılan bir radyometrik düzeltme ameliyesidir. σ_0 değerini elde edebilmek için DN bilgileri ilk önce algılayıcının enerji kazanım değerleriyle paralel olarak radar geri yansıtım parlaklık değeri " β_0 " değerine dönüştürülmesi gerekir. Genellikle söz konusu dönüştürme işleminde kullanılan formül:

$$\beta_j0=10*\log_{10}[(DN_j^2+A_0)/A_j] \quad (4.1)$$

β_j0 = piksele ait radar geri yansıtım parlaklık değeri, beta0

A_0 = Sensörün enerji kazanım sabiti

A_j = Her bir piksele ait enerji kazanım faktörü

Bu dönüştürme sonucuyla algılayıcının enerji kazanım karakteristiğine bağlı olarak düzeltme tabii tutulan değerler aşağıda yer alan formül vasıtasıyla algılayıcı ve yeryüzü geometrisine uygun olacak şekilde düzeltilecektir.

$$\sigma_j0= \beta_j0+10*\log_{10}(\sin I_j) \quad (4.2)$$

β_j0 = piksel radar geri yansıtım parlaklık değeri, beta 0

I_j = enerji geliş açısı

Sigma0 ve beta0 değerleri (dB) desibel olarak ifade edilir [31].

Kalibre edilen verilerdeki radar geri yansımalarını açıklayabilmek ve hesaplanan geri yansıtım eğrilerinin doğrul olduklarını kontrol etmek amacıyla Çizelge 4.1’de yer alan ortalama radar geri yansıtım parlaklık kıymetleri göz önünde bulundurulmaktadır [35].

Çizelge 4.1 : Kalibrasyonu yapılmış radar geri yansıtım değerleri ve muhtemel sebepleri

Geri saçılım seviyesi	Olası nedenler
Çok yüksek geri saçılım (-5dB üzeri)	<ul style="list-style-type: none"> - Su altındaki orman örtüsü - İnsan ürünü cisimler - Oldukça düşey açıyla bakan radar - Oldukça pürüzlü yüzey - Radara doğru olan arazi eğimleri
Yüksek geri saçılım (-10 ila 0dB)	<ul style="list-style-type: none"> - Yoğun bitki örtüsü, örn., orman örtüsü - Pürüzlü yüzey
Orta geri saçılım (-20 ila -10dB)	<ul style="list-style-type: none"> - Orta büyüklükteki bitki örtüsü, (örn., çalılık, tarımsal ürünler) - Orta seviyedeki pürüzlü yüzey
Düşük geri saçılım (-20dB altı)	<ul style="list-style-type: none"> - Çok kuru materyal, örn., çöldeki kum yüzeyleri - Radara bakan arazinin eğimleri - Düz yüzeyler, örn., su yüzeyleri, yol

4.2.1.2. Geometrik düzeltmeler

İşleme tabi tutulmamış uydu görüntüleri, algılayıcı platformun hızındaki değişimlerden, yüksekliğinden ve konumundan ve atmosferik kırılma ile yeryüzü eğriliği gibi birtakım sebeplerden ötürü geometrik distorsiyonları barındırır. Geometrik korelasyonlar vasıtasıyla söz konusu distorsiyonlardan kurtulma amaçlanır [31].

Geometrik düzeltme iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, sistematik distorsiyonlara neden olan hata kaynakları matematiksel olarak modellenir ve düzeltme işlemine tabi tutulur. Söz konusu matematiksel modeller oluşumunda algılayıcının fiziksel parametrelerinden istifade edilir. İkinci aşamada ise bilinmeyen sistematik distorsiyonlar vasıtasıyla sistematik olmayan distorsiyonların yok olması hedeflenir. Bu kapsamda algılayıcı platformuna ait hız bilgileri, yükseklik, yörünge, ve yer kontrol noktalarından yararlanılarak görüntü sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki dönüşüm için ihtiyaç duyulan matematiksel modellemeler yapılır [31].

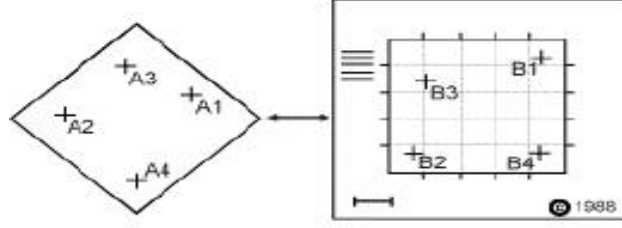
Ham görüntünün bahsedilen prosedürler sonucunda dönüştürülmesine işlemine genel manada geometrik kayıt denilmektedir. Var olan görüntünün başka bir görüntüye bağlı olarak düzeltilmesi de bir geometrik kayıt faaliyetidir. Bu faaliyetin görüntünün belli koordinat sistemi üzerine oturtulması amacıyla icra edilmesine rektifikasyon adı verilir [31].

Rektifikasyon faaliyeti sırasıyla;

1. Yer kontrol noktalarını (YKN) saptanmak,
2. Yer kontrol noktalarının yer koordinat değerleri ve görüntü arasında oluşturulan eşitliklere bağlı o dönüşüm modelini yapmak ve uygulamak,
3. Yeni geometriye haiz nihai görüntünün DN değerlerini yeniden örnekleme

adımlarından meydana gelmektedir [31].

İlk adımda tespit edilecek yer kontrol noktaları Şekil 4.2’de belirtildiği üzere koordinatlarının bilinmesi ve görüntünün bütününe homojen bir şekilde dağılmış olması gerekir.



Şekil 4.2 : Geometrik Kayıt faaliyeti [28]

İkinci adımda , ilk etapta tespit edilen yer kontrol noktalarından istifa ederek aşağıda sunulan ana eşitliklerden dönüşüm modeli oluşturulmaya çalışılır.

$$X = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N P_{i,j} x^i y^j \quad (4.3)$$

$$Y = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N Q_{i,j} x^i y^j$$

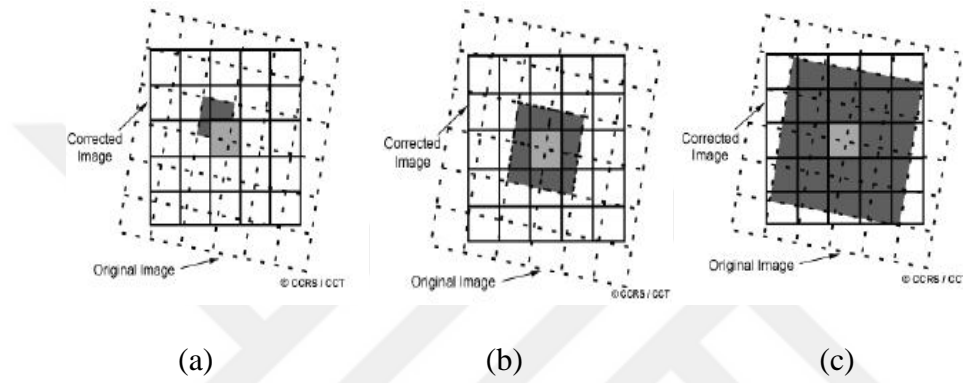
Eşitlikte yer alan, (X,Y) yer koordinatlarını, (x, y) ise görüntü koordinatlarını belirtmektedir. Oluşturulan dönüşümün doğruluğunu kontrol etmek maksadıyla Karesel Ortalama Hata'dan (KOH) yararlanılır. KOH, yer kontrol noktasının dönüşüm sonrası konumu ile görüntüdeki konumu arasındaki uzaklığını ifade eder. Konum doğruluğunun gerçeğe yakın olması yer koordinatlarının doğruluğunun gerçeğe yakın olarak belirlenmesine ve yer kontrol noktalarının doğru olarak seçilmesine bağlıdır [31].

Rektifikasyonun son aşaması ise yeniden örneklemedir. Söz konusu işlem için 3 esas yöntem kullanılmaktadır.

- En yakın komşuluk yöntemi: Korele edilmiş görüntünün piksel değerlerine orijinal görüntüde yer alan en yakın pikselin tayin edilmesi ile ulaşılmaktadır (Şekil 4.3a). Hesaplama kolaylığının aksine, orijinal piksel değerlerinin çıktı görüntüsü üzerine atanması esnasında meydana gelen kaymalar sebebiyle görüntüde kopmalar meydana gelmesi bu metodun dezavantajı olarak değerlendirilir.
- Bilineer enterpolasyon yöntemi: Bu yöntemde, orijinal görüntüdeki en yakın dört adet pikselin ağırlıklı ortalamasından düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri hesap edilir (Şekil 4.3b). Geometrik hassasiyeti daha fazla olsa da

orijinal piksel değerlerinde değişiklik göstermesi bu metodun dezavantajı olarak değerlendirilir.

- Kübik enterpolasyon yöntemi: orijinal görüntüdeki en yakın onaltı pikselin ağırlıklı ortalamasından düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri hesap edilir (Şekil 4.3c). Bu yöntemin geometrik doğruluğu en yüksek olsa da orijinal piksel değerlerinin değişmesi ve işlem süresinin uzun olması dezavantajları olarak değerlendirilir [31].



Şekil 4.3 : Yeniden örnekleme yöntemleri; a) En yakın komşuluk yöntemi b) Bilineer enterpolasyon yöntemi c) Kübik enterpolasyon yöntemi [28]

4.2.2. Görüntü zenginleştirme işlemleri

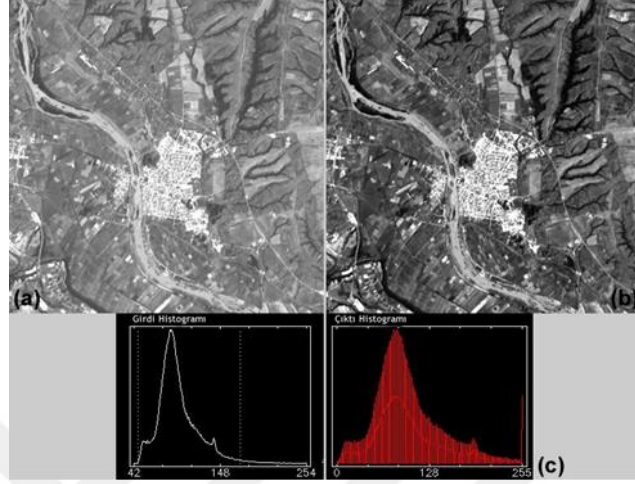
Sayısal görüntünün görsel anlamda zenginleştirilerek daha iyi irdelenebilmesi amacıyla kullanılan metodların başında görüntünün kontrast arttırımı ile filtreleme yer almaktadır.

4.2.2.1. Kontrast arttırımı

Ham görüntülerde istifade edilebilir veri genellikle değerlerin tamamı (8 bitlik görüntü için 0-255) aralığında küçük bir kısımda yoğunlaşmaktadır. Kontrast düzeltmesi ile hedeflenen, söz konusu kullanılabilir aralığı genişletmek suretiyle görüntü üzerinde hedeflenen cisimler ile geri planda arasında gerekli kontrastı oluşturabilmektir [36].

Kontrast düzeltmesi için ilk önce görüntünün histogramının incelenmesine ihtiyaç vardır. Ham görüntünün histogramının özelliğine ilintili olarak tatbik edilebilecek çok

değişik iyileştirme metotları mevcuttur [36]. Şekil 4.4’de lineer kontrast düzeltmesi kullanılarak oluşturulan görüntü ile söz konusu görüntüye ait histogramındaki farklılıklar yer almaktadır.

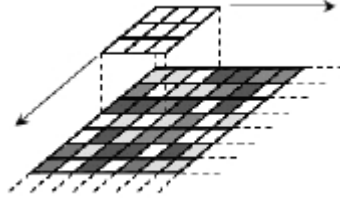


Şekil 4.4 : Kontrast arttırımı a) İşlenmemiş görüntü b) İşlenmiş görüntü
c) Görüntü histogramları [28]

4.2.2.2. Filtreleme

Filtrelemede görüntüde bulunan çeşitli fiziksel karakteristikler arasındaki ayrımı öne çıkaracak görüntünün görsel olarak yorumlanabilmesini artırmak hedeflenmiştir. Filtreleme vasıtasıyla çizgisel objeler ve kenar çizgileri vurgulanabileceği gibi görüntüdeki benek etkisi, gürültü faktörü gibi düzensizlikler de çıkarılabilmektedir [36].

Filtreleme faaliyeti, genellikle 3x3 ya da 5x5 gibi tekli boyutlardaki bir matrisin, görüntü matrisi üzerinde ilerletilerek, üzerine denk gelen piksel değerleri ile matris elemanları ile arasında filtrenin özelliğiyle alakalı olarak gerçekleştirilen matematiksel hesaplama neticesinde, filtre merkezine denk gelen görüntü pikselinin yeni piksel değeri olarak hesaplanması işlemidir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Filtreleme işleminine ait şematik gösterim [28]

Sayısal uydu görüntülerinde istifa edilen filtreleri başlıca yüksek geçirgenli ve alçak geçirgenli gruplamak mümkündür. Yüksek geçirgenli filtreler görüntü üzerindeki kenarları ve sınırları vurgulamak için kullanılırken, alçak geçirgenli filtreler ise görüntüde yer alan gürültüyü yok etmek, görüntünün ayrıntı olarak daha düzenli hale gelmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır [36].

Görüntünün öne çıkarılması arzu edilen ya da iyileştirilmesi istenen ayrıntılara yönelik özel olarak geliştirilmiş filtreler de bulunmaktadır. Bilhassa radar görüntülerindeki gürültüyü ve benek etkisini yok etmek amacıyla faydalanılan kimi özel filtreler aşağıda sunulmuştur.

- Lee filtresi: Görüntüde yer alan keskinliği ve detayı kaybetmeden görüntüdeki gürültünün yok edilmesi amacıyla kullanılır [36].

- Geliştirilmiş Lee filtresi: Görüntünün doku karakteristiğini kayba uğratmadan görüntüde yer alan gürültünün yok edilmesi amacıyla kullanılır. Bahse konu filtre ilk önce pikselleri heterojen, homojen ve nokta hedef şeklinde gruplandırır ve her bir gruba farklı işleme tabi tutar [36].

- Frost filtresi: Görüntünün kenarlarını ve sınırlarını kaybetmeden görüntüde bulunan gürültüyü yok etmek amacıyla kullanılır [36].

- Geliştirilmiş Frost filtresi: Görüntünün doku karakteristiğini kayba uğratmadan görüntüde yer alan gürültünün yok edilmesi amacıyla kullanılır. Geliştirilmiş Lee filtesi benzer şekilde bu filtre de ilk önce pikselleri heterojen, homojen ve nokta hedef şeklinde gruplandırır ve her bir gruba farklı işleme tabi tutar [36].

- Median filtresi: Alçak geçirgenli filtredir. Görüntüdeki gürültüyü yok etmek amacıyla kullanılır. Filtre çerçevesine karşılık gelen piksellerin medyan değeri yeni piksel değeri olarak tanımlar [36].

4.2.3. Sınıflandırma

Sınıflandırma uzaktan algılamada, objelerin değişik spektral yansıtım değerleri esas alınarak orjinal görüntüde yer alan her pikselin sahip olduğu özellik grubuna ayırt edilme işlemi olarak tanımlanır. Tanıma veya ayırt etme sorunu her bir pikselin, algılama icra edilen spektral banda bağlı değişiklik arz eden sayısal değerler kümesinden istifade ile üstesinden gelinmektedir [36].

Sınıflandırmada göz önünde bulundurulması gereken ana öğeler dört adımda açıklanır:

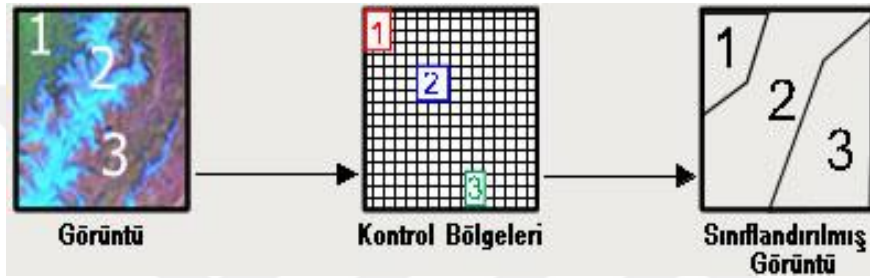
1. Dikkate alınan sınıfların yansıtım özelliklerine yönelik sınıflandırmada kullanılacak veri tarihlerinin ya da uygun bantların belirlenmesi
2. Orijinal verinin çalışma ve türüne maksadına yönelik gereken sınıflandırma algoritmasının belirlenmesi
3. Yeryüzü karakteristiğini göz önüne serebilecek güvenilir test alanlarının belirlenmesi ve incelenmesi.
4. Sınıflandırılmış görüntünün doğruluk analizinin yapılması

Sınıflandırma metotları genellikle kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki temel grup altında incelenir [36].

4.2.3.1. Kontrollü sınıflandırma

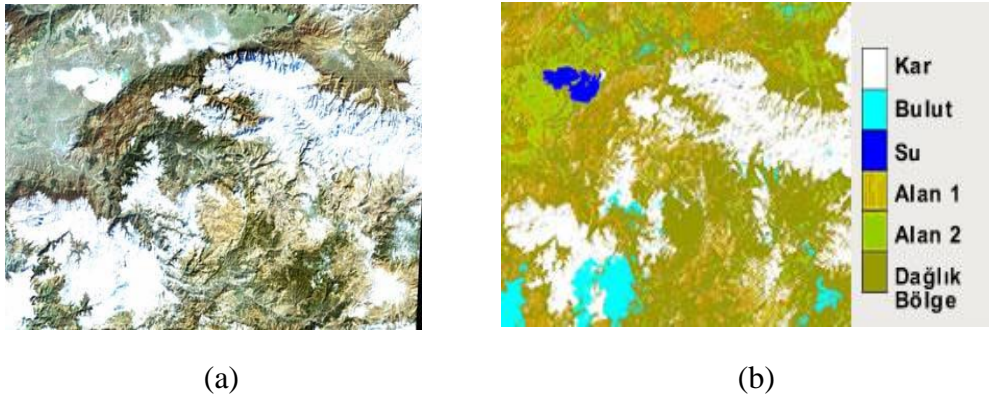
Sınıflandırılmak istenen görüntüde öncelikli olarak bilgi sınıfları (farklı yeryüzü örtü tipleri) tanımlamasına gidilir. Söz konusu bu alanlar görüntü üzerinde tayin edilen kontrol bölgelerini teşkil eder. Bu anlamda kontrol bölgelerinin belirlenmesi kontrollü sınıflandırmanın öncelikli aşamasıdır. Uygulayıcı tarafından anlamlı kontrol bölgelerinin doğru olarak tayin edilmesi sınıflandırmanın doğruluğunu da büyük nispette etkilemektedir. Her sınıfa yönelik elverişli kontrol bölgelerinin belirlenmesi tatbik edicinin çalışılan bölgeye yönelik bilgi birikimi ile yeteri kadar yardımcı verinin bulunmasıyla doğrudan orantılıdır [36].

İkinci adımda ise, sınıflandırmaya başlanılır. Sınıflandırma adımında kontrol adımında tayin edilen kontrol bölgeleri ve sınıflar sınıflandırmaya yönelik yorumlama anahtar mahiyetindedir. Bu adımda görüntü verisinde yer alan pikselin her biri en fazla benzerliğe sahip nitelikteki yeryüzü örtüsü sınıfına katılır. Şayet piksel bir kontrol data dizimi ile gerektiği kadar benzerlik arz etmiyor ise belirsiz diye adlandırılır. Söz konusu faaliyetler bütün görüntü matrisi için yapılmasını müteakip, yeryüzü örtüsüne ait sınıfların teşkil ettiği nihai görüntü matrisi meydana getirilir. Şekil 4.6’da kontrollü sınıflandırmanın safhaları sunulmuştur [37].



Şekil 4.6 : Kontrollü sınıflandırmada uygulanan işlem safhaları

Sınıflandırma işleminin nihayetinde değişik özellikte çıktı verilerine ulaşılabilmektedir. Nihai ürün genellikle tematik bir harita şeklinde tertiplenir (Şekil 4.7). Bununla birlikte sınıfların alansal büyüklükleri tablo ya da grafik olarak da hazırlanabilir. Sahip olunan tematik haritalar ve istatistiksel sonuçlar Coğrafi Bilgi Sistemlerinde oluşturmak maksadıyla altlık ve girdi olarak kullanılabilir [37].



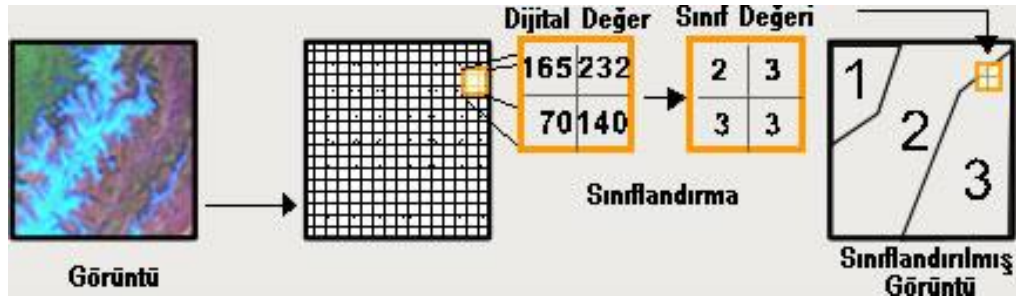
Şekil 4.7 : Uludağ, Bursa (a) Landsat TM görüntüsü, (b) Sınıflandırılmış Landsat TM görüntüsü [38]

Değişik kontrollü sınıflandırma metotları arasında en bilinen metotlar “En Çok Benzerlik” ve “En Kısa Uzaklık” sınıflandırmalarıdır.

En Çok Benzerlik metodunda bilinmeyen bir pikselin sınıflandırılmasına yönelik sınıf spektral doneleri kovaryans ve varyans değerleri sayısal bakımdan kıymetlendirilir. Söz konusu kıymetlendirmede sınıf kontrol verilerini meydana getiren noktaların dağılımının Gauss dağılımı olduğu farz edilir ve söz konusu dağılım, kovaryans matrisi ve ortalama vektör ile ifade edilir. Belli bir sınıftaki bilinen bir piksele yönelik istatistiksel ihtimalat söz konusu değişkenlere bağlı olarak hesap edilir. Her bir sınıf için yapılan olasılık hesabını müteakip, piksel en benzer olarak tayin edildiği sınıfa dahil edilir. Olasılık değerinin daha önce saptanan eşik değerinin altında kalması durumunda, piksel belirsiz olarak adlandırılır [37].

4.2.3.2. Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma metodunda, kontrol bölgeleri kullanılmaz, bunun için görüntü üzerinde belirsiz olarak tanımlanan görüntü elemanlarını irdeleyen ve görüntü DN değerlerinde bulunan kümelere ya da gruplaşmalara bağlı olarak söz konusu elemanları farklı sınıfların altında bütünleştiren algoritmalarından faydalanılmaktadır. Şekil 4.8’de kontrolsüz sınıflandırmaya ait işlem safhaları sunulmuştur [37].



Şekil 4.8 : Kontrolsüz sınıflandırmanın akış şeması

Kümeleme olarak bilinen algoritmalar, görüntü verisinde yer alan doğal spektral öbekleşmeleri belirlemede kullanılmaktadır. Kümeleme metodu tam otomatiktir. Söz konusu yöntemde sınıflara ilişkin bir ön bilgi yer almamaktadır. Bu metotta noktalar arasındaki mesafenin saptanabilmesi amacıyla Mahalonabis uzaklığı ve Öklit uzaklığı gibi uzaklık ölçütlerinden faydalanılır. Kümelemede genelde kümedeki

noktalar arasındaki mesafenin asgari, küme merkezleri arasındaki mesafenin ise azami olması esas kıstas olarak kabul edilir [37].

Kontrolsüz sınıflandırma neticesinde meydana gelen sınıflar spektral sınıflardır. Zira bu sınıflar görüntü DN değerlerindeki naturel gruplaşmalarla alakalı olduğundan, söz konusu spektral sınıfların ne olduğunun önceden bilinmesi mümkün değildir. Oluşan sınıfların doğal özelliklerinin tespiti sözü edilen bölgeye ait yersel bilgiler ya da haritalarla kıyaslamak ile mümkündür [37].

4.2.4. Doğruluk analizi

Doğruluk irdelemesi doğruluğuna kanaat getirilen coğrafi veri ile sınıflandırma sonucunun kıyaslamaya tabi tutulmasıdır. Genelde doğru değerlendirilen veriler, yer doğrulukludur. Pikselin her biri için söz konusu kıyaslamamanın icrası pratik olmaması nedeniyle grup referans pikseller seçimine gidilir [39].

Doğruluk analizi işlemlerini müteakip hata matrisinin oluşturulmasına başlanır. Hata matrisinden, sınıflandırılmış görüntü ile kontrol verisi karşılaştırmasında istifade edilir. Hata matrisi doğruluk analizi sonuçlarını gösterme zaviyesinden kabul edilebilir ve makul bir yaklaşımdır. Yer doğruluklu verilerden meydana gelen sınıflandırma verileri matris satırlarında, referans verileri ise matris sütunlarında yer alır. Matrise ait ana köşegen doğru olarak sınıflandırılmış örnekleri gösterirken, geri kalan elemanlar hatalara işaret etmektedir [39].

Hataları kıymetlendirirken 2 çeşit doğruluk kıyası kullanılır. Bunlar üreticinin doğruluğu ile kullanıcının doğruluğu ismiyle adlandırılır. Üretici doğruluğu, doğru kategorilendirilmiş örnek adedinin o sınıf için belirlenen sütun sayısına bölünmesi suretiyle elde edilir. Diğer taraftan kullanıcı doğruluğu, hatasız kategorilendirilmiş örnek adedinin bahsi geçen sınıf için belirlenen satır sayısına bölünmesiyle elde edilmektedir [39].

Ayrıca Kappa analizi de doğruluk analizlerinde başvurulan yaygın bir yöntemdir. Kappa doğruluk analizi, hata matrisinde yer alan olasılıklı doğrulukla genel doğrulukla arasındaki ayrıma dayanmaktadır. Sınıflar arası doğrulukları da ihtiva ettiğinden genel doğruluk ölçütüne nazaran daha iyidir [39].

5. ORMAN YANGINLARI VE UZAKTAN ALGILAMA

5.1. Orman Yangınları

Orman yangını; serbestçe yayılma özelliği gösteren ve orman sınırları içerisinde yaşam birlikteliğine dahil olan cansız ve canlı tüm yanabilir suşeleri mahvına neden olabilen ateş olarak tanımlanır.

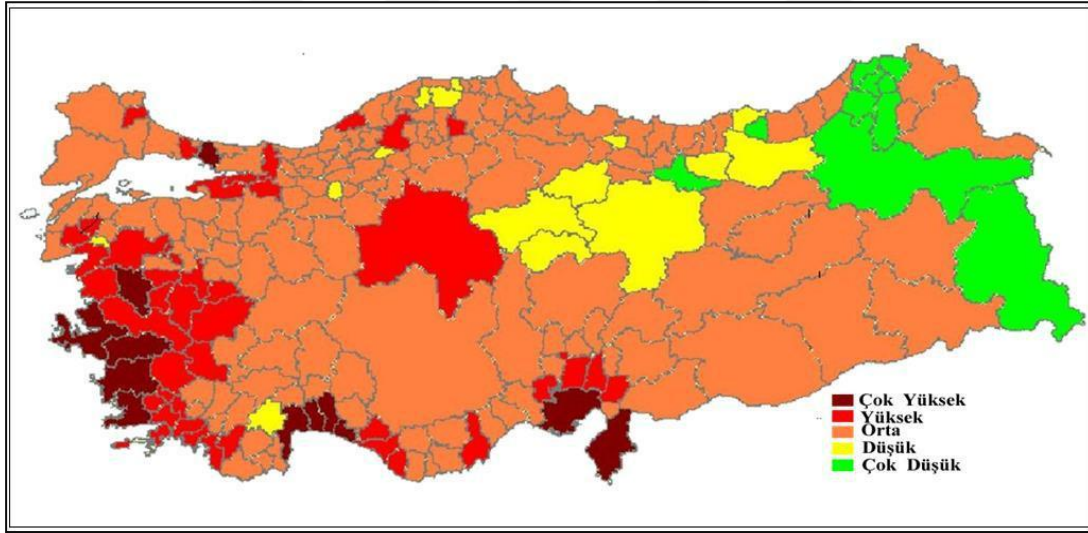
Orman yangınlarına neden olan ilk etken, ilk kıvılcımın sebep olduğu tutuşma ısıdır. 260-400 C° aralarından tutuşma gerçekleşmektedir. Bu tutuşmayı % 95-99 oranında başlatan da insandır. Orman yangınlarına neden olan ikinci etken ise oksijendir. Oksijen havada % 20 - 21 değerlerinde bulunabilmektedir. Yanma ortamındaki oksijenin % 15 seviyesinin altına düşürülmesi durumunda yanma gerçekleşmez. Büyük alanlarda bunu gerçekleştirmek olanaksızdır. Son etken ise yanıcı maddedir (yakıt). Orman yangınlarında tutuşma ve alevlenme; yakıtın devamlılığına, yakıtın tipine (ham humus, ölü ya da yeşil örtü ve istihsal artığı, gibi..), yakıtın ısıyla ilişkilidir. Yangın üçgenini kırmaya yönelik alınacak doğru kararlar, yakıtın çok iyi bilinmesi ile doğrudan alakalıdır. Ormanda yer alan yanıcı materyallerin yangın şeritlerine benzer yapılacak müdahaleler veya alınacak tedbirlerle sürekliliğinin kırılması yangın üçgenini ayırır ve yangının bulunduğu yeri terk edemez [40]. Şekil 5.1’de yangın üçgeni sunulmuştur.



Şekil 5.1 : Yangın üçgeni [41]

Dünya genelinde ve ülkemizde orman yangınları ormanlarda yapılan tahribatların başını çekmektedir. Her yıl Dünya genelinde yaklaşık 5 milyon ha orman alanı, Avrupa'da ise yaklaşık 550 bin ha orman alanı çıkan yangınlar sebebiyle tahrip olmaktadır. OGM verilerine göre, 1937 ile 2009 yılları arasında ülkemizde 86769 adet yangın meydana gelmiş ve bu yangınlar nedeniyle 1617701 ha orman alanı tahrip olmuştur [42].

Ülkemizin bilhassa Hatay'dan itibaren Akdeniz ve Ege sahil bölgelerini takip ederek İstanbul'a ulaşan sahil bandı orman yangınları bakımından oldukça riskli bölgelerdir. Bu durumdan hareketle 12 milyon hektarlık ormanlık alan (ormanlarımızın yaklaşık % 60'ına tekabül etmektedir) yangın riskinin hayli yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır [42]. Uluslararası kriterler ışığında ülkemize ait ormanlarımızın yangın risk haritası Şekil 5.2'de sunulmuştur.



Şekil 5.2 : Ormanlarımıza ait yangın risk haritası [40]

5.2. Yangın Karakteristiği ve Uzaktan Algılama

Orman yangınları, insana ve doğaya verdiği zararlar nedeniyle en vahim doğal afetlerin başını çekmektedir. Orman yangınlarının meydana gelişini ve yangın davranış karakteristiğini (yanıcı madde tüketimi, yayılma oranı ve yangın şiddeti) öngörebilmek yangınla mücadele çalışmaları bakımından oldukça önem taşımaktadır. Her iki etmenin yersel ölçümler kullanarak takip/tespit edilmeye kalkışılması halinde,

büyük çaplı işgücüne ve oldukça fazla zamana ihtiyaç vardır. Bu aynı zamanda büyük meblağların sarf edilmesini zorunlu kılar [11].

Halihazırda Uzaktan Algılama yöntemleri, yangın hareketlerinin incelenerek modellenmesi ile yangın tesirinin belirlenerek yangın davranış biçiminin açığa konması hususlarında kazanılan bilgilerin sistematik olarak kullanılmasına imkân vermektedir [43]. Bu sebeple, yangından etkilenen geniş alanlarda yangının neden olduğu tahribatın tespiti yapılması ile yangın tesirinin kıymetlendirilmesi uydu görüntüleri aracılığıyla çok kısa zamanda ve çok düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir.

5.2.1. Yanmış alanın spektral karakteristikleri

Yangından sonraki dönemde, yanmış alanın vejetasyonunun spektral karakteristiğini incelerken 2 farklı sinyalden istifade edilmektedir. İlk sinyal, kor ve kül varlığından kaynaklanırken, ikinci sinyal ise vejetasyon miktarındaki değişimlere ve vejetasyon yapısına bağlı olarak tespit edilmektedir. İlk sinyal, vejetasyon yanmasından kaynaklı meydana gelmekte ve yangın sonrasında yağmurların ve rüzgârların etkisiyle orantılı olarak birkaç haftada azalma göstermektedir. İkinci sinyal ise oldukça durağan forma haizdir, lakin yangın etkilerini tayin etmek oldukça müşkül durumdur. Bunun nedeni, bitki kanopisine tesir eden diğer etmenlerle (hayvan otlaması, böcek etkisi, ağaç kesimi) ayırt etmenin kolay olmamasıdır [44].

Yanma şiddeti ve Yanan alan tayini faaliyetlerinde, elektromanyetik spektrumun kırmızı (0.63 - 0.69 μm) bandından başlayarak kısa dalga kızıl ötesi (2.08 - 2.35 μm) bandına kadar erişen bölgeden aktif bir şekilde istifade edilmektedir [7]. Bahsedilen bölgeler arasında bulunan kısa dalga kızıl ötesi bant ile yakın kızıl ötesi bandın (NIR) gerek yanan alan tespiti ve gerekse bu alanın haritalanmasında en efektif spektral aralığa sahip olduğu çoğu araştırmacılarca da belirtilmiştir [45], [46]. Vejetasyondaki azalmayla bağlantılı olarak yangın sonrasında yakın kızıl ötesi bant yansıtımı büyük oranda azalma eğilimi göstermektedir. Diğer taraftan yakın dalga kızıl ötesi bant (SWIR) yansıtımı ise klorofilli bitkilerde meydana gelen nem azalmasıyla orantılı olarak yangından sonra artış göstermektedir [44].

5.3. Yangın Tespiti ve Sonrasında Kullanılan İndisler

5.3.1. Normalize edilmiş yanma şiddeti (NBR)

Yanan alanın tespit edilmesinde, uydu görüntülerinde istifade derlenen spektral indisler uzunca bir süredir kullanılmaktadır. Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti de yangın gözleme faaliyetlerinde en aktif kullanılmakta olan indislerdendir.

Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti indisi, kısa dalga kızılötesi ile yakın kızılötesi bantlardan istifade ile meydana getirilen matematiksel formül ile ifade edilir [47], [48]. NBR indisi, [-1 ile +1] arasında bir değerle ifade edilir.

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR}) \quad (5.1)$$

5.3.2. Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)

Yapraklarında bulunan klorofil maddesi sayesinde bitkiler fotosentez yapabilmektedir. Fotosentez esnasında, Güneş'ten gelen 0,63µm – 0,69µm dalga boyundaki elektromanyetik enerji kullanılmakta olup bu dalga boyu kırmızı ışığa karşılık gelmektedir. Bu nedenle, kırmızı ışığın yerden yansımını ölçümleyen bir uydu görüntüsü, canlı bitki örtüsü açısından yoğun olan alanlarda düşük sayısal değerlere sahiptir [49].

Orman yeşermesine ilişkin gözlemlerde, NDVI uydu görüntülerine sıklıkla başvurulmaktadır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi, kırmızı bant görüntüleri ile yakın kızıl ötesi bant görüntüler kullanılarak oluşturulmaktadır. NDVI, [-1 ile +1] arasında bir değerle ifade edilir [49].

Nihai NDVI görüntülerinde, bitkilerin yoğunlukta olduğu alanlar, yüksek piksel değerinin; bitki örtüsünün azaldığı alanlarda düşük piksel değerinin çıkması beklenir [49].

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Kızılötesi} - \text{Kırmızı}}{\text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kırmızı}} \quad (5.2)$$

5.3.3. BAI (Burn Area Index) analizi [Yanmış Alan İndeksi]

BAI analizi, yangın sonrası görüntülerdeki korlaşmış kömür sinyalinin vurgulayarak, kırmızı – yakın kızıl ötesi spektrumunda yanmış alanı açığa çıkarır. Bu indeksi uygulamadan önce, verilerin yansıma değerlerinin kalibre edilmiş olması gereklidir. [50].

$$BAI = \frac{1}{(0.1 - Red)^2 + (0.06 - NIR)^2} \quad (5.3)$$





6. ÇALIŞMA ALANI ve UYGULAMA

6.1. Coğrafi Özellikleri

- Konumu

Antalya'ya 90 km uzaklıkta bulunan Kumluca ilçesi, coğrafi olarak Akdeniz Bölgesi'nin Batı Akdeniz Bölümü'nde, Antalya Körfezi ve Fethiye Körfezi kestirimine denk gelen ve Teke Yarımadası olarak adlandırılan bölgede Akdeniz'e doğru uzanan çıkıntı üzerinde bulunmaktadır. İlçenin yüzölçümü 1253 km² olup İlçenin doğusu Kemer ilçesi, batısı Finike ilçesi, güneyi Akdeniz, kuzeyi Korkuteli ilçesi, batı ve kuzeybatı yönünde de Elmalı ilçesi ile çevrelenmiştir [51].

- Yeryüzü Şekilleri

Kumluca, üç taraftan dağlarla çevrilmiş, denizden kuzeye doğru uzanarak gelen bir ova üzerine konuşlanmıştır. Bahse konu ovanın doğusunda Mavikent Kasabası yer alırken Ova üzerinde ilave altı köy daha bulunmaktadır. Kuzeydeki dağlar Beydağları'na doğru giderek yükselmekte ve bu durum engebeli bir arazi oluşumuna sebebiyet vermektedir. En önemli dağları; kuzeyde Daz Dağı, Çömekli Dağı ve Teke Dağı, doğuda Çatal Tepeler, Baldıranlı, Musa Dağları ve Eren Dağıdır [51].

- Jeolojik Yapısı

İlçe merkezi, Gavur Deresi ve Alakır Çayı'nın sürükleyip getirmiş olduğu alüvyondan oluşan ova üzere kurulmuştur. Yer yer kum, toprak ve çakıl katmanlarından müteşekkil söz konusu ovanın oluşumu yeni sayılmaktadır. Dağ köylerinde ise, zemin hafif taşlı ve eğimli, ancak genellikle verimli bir toprak yapısına sahiptir [51].

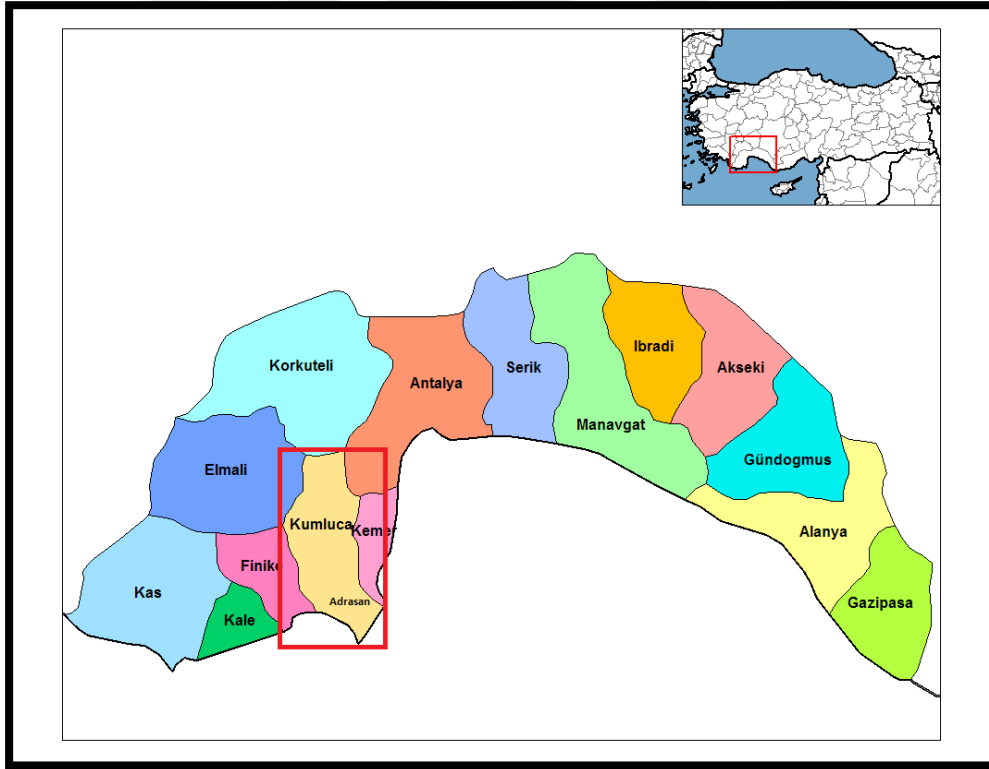
- İklimi

Kumluca Akdeniz iklimi tipik özellikleri taşıyan iklime sahiptir. Burada yazın sıcak ve kurak, kışın ılık ve yağışlı bir iklim koşulu hakimdir. Genellikle ilçe merkezine kar yağmaz. Ancak Büyükalın, Kuzca, Dere, Altınyaka, Karacaören ve Gölcük Köyü'nün yüksekteki yerlerine kış ayları süresince kar yağmaktadır [51].

- Bitki Örtüsü

Oldukça zengin bitki örtüsüne sahip Kumluca, Batı, doğu ve kuzey taraflarında ormanlık sahalara ve yüksek kesimlerde yaylalara sahiptir. Ormanlık sahaların eteklerinde maki ve yapraklı türleri bulunurken, yükseldikçe doğru yapraklı ve iğneli ağaç türleri, çok yükseklerde ise iğneli ağaçlar bulunmaktadır. Kimi dağ zirvelerinde ağaç bulunmamaktadır. Ormanlık alanlarda en çok yabancı armut, çam, meşe, sedir, gök ağaç ardıç, çınar yabancı zeytin gibi ağaçlar bulunmaktadır [51].

Şekil 6.1.'de Antalya İli, Kumluca İlçesi orman yangınlarının gerçekleştiği yerler gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : Antalya İli, Kumluca İlçesi Adrasan Mevkii Yangın Alanı [52]

6.2. Uygulama

Bu çalışmada, Antalya, Kumluca orman yangını ele alınmıştır. Antalya Kumluca yangını, 24.06.2016 tarihinde çıkmış ve 29.06.2016 tarihinde söndürülmüştür. 36° 22' 13" Kuzey ile 30° 17' 12" Doğu koordinatlarında yer alan, Kumluca'da OGM (Orman Genel Müdürlüğü) verilerine göre 540 ha orman kül olmuştur.

Bu çalışmada, Landsat 8 OLI / TIRS uydu görüntülerinden istifade edilmiştir. Veriler USGS (United States Geological Survey) portalında ücretsiz olarak elde edilmiştir.

Bu çalışmada, 24.06.2016 tarihli Antalya- Kumluca Yangını, etki alanı farklı zamanlardaki uydu görüntüleri yardımıyla, bulunmaya çalışılmıştır.

Çalışmada, Landsat uydusuna ait 6 adet görüntü kullanılmış ve Çizelge 6.1'de uydu görüntülerinin temin edildiği zamanlar belirtilmiştir.

Çizelge 6.1 : Landsat 8 Uydu görüntüsü tarihleri

(Yangın Öncesi)	(Yangın Sonrası)
19 Nisan 2016	08 Temmuz 2016
06 Haziran 2016	24 Temmuz 2016
22 Haziran 2016	09 Ağustos 2016

6.2.1. Görüntülerin ön işlenmesi

Bu çalışmada görüntüler, ENVI yazılımı kullanılarak, ortorektifiye edilmiştir. Ortorektifikasyon için yeterli GCP (Yer Kontrol Noktası) bulunmadığından sadece DEM (Sayısal Yükselik Modeli) dosyası yardımıyla yeni bir dosya oluşturulmuştur.

Verideki piksel değerleri, 0-1 aralığında olmadığından yansımaya (reflektans) değerleri değil de DN (Digital number) olduğu kabul edilmiştir. “NIR band filtreleme” ve “NDVI”, “Yanan Alan İndeksi (BAI)” analizi için bantların piksel değerlerinin DN'den reflektansa çevrilmesi gerekmektedir. Ancak araziden elde edilen yansımaya değerleri de bulunmadığından, görüntüler için “dahili ortalama göreceli yansımaya ayarı (IAR Reflectance Correction)” yapılmıştır. Bu işlem, kısaca görüntülerdeki piksel

değerlerini, ortalama spektruma çekme / dönüştürme işlemidir. Özellikle, görüntü hakkında çok bilgi olmadığı, yersel yansıma ölçümlerinin bulunmadığı verileri göreceli yansıma değerlerine dönüştürmek için kullanılan bir yöntemdir. Tüm görüntüden ortalama bir spektrum hesaplanır, referans spektrum olarak kullanılır ve görüntünün her pikselindeki değerler bu spektrum değerine bölünür [45].

Temin edilen görüntüler, UTM Koordinat Sistemi olan WGS-84 Datumuna dönüşümü yapılarak en yakın komşuluk metodu vasıtası ile yeniden örnekleme yoluna gidilmiştir.

6.2.2. Yanan alan tespiti

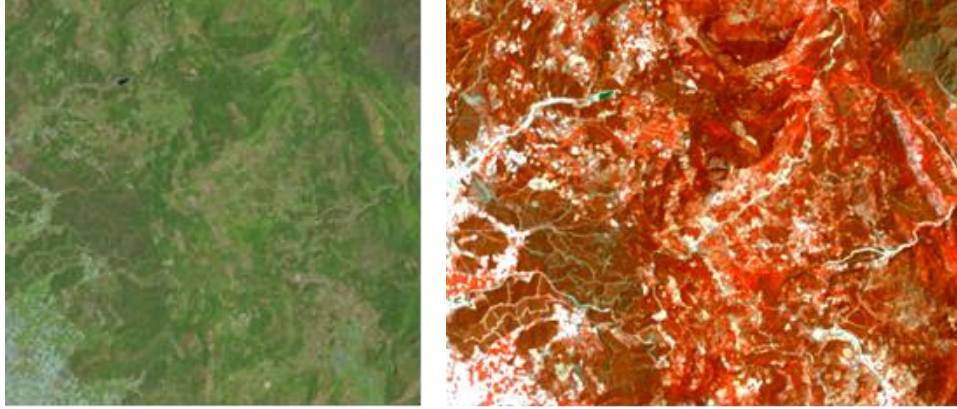
Uydu görüntülerinin kıymetlendirilmesinde görsel yorumlama hayati önem taşımaktadır. Yanmış alanları tayin etmek maksadıyla, en efektif bant kombinasyonun kullanılmasına gayret sarf edilmiştir. Bu anlamda, literatürde sıkça kullanıldığı tespit edilen 4,2,1 (RGB: Near IR, Green, Blue) band kombinasyonu tercih edilmiştir. Yanan alan ve yakın civarından “görünüm alt kümesi” oluşturulmuştur.

Ayrıca, tüm analiz ve filtreleme işlemlerinde yangın alanı yakın civarını kapsayan bir vektör ilgi alanı ROI (Region of Interest) kullanılmıştır.

6.2.3. Farklı yöntemler ile yanan alan hesaplamaları

Öncelikle, NIR Band Değer Aralığı Maskesi 0.6 ve 1.2 değerleri arasında filtrelenmiştir. Ardından, NDVI analizi gerçekleştirilmiş ve daha sonra yeni oluşturulan NDVI band değer aralığı filtrelenerek yeni bir maske oluşturulmuştur. Son olarak, BAI hesaplanmıştır.

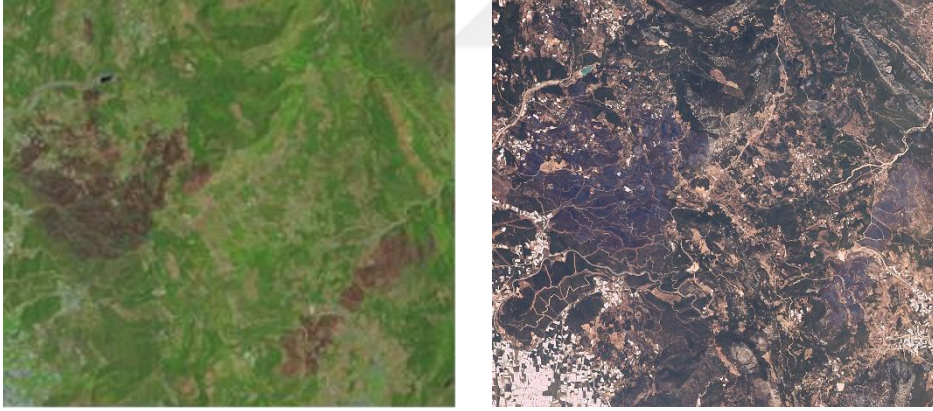
Buna göre arazi kontrolü yapılmadan en doğru ve kapsamlı sonuç NIR bandının maskesinin filtrelenmesinden elde edilmiştir. Farklı yöntemlerle elde edilen sonuçlara göre yanan alan miktarı aşağıda verilmiştir.



(a)

(b)

Şekil 6.2 : Landsat 8 Uydusu (a)Yangın öncesi orjinal görüntü, (b)Yangın öncesi RGB görüntüsü



(a)

(b)

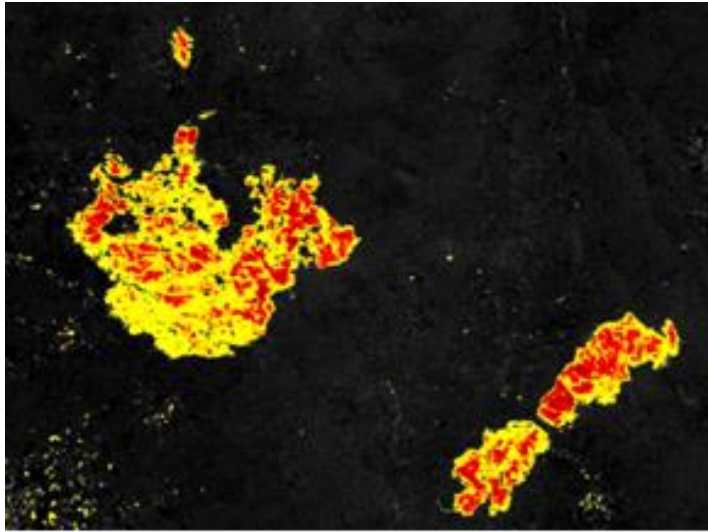
Şekil 6.3 : Landsat 8 Uydusu (a)Yangın sonrası orjinal görüntü, (b)Yangın sonrası pansharp görüntüsü



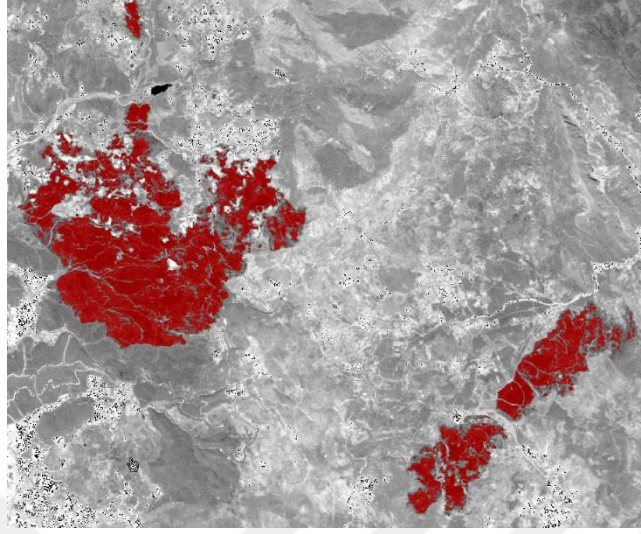
(a)

(b)

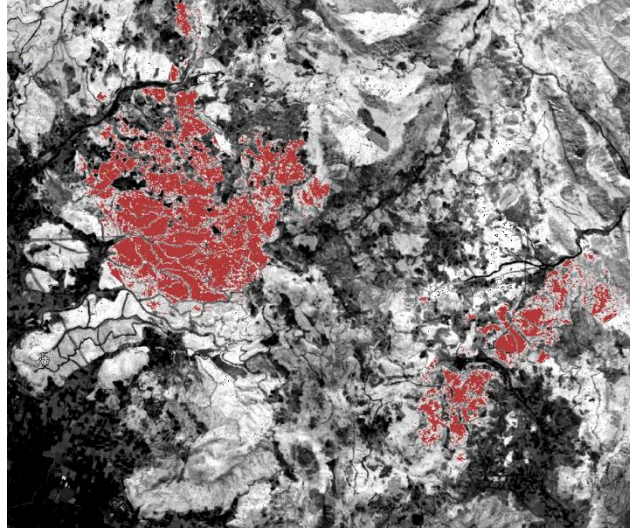
Şekil 6.4 : Landsat 8 Uydusu (a)Yangın sonrası RGB görüntüsü, (b)Yangın sonrası RGB görüntüsü



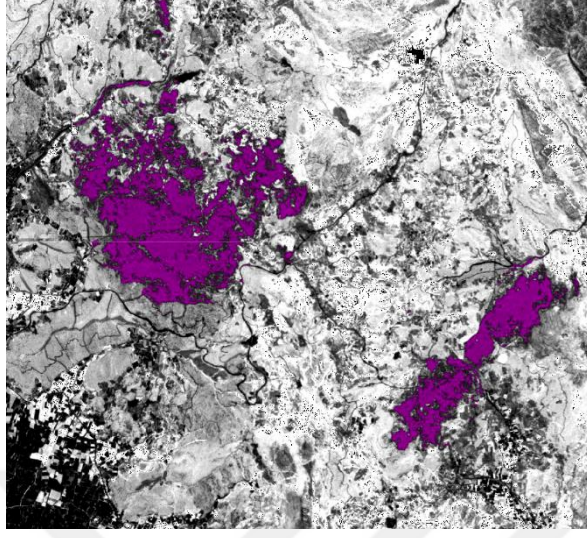
Şekil 6.5 : Yangın öncesi ve sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış NBR Analizi



Şekil 6.6 : Yangın sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış NIR band filtrelemesi

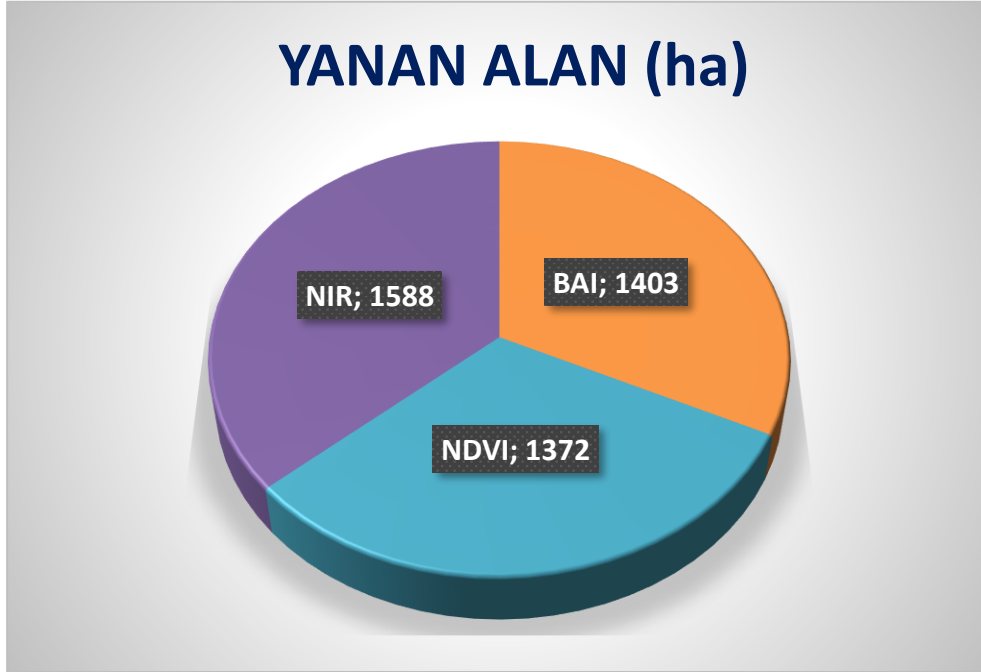


Şekil 6.7 : Yangın sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış BAI hesabı



Şekil 6.8 : Yangın sonrası Landsat 8 uydu görüntülerinden yapılmış NDVI analizi filtrelemesi

Çizelge 6.2 : Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Yanan Alan Değerleri



7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal dengenin tesisinde kritik öneme haiz nitelikteki ormanların, çevresel ve ekolojik faydaları itibariyle ciddi biçimde korunması gerekmektedir. Bütün Dünya’da ve benzer şekilde ülkemizde de ormanlara yapılan tahribatın başını orman yangınları çekmektedir. Özellikle orman yangınlarına yönelik en elverişli koşullara haiz olan Akdeniz bölgesinde, söz konusu doğal tehdite karşı hazırlıklı bulunulmalı ve alınacak gerekli önlemler yangın sonrası hasar tespitini belirleme işlemleri ve yangın yönetimi sistematik bir şekilde uygulanmalıdır.

Bu çalışmada, ülkemizde Akdeniz bölgesinde yer alan Antalya Kumluca bölgesinde meydana gelen orman yangını uzaktan algılama yöntemleri yardımıyla analiz edildi. Orman yangınlarının tespitinde özellikle Landsat uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğünün daha yüksek olması nedeniyle yanma şiddeti tespiti ve yanan alan tespitinde daha etkili sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, orman yangınında, yanan alan ve yanma şiddeti tespiti Landsat 8 OLI / TIRS uydu görüntüsü indisleri ile en yakın komşuluk yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi.

Çalışma kapsamında ele alınan Kumluca yangınında, OGM verilerine göre 540 ha orman alanının tahrip olduğu belirtilmiştir. Ancak yapılan analizler sonucu, yanan alan (NDVI) değeri 1372 ha, yanan alan (BAI) değeri 1403 ha ve yanan alan (NIR) değeri 1588 ha olarak hesaplanmıştır. Buna göre, en doğru ve kapsamlı sonucun NIR bandının maskesinin filtrelenmesinden elde edildiği görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] **Ertuğrul M.**, (2005). Orman Yangınlarının Dünyadaki Ve Türkiye'deki Durumu, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 7 (7), 43-50.
- [2] **Türkeş, M.; Altan, G.**, (2012). Çanakkale'nin 2008 yılı büyük orman yangınlarının meteorolojik ve hidroklimatolojik analizi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 10 (2), 195-218.
- [3] **Bilici, E.** (2008). "Orman Yangın Emniyet Yolları ve Şeritleri ile Orman Yol Şebekelerin Entegrasyonu, Planlamaları ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma (Gelibolu Milli Parkı Örneği)" (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- [4] **Arıcak, B., Enez, K., Küçük, Ö.**, (2012). Uydu Görüntüsü Kullanarak Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 220
- [5] **Lasaponara, R., Lanorte A.**, (2007b). Remotely Sensed Characterization of Forest Fuel Types by Using Satellite ASTER data, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 9, pp. 225–234.
- [6] **Gitas, I., Desantis A.**, (2009). Remote Sensing of Burn Severity, *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystem*. In: E. Chuvieco (Ed.), 129, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg
- [7] **Hall, R.J., Freeburn, J.T., De Groot, W.J., Pritchard, J.M., Lynham, T.J., Landry R.**, (2008). Remote Sensing of Burn Severity: Experience from Western Canada Boreal Fires, *International Journal of Wildland Fire*, 17 (4), pp. 476–489.
- [8] **Lanorte, A., Lasaponara, R.; Lovallo, M.; Telesca, L.**, (2014). Fisher–Shannon information plane analysis of SPOT/Vegetation Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series to characterize vegetation recovery after fire disturbance. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinfç*, 26, 441–446.
- [9] **Escuin, S., Navarro, R., Fernández, P.** (2008). Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images *International Journal of Remote Sensing*, 29 (4), pp. 1053-1073.
- [10] **Miller, J.D., Thode A.E.**, (2007). Quantifying Burn Severity in A Heterogeneous Landscape with A Relative Version of The Delta Normalized Burn Ratio (dNBR), *Remote Sensing of Environment*, 109, pp. 66–80.

- [11] **Yavuz, M.; Sağlam B.,** (2011). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanılması, *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, 1254-1264.
- [12] **Tekeli A. E., Sönmez G., Erdi E., Arslan M, Çukurçayır M. L., Demir F.,** (2007).Orman yangınlarının uzaktan algılama teknikleri ile tespit çalışmaları, TMMOB Afet Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 5-7 Aralık 2007, 177-184, Ankara, Türkiye
- [13] **Mather, Paul M.,** 1987: Computer Processing of Remotely-Sensed Images, John Wiley & Sons Inc, Great Britain.
- [14] **Lillesand, T. M. -Kiefer, R.W.,** 1987: Remote sensing and Image Interpretation. John Willey&Sons.
- [15] **Smith, L.,** 2000: Remote-Sensing Technologies, GIS Lounge, Alındığı tarih: 01.10.2017, adres: <http://gislounge.com/features/aa121900.shtml>
- [16] **Nowatzki, J., Andres, R., Kylo, K.,** 2004: Agricultural Remote Sensing Basics, Alındığı tarih: 01.10.2017, adres: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/gis/ae1262w.htm>
- [17] **Liew, Dr. S. C.,** 2002: Principles of Remote Sensing, CRISP (Center for Remote Imaging Sensing and Processing, Alındığı tarih: 03.10.2017, adres: www.crisp.nus.edu.sg/~research/
- [18] **Schneider, David J.,** 2007: Remote Sensing of the Global Environment, Michigan Technological University, Alındığı tarih: 03.10.2017, adres: <http://www.geo.mtu.edu/rs/back/spectrum/>
- [19] **Hyperphysics,** 2005: Electricity and magnetism, Electromagnetic spectrum, Georgia State University, Department of Physics and Astronomy, Alındığı tarih: 01.10.2017, adres: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/ems3.html>
- [20] **Rees, W. G.,** 1990: Topics in Remote Sensing 1-Physical Principles of Remote Sensing, Cambridge University Press.
- [21] **Url-1** <<http://rst.grfc.nasa.gov>>, alındığı tarih: 03.11.2017.
- [22] **Url-2** <<http://orbitnet.nesdis.noaa.gov/arad/fpdt/tutorial/albedo.html>>, alındığı tarih: 03.11.2017.
- [23] **Url-3** <<http://ttr.iia.mlib.cnr.it/emrad.html>>, alındığı tarih: 03.10.2017.
- [24] **Calgary,** 2003: An overview of remote sensing, Department of Geography, Alındığı tarih: 01.10.2017, adres: <http://www.ucalgary.ca/UofC/faculties/SS/GEOG/Virtual/remotaintro.html>
- [25] **Vodacek, A.,** 2002: Vegetation Optical Properties, Environmental Applications of Remote Sensing, Alındığı tarih: 05.10.2017, adres: http://www.cis.rit.edu/class/simg553_01/agriculture.html
- [26] **Emch, M.,** 2001: The Storm Project, Applications of Remote Sensing, University of Northern Iowa, Alındığı tarih: 01.10.2017, adres: <http://www.storm.uni.edu/rs/2001/>

- [27] **Url-4** <<http://www.fao.org/docrep/003/t0355e/t0355e02.htm>>, alındığı tarih: 03.11.2017.
- [28] **Url-5** <<http://www.ccrs.nrcan.go.ca>>, alındığı tarih: 03.10.2017.
- [29] **Url-6** <<http://www.uwm.edu/Course/416-403/emrad4.pdf>>, alındığı tarih: 03.10.2017.
- [30] **UTEP**, 2002: How Scanning Systems Which Acquire Remote Sensing Data Work, Alındığı tarih: 01.10.2017, adres: <http://www.geo.utep.edu/pub/keller/Resolution/Resolution.html>
- [31] **CCRS (Kanada Uzaktan Algılama Merkezi)**, 2008: Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing, Alındığı tarih: 01.11.2017, adres: http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php
- [32] **Url-7** <http://www.eurimage.com/gallery/webfiles/ls_intro.html>, alındığı tarih: 03.11.2017.
- [33] **Url-8** <<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/rsmain.html>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [34] **Url-9** <<http://portal.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=111477859>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [35] **Erbek, F. S., ve arkadaşları.**, 2005: Ürün tipi ve toprak nemi araştırmasında JERS radar uydu verilerinin kullanımı, TÜBİTAK, İÇTAG 1921.
- [36] **Url-10** <<http://www.uwm.edu/Course/416-407/emrad4.pdf>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [37] **Url-11** <<http://www.ccrs.itu.edu.tr/page.tr.php?id=14#snf>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [38] **Ünver, B., Türkan, Y. ve Özküralpli, İ.**, 2003: Calculating the areal extent of the snow cover in Uludağ-Bursa by using satellite images, Lisans Bitirme Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [39] **İspir, E.**, 2000: Uzaktan algılama yöntemleri ile Köyceğiz Bölgesindeki Sığla Ormanlarının değişim analizi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [40] **Url-12** <<http://web.ogm.gov.tr/diger/yanginhareket/Sayfalar/ormanyanginlari.aspx>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [41] **Url-13** <<http://www.kurtarir.com/Detay.aspx?SayfaID=4>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [42] **Url-14** <<http://web.ogm.gov.tr/diger/yanginhareket/Sayfalar/istatistiklerr.aspx>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [43] **Fox, L. III, Stuart, J. D.**, 1994: Detecting changes in forest condition following wildfire using image processing and GIS. ASPRS Technical Papers: 1994 ASPRS-ACSM Annual Convention, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Reno, Nevada, April 1994 (Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing), pp. 197–206.

- [44] **Pereira, J. Yotros**, 1999: Spectral characterisation and discrimination of burnt areas. Berlin: Springer-Verlag.
- [45] **Veraverbeke, S., Harris, S., Hook, S.**, 2011: Evaluating spectral indices for burned area discrimination using MODIS/ASTER (MASTER) airborne simulator data Remote Sensing of Environment, 115 (10), pp. 2702-2709.
- [46] **Lasaponara, R., Lanorte A.**, 2006: Multispectral Fuel Type Characterization Based on Remote Sensing Data and Prometheus Model, Forest Ecology and Management, 234.
- [47] **Roy, D.P., Boschetti, L., Trigg S.N.**, 2008: Remote Sensing of Fire Severity: Assessing The Performance of The Normalized Burn Ratio, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 3, pp. 112–116.
- [48] **Veraverbeke, S., Lhermitte, S., Verstraeten, W.W., Goossens, R.**, 2010: The temporal dimension of differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) fire/burn severity studies: The case of the large 2007 Peloponnese wildfires in Greece Remote Sensing of Environment, 114 (11), pp. 2548-2563.
- [49] **Kandemir, E**, 2010: “Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri ile Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar” (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, İzmir.
- [50] **Url-15** <<http://www.harrisgeospatial.com/docs/BackgroundBurnIndices.html>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [51] **Url-16** <<http://www.kumluca-bld.gov.tr/19/COGRAFYA.html>>, alındığı tarih: 05.12.2017.
- [52] **Url- 17** <<http://kosemtugce94.blogspot.com.tr/2013/12/antalya-kumluca-Itarihce-kumlucann-ilk.html>>, alındığı tarih: 05.12.2017.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Çiğdem İNAN

E-Posta : inanci@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU :

Lisans :

İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Fakültesi

Yayın Listesi :

C. Inan, S. Kent, M. Kartal, S. Kargin, Minimum Distance To Mean Classifier For Remote Sensing Applications. RAST 2015. İstanbul. 11-13 Haziran 2015.