

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ORMAN YANGINI KAYNAKLI DEĞİŞİMLERİN FARKLI
ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK TESPİT
EDİLMESİ: ANTALYA KUMLUCA ÖRNEĞİ**

Ayben BALSAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2021

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ORMAN YANGINI KAYNAKLI DEĞİŞİMLERİN FARKLI
ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK TESPİT
EDİLMESİ: ANTALYA KUMLUCA ÖRNEĞİ**

Ayben BALSAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

HAZİRAN 2021

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN YANGINI KAYNAKLI DEĞİŞİMLERİN FARKLI
ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK TESPİT
EDİLMESİ: ANTALYA KUMLUCA ÖRNEĞİ

Ayben BALSAK
UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS

Bu tez 21/06/2021 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Bekir Taner SAN (Danışman)

Doç. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU

Doç. Dr. Nusret DEMİR

ÖZET

ORMAN YANGINI KAYNAKLI DEĞİŞİMLERİN FARKLI ÇÖZÜNÜRLÜKTEKİ UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK TESPİT EDİLMESİ: ANTALYA KUMLUCA ÖRNEĞİ

Ayben BALSAK

Yüksek Lisans, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Haziran 2021; 99 sayfa

Orman yangınları, gezegenimizi ve biyolojik yaşamı etkileyen önemli felaketlerden biridir. Sadece canlı yaşamını değil, başta bulunduğu bölge olmak üzere ekonomiyi de ciddi şekilde etkilemektedir. Bu çalışmada farklı çözünürlükte olan uydu görüntüleri kullanılarak, farklı değişim tespit teknikleriyle orman yangını sonucunda etkilenen alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda IKONOS, Worldview-2, ASTER, Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılmıştır.

Antalya'nın Kumluca ilçesine bağlı Adrasan bölgesinde 28 Haziran 2014 tarihinde meydana gelen orman yangını, bu çalışmada gerçekleştirilen değişim tespiti analizlerinde kullanılmıştır. Çalışma farklı mekânsal çözünürlüğe sahip olan, 3 Kasım 2004 tarihli Landsat-7, 3 Temmuz 2014 tarihli Landsat-8, 14 Ekim 2004 tarihli IKONOS, 5 Temmuz 2014 tarihli WorldView-2, 4 Kasım 2004 ve 12 Ağustos 2014 tarihli ASTER görüntüleri kullanılmıştır. 10 yıllık bir süre içerisinde aynı alana sahip bölgelerde yangın kaynaklı değişimi tespit etmek için farklı mekânsal çözünürlüklü uydu verileri çeşitli sayısal görüntü analiz teknikleri kullanılarak sonuçları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler geometrik ve radyometrik olarak birbirlerine göre kalibre edilmiştir. Daha sonra fark görüntüsü, görüntü oranlama, NDVI (normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi) fark görüntüsü, NDVI görüntü oranlama, PCA (Temel Bileşen Analizi) ve MNF (Minimum Gürültü Oranlama) tekniği yakın kızıl ötesi (NIR) bantlara uygulanmıştır. Çalışma kapsamında referans uydu görüntülerinden elde edilen verilerle medyan filtreleme sonucu oluşturulan görüntülerin analizleri yapılarak en yüksek doğruluk değeri ve kappa katsayısına karşılık gelen medyan filtreleme değeri belirlenerek doğruluk değerlendirmeleri yapılmıştır.

Tüm analiz sonuçları karşılaştırıldığında, en yüksek doğruluk değerine ve kappa katsayısına sahip olan yöntemin PCA olduğu görülmüştür. PCA tekniğiyle Landsat-7 ile Landsat-8 uydu görüntülerinin medyan 3x3 kernel boyutuna karşılık gelen doğruluk değeri % 96.5 kappa katsayısı 0.73, IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin medyan 97x97 kernel boyutuna karşılık gelen doğruluk değeri % 94.7 kappa katsayısı 0.73, ASTER görüntülerinin medyan 21x21 kernel boyutuna karşılık gelen doğruluk değeri % 99.1 kappa katsayısı 0.94 olarak bulunmuştur. En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değerine sahip ASTER sensörüyle yangın alanı 129.5 hektar alan olarak hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: ASTER, Değişim Tespiti, WorldView-2, IKONOS, Landsat-7, Landsat-8, Medyan Filtreleme, Orman Yangını, Sayısal Görüntü İşleme

JÜRİ: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Doç. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU

Doç. Dr. Nusret DEMİR



ABSTRACT

DETECTING CHANGES DUE TO FOREST FIRE BY USING SATELLITE IMAGES WITH DIFFERENT RESOLUTION: THE EXAMPLE OF ANTALYA, KUMLUCA

Ayben BALSAK

**MSc Thesis in Remote Sensing and Geographical Information Systems
Department**

Supervisor: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

June 2021; 99 pages

Forest fires are one of the major disasters that affect our planet and biological life. It affects not only the living life but also the economy, especially the region where it is located. In this study, it is aimed to determine the affected areas at the end of the fire by using different resolution satellite images with different change detection techniques. For this purpose, satellite images of IKONOS, Worldview-2, ASTER, Landsat-7 and Landsat-8 were used.

The forest fire that occurred on 28 June 2014 in the Adrasan region of Kumluca district of Antalya was used in the change detection analyses carried out in this study. In the study, images with different spatial resolutions, Landsat-7 acquired on November 3, 2004, Landsat-8 acquired on July 3, 2014, IKONOS acquired on October 14, 2004, WorldView-2 acquired on July 5, 2014, ASTER acquired on November 4, 2004 and August 12, 2014 were used. In order to detect fire-induced changes in regions with the same area over a 10-year period, satellite data with different spatial resolutions were analyzed using various image analysis techniques and the results were comparatively investigated. Pre-fire and post-fire images were calibrated geometrically and radiometrically to each other. Then, difference image, image ratio, NDVI (normalized vegetation index) difference image, NDVI image ratio, PCA (Principal Component Analysis) and MNF (Minimum Noise Fraction) techniques were applied to near infrared (NIR) bands. Within the scope of the study, the data obtained from the reference satellite images and the images created as a result of median filtering were analyzed, and accuracy assessments were made by determining the median filtering value corresponding to the highest accuracy value and kappa coefficient. Within the scope of the study, the median filtering value corresponding to the highest accuracy value and kappa coefficient was determined by analyzing the data obtained from the reference satellite images and the images created as a result of median filtering.

When all the analysis results were compared, it was seen that the method with the highest accuracy value and kappa coefficient was PCA. By PCA technique, the accuracy value corresponding to the median 3x3 kernel size of Landsat-7 and Landsat-8 satellite images is 96.5% kappa coefficient 0.73, the accuracy value corresponding to the median 97x97 kernel size of IKONOS and WV-2 satellite images is 94.7% kappa coefficient 0.73, the median 21x21 of the ASTER images The accuracy value corresponding to the kernel

size was found as 99.1% kappa coefficient of 0.94. With the ASTER sensor with the highest kappa coefficient and accuracy, the fire area was calculated as 129.5 hectares.

KEYWORDS: ASTER, Change Detection, Digital Image Processing, Forest Fire, WorldView-2, IKONOS, Landsat-7, Landsat-8, Median Filter

COMMITTEE: Prof. Dr. Bekir Taner SAN

Assoc. Prof. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU

Assoc. Prof. Dr. Nusret DEMİR



ÖNSÖZ

Dünya’da meydana gelen doğal afetler sonunda doğayı ve insanları etkileyen olumsuz nedenlerden dolayı değişim her geçen gün artmaktadır. Orman yangınları son zamanlarda değişimin en büyük parçalarından birisi olarak görülmektedir. Çalışmada Antalya’nın Kumluca ilçesine bağlı Adrasan beldesinde meydana gelen orman yangını değişim tespiti yapılmıştır. Bu değişim doğrultusunda çalışmada yoğun görüntü işleme ve sayısal veriler kullanılarak en iyi değişim yöntemi bulunması amaçlanmıştır. Bu kapsamda farklı çözünürlükte olan uydu verilerinin çeşitli teknikler yardımıyla karşılaştırılması yapıp en doğru yöntem bulunarak yangın bölgesinin alanı hesaplanmıştır.

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve birikimiyle bana yol gösteren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Bekir Taner San’a, tez döneminde yurtdışında bulunduğum dönem içerisinde araştırma konumla ilgili bilgileriyle katkı sağlayan Batı Timişoara Üniversitesinde görevli Prof. Dr. Lucian Drăguț’a, tez savunma süresinde değerli yorumlarıyla katkı sağlayan jüri üyeleri Doç. Dr. Nusret Demir ve Doç. Dr. Sultan Kocaman Gökçeoğlu’na, aldığım derslerle önüme ışık tutan Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Araştırma Merkezinde bulunan öğretim üyelerine ayrıca Coğrafi Bilgi Sistemleri Laboratuvarında çalışma fırsatı veren Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesine ve benim için tüm fedakârlığı yapan destekleriyle her zaman güçlü hissettiğim sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Çalışma Alanı	2
2.KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Literatür Çalışması	4
2.2. Uzaktan Algılama.....	9
2.3. Çevresel Değişim Tespiti	10
2.3.1. Değişim tespitinin önemi.....	10
2.3.1.1. Spektral çözünürlük	11
2.3.1.2. Radyometrik çözünürlük.....	11
2.3.1.3. Zamansal çözünürlük	12
2.3.1.4. Mekânsal çözünürlük ve görüş açısı	12
2.4. Değişim Tespiti Teknikleri.....	13
2.4.1. Piksel tabanlı değişim tespiti	13
2.4.1.1. Zamansal görüntü farklılığı.....	13
2.4.1.2. Zamansal görüntü oranlama.....	14
2.4.1.3. NDVI fark görüntüsü / NDVI görüntü oranlama.....	14
2.4.2. Dönüşüm tabanlı değişim tespiti.....	14
2.4.2.1. PCA.....	14
2.4.2.2. MNF	15
3. MATERYAL VE METOT.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. IKONOS	16
3.1.2. WorldView-2	17

3.1.3. ASTER.....	18
3.1.4. Landsat-7 (ETM+)	19
3.1.5. Landsat-8 (OLI)	20
3.2. Metot.....	22
3.2.1. Ön işlemler.....	24
3.2.1.1. Geometrik düzeltme	24
3.2.1.2. Radyometrik düzeltme	28
3.2.2. Uydu verileri için fark görüntüsü.....	36
3.2.2.1. Landsat-7 ve Landsat-8 uyduları için fark görüntüsü	36
3.2.2.2. IKONOS-WV2 uyduları için fark görüntüsü.....	37
3.2.2.3. ASTER sensörünün fark görüntüsü	38
3.2.3. Görüntü oranlama	39
3.2.4. NDVI fark görüntüsü / NDVI görüntü oranlama.....	41
3.2.5. Temel bileşen analizi (PCA).....	44
3.2.6. Minimum gürültü oranlama (MNF).....	46
3.2.7. Optimum eşik değerin belirlenmesi	49
3.2.7.1. Değişim tespiti için optimum eşik değerlerin belirlenmesi	49
3.3. Görüntü İşlemede Mekânsal Dönüşümün Önemi	56
3.3.1. Katlama (Convulation) filtreleme	56
3.3.1.1. Medyan filtreleme	56
3.3.1.2. Düşük geçirimli filtreleme	57
3.3.1.3. Yüksek geçirimli filtreleme	57
3.4. Kappa Katsayısı ve Doğruluk Değeri Analizi	57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	59
4.1. Fark Görüntüsü ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi	60
4.1.1. Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsü değişim tespiti analizi.....	60
4.1.2. IKONOS ve WV-2 fark görüntüsü değişim tespiti analizi	61
4.1.3. ASTER fark görüntüsü değişim tespiti analizi	63
4.2. Görüntü oranlama ile yanan alanın değişim tespiti analizi	65
4.2.1. Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama değişim tespiti analizi	65
4.2.2. IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama değişim tespiti analizi	66
4.2.3. ASTER görüntü oranlama değişim tespiti analizi	67

4.3. NDVI Fark Görüntüsü / NDVI Görüntü Oranlama ile Yanan Alanın	
Değişim Tespiti Analizi.....	68
4.3.1. Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analizi ...	68
4.3.2. IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analizi	70
4.3.3. ASTER NDVI fark görüntüsü değişim tespiti analizi	71
4.4. PCA ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi	73
4.4.1. Landsat-7 ve Landsat-8 PCA değişim tespiti analizi.....	73
4.4.2. IKONOS ve WV-2 PCA değişim tespiti analizi.....	73
4.4.3. ASTER PCA değişim tespiti analizi.....	75
4.5. MNF ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi.....	76
4.5.1. Landsat-7 ve Landsat-8 MNF değişim tespiti analizi.....	76
4.5.2. IKONOS ve WV-2 MNF değişim tespiti analizi.....	77
4.5.3. ASTER MNF değişim tespiti analizi.....	79
4.6. Yangın Alanının Hesaplanması	83
5. SONUÇLAR	85
6. KAYNAKLAR	87
7. EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisan Tezi olarak sunduğum “Orman Yangını Kaynaklı Değişimlerin Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntüleri Kullanılarak Tespit Edilmesi: Antalya Kumluca Örneği” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

21/06/2021

Ayben BALSAK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

.	: Tezde kullanılan ondalık yazım ayırıcı
μ	: Ortalama
μm	: mikrometre
Ha	: Hektar
nm	: nanometre
σ	: Standart sapma

Kısaltmalar

2D	: Two-Dimensiona
3D	: Three-Dimensional
ALOS	: Advanced Land Observation Satellite
ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
AVIRIS	: Airborne Visible / Infrared Imaging Spectrometer
BBFI	: Burned Boreal Forest Index
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model
DN	: Digital Number
ESA	: European Space Agency
FFDFS	: Forest Fire Danger Forecasting System
FFDFS	: Forest Fire Danger Forecasting System
FLS	: Fuzzy Logic Systems
FRI	: Fire Risk Index
FWI	: Fire Intensity Air Index
GCP	: Ground Control Point
GEMI	: Global Environmental Monitoring Index

GMTED2010	: Global Multi-resolution Terrain Elevation Data
GSD	: Ground Sample Distance or Ground Resolution
HFDI	: Fire Detection Index
HFDI	: Hyperspectral Fire Detection Index
HFI	: Hybrid Fire Index
IFOV	: Instantaneous Field of View
LIDAR	: Laser Imaging Detection and Ranging
MNF	: Minimum Noise Fraction
MS	: Multispektral
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NAIP	: National Agriculture Imagery Program
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NDMI	: Normalized Multi-band Drought Index
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
NIR	: Near Infrared
PALSAR	: Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
PCA	: Principal Component Analysis
RMSE	: Root Mean Square Error
ROI	: Regions of Interest
RPC	: Rational Polynomial Coefficients
SAR	: Sythetic Aperture Radar
SAVI	: Soil-Adjusted Vegetation Index
SFD	: Static Fire Hazard
SFI	: Structural Fire Index
SVM	: Support Vector Machines
SWIR	: Short-Wave Infrared

TIR	: Thermal Imaging Radar
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transverse Mercator
VIIRS	: Visible Infrared Imaging Radiometer Suite
VIR	: Visible and Infrared
VNIR	: Visible and Near-Infrared
WGS84	: World Geodetic System



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanı Kumluca ilçesinin içinde yer alan bir bölgedir. (Google Earth 06.07.2017 tarihli uydu görüntüsü)	3
Şekil 2. 1. Uzaktan algılama işlemi ve bileşenleri (Pohl ve Genderen 2016).....	10
Şekil 3.1. a) Yangın öncesi IKONOS multispektral uydu görüntüsü (RGB:321); b) Yangın öncesi IKONOS pankromatik uydu görüntüsü (14.10.2004 tarihli görüntü.)	17
Şekil 3.2.a) Yangın sonrası WorldView-2 multispektral uydu görüntüsü (RGB: 532); b) Yangın sonrası WorldView-2 pankromatik uydu görüntüsü (05.07.2014 tarihli görüntü.)	18
Şekil 3.3. a) Yangın öncesi 04.11.2004 tarihli ASTER uydu görüntüsü; b) Yangın sonrası 12.08.2014 tarihli ASTER uydu görüntüsü (Yakın kızıl ötesi (VNIR) bantları kullanılmıştır (RGB: 321)).....	19
Şekil 3.4. a) Yangın öncesi Landsat-7 multispektral uydu görüntüsü (03.11.2004 tarihli görüntüsü, RGB: 321); b) Yangın sonrası Landsat-8 multispektral uydu görüntüsü (03.07.2014 tarihli uydu görüntüsü, RGB: 432)	21
Şekil 3.5. Çalışma alanının konumu (Çalışma alanı Kumluca ilçesine bağlı Adrasan Beldesinde).....	22
Şekil 3.6. Çalışma iş akış şeması.....	23
Şekil 3.7. Pansharpening (görüntü keskinleştirme) işlemi.....	24
Şekil 3.8. Ortorektifikasyon için çalışma iş akış şeması.....	26
Şekil 3.9. Ortorektifikasyon için toplanılan 20 yer kontrol noktasından sonra oluşan ortalama karakök hata değeri.....	27
Şekil 3.10. 20 yer kontrol noktalarının IKONOS uydusu üzerindeki lokasyonu	27
Şekil 3.11. RPC (Rasyonel Polinom Katsayı) oluşturulduktan sonra yatay düzlemde ortalama karakök (RMSX) ve düşey düzlemde karakök (RMSY) oluşan hata değerleri	28
Şekil 3.12. Aynı alan için kullanılan üç görüntüdeki radyometrik düzeltme. Üst :Özgün görüntüler. Altta oluşan görüntü ise doğrusal regresyon kullanıldıktan sonra oluşan düzeltilmiş görüntüler (Lillesand vd. 2015).....	30
Şekil 3.13. Yangın öncesi Landsat-7 ve yangın sonrası Landsat-8 uydu görüntülerinin ENVI yazılımı üzerinde örnek toplanılan ilgili bölgeyi (ROI) göstermektedir.....	31
Şekil 3.14. a) Landsat-7 uydusunun yangın öncesi NIR bant görüntüsü; b) Landsat-8 uydusunun yangın sonrası NIR bant görüntüsü; c) NIR bantlarının fark görüntüsü	37
Şekil 3.15. a) IKONOS uydusunun yangın öncesi NIR bant görüntüsü; b) WV-2 uydusunun yangın sonrası NIR bant görüntüsü; c) NIR bantlarının fark görüntüsü	38
Şekil 3.16. a) ASTER uydusunun yangın öncesi NIR bant görüntüsü; b) ASTER uydusunun yangın sonrası NIR bant görüntüsü; c) NIR bantlarının fark görüntüsü	39
Şekil 3.17. Landsat-8 uydusunun NIR bantlarının görüntü oranlaması.....	40

Şekil 3.18. IKONOS uydusu ile WV-2 uydusunun NIR bantlarının görüntü oranlaması	40
Şekil 3.19. ASTER görüntüsünün NIR bantlarının görüntü oranlaması	41
Şekil 3.20. Landsat-7 ve Landsat-8 uydularını yangın öncesi ve yangın sonrası NDVI görüntü oranlaması.....	42
Şekil 3.21. IKONOS uydusuyla WV-2 uydusunun NDVI görüntü oranlaması	43
Şekil 3.22. ASTER uydusunun yangın öncesi ve sonrası NDVI fark görüntüsü	43
Şekil 3.23. Landsat-8 uydu görüntüsünün sırasıyla yakın kızıl ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI görüntü oranı	44
Şekil 3.24. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin PCA sonrası 1. bant görüntüsü.....	45
Şekil 3.25. IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin sırasıyla yakın kızıl ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI görüntü oranı.....	45
Şekil 3.26. IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin PCA sonrası 2. bant görüntüsü.....	46
Şekil 3.27. ASTER sensör verisinin yakın kızıl ötesi bantlarının sırasıyla fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI fark görüntüsü	46
Şekil 3.28. ASTER sensör verisinin PCA sonrası 2. bant görüntüsü	47
Şekil 3.29. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin MNF dönüşümü sonrası 2. bant görüntüsü.....	48
Şekil 3.30. IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin MNF sonrası 2. bant görüntüsü.....	48
Şekil 3.31. ASTER sensör verisinin MNF dönüşümü sonrası 2. bant görüntüsü.....	49
Şekil 3.32. Maksimum ve minumum eşik değerlerini göstermektedir. N2 değeri N1 değerinden büyüktür.....	50
Şekil 3.33. Medyan değerinin 9 piksel değer üzerindeki gösterimi.....	56
Şekil 3.34. 3x3 piksel boyutunda düşük geçirimli filtrelemenin hesaplanması.....	57
Şekil 4.1.a) Landsat-8 uydu görüntüsü, beyaz çizgiyle gösterilen yer örnek toplanan alan; b) WV-2 uydu görüntüsü; c) ASTER verisi yangın sonrası görüntüsü, beyaz çizgiyle gösterilen yer örnek toplanan alan	59
Şekil 4.2. a) Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsünün eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 11x11; f) 15x15 ; g) 17x17 ; h) 19x19.....	61
Şekil 4.3. a) IKONOS ve WV-2 fark görüntüsünün eşik değeri; b) 3x3 ; c) 7x7; d) 13x13; e) 21x21; f) 33x33; g) 41x41; h) 71x71; i) 85x85 piksel medyan filtre görüntüsü; j) 101x101; k) 115x115; l) 117x117; m) 119x119; n) 121x121; o) 251x251	62
Şekil 4.4. a) ASTER fark görüntüsünün eşik değeri; b) 3x3 ; c) 5x5 ; d) 7x7 ; e) 9x9 ; f) 11x11 ; g) 13x13 ; h) 15x15 ; i) 17x17; j) 19x19 ; k) 21x21; l) 23x23; m) 25x25; n) 27x27 ; o) 29x29 ; p) 35x35 ; r) 39x39	64
Şekil 4.5. a) Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3 medyan; c) 5x5 medyan; d) 7x7 medyan.....	65

Şekil 4.6.a) IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3; c) 13x13; d) 21x21 e) 31x31; f) 33x33; g) 35x35; h) 37x37	66
Şekil 4.7. a) ASTER görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9; f) 11x11	67
Şekil 4.8.a) Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9; f) 11x11; g) 13x13; h) 15x15; i) 17x17.....	69
Şekil 4.9. a) IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3 piksel medyan filtre görüntüsü; c) 7x7 medyan filtre görüntüsü; d) 19x19 medyan filtre görüntüsü; e) 21x21 medyan filtre görüntüsü; f) 23x23 medyan filtre görüntüsü; g) 31x31 medyan filtre	70
Şekil 4.10. a) ASTER NDVI fark görüntüsü eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9; f) 11x11; g) 13x13; h) 15x15; i) 17x17; j) 19x19.....	72
Şekil 4.11. a) Landsat-7 ve Landsat-8 PCA eşik değeri ; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7	73
Şekil 4.12. a) IKONOS ve WV-2 PCA eşik değeri; b) 3x3; c) 9x9; d) 21x21; e) 33x33; f) 41x41; g) 55x55; h) 71x71; i) 81x81; j) 95x95; k) 97x97 l) 99x99 m) 101x101 n) 103x103; o) 121x121	74
Şekil 4.13. a) ASTER PCA eşik değeri; b) 3x3; c) 9x9; d) 13x13; e) 17x17; f) 19x19; g) 21x21; h) 23x23	76
Şekil 4.14. a) Landsat-7 ve Landsat-8 MNF eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9.....	77
Şekil 4.15. a) IKONOS ve WV-2 MNF eşik değeri; b) 3x3; c) 9x9; d) 21x21; e) 33x33; f) 41x41; g) 55x55; h) 71x71; i) 73x73; j) 75x75; k) 77x77; l) 79x79; m) 81x81; n) 83x83	78
Şekil 4.16. a) ASTER MNF eşik değeri; b) 3x3; c) 7x7; d) 11x11; e) 15x15; f) 19x19; g) 21x21; h) 23x23; i) 25x25	80
Şekil 4.17. a) ASTER yangın sonrası görüntüsü b) ASTER sensörünün PCA yöntemiyle medyan 21x21 görüntüsü.....	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. IKONOS uydusunun özellikleri	16
Çizelge 3.2. WV-2 uydusunun özellikleri.....	17
Çizelge 3.3. ASTER sensörünün özellikleri	19
Çizelge 3.4. Landsat-7 (ETM+) uydusunun özellikleri	20
Çizelge 3.5. Landsat-8 (OLI) uydusunun özellikleri	21
Çizelge 3.6. a) Landsat-7 yangın öncesi her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri b) Landsat-8 yangın sonrası her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri	32
Çizelge 3.7. Yangın öncesi Landsat-7 ile yangın sonrası Landsat-8 uydu verilerinin bant değerleri karşılaştırılarak örneklerin doğrusal (lineer) regresyon grafiği ve regresyon katsayıları a) Mavi bant b) Yeşil bant c) Kırmızı bant d) Yakın kızıl ötesi bant.....	32
Çizelge 3.8.a) IKONOS yangın öncesi her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri b) WV-2 yangın sonrası her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri.....	33
Çizelge 3.9. Yangın öncesi IKONOS ile yangın sonrası WV-2 görüntüsünden alınan örneklerin doğrusal (lineer) regresyon grafiği ve regresyon katsayıları a) Mavi bant b) Yeşil bant c) Kırmızı bant d) Yakın kızıl ötesi bant.....	34
Çizelge 3.10. a) ASTER yangın öncesi her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri b) ASTER yangın sonrası her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri	35
Çizelge 3.11. Yangın öncesi ve yangın sonrası ASTER görüntülerinden alınan örneklerin doğrusal (lineer) regresyon grafiği ve regresyon katsayıları a) Yeşil bant değerleri b) Kırmızı bant değerleri c) Yakın kızıl ötesi bant değerleri.....	36
Çizelge 3.12. Landsat-7 ve Landsat-8 verilerinin NIR bantlarının fark görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	51
Çizelge 3.13. Landsat-7 ve Landsat-8 verilerinin NIR bantlarının görüntü oranlama verilerinin eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	51
Çizelge 3.14. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin NDVI görüntü oranı ile bulunan eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	51
Çizelge 3. 15. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin temel bileşen analiz sonucu eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	52
Çizelge 3.16. Landsat-7 ile Landsat-8 verilerinin MNF dönüşümü ile eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	52
Çizelge 3.17. IKONOS ve WV-2 uydularının NIR bantlarının fark görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	52
Çizelge 3.18. IKONOS ve WV-2 uydularının NIR bantlarının görüntü oranlama verilerinin eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	53
Çizelge 3.19. IKONOS ve WV-2 uydularının NDVI görüntü oranı ile bulunan eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	53

Çizelge 3.20. IKONOS ve WV-2 uydularının PCA görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	53
Çizelge 3.21. IKONOS ve WV-2 görüntülerinin MNF dönüşümü ile eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	54
Çizelge 3.22. ASTER uydusunun NIR bantlarının fark görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	54
Çizelge 3.23. ASTER görüntüsünün NIR bantlarının fark görüntüsü verilerinin eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	54
Çizelge 3.24. ASTER görüntüsünün NDVI fark görüntüsü ile bulunan eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	55
Çizelge 3.25. ASTER'in PCA görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri	55
Çizelge 3.26. ASTER görüntüsünün MNF dönüşümü ile eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri.....	55
Çizelge 4.1. Yangın Öncesi ve Yangın Sonrası referans uydu görüntülerinden toplanan örneklerin toplam piksel sayısı.....	60
Çizelge 4. 2. Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri.....	61
Çizelge 4.3. IKONOS ve WV-2 fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri.....	63
Çizelge 4.4. ASTER fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri	65
Çizelge 4.5. Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri.....	66
Çizelge 4.6. IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri	67
Çizelge 4.7. ASTER görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri	68
Çizelge 4.8. Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri	69
Çizelge 4.9. IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri.....	71
Çizelge 4.10. ASTER NDVI fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri	72
Çizelge 4.11. Landsat-7 ve Landsat-8 PCA değişim tespiti analiz değerleri.....	73
Çizelge 4.12. IKONOS ve WV-2 PCA değişim tespiti analiz değerleri	75
Çizelge 4.13. ASTER PCA değişim tespiti analiz değerleri.....	76
Çizelge 4. 14. Landsat-7 ve Landsat-8 MNF değişim tespiti analiz değerleri.....	77
Çizelge 4. 15. IKONOS ve WV-2 MNF değişim tespiti analiz değerleri	79
Çizelge 4.16. ASTER MNF değişim tespiti analiz değerleri.....	80
Çizelge 4. 17. a) Landsat-7 ve Landsat-8 Uydu Görüntülerinin En Yüksek Değerleri b) IKONOS-WV2 Uydu Görüntülerinin En Yüksek Değerleri c) ASTER Sensör Görüntülerinin En Yüksek Değerleri.....	81
Çizelge 4.18. a) Değişim tespiti için kullanılan tekniklerin en yüksek doğruluk değerine karşılık gelen kernel boyutu ve uyduların mekânsal çözünürlüğü b) Mekânsal çözünürlük ile kernel boyutunun karşılaştırılması	82

Çizelge 4.19. Her uydunun farklı değişim tespiti teknikleriyle oluşturulan en yüksek doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtre değerleri ve görüntüleri 84



1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Ormanlar başta iklim olmak üzere yaşadığımız ekosistemde dengeyi sağlayan unsurlardan bir tanesidir. Karada bulunan tüm türlerin yarısından fazlasına ev sahipliği yaparlar. Ayrıca ormanlar havza korumasına yardımcı olurlar, toprak erozyonunu önler ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltırlar. Dünyadaki tüm arazilerin üçte birini kaplar ve gezegenin en yoğun ve en çeşitli yaşam koleksiyonlarının bir kısmı için hayati altyapı sağlarlar.

Dünya’da her yıl ciddi şekilde orman kayıpları yaşanmaktadır. Bunları en başında etkileyen afetlerden biride orman yangınlarıdır. Türkiye’de her yıl birçok ormana, canlılara ve yaşam alanlarına zarar veren orman yangınlarına maruz kalmaktadır. Akdeniz ve Güney Ege Bölgelerinde özellikle Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yüksek seviyelere ulaşan sıcaklıklar, düşük nem ile birleştiğinde orman alanları açısından tehlike oluşturmaktadır.

Türkiye’de her yıl 10.000 hektarın üzerinde orman alanı tahrip edilmiş ve kaçınılmaz zararlar ortaya çıkmıştır. Orman yangınları sadece orman alanlarını yok etmekle kalmaz, aynı zamanda ekosistemlere, habitatlara ve özellikle insan yaşamına zarar verir (Sarı 2021).

Ülkenin doğal kaynaklarından olan ormanlar doğal yaşam ve çevre açısından oldukça önemli olup aynı zamanda turizm faaliyetlerine de katkıda bulunarak bölge ekonomisini canlandırmaktadır. Türkiye’de turizmde büyük öneme sahip Antalya’nın Kumluca ilçesini bağlı bir belde olan Adrasan en sık meydana gelen doğal afetlerden biri olan orman yangınları, uzaktan algılama uygulamaları içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle orman yangınların aza indirilmesi ve meydana gelen değişimlerin tespit edilmesinde uzaktan algılama önemli bir rol oynamaktadır. Uzaktan algılamada görüntülerin en önemli üstünlüklerinden biri olan değişim tespiti, farklı zamanlarda oluşan görüntüleri nitel ve nicel olarak analiz etmemizi sağlar. Değişim tespiti, yer gözlem uydularının kullanım alanları içinde büyük önem oluşturmaktadır.

Değişim tespiti birçok alanda bize yardımcı olabilir. Afet yönetimi, orman örtüsü izleme, arazi örtüsü izleme, su kütleleri izleme, okyanus kıyıları izleme, kentsel değişim analizi, vb. literatüre göre yeşil örtü, bitki örtüsü altında kaplanan alanı izlerken, kara örtüleri yer yüzeyinin fiziksel özelliklerini ifade etmektedir (Rawat ve Kumar, 2015).

Görüntüde değişim tespitinin yapılması aynı bölgede farklı zamanlarda elde edilen uzaktan algılama görüntülerindeki değişikliklerin belirlenmesi ve analiz edilmesi anlamına gelir (Li vd., 2020). Uzaktan algılama teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, uzaktan algılama görüntü değişim tespiti, çevresel izleme, ürün ölçümü, kentsel araştırma, ekolojik izleme, doğal afet değerlendirmesi, savaş alanı etki değerlendirmesi ve askeri keşif ve diğer alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Ghosh vd.,2009; Celik ve Ma, 2009; Mehrotra vd., 2014; Gong vd., 2015).

Sayısal değişim tespiti için, aynı coğrafi bölgenin iki veya daha fazla görüntüsü farklı zamanlar aralıklarında alınır ve bu süre zarfında Dünya’nın yüzeyindeki

değişiklikleri değerlendirmek için birlikte işlenir (Singh 1989). Yakın geçmişte düzenli olarak işlemeye başlayan uyduların görüntüleme kabiliyetinin artmasıyla, değişken mekânsal ve zamansal çözünürlüklere sahip uzaktan algılama görüntüleri mevcuttur. Bu görüntüler dünyanın yüzeyindeki değişikliklerin sürekli değerlendirilmesine yardımcı olabilir. Değişim tespiti için kullanılan görüntülerin hatalı kayıtlarının giderilmiş olması, atmosferik ve radyometrik hatalarının da düzeltilmiş olması için önceden işlenmesi gerekir (Lu vd., 2004; Khurana ve Saxena, 2015).

Bu çalışmada, yangın öncesi ve yangın sonrası elde edilmiş farklı mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin karşılaştırılmalı sayısal değişim analizleri yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı sayısal görüntü işleme teknikleri de çalışmada karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Çalışmada, 28 Haziran 2014'te Antalya'nın Kumluca ilçesine bağlı Adrasan beldesinde meydana gelen orman yangını değişim tespiti için seçilmiştir. Yangın öncesi ve sonrası için ASTER, IKONOS ve Worldview-2, Landsat-7, Landsat-8 uydu verileri kullanılarak tüm analizler gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada ENVI 5.1 görüntü işleme yazılımı, ArcGIS 10.1 Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı ve çalışmanın çeşitli aşamalarında PCI Geomatica 2013 görüntü işleme ve analiz yazılımlarından faydalanılmıştır.

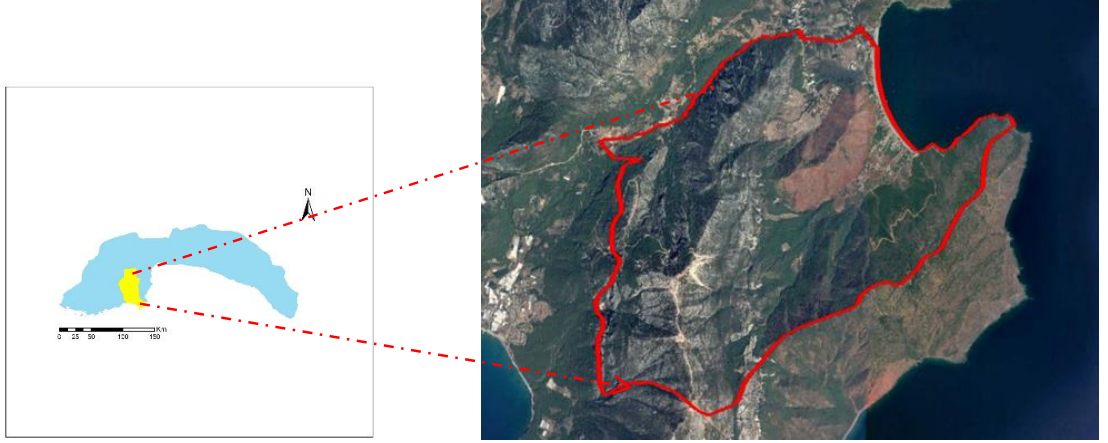
1.2. Çalışma Alanı

Kumluca ilçesi, Türkiye'nin güneyinde Akdeniz Bölgesinde Antalya ilinin batısında bulunur. Akdeniz Bölgesi'nde Antalya Körfezi ile Fethiye Körfezi arasında Teke Yarımadası adı verilen Akdeniz'e doğru uzanan çıkıntı üzerinde yer almaktadır (Sarı ve Tepeli 2012).

Doğal alanlar canlıların yaşaması ve sürekliliği için büyük önem taşımaktadır. Gerek Dünya'da gerek ülkemizde meydana gelen orman yangınları gelecek için büyük kaygı oluşturmaktadır. Son zamanlarda artan bu felaket ciddi kayıplara sebep olmakta ve önemi her geçen gün artmaktadır.

Akdeniz Bölgesinde özellikle yaz aylarında her yıl meydana gelen orman yangınları, bölgedeki ekolojik dengeyi ve turizm faaliyetini olumsuz etkilemektedir. Yaz aylarında meydana gelen yüksek sıcaklık düşük nem bölgenin çeşitli yerlerinde orman yangını riskini artırmaktadır.

Orman yangınlarının çıkmasında ve yayılmasında en elverişsiz koşullara sahip Akdeniz iklim kuşağının etkili olduğundan, bu doğal afetin tehdidi süreklilik oluşturmaktadır. Çalışma sahası Antalya ili, Kumluca ilçesi, Adrasan Mahallesi civarındadır. Adrasan'nın konumu yaklaşık 36°17'51.77" Kuzey Boylamları, 30°27'34.10" Doğu Enlemleridir. Şekil 1.1'de Kumluca ilçesinde yer alan çalışma alanının uydu görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 1.1. Çalışma alanı Kumluca ilçesinin içinde yer alan bir bölgedir. (Google Earth 06.07.2017 tarihli uydu görüntüsü)

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Literatür Çalışması

Literatürde orman yangınları ve değişim tespitine ait çalışmalara bakıldığında birçok yöntem ve teknik kullanılmıştır. Bu bölümde konuya ilişkin çalışmalardan örnekler özetlenmiştir.

Janiec vd. (2020)'de Kuzeydoğu Sibirya'daki Orman Yangınına uzaktan algılama tahmin modellemesi için iki makine öğrenimi sınıflandırma yöntemini karşılaştırmalı olarak vermiştir. Yangın riski faktörlerini tanımlayan uydu görüntüleri ve bunların çeşitli mekânsal ve spektral çözünürlükteki uydu verileri Landsat TM, Modis TERRA, GMTED2010, VIIRS vektör verileri (OSM) ve biyoklimatik değişkenler (WORLDCLIM) olarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları, düşük nüfus yoğunluğuna rağmen bu bölgedeki risk üzerinde güçlü bir insan etkisi olduğunu göstermiştir. Antropojenik faktörler, iklimsel veya topoğrafik faktörlerden çok, orman yangınlarının oluşumu ile yüksek bir korelasyon göstermiştir. Çalışmada rastgele orman (RF) varlığı tahmin modeli daha doğru bir yöntem olarak belirlenmiş ve risk bölgelerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Dannehyrolles vd. (2020)'de, 1990'ların modern hava fotoğraflarının yanı sıra, 1930'ların hava fotoğraflarını kullanarak batı Quebec'in güney boreal ormanlarındaki uzun vadeli yangın sonrası orman dinamiklerini araştırılmıştır. 1940 ile 1970 yılları arasında meydana gelen yangınlarda, 16 çalışma alanı için orman örtüsü sınıflarındaki (iğne yapraklı, karışık ve geniş yapraklı) değişiklikler ölçülmüştür. Daha sonra yangın öncesi orman kompozisyonu arasındaki etkileşimlerin nasıl olduğunu analiz edilmiştir. Saha özellikleri ve yangın şiddeti hava indeksi (FWI), orman örtüsündeki değişikliği etkilediği tespit edilmiştir. 1930'lar ve 1990'lar arasında, alanların % 41'i ilk örtüsünü korurken % 59'u değişmiştir. Sonuç olarak güneydeki kuzeydeki iğne yapraklı ormanların yangına nispeten yüksek direnci ve dayanıklılığı belirlenmiş, bu da gelecekteki yangın sıklığındaki artışın ille de büyük bir iğne yapraklı orman kaybıyla sonuçlanmayabileceğini göstermiştir.

2019'da (Roy vd.) çalışmasında, birleştirilmiş Landsat-8 ve Sentinel-2 ile yanmış alan eşleme algoritmasını kullanmıştır. Farklı sensör verileri, rastgele orman değişim regresyonu ile birleştirilmiştir. Laboratuvar ve spektrumlarından gelen sentetik verilerle eşleştirilmiş ve yansımada bir spektral yangın etkisi modeli kullanılmıştır.

2019'da (Waigl vd.) Kuzey Amerika Boreal ormanındaki aktif yangınları incelemek için uzay kaynaklı görüntüleme spektroskopisinin kullanımına ilişkin genel bir araştırma eksikliği olduğunu belirlemişlerdir. Alaska'nın kuzey ormanındaki üç orman yangını üzerinden EO-1 uydusunda Hyperion sensörü tarafından elde edilen hiperspektral verileri üç yangın algılama yöntemini değerlendirmek için kullanarak biyokütle yanmasıyla salınan potasyumdan bir emisyon özelliğini saptamaya çalışmışlardır. Çalışmada 2010 nm'de bir karbondioksit soğurma hattının derinliğini ölçen sürekli interpolasyonlu bir bant oranı (CIBR), Hiperspektral Yangın Algılama Endeksi (HFDI), kısa dalga kızılötesi aralıktaki spektral ışıma dayalı normalleştirilmiş bir fark indeksi kullanılmıştır. HFDI'nin değiştirilmiş bir versiyonunun, aktif yangın alanlarının iyi tanımlanmış bir haritası üretebileceği sonucuna varmışlardır.

Wasserman vd. (2019'da) Uzaktan algılama verileri ile dört peyzaj verisi ürünü olan ışık saptama ve uzaklık belirleme (LiDAR), Landsat-8, Sentinel-2 ve Ulusal Tarım Görüntü Programı (NAIP) verilerini kullanarak, orman örtüsünün temel peyzaj özelliklerini ve değişime duyarlılığını ölçmek için farklı mekânsal tahıllarda ve birden çok kapsamda karşılaştırmıştır. Tahıl ve kapsamdaki değişiklikler kanopi örtüsü ölçümlemlerini ve her veri ürününden yapılabilecek çıkarımları etkilediği tespit edilmiştir.

Vadeghi vd. (2018)'de her bir spektral bantta değişiklik tespitinin güvenilirliğini ve doğruluğunu iyileştirmek için asimetrik eşikleme, fark görüntüsünün eşiklemesindeki belirsizliği dikkate almak için bulanık ölçüm yaklaşımı ve bulanık formdaki değişiklikler ile çeşitli spektral bantlardan elde edilen değişim haritalarının birleştirilmesini çalışmışlardır. Ayrıca bağıl radyometrik normalizasyon (RRN) belirlemek için yapay sinir ağları ile doğrusal olmayan modelleme geliştirilen tekniği kullanmışlardır. İran'daki Urmia Gölü'nün güney kesiminde çekilen bir çift Landsat 5, 7 görüntüsü üzerinde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yaygın eşikleme tekniklerine kıyasla geliştirilen tekniğin başlıca avantajları değişim saptama ve ölçümünde daha yüksek doğruluk, çoklu değişikliklerin saptanmasında daha yüksek kapasite olabileceği belirlenmiştir.

2018'de (Anchang vd.) yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü verilerinin artan kullanılabilirliğine rağmen, Aşağı Sahra Afrika'daki kentsel arazi örtüsünü haritalamak için işlevsel kullanımları, hesaplama kaynakları ve teknik uzmanlık eksikliği nedeniyle sınırlı olduğunu tespit etmiştir. Bunun için Jenks Natural Breaks sınıflandırması ve Jenks algoritmasını aglomeratif hiyerarşik kümeleme ile birleştiren iki aşamalı teknik kullanmışlardır. Her iki teknik de sınıflandırma performansı için birbirleriyle ve doğrusal olmayan destek vektör makinesi (SVM) ile karşılaştırılmıştır. Genel sınıflandırma doğruluğu genel olarak tüm teknikler için %90'dan yüksek iken tek yönlü varyans Analizi testleri bitki örtüsü sınıfını tahmin etme açısından basit Jenks sınıflandırmasından daha iyi performans gösteren iki aşamalı tekniği ortaya çıkardığı görülmüştür.

Abdollahi vd. (2018)'de, Gelişmiş bir orman yangını tehlike tahmin sistemi ile uzaktan algılama ve yanma verilerinin geçmiş kaynaklarının entegrasyonu yapılmıştır. Bu kapsamda yalnızca uzaktan algılama tabanlı bir orman yangını tehlikesi tahmin sisteminin (FFDFS) performansını ve bunun Kanada'nın Alberta eyaletinin kuzey bölgesinde uygulanmasını artırmıştır. Modifiye edilmiş FFDFS, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrodadyometresi (MODIS) ile türetilmiş günlük yüzey sıcaklığı (Ts) ve yağışlı su (PW) ile normalize edilmiş farklı bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI) bulutu kirlenen piksellerin yangın oluşma riskini azaltacağı tespit edilmiştir. Modifiye edilmiş FFDFS ve insan kaynaklı statik yangın tehlikesi (SFD) haritasının kombinasyonunun yangın tespitinde en etkili sonuçları gösterdiğini sonucuna varılmıştır.

2018'de (Guindos-Rojas vd.) Kanarya Adaları'nın kuru ormanlık alanları ve ormanları ekolojik bölgesi (İspanya) için 2002'den 2012'ye kadar orta çözünürlüklü görüntüleme spektrodadyometre (MODIS) görüntülerinin bir zaman serisinde yanmış alanları tespit eden bir Bayes algoritması (BY-MODIS) kullanılmıştır. Günlük görüntü ürünleri MODIS, MOD09GQ (250 m) ve MOD11A1 (1 km), sırasıyla yüzey spektral yansıma ve kara yüzey sıcaklığı esas alınarak, maksimum sıcaklık kriteri kullanılarak 10 günlük kompozitler oluşturulmuştur. BY-MODIS'te kullanılan değişkenler, NIR spektral bandının yanı sıra Küresel Çevre İzleme Endeksi (GEMI) ve Yanan Boreal Orman

Endeksi (BBFI) ve bunların tümü yangının meydana geldiği önceki yıla atıfta bulunmuştur. 100 hektarı aşan ve analiz edilen dönemde tespit edilen 14 yangın, İspanya Tarım ve Balıkçılık, Gıda ve Çevre Bakanlığı (MAPAMA) tarafından hem yangın sonrası LANDSAT görüntüleri hem de orman yangınları ulusal veri tabanından alınan resmi bilgiler kullanılarak geliştirilmiştir. BY-MODIS tarafından elde edilen sonuçlar, resmi yanmış alan ürünleri olan MCD45A1 ve MCD64A1 ile karşılaştırılabilir. En iyi genel sonuçların MCD64A1'e karşılık gelmesine rağmen, BY-MODIS topoğrafik karmaşıklığa ve çeşitli ekosistem türlerine sahip bir bölge olan Kanarya Adalarında yanmış alan haritalaması bir alternatif olduğunu kanıtlanmıştır. BY-MODIS sınıflandırıcısı tarafından tespit edilen toplam yanan alan, MAPAMA referans verilerinin % 64.9'u ve LANDSAT görüntülerinden elde edilen verilere göre % 78.6 olup ve regresyon katsayısı (R^2) 0.82 olarak hesaplanmıştır.

2017'de (Jimenez vd.) İspanya'da yapılan Orman yangın tespiti için bulanık mantıksal sistem FLS (Fuzzy Logic Systems) uygulanmıştır. Orman yangın riskinin ölçümü, yüksek riskli durumlarda mümkün olan en kısa sürede hareket etmek için sınıflandırmalar yapılmıştır. Bunlardan biri olan sinir ağı sınıflandırılması geleneksel görüntü sınıflandırılması spektral karışım gibi karmaşık işlemlerin gerçekleştirilmesinde yardımcı olmuştur. Daha sonra oluşturulan iki algoritmanın karşılaştırılması yapılmıştır.

McCarley vd. (2017)' de Orman yapısında yangına bağlı değişikliklerin çok zamanlı LiDAR (Lazer tespit ve mesafe ölçüm) ve Landsat verileri ile ölçümleri yapılmıştır. Çalışmada, Landsat görüntülerinden elde edilen spektral indekslerin, yangın öncesi ve sonrası LiDAR verilerinden elde edilen biyofiziksel değişiklikleri öngörme yeteneğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada yangın öncesi LiDAR, Landsat 5 TM yangın sonrası LiDAR, Landsat-8 OLI görüntüleri karşılaştırılmıştır. LiDAR ölçümüyle, yangın öncesi ve yangın sonrası yükseklik verilerine ulaşılmıştır. Daha sonra NDVI (Normalize edilmiş bitki indeksi), bant oranlama yapılarak bulunan değerler pearson korelasyon analizi yapılmıştır.

Hermosilla vd. (2015)'de çalışmasında Landsat'tan elde edilen zaman serisi ölçümlerini kullanarak 1984-2012 yılları arasındaki Kanada'nın Saskatchewan ilindeki yıllık orman değişiminin bölgesel tespiti, sınıflandırması, yorumlaması yapmıştır. 1984 ile 2012 yılları arasında Landsat TM ve ETM+ verilerini kullanarak, orman değişikliklerini yıllık olarak analiz edilmiştir. Çalışmada orman bölgesinde değişen ve değişmeyen bölgeler tespit edilmiştir. Bunun için bant değerleri karşılaştırılmış standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

Tanase vd. (2015)'te Kanopi seviyesinde yangın şiddeti tahmini için Radar Yanma Oran (RBR), geliştirilmiştir. Çalışma alanı için üç bölge seçilmiştir. Yangın öncesi ve sonrası SAR veri kümelerini bir değişim tespitinde birleştirerek yangın şiddetini tahmin etmek için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Gelişmiş yer gözlem uydusu (ALOS), L-bantlı sentetik açıklıklı radar (PALSAR) ile yangın şiddeti ve L-bant veri setlerinin saha tahminlerinin mevcudiyetine göre dokuz yangın bölgesi seçilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar X ve C bandı dalga boylarına göre daha yüksek bir hassasiyet gösterdiğinden, L-bantı dalga boyu bu çalışmada test edilmiştir. Radar yanma oranı kullanılarak yangın şiddeti tahmin edilmiştir. Lineer regresyon modelleri lokal kalibrasyon yangın şiddeti RBR ile yangınların çoğu için tahmin edilebilir olduğunu göstermiştir.

Arnett vd. (2015) çalışmasını; Kanada, British Columbia, Güney Okanagan Bölgesi'nde bulunan Vaseux-Bighorn Ulusal Yaban Hayatı Bölgesi (VBNWA)'nın Batı Vaseux Gölü bölgelerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında iki ağaç türü tespit edilmiştir; Douglas-köknar (*Pseudotsuga menziesii*) ve Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa*), bunlar fizyolojik olarak benzerdir ve yangın sonrası benzer durumlar görülmüştür. Analizde iki uydu görüntü kullanılmıştır. Hem RapidEye hem de Landsat Tematik Mapper (TM) ve Operation Land Imager (OLI) sensörlerinden gelen yangın öncesi ve sonrası görüntülerini, yangın sonrası görüntülerine göre yorumlanmıştır. RapidEye ve Landsat görüntülerin görsel bir karşılaştırması yapılmıştır. Her iki görüntüde ilgili sensörlerin yeşil, kırmızı ve NIR (yakın kızıl ötesi) bantları kullanılmıştır. Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (EVI), Toprak Düzeltilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) ve Normalize edilmiş Farklı Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), hem RapidEye hem de Landsat sensörlerine uygulanmıştır. Yangına bağlı değişimin tespiti daha sonra RapidEye'dan üç farklı görüntü ve Landsat'tan dört farklı görüntü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak RapidEye uydusunun Landsat'a göre mekânsal ve zamansal çözünürlükleri kıyaslandığında daha detaylı görüntü elde edilmiştir.

Chowdhury vd. (2015) çalışmasında, orman yangınlarının tekrarlandığı Kanada Boreal ormanı da dahil olmak üzere, dünyanın dört bir yanındaki ormanlık ekosistemlerin çoğunda kritik bir doğal afet olması durumunda uzaktan algılama verilerini kullanarak yeni bir günlük ölçekli orman yangını tehlike tahmin sistemi (FFDFS) geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntemi 2009–2011 yangın sezonları boyunca Kanada'nın Alberta eyaletinin kuzey kesiminde uygulanmıştır. Günlük ölçekli FFDFS, Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresinden (MODIS) türetilmiş dört girişli değişkenlerden yüzey sıcaklığının 8 günlük bileşimi (TS), normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve normalleştirilmiş çok bantlı kuraklık indeksinden (NMDI) ve günlük yağışlı su (PW) verileri hesaplanmıştır. Sonuç olarak yangınların %95,51'inin aşırı yüksek veya orta tehlike sınıflarına girdiğini belirlenmiştir.

Adab vd. (2013), yangın riskinin uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak tespit edilebileceğini belirtmiştir. Bu amaçla İran'ın Golestan bölgesinde yangın riskini göstermek için Yapısal Yangın Endeksi (SFI), Yangın Riski Endeksi (FRI) ve Hibrid Yangın Endeksi (HFI) kullanmıştır. Dizinleri hesaplamak için MODIS, ASTER DEM ve antropojenik veriler entegre edilmiştir. Belirtilen alandaki yangın riskini tahmin etmek için olasılık dağılımları kullanılmıştır. Bunun yanı sıra risk oluşturulan bu endekslerden modellenmiş ve düşük, orta ve yüksek olarak üç seviyede sınıflandırılmıştır. Sonuç olarak, toplam alanın %53'ü SFI için yüksek risk, HFI için %42 ve FRI için %36 risk altındadır. SFI, HFI ve FRI indekslerinin doğruluğu sırasıyla %68, %76 ve %64 olarak belirlenmiştir.

Dennison vd. (2009) çalışmasında 1400 ila 2500 nm dalga boylarını kapsayan elektromanyetik spektrumun kısa dalga kızılötesi bölgesi, yangından önemli ölçüde yayılan yansıma içerebileceğini bulmuştur. Kısa dalga kızılötesi uzaktan algılama verilerinin ve özellikle de hiperspektral uzaktan algılama verilerinin yangın algılaması için faydasına ilişkin nispeten az sayıda değerlendirme yapıldığını tespit edip, pikselleri en doğru şekilde tespit edebilen hiperspektral indeksi belirlemek için 2003 Simi Fire'dan elde edilen Havadan Görünür Kızılötesi Görüntüleme Spektrometresi (AVIRIS) verilerini kullanılmıştır. Normalleştirilmiş fark indekslerini hesaplamak için tüm AVIRIS bant kombinasyonları ve bu indekslerin üç farklı yangın sıcaklığı aralığı için

sınıflandırma kabiliyetini karşılaştırmak için kappa katsayısı kullanılmıştır. En doğru indeks, Hiperspektral Yangın Algılama İndeksi (HFDI) olarak adlandırılmıştır. HFDI, 2061 ve 2429 nm'de kısa dalga kızılötesi için bantlar kullanılmıştır. Bu bantlar atmosferik zayıflamaya duyarlıdır, bu nedenle değişken yükseklik, güneş tepe açısı ve atmosferik su buharı konsantrasyonunun HFDI üzerindeki etkileri ışımsal transfer modellemesi kullanılarak değerlendirilmiştir.

2008'de (Coulter vd.) yapmış oldukları çalışmada, habitat koruma sistemleri tehdit altında olan veya nesli tükenmekte olan yerli bitki ve hayvan türlerini desteklemek için Güney Kaliforniya'nın yoğun nüfuslu bölgelerine bitişik olarak kurmuşlardır. Yaşam alanlarının koşullarının bu geniş koruma alanlarında izlenmesi, bunların uzun vadeli yaşayabilmesi için gereklidir ve yüksek mekânsal çözünürlüklü görünür ve yakın kızılötesi (VNIR) multispektral görüntülerle uzaktan algılama teknikleri kullanılarak etkin bir şekilde gerçekleştirilebildiği belirlenmiştir. Çalışmada, Akdeniz tipi ekosistemlerin ayrıntılı değişim tespiti ve izlenmesi için 1 m mekânsal çözünürlüklü VNIR görüntülerinin etkisi değerlendirilmiştir. Görüntü tarafından algılanan değişikliklerin gerçek değişiklikleri temsil etmesini ve doğru yorumlanmasını sağlamak için görüntü elde etme ve ön işleme prosedürleri uygulanmıştır. Altı spektral tabanlı geçiş sınıfına sahip değişim sınıflandırma ürünleri, üç değişim periyodu için çok bantlı görüntü farklılaştırma (MID) kullanılarak oluşturulmuştur. İnsan kaynaklı zararların yangın, bitki büyümesi geri kazanımı ve kuraklıkla ilgili bitki örtüsü stresi gibi habitat kalitesi izleme ile ilgili arazi örtüsü değişiklikleri, çok zamanlı VNIR görüntüleri kullanılarak kolayca tespit edilmiştir.

Sunar ve Özkan'ın (2001) belirttiği gibi, orman yangını analizi uzaktan algılanan veriler ve ayrıca CBS teknikleri ile belirlenebilir. Muğla, Türkiye'de bir orman yangını sınıflandırma, spektral profil analizi ve bitki örtüsü endeksleri gibi sayısal görüntü işleme yöntemleri ile gözlenmiştir. Ormancılık ve topoğrafik haritalardan ve meteorolojik verilerden de bir CBS verisi kullanılmıştır. Uydu görüntüleri üzerinde geleneksel ve yapay sınıflandırma ve NDVI indeksi olmak üzere iki farklı sınıflandırma yöntemi uygulanmaktadır (yangından önce elde edilen Landsat ETM+ ve yangından sonra elde edilen IRS-1C ve SPOT HRV). Sonuç olarak, Landsat ETM+ uydu görüntüsünün spektral profili normaldir. Ayrıca spektral eğri orman yangını nedeniyle IRS-1C uydu görüntüsünde farklı bir özelliğe sahiptir. Bu iki grafik, yanmış ve yanmamış alanları tanımlamayı kolaylaştırmıştır.

Bu çalışmaların dışında 2018 Kasım ayında ABD'nin California eyaletinde meydana gelen orman yangınında California'daki Pasadena kentinde yer alan NASA'nın Jet Propulsion Laboratuvarı'nda Advanced Rapid Imaging and Analysis (ARIA) ekibi tarafından harita üretilmiştir. Harita, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından işletilen Copernicus Sentinel-1 uydularından sentetik açıklıklı radar görüntüleri kullanılarak yangın öncesi ve sonrası görüntülerin karşılaştırılması ile üretilmiştir. Sonuç olarak zemin yüzeyinde belirgin değişiklikler meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Orman ekosistemlerinin sürdürülebilir planlaması ve işletilmesi için, geçmişteki durumlarıyla birlikte orman kaynaklarının zamansal değişimlerinin ve buna etki eden faktörlerin anlaşılması oldukça önemlidir. Bu çalışmada farklı mekânsal ve zamansal çözünürlükteki uydu görüntülerinin orman yangını kaynaklı değişim tespit analizlerinde kullanımına ilişkin karşılaştırmalı incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda

Kumluca Bölgesinde (Antalya) belirlenen çalışma alanında görüntü işleme ve analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın özgün yanı, farklı platformlardan alınan olay öncesi ve sonrası uydu görüntülerine ve bu görüntülerden üretilen endekslere farklı görüntü işleme algoritmalarının uygulanması ile, yangın alanı tespiti için en uygun yöntemin araştırılmış olmasıdır.

2.2.Uzaktan Algılama

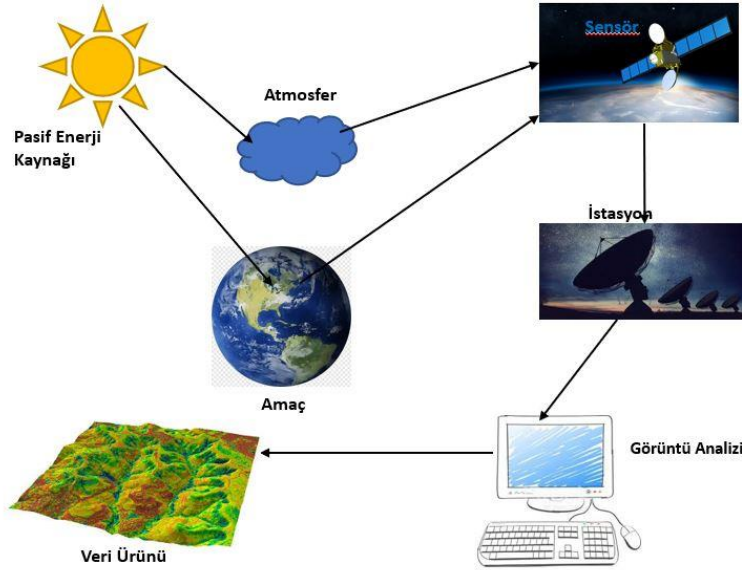
Uzaktan algılama arada mekanik bir temas olmaksızın nesnelerin yayılan veya yansıtılan elektromanyetik radyasyonu nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile nesnelerin özelliklerinin uzaktan belirlenmesi ve ölçülmesidir (Sunar 2011). Uzaktan algılama ile farklı algılayıcılar kullanarak incelenen nesne, bölge veya olay hakkında bilgi toplayarak veriyi analiz edilir.

Sensörler alınan sinyal hakkında bilgi sağlamak üzere tasarlanmıştır. Sinyal benzersiz moleküler bileşimi ve şekli ile yerdeki malzemelere bağlıdır. Elektromanyetik radyasyon, yüzey bileşimine bağlı olarak farklı şekilde yansıtılır, emilir ve yayılır. Farklı sensörler Dünya yüzeyinin farklı görünümünü sunar. Mekânsal, spektral ve zamansal çözünürlük, görüş açısı, polarizasyon, dalga boyu, nesnelerle etkileşim ve sinyal üzerindeki atmosferik etki ile verilir (Lillesand vd. 2015).

Uzaktan algılama sistemleri, özellikle uydulara yerleştirilenler, kısa vadeli ve uzun vadeli değişimleri ve insan faaliyetlerinin etkisini izlemek için çok değerli olan dünyaya tekrarlanan ve tutarlı bir bakış açısı sunar (Schowengerdt 2006). Uzaktan algılama teknolojisinin önemli uygulamalarından bazıları şunlardır:

- Çevresel değerlendirme ve izleme (kentsel büyüme, tehlikeli atık).
- Küresel değişim tespiti ve izleme (atmosferik ozon tabakasının incelenmesi, ormansızlaşma, orman yangını, küresel ısınma).
- Tarım (mahsul durumu, verim tahmini, toprak erozyonu).
- Yenilenemeyen kaynak araştırmaları (mineraller, petrol, doğal gaz).
- Yenilenebilir doğal kaynaklar (sulak alanlar, topraklar, ormanlar, okyanuslar).
- Meteoroloji (atmosfer dinamiği, hava tahmini).
- Haritalama (topografya, arazi kullanımı, inşaat mühendisliği).
- Askeri gözetim ve keşif (stratejik politika, taktik değerlendirme).

Uzaydan uzaktan algılama kullanmanın avantajı, çok alanlı bir şekilde Dünya'nın eş görünümlü bir görünümünü sağlayarak, karmaşık Dünya süreçlerini modellemek için değişiklik algılama yöntemlerine izin veren geniş alanlar üzerinde veri edinme yeteneğidir. Uzaktan algılama, pasif, örneğin görünür ve yakın kızılötesi (VIR) veya termal kızılötesi (TIR) ve aktif, örneğin sentetik diyafram radarı (SAR) ve ışık algılama ve aralıklı (LiDAR) sensörler arasında ayrım yapar. Aktif sensörler kendi dalgalarını yayarken, pasif sensörler yayılan radyasyonu ve aydınlatılmış yüzeylerin yansımalarını toplar. İkincisi için enerji kaynağı güneştir (Pohl ve Genderen 2016). Uzaktan algılama tanımı geniş anlamda çok sayıda teknoloji içermekle birlikte, tüm uzaktan algılama teknolojileri belirli temel kavramlara dayanmaktadır. Sistemdeki ana bileşenler hedef, enerji kaynağı, iletim yolu ve bir sensördür (Şekil 2.1).



Şekil 2. 1. Uzaktan algılama işlemi ve bileşenleri (Pohl ve Genderen 2016)

Dünya gözlemi olarak da adlandırılan uzaktan algılama, genel anlamda, yeryüzünün yüzeyini gözlemlemek veya algılamak için kullanılan farklı tekniklere ve yöntemlerine, genellikle uzak veya belirli bir mesafede sabit veya hareketli bir konumda bir görüntünün oluşturulmasıyla ifade edilir. Bir nesneden gelen uzaktan algılamada, bir nesneden gelen elektromanyetik radyasyon, yeryüzü gözlemi durumunda bu nesne dünyanın yüzeyi, ölçülmekte ve nesne hakkında bilgiye veya nesne ile ilgili süreçlere dönüştürülmektedir (De Jong ve Van der Meer 2007).

2.3. Çevresel Değişim Tespiti

Değişim tespiti teknikleri ve orman yangınların çalışmaları için farklı çözünürlükte uydu verileri kullanılarak değişim tespiti uygulamaları ve hasar tespitinden oluşmaktadır. Çevresel değişim tespitini değerlendirmek için değişken derecelerde kaynaklar, harcamalar, doğruluk, yeterlilik ve teknolojiye sahip farklı metodolojiler uygulanmıştır (Hassan vd. 2018). Ancak evrensel bir değişim tespit yöntemi yoktur ve en uygun yaklaşımı seçmek son kullanıcıya bağlıdır (Tewkesbury vd. 2015 ; Kotaridis ve Lazaridou 2018).

2.3.1. Değişim tespitinin önemi

Değişim tespiti aynı bölgenin farklı zamanlarda alınan görüntülerin değişimini belirlemeyi amaçlar. Farklı zamanlarda alınan görüntülerin arazi yüzeyindeki değişimlerin belirlenmesi çok önemlidir. Değişim tespitinin belirlenmesinde uzaktan algılama görüntülerinin kullanılması afet ve hasarların belirlenmesi, arazi örtüsünün haritalanması, kentsel genişlemenin belirlenmesi gibi bir çok uygulamada yaygın olarak kullanılmıştır (Mundia and Aniya 2005 ; Wang ve Xu 2010 ; Jin et al. 2013).

İdeal olarak, değişim belirleme tespiti aynı veya benzer sensör tarafından elde edilen verileri içermelidir. Aynı zamanda mekânsal çözünürlük, görüntüleme geometrisi,

spektral bantlar, radyometrik çözünürlük belli saatlerde kullanılarak kaydedilmelidir (Lillesand vd. 2015).

Değişim tespitinden önce uydu görüntüleri geometrik hatalar, atmosferik, radyometrik ve topoğrafik hatalar düzeltilmelidir. Uydu görüntüleri genellikle atmosferik saçılma etkilerinden, sensörün kalibrasyonundan ve engebeli arazi yüzeyinden etkilenir. Tüm bu hatalar düzeltilmezse doğru olmayan sonuçlara yol açabilir (Sood vd. 2020).

Uzaktan algılama ile görüntü yorumlamada önemli olan özellikler için uyduların çözünürlük türlerini bilmektir. Değişim tespiti sürecinde de en az iki görüntü kullanılarak görüntülerin yorumlanması gerekir. Değişim tespitini etkileyen başlıca dört temel unsur vardır.

2.3.1.1. Spektral çözünürlük

Uygun verilerin elde edilebilmesi için spektral çözünürlük önemlidir. Spektral çözünürlük bir algılayıcının görüntü verilerini topladığı spektral bantların sayısına, dalga boyu konumuna ve darlığına bağlıdır. Herhangi bir sensörün veri topladığı bantlar, pankromatik görüntüler için tek bir geniş bant, çok bantlı görüntüler için birkaç geniş bant veya hiperspektral görüntüler için birçok dar bant arasında değişebilir. Mekânsal ve spektral çözünürlüğün artırılmasının her ikisinin de algılanacak mevcut enerjide bir düşüşe neden olduğu bilinmelidir. Yüksek mekânsal çözünürlük her detektörün daha küçük bir alandan enerji aldığı anlamına gelirken yüksek spektral çözünürlük, her detektörün daha dar bir dalga boyu aralığında enerji aldığı anlamına gelir (Lillesand vd. 2015).

İdeal olarak, uzak sensör sisteminin spektral çözünürlüğü, nesnenin en açıklayıcı spektral özelliklerini en iyi şekilde yakalayan spektral bölgelerde yansıyan ışımaya akısını kaydetmek için yeterlidir. Fakat farklı sensör sistemleri enerjiyi elektromanyetik spektrumun tam olarak aynı kısımlarında (yani bant genişlikleri) kaydetmez. Normal şartlarda birden çok tarihte görüntü elde etmek için aynı sensör sistemi kullanılır. Bu mümkün olmadığında birbirine yaklaşık olan bantları seçilmez (Jensen 2005). Örneğin çalışmada WorldView-2 ve IKONOS uydu verileri karşılaştırıldığında ikisi de farklı sensör oldukları için bunların birbirlerine yakın olan bant değerleri seçilerek başarılı bir sonuç elde edilebilir. Eğer böyle yapılmazsa değişim tespiti algoritmaların birçoğunda bir sensörden gelen başka bir sensör sistemindekilerle eşleşmezse çalışmaz.

2.3.1.2. Radyometrik çözünürlük

Detektörün, hedeften belirli dalga boylarındaki enerjinin sinyal gücündeki farklılıklara duyarlılığı radyometrik çözünürlük ölçüsüdür. Daha büyük radyometrik çözünürlük, radyasyon sinyallerindeki daha küçük farklılıkların ayırt edilmesini sağlar. Detektör sinyali, bir analogdan dijital dönüşürücü ile örneklemeden önce uygulanan bir analog kazanıma sahiptir. Örnekleme her piksel için alınan veri bitlerinin sayısını ve görüntüde gösterilebilecek düzeylerin sayısını belirler. Ancak doğrudan radyometrik çözünürlük değildir. Bu çözünürlük analog fotoğraf sistemlerinde film hızına benzer. Aynı ışık koşulları daha parlak görünecek ve daha hızlı filme çekildiğinde daha fazla kontrast oluşacaktır. Çünkü film ışımaya akısına daha duyarlıdır. Hava fotoğraflarında

açıkça görünen renk değişiklikler film ve dijital sensörler arasındaki radyometrik çözünürlükteki nispeten büyük farklılıklar nedeniyle bazı dijital görüntülerde bazen hemen görülmez. Örneğin renkli hava fotoğrafçılığı teorik olarak uydu sensörlerinde çok daha fazla radyometrik çözünürlük sağlayabilir. Küçük bir yansıma değişimi, gözle görülebilen ve renkli filme kaydedilen renkte belirgin bir değişikliğe neden olabilir (Franklin 2001).

Radyometrik çözünürlük, radyometrik hassasiyet ve piksel boyutları da görüntü farklılığı ile önemli yüzey eğimi değişimlerini tespit etmek için önemli sensör özellikleridir (Bindschadler vd. 2010). Radyometrik çözünürlük değeri ne kadar yüksek olursa görüntünün yorumlanması o kadar fazla olur. Çalışmada kullanılan IKONOS ve Worldview-2 uydusu radyometrik çözünürlükleri 11 bit renk derinliğiyle görüntü toplamaktadır. Bu da 0 ile 2048 arasında parlaklık değere sahip olduğunu göstermektedir. ASTER sensörü yakın kızıl ötesi bantları 8 bit (0-256 parlaklık değerleri) sahiptir. Değişim tespitinde kullanılan radyometrik değerlerin genellikle aynı radyometrik çözünürlüğe sahip olması beklenir. Değişiklik tespiti için iki farklı radyometrik çözünürlüklü görüntünün kullanılması gerekiyorsa, veri bütünlüğünü korumak için daha yüksek radyometrik çözünürlüğe (11 bit) sahip görüntü, daha düşük çözünürlüklü verilere (8 bit) açılmalıdır (Jensen 2005).

2.3.1.3. Zamansal çözünürlük

Değişim tespitinin etkileyen bir diğer faktör zamansal çözünürlüktür. Uzaktan algılanan verilerin birden çok tarihi kullanılarak yapılan değişim tespiti sırasında iki önemli zamansal çözünürlük sabit tutulmalıdır. Öncelikle veriler uzaktan algılanan verilerin yansıma özelliklerinde anormal farklılıklara neden olabilecek bir sensör sisteminden elde edilmelidir. Yıl dönümü tarih görüntülerinin kullanılması, değişim tespiti projesini olumsuz etkileyebilecek mevsimsel güneş açısı ve bitki fenolojisi farklılıklarının etkisini en aza indirir (Jensen 2005).

Sensör sisteminden elde edilen veriler nerdeyse günün aynı saatlerinde veri toplar. Çalışmada kullanılan ASTER sensörü aynı zeminin görüntülerini 16 günlük zaman aralığında alır. Yani her 16 günde bir aynı yeri ziyaret ettiği anlamına gelir. Çalışmada kullanılan bir diğer uydu Worldview-2 bir günden biraz daha uzun bir ortalama tekrarlama süresine sahiptir.

2.3.1.4. Mekânsal çözünürlük ve görüş açısı

En az iki görüntünün doğru mekânsal kaydı, sayısal değişim tespiti için gereklidir. İdeal olarak, uzaktan algılanan veriler her tarihte aynı anlık görüş alanıyla veri toplayan bir sensör sistemi tarafından elde edilir (Jensen 2005).

Yüksek mekânsal çözünürlük spektral varyans nedeniyle bir sınıf içinde kafa karışıklığı yaratırken, bir nesneyi veya özelliği tanımlamak için mekânsal çözünürlük gereklidir (Klemas 2011 ; Hu ve Weng 2011). Ayrıca benzer fenolojik durum bir görüntü sınıflandırma algoritmasının verimliliğini karşılaştırmak için bir ön koşuldur. Dolayısıyla görüntü işlemede mekânsal ve zamansal çözünürlük arasında bir denge vardır (Rahman vd. 2020).

Farklı tarihlerde toplanan uydu verilerinin aynı mekânsal çözünürlükte birbirine kaydedilmesi daha kolaydır. Aynı şekilde IFOV (sistemin anlık görüş açısı) aynı çözünürlükteki uydu verileriyle değişim tespiti yapılabildiği gibi farklı çözünürlükteki uydu verileriyle de yapılabilir (Lillesand vd. 2015).

Bunların dışında atmosferik koşullarda, toprak nemi, fenotolojik döngü gibi özellikler değişim tespitini etkilemektedir. Değişim tespiti yapılırken çevresel özellikler olabildiğince sabit tutulmalıdır. Doğru bir görüntü elde edilebilmesi için farklı günlerde alınan görüntülerde bulut ve yoğun nem olmamalıdır.

2.4. Değişim Tespiti Teknikleri

Görüntülerin yorumlanması ve değişim sürecinin incelenmesinde uzaktan algılama teknikleri bize birçok kolaylık sağlar. Değişim tespiti uzaktan algılamanın en önemli özelliklerinde biridir. Farklı zamanlarda oluşan değişimleri kayıt edip ileride oluşacak değişimlerle kıyaslayarak görüntülerin yorumlanmasına yardımcı olur. Bu değişimler için kullanılan birçok yöntem vardır. Çalışmada değişim tespitini iki ana alt başlık içinde incelenmiştir. İlki piksel tabanlı değişim tespiti olup en çok kullanılan yöntemlerden fark görüntüsü, görüntü oranlama, NDVI farkı ve NDVI oranlaması değişim analizi yapılmıştır. Temel bileşen analizi (PCA) ve minimum gürültü oranlama (MNF) ise dönüşüm tabanlı değişim tespiti yöntemidir.

2.4.1. Piksel tabanlı değişim tespiti

Bir piksel uzaktan algılama verilerinin erken kullanımından bu yana görüntü analizi ve değişim tespiti tekniklerinin temel birimi olmuştur. Bir görüntü pikseli bu tekniklerdeki atomik analitik birimdir ve spektral özellikleri çoğunlukla mekânsal özelliği dikkate almadan değişiklikleri tespit etmek ve ölçmek için kullanılır. Çoğu zaman istatistiksel yöntemlerle tek tek pikseli değerlendirmek için kullanılır (Hussain vd. 2013).

2.4.1.1. Zamansal görüntü farklılığı

Düzgün bir şekilde kalibre edilen ve düzeltilen iki görüntü arasındaki değişiklikleri belirlemenin basit bir yolu, tek bantlarda veya türetilmiş indekslerde pikselden piksele farkı hesaplamaktır. Sabit alanlar, sıfıra yakın bir değer sunarken, yüksek pozitif veya negatif değerlere sahip olanlar önemli değişikliklerin olduğu alanları belirleyecektir (Chuvieco ve Huete 2009).

Eğer alanlar arasında büyük bir farklılık yoksa sıfıra yakın bir değer olacaktır. Değişim alanları büyükse eksi ya da artı değerleri gösterecektir. Örnek vermek gerekirse 8 bitlik bir görüntü için fark -255 ile 255 arasında değerler bulunur. Bulunan her bir fark için örneğin 255 gibi bir sabit değer eklenir (Lillesand vd. 2015). Denklem (2.1) yardımıyla zamansal görüntü farklılığı bulunabilir (San 2002).

$$BV_{ij}(\text{değişim}) = BV_{ij}(\text{tarih1}) - BV_{ij}(\text{tarih2}) + c \quad (2.1)$$

Burada ifade edilen sembolleri açıklamak gerekirse “i” satır numarası, “j” sütun numarası, “ BV_{ij} (değişim)” iki görüntü arasındaki farklılığı gösteren değer, “ BV_{ij} (tarih1)” ilk görüntüdeki parlaklık değeri “ BV_{ij} (tarih2)” ikinci görüntüdeki parlaklık değeri “c” ise sabit parlaklık değerini göstermektedir (San 2002).

2.4.1.2. Zamansal görüntü oranlama

Farklı tarihlerde alınan görüntülerin oranları hesaplanarak bulunur. İki görüntü arasında oluşan sonuç eğer değişim göstermiyorsa 1'e yakın değer, eğer değişiklik gösteriyorsa 1'den büyük ve düşük değere sahip olur. Görüntü oranlama yapılmasının en önemli özelliklerinden biri güneş açısı ve gölgeleri gibi oluşabilecek dış etkenlere karşı hata oranının en aza indirmek için yapılır (Lillesand vd. 2015). Görüntü farklılaşmasından farklı olarak, bölümdeki görüntülerin sırası önemli değildir. Çünkü değişim sonuçları oranlarla ifade edilir. Değiştirilmeyen alanlar teorik olarak 1 değerine sahip olmalıdır (Hussain vd. 2013). Denklem (2.2) yardımıyla zamansal görüntü farklılığı bulunabilir.

$$BV_{ij}(\text{değişim}) = BV_{ij}(\text{tarih1}) / BV_{ij}(\text{tarih2}) \quad (2.2)$$

2.4.1.3. NDVI fark görüntüsü / NDVI görüntü oranlama

Multispektral (MS) görüntülerden türetilen normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) uzaktan algılamada vejetasyonun büyüme durumunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir ölçüdür (Zang vd. 2020). Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi MS görüntüdeki yakın kızılötesi (NIR) bant ve kırmızı (R) banttan hesaplanan yeşil bitki örtüsünün seviyesini değerlendirmek için bir denklem önerilmiştir (Tucker 1979). Denklem 2.3'de NDVI denklemi gösterilmiştir. ENVI 5.1 görüntü işleme ve analiz yazılımı ile NDVI değerini elde etmek için kullanıldı.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (2.3)$$

Hasar görmüş orman alanlarını tespit etmek için zamansal farklılık, değişimi belirlemede önemlidir. (Chuvieco ve Huete 2009). NDVI (Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi) azalmasının daha yoğun olduğu alanlar 1 değerine yakinken bitki örtüsünün az olduğu/olmadığı bölgelerde ise sıfır veya eksi değer alabilir.

2.4.2. Dönüşüm tabanlı değişim tespiti

Bu yöntemlerin bir avantajı bantlar arasındaki veri fazlalığını azaltmak ve türetilmiş bileşenlerde farklı bilgileri vurgulamaktır. Ancak ayrıntılı değişim matrisleri sağlanmazsa değişen alanları tespit etmek için eşik değerlerin belirlenmesi gerekebilir (Lu vd. 2004).

2.4.2.1. PCA

Temel bileşen analizi (PCA) değişimi belirlemek ve çoklu tarih görüntülerini yorumlamak için kullanılır. İki ya da daha fazla görüntünün her bir tarihten farklı bantları içeren verilerin yeni birçok bant oluşturmak için kaydedilir (Lillesand vd. 2015). Temel bileşen analizinin (PCA) değişim tespit yönteminde kullanılması, bu dönüşümün geleneksel kullanımına göre belirli bir kapsama sahiptir. PCA genellikle giriş değişkenlerinde bulunan ortak bilgileri koruyarak geniş bir değişkenler kümesini özetlemek için kullanılır. Ayrıca PCA'yi değişim algılamada kullanırken, giriş bantları farklı tarihlerde elde edilir ve ana bileşenler tam olarak değişmeyen özelliklere atıfta bulunur. Böylece ikincil bileşenler dönüşümleri gösterir (Chuvieco ve Huete 2009).

2.4.2.2. MNF

MNF (Minimum Gürültü Oranlama) dönüşümü görüntü verilerinin içsel boyutunu belirlemek verilerdeki gürültüyü ayırmak ve sonraki işlemler için hesaplama gereksinimlerini azaltmak için kullanılır (Ayoobi ve Tangestani 2017). MNF dönüşümü uzaktan algılama ve görüntü işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Çünkü görüntü kalitesi açısından multispektral ve hiperspektral görüntülerin sıkıştırılması ve sıralanmasında genellikle temel bileşenler (PC) dönüşümünden daha iyidir (Berman vd. 2012).

MNF dönüşümü yapıldığında en yüksek öz değerden (en anlamlı bantlarla) en düşük öz değere kadar sıralanan korelasyonsuz bantları oluşturur (Ballanti vd. 2016).



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

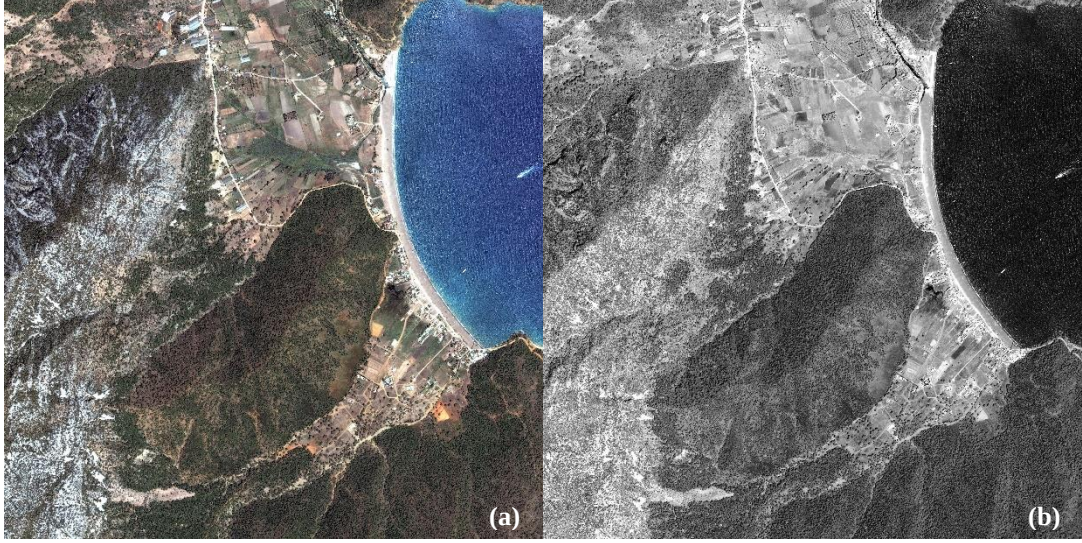
Çalışmada yangın öncesi IKONOS ve yangın sonrası Worldview-2 (WV-2) yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bununla birlikte, yangın öncesi Landsat-7, yangın sonrası Landsat-8 uydu görüntü ile ASTER yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüleri kullanılmıştır. ASTER, Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntüleri USGS'den (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma Kurumu) temin edilmiştir.

3.1.1. IKONOS

IKONOS uydu verileri 4 m çözünürlükte 4 tane multispektral görüntü bantlarına sahiptir. Aynı zamanda 1 m çözünürlükte daha ayrıntılı bilgiye ulaşılabilecek pankromatik banda sahiptir. Radyometrik çözünürlüğü 11 bit şerit genişliği 11 km'dir (Lillesand vd. 2015). Çizelge 3.1'de IKONOS uydusunun özellikleri verilmiştir. Şekil 3.1'de IKONOS uydusunun pankromatik ve multispektral görüntüleri verilmiştir.

Çizelge 3. 1. IKONOS uydusunun özellikleri

IKONOS Karakteristik	Pankromatik (PAN)	Multispektral (MS)
Spektral Aralık (µm)	Pan : 0.45-0.90 µm	Bant 1: 0.45-0.52 Bant 2: 0.62-0.60 Bant 3:0.63-0.69 Bant 4: 0.76-0.90
Yer Çözünürlüğü (m)	1	4
Şerit Genişliği (km)	11	11
Radyometrik Çözünürlük (bit)	11	11



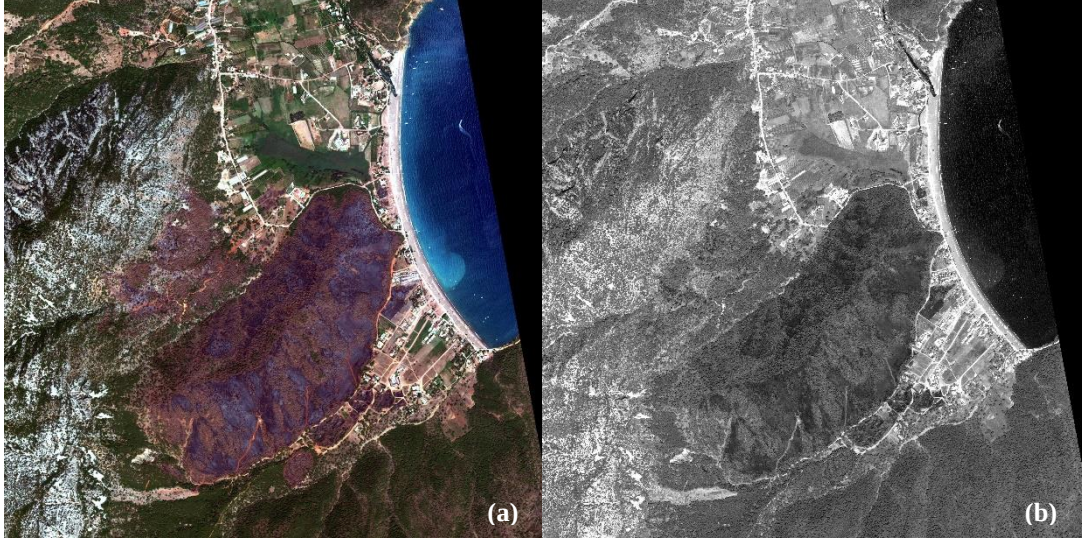
Şekil 3.1. a) Yangın öncesi IKONOS multispektral uydu görüntüsü (RGB: 321); **b)** Yangın öncesi IKONOS pankromatik uydu görüntüsü (14.10.2004 tarihli görüntü.)

3.1.2. WorldView-2

Worldview-2 uydu verileri 2 m çözünürlükte 8 tane multispektral banda ve 0.5 m çözünürlükte pankromatik banda sahiptir. Şerit genişliği 16 km olup aynı zamanda 770 km yüksekliktedir (Lillesand vd. 2015). Çizelge 3.2’de WV-2 uydusunun temel özellikleri verilmiştir. Şekil 3.2’de WorldView-2 uydu görüntüsünün pankromatik ve multispektral gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. WV-2 uydusunun özellikleri

WV-2 Karakteristik	Pankromatik (PAN)	Multispektral (MS)
Spektral Aralık (µm)	Pan : 0.45-0.80	Kıyısıal : 0.40- 0.45 Mavi : 0.45-0.51 Yeşil : 0.51-0.58 Sarı : 0.585-0.625 Kırmızı : 0.63-0.680 Kırmızı Kenar : 0.705-0.745 Yakın Kızıl Ötesi 1 : 0.770-0.895 Yakın Kızıl Ötesi 2 : 0.860-1,040
Yer Çözünürlüğü (m)	0.5	2
Şerit Genişliği (km)	16	16
Radyometrik Çözünürlük (bit)	11	11



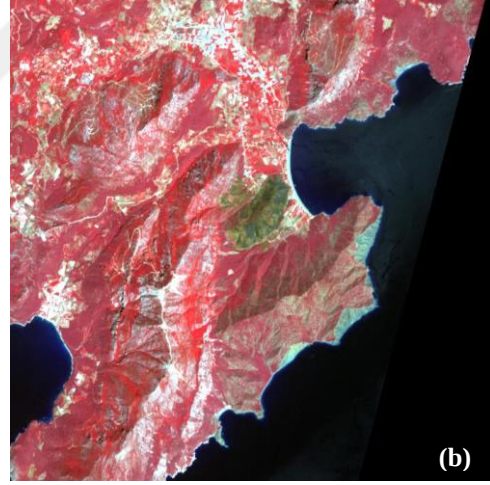
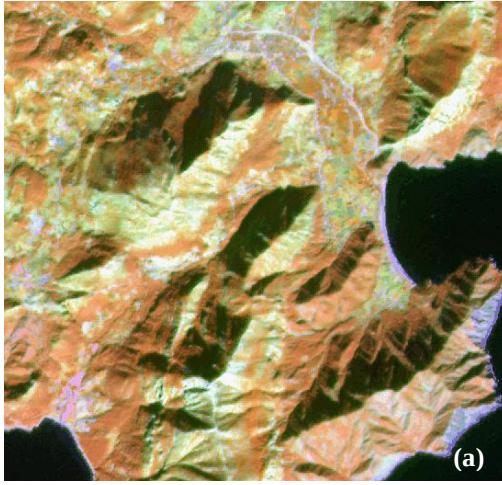
Şekil 3.2.a) Yangın sonrası WorldView-2 multispektral uydu görüntüsü (RGB: 532) ; **b)** Yangın sonrası WorldView-2 pankromatik uydu görüntüsü (05.07.2014 tarihli görüntü.)

3.1.3. ASTER

Terra uydusu üzerine yerleştirilen ASTER sensörü toplamda 14 banttan oluşmaktadır. Bunların görünür ve yakın kızıl ötesi (VNIR) 3, kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) 6, ısı kızıl ötesi 5 bantta sahiptir. Yakın kızıl ötesi bantları 15 m, kısa dalga kızıl ötesi 30 m, ısı kızıl ötesi bantları ise 90 m çözünürlüğe sahiptir. Şerit genişliği 60 km olup, radyometrik çözünürlükleri yakın kızıl ötesi ve kısa dalga kızıl ötesi 8 bit, ısı kızıl ötesi ise 12 bittir (Lillesand vd. 2015). Çizelge 3.3’de ASTER’in temel özellikleri verilmiştir. Şekil 3.3’de ASTER sensörünün yangın öncesi ve yangın sonrası yakın kızıl ötesi (VNIR) bantlarından oluşan uydu görüntüsü gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. ASTER sensörünün özellikleri

ASTER Karakteristik	VNIR (Yakın kızılötesi)	SWIR (Kısa dalga Kızılötesi)	TIR (Termal Kızılötesi)
Spektral Aralık (μm)	Bant 1: 0.52-0.60 Bant 2: 0.63-0.60 Bant 3: 0.76-0.86	Bant 4: 1.6-1.7 Bant 5: 2.145-2.185 Bant 6: 2.185-2.225 Bant 7: 2.235-2.285 Bant 8: 2.295-2.365 Bant 9: 2.360-2.430	Bant 10: 8.125-8.475 Bant 11: 8.475-8.825 Bant 12: 8.925-9.275 Bant 13 :10.25-10.95 Bant 14 : 10.95-11.65
Yer Çözünürlüğü (m)	15	30	90
Şerit Genişliği (km)	60	60	60
Radyometrik Çözünürlük (bit)	8	8	12



Şekil 3.3. a) Yangın öncesi 04.11.2004 tarihli ASTER uydu görüntüsü; **b)** Yangın sonrası 12.08.2014 tarihli ASTER uydu görüntüsü (Yakın kızıl ötesi (VNIR) bantları kullanılmıştır (RGB: 321))

3.1.4. Landsat-7 (ETM+)

Landsat-7 Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı Plus (ETM+) toplamda 8 banttan oluşmaktadır. Bunların 1 tanesi pankromatik, 1 tanesi termal ve diğer 6 bant multispektral özelliğe sahiptir. Pankromatik 15m, multispektral 30 m ve termal bant 60 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Her bir bant 8 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir (Lillesand vd. 2015). Çizelge 3.4'te Landsat-7'in temel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.4. Landsat-7 (ETM+) uydusunun özellikleri

Landsat-7 (ETM+) Karakteristik	Pankromatik (PAN)	Multispektral (MS)
Spektral Aralık (μm)	Pan: 0.52-0.90 μm	Mavi : 0.45-0.515, Yeşil : 0.525-0.606 Kırmızı :0.63-0.69 Yakın Kızıl Ötesi : 0.775-0.900 Kısa Dalga Kızıl Ötesi 1: 1.550-1.750 Kısa Dalga Kızıl Ötesi 2 : 2.090-2.350
Yer Çözünürlüğü (m)	15	30
Şerit Genişliği (km)	185	185
Radyometrik Çözünürlük (bit)	8	8

3.1.5. Landsat-8 (OLI)

Landsat-8 İşlevsel Kara Görüntüleyici (OLI) ve Isıl Kızıl Ötesi Algılayıcı olmak üzere iki algılayıcıdan oluşur. OLI sensörü toplamda 11 banttan oluşur. Bunun 1 tanesi pankromatik 2 tanesi termal bant, diğer 8 tanesi multispektral özelliğe sahiptir. Pankromatik bandı 15 m, multispektral bandı ise 30 m çözünürlüğe sahiptir. Her bir bant 12 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Çizelge 3.5'te Landsat-8'in temel özellikleri verilmiştir (Lillesand vd. 2015). Şekil 3.5a'da Landsat-7 uydusunun yangın öncesi ve Şekil 3.5b'de Landsat-8'in yangın sonrası doğal renk uydu görüntüsü gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. Landsat-8 (OLI) uydusunun özellikleri

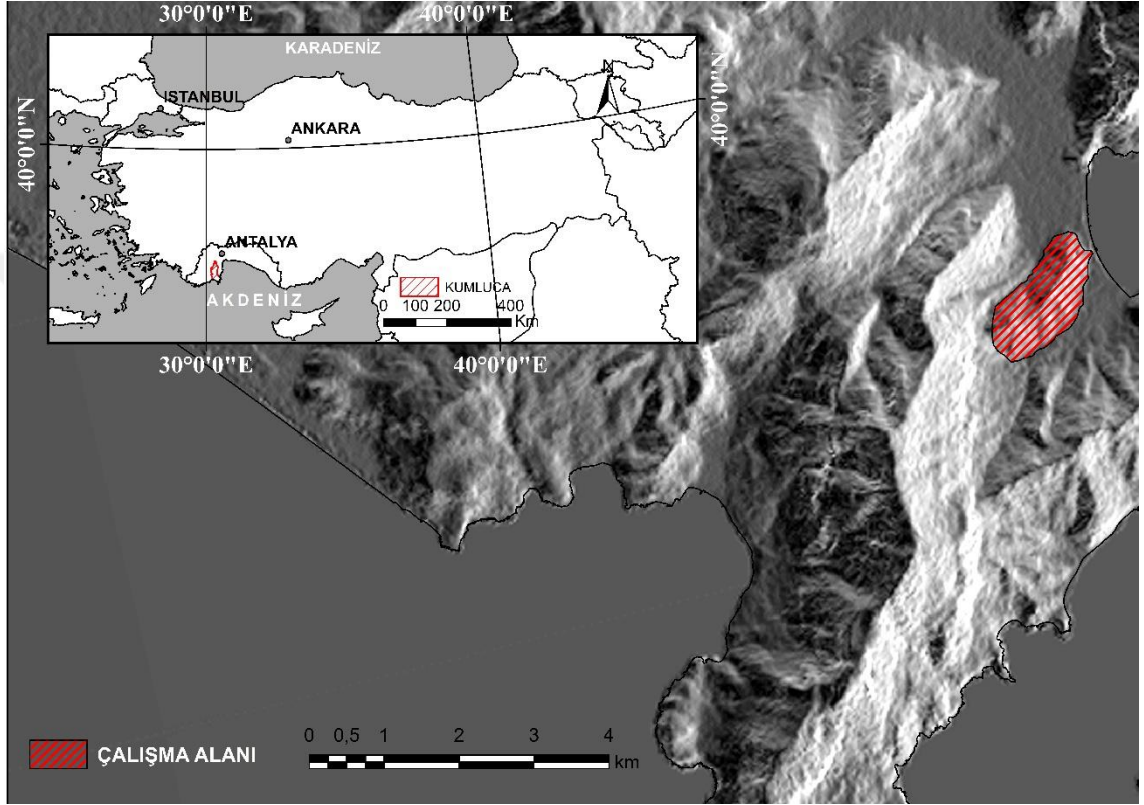
Landsat-8 Sensör (OLI)	Pankromatik (PAN)	Multispektral (MS)
Spektral Aralık (μm)	Pan : 0.500 - 0.680	Kıyı/ Aerosol : 0.433 - 0.453 Mavi : 0.450 - 0.515 Yeşil : 0.525 - 0.600 Kırmızı : 0.630 - 0.680 Yakın Kızılötesi : 0.845 - 0.885 Kısa dalga kızıl ötesi 1 : 1.560 - 1.660 Kısa dalga kızıl ötesi 2 : 2.100 - 2.300 Sirrus : 1.360 - 1.390
Yer Çözünürlüğü (m)	15	30
Şerit Genişliği (km)	185	185
Radyometrik Çözünürlük (bit)	12	12



Şekil 3.4. a) Yangın öncesi Landsat-7 multispektral uydu görüntüsü (03.11.2004 tarihli görüntüsü, RGB: 321); **b)** Yangın sonrası Landsat-8 multispektral uydu görüntüsü (03.07.2014 tarihli uydu görüntüsü, RGB: 432)

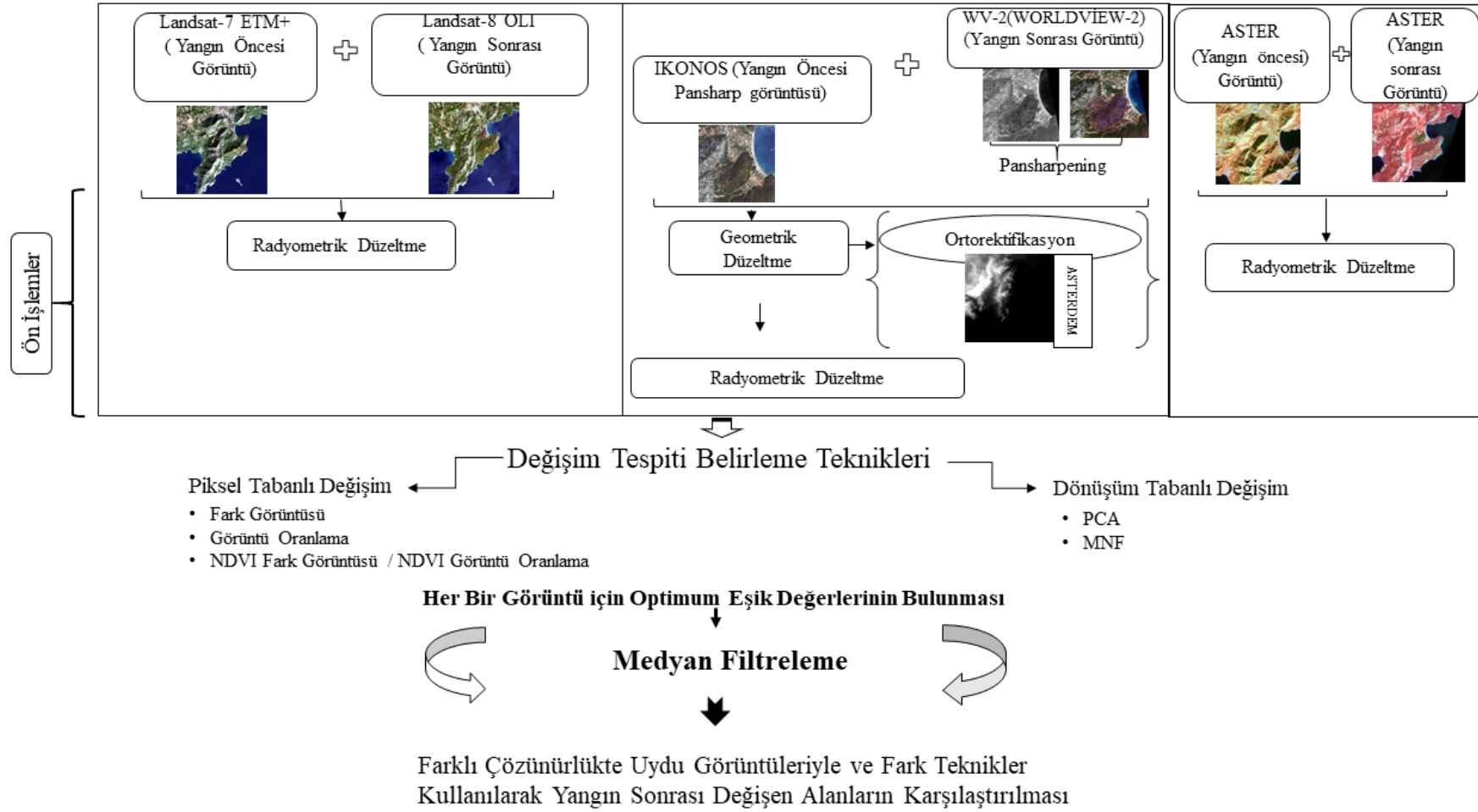
3.2. Metot

Bu çalışmanın temel amacı orman yangınlarında hasar görmüş alanları farklı çözünürlükteki uydu verilerini kullanarak tespit etmektir. Görüntüler UTM (Universal Transverse Mercator) koordinat sistemi, bölge 36, WGS84 datumundadır. Çalışma alanı Antalya'nın Kumluca ilçesine bağlı bir sahil beldesi olan Adrasandadır. Şekil 3.5'te Kumluca'nın Türkiye'deki konumu ve çalışma alanının Kumluca ilçesinde konumu gösterilmektedir.



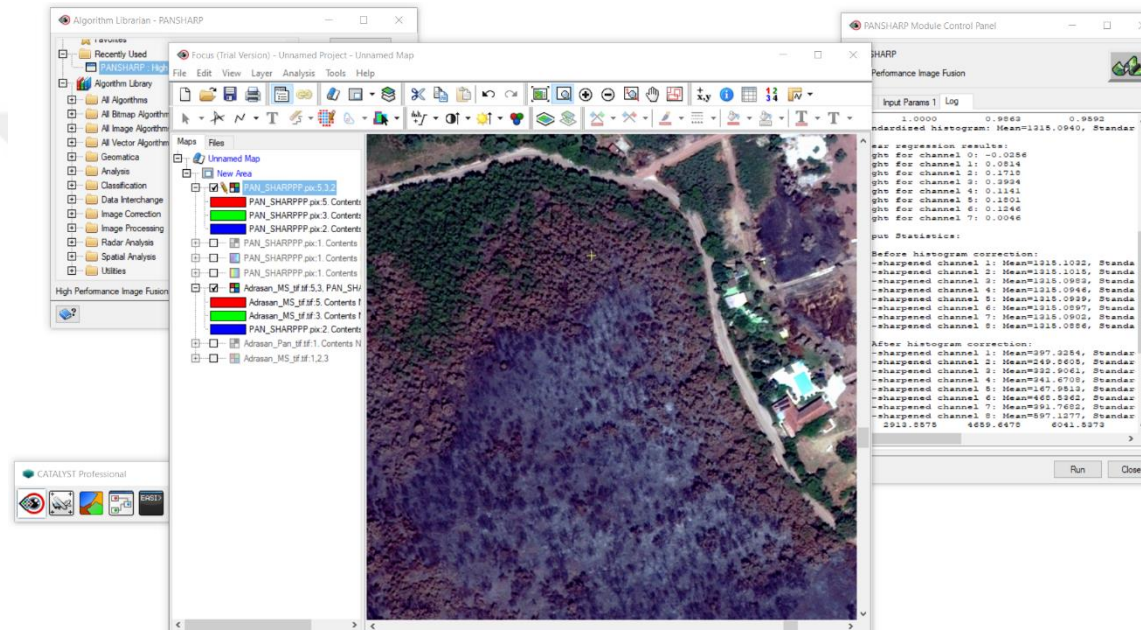
Şekil 3.5. Çalışma alanının konumu (Çalışma alanı Kumluca ilçesine bağlı Adrasan Beldesindedir.)

Çalışma alanı için beş uydu görüntüsü kullanılmıştır. Şekil 3.6'da çalışma iş akış şeması gösterilmektedir. İlk çalışma Landsat-7 yangın öncesi ve Landsat-8 yangın sonrası uydu verileri kullanılmıştır. İkinci çalışma yangın öncesi IKONOS uydu verisi ile yangın sonrası WV-2 uydusunun karşılaştırılması yapılmıştır. Üçüncü çalışmada TERRA uydusu üzerine yerleştirilen ASTER sensörü yangın öncesi ve sonrası uydu verileri kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Çalışma iş akış şeması

USGS'den alınan Landsat-7, Landsat-8 ve ASTER görüntüleri için geometrik düzeltme yapıldığı için herhangi bir geometrik düzeltme işlemi yapılmamıştır. Fakat iki görüntünün radyometrik kalibrasyonu yapılmıştır. Yangın öncesi IKONOS uydusu ile yangın sonrası WV-2 uydu verisiyle gerekli geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmadan önce Şekil 3.7'da gösterilmiş olan WV-2 uydusu için 0.5 m pankromatik 2 m multispektral görüntüleri için PCI Geomatica görüntü işleme yazılımı kullanılarak pansharpening (görüntü keskinleştirme) yapılmıştır. Böylece 0.5 m çözünürlükte multispektral bir görüntü elde edilmiştir. Bu işlemlerden sonra sırasıyla geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapıp farklı tekniklerdeki değişim tespiti uygulanarak hasar bölgesi belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Pansharpening (görüntü keskinleştirme) işlemi

3.2.1. Ön işlemler

Gerçekleştirilen ön işlem esas olarak iki bölümden oluşmaktadır. Yangın öncesi ve yangın sonrası görüntülerin geometrik ve radyometrik düzeltme işlemi yapıp daha sonra yangın kaynaklı yerlerin farklı çözünürlükteki uydu görüntüleriyle değişim tespitinin yapıp sayısallaştırılmıştır.

3.2.1.1. Geometrik düzeltme

Görüntülerin zenginleştirilmesi, yorumlanması ve sayısal sonuçların belirlenmesi için önce ham görüntü verisi üzerinde yapılması gereken bazı işlemler vardır. Bunlardan biriside geometrik düzeltmedir. Bazı görüntülerde çok önemli derecede geometrik bozukluklar meydana geldiği için bir sonraki işleme geçmeden hatanın düzeltilmesi gerekir. Çünkü olay öncesi görüntüdeki bir pikselin konumu olay sonrası görüntüde bir pikselin konumuyla eşlenmezse ortaya çıkan değişim görüntüsü doğru görüntüyü yansıtmayabilir. Geometrik bozukluklar yükseklik, konum ve algılayıcı düzleminin hız

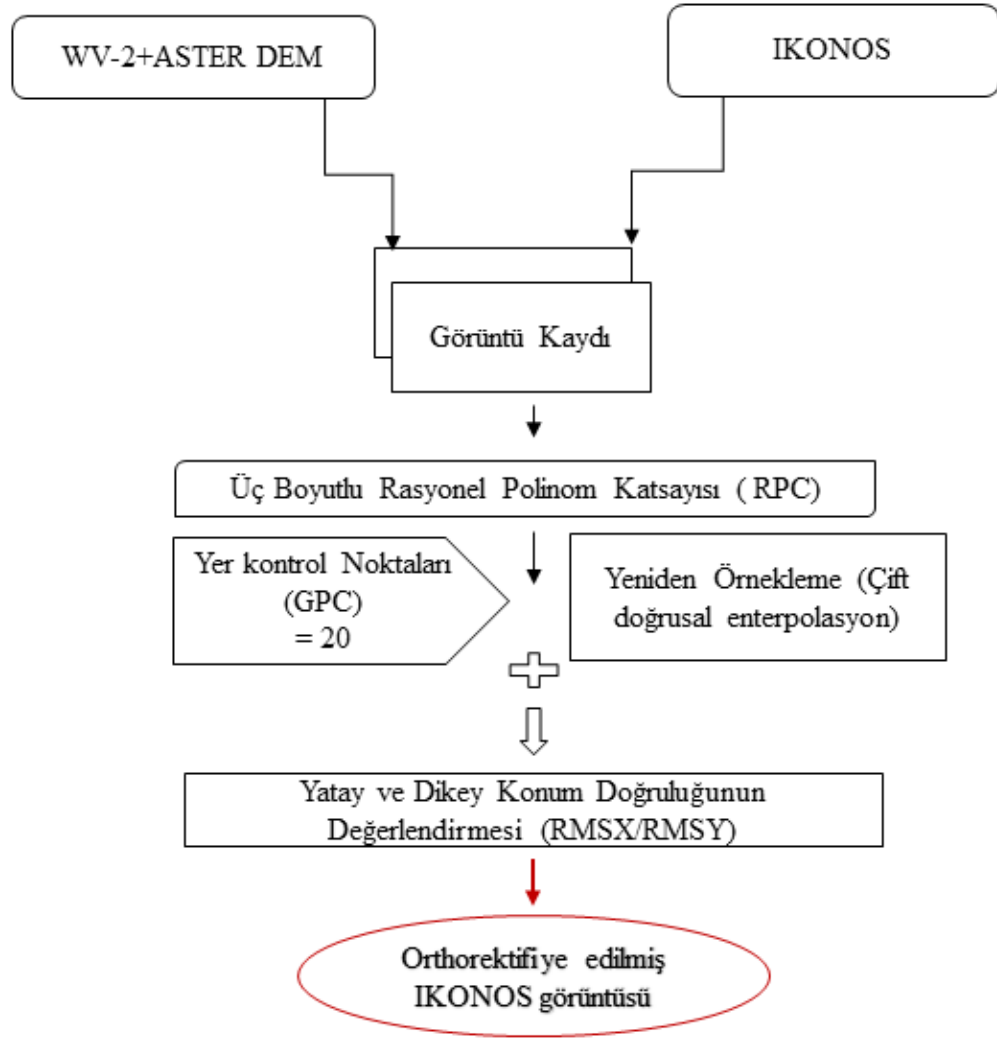
değişimlerinden meydana gelebilir. Geometrik düzeltmenin amacı düzeltilmiş olan görüntüyü en yüksek geometrik bütünlüğe getirmeye çalışarak meydana gelen bozukluğu ortadan kaldırmaktır (San 2002).

Ortorektifikasyon, bir görüntüyü dikey planimetri haritasına ortorektifiye eden ve perspektif açısını $[x,y,z]$ formatına taşıyan bir işlemdir. Arazi kaynakları araştırması, afet izleme, ormancılık envanteri ve çevresel değişiklik analizi gibi alanlarda uzaktan algılanan görüntü uygulamaları için bir ön koşuldur. Ortorektifiye edilmiş uydu görüntüsü yalnızca haritanın geometrik doğruluğunu değil, aynı zamanda uzaktan algılama görüntüsü özelliklerine de sahiptir (Zhang vd. 2018).

Çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünün ortorektifikasyonu, geniş kentsel nesnelerin tam olarak tanınması için gerekli ön işleme aşamalarından biridir (Chmiel vd. 2004). Ortorektifikasyon için önemli aşama, arazi rölyefi üzerindeki olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasıyla sağlar. (Rizeei ve Pradhan 2019). Uydu verilerinin ortorektifikasyonu, haritalama uygulamaları için, daha geniş bir arazi veya kentsel özellikleri tanımlamak için (yani görüntü sınıflandırması) ve coğrafi referanslı görüntü verilerini coğrafi bilgi sistemlerine eklemek için en önemli ön işlem adımlarından biridir (Aguilar vd. 2013).

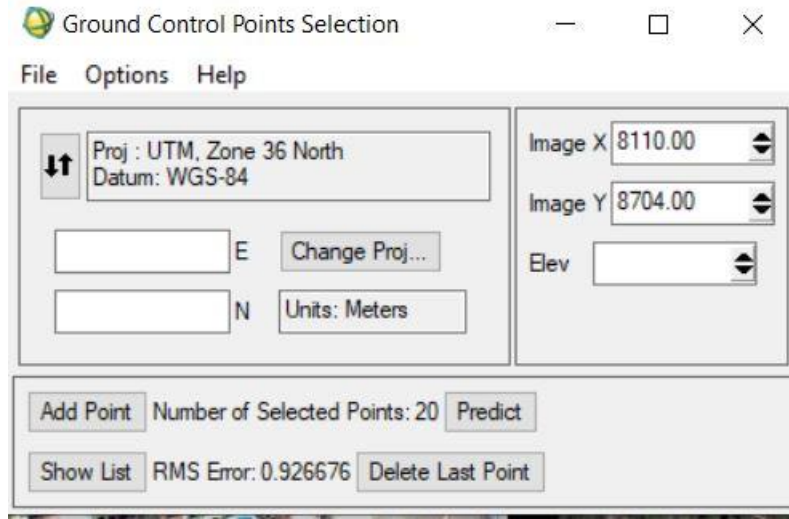
Çalışma alanı için kullanılan uydulardan biri olan WV-2 0.5 m çözünürlüğe ve IKONOS 1 m çözünürlüğe sahiptir. Geometrik bozulmaları düzeltmek için sayısal yükseklik modelleri (DEM) ve yer kontrol noktaları (GCP) gibi yardımcı verileri kullanılarak ortorektifiye edilmiştir.

Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) bitkiler ve binalar gibi herhangi bir nesne olmadan zemin yüzeyinin üç boyutlu temsilidir (Elkhrachy 2018). DEM'ler çok sayıda uygulamada kullanılır. Arazi parametrelerinin çıkarılması, su akışının modellenmesi, rölyef haritalarının oluşturulması, jeomorfoloji ve fiziksel coğrafyada arazi analizleri, mühendislik ve altyapı tasarımı, temel haritalama, uçuş simülasyonu, görüş hattı analizi gibi uygulamalarda kullanılır. Eğim, eğim yönü, hidrografik ağlar gibi verileri DEM'ler den otomatik olarak çıkarılabilir. Eğrilik, kontur çizgileri, görüş alanı ve gözlemci noktaları da hesaplanabilir (Abrams vd. 2020). 30 m çözünürlüğe sahip ASTER GDEM Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırma (USGS) tarafından yayınlanmıştır. Ortorektifike için ENVI 5.1 yazılımı kullanılmış olup ortorektifikasyon için çalışma iş akış şeması Şekil 3.8'de gösterilmiştir. Bunun için RPC (Rasyonel Polinom Katsayısı) oluşturulması gerekir.

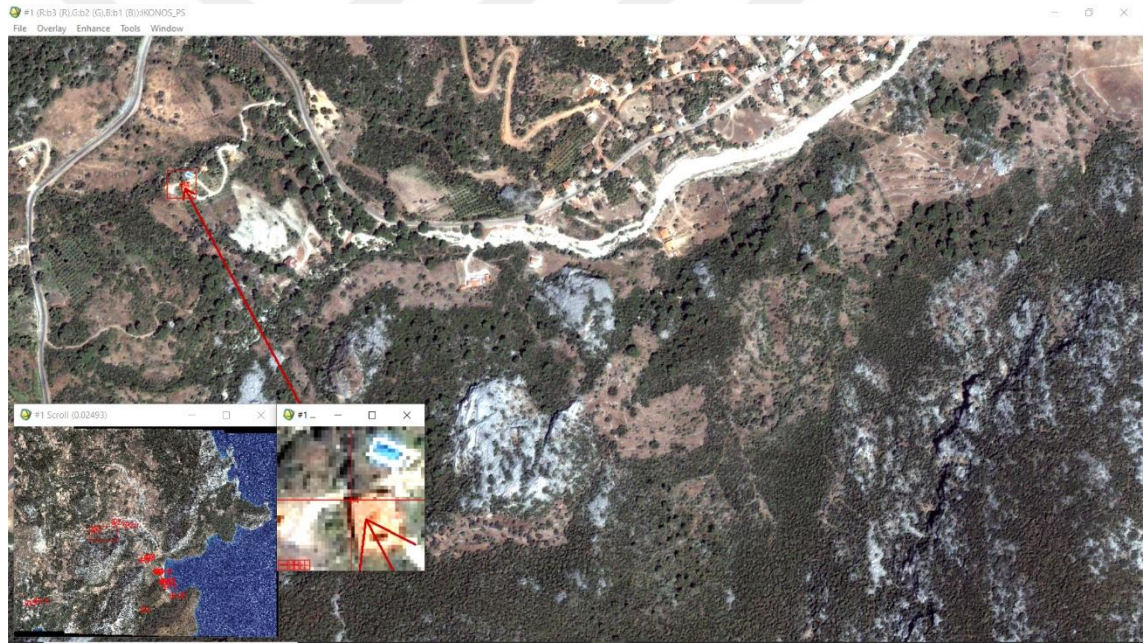


Şekil 3.8. Ortorektifikasyon için çalışma iş akış şeması

Çalışmada ASTER GDEM (ASTER Küresel Sayısal Yükseklik Modeli) verisi kullanılmıştır. 0.5 m çözünürlükte olan WV-2 uydusu referans olarak tercih edilip IKONOS uydu verisi yeniden koordinatlandırıldı. Bunun için 20 yer kontrol noktası (GCP) belirlendi. Şekil 3.9’da oluşan yaklaşık 0.92 olarak hesaplanan ortalama karakök hatası verilmiştir. Yeniden örnekleme için çift doğrusal enterpolasyon yöntemi tercih edilmiştir. Şekil 3.10’da yer kontrol noktalarının IKONOS uydu görüntüsü üzerindeki dağılımları gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Ortorektifikasyon için toplanılan 20 adet yer kontrol noktasından sonra oluşan ortalama karakök hata değeri



Şekil 3.10. 20 adet yer kontrol noktalarının IKONOS uydusu üzerindeki dağılımları

RPC (Rasyonel Polinom Katsayıları) genelleştirilmiş çok sensörlü düzeltme algoritmaları olarak tanır (Noh ve Howat 2018). Ortorektifikasyonun yapılabilmesi için RPC (Rasyonel Polinom Katsayısı) dosyası oluşturuldu. Uydu görüntülerinde geometrik sensör modelleri üç boyutlu (3D) nesne alanı konumları (X,Y,Z) ile buna karşılık gelen iki boyutlu (2D) görüntü alanı konumları (x,y) olan koordinatlar için kullanılmıştır.

RPC dosyası oluşturulduktan sonra yatay düzlemde ortalama karakök hatası (RMSX) yaklaşık 0.01 m, düşey düzlemde karakök hatası (RMSY) yaklaşık 0.07 m bulundu. Şekil 3.11’de her bir koordinat değerinin x ve y düzlemdeki hata değeri ve ortalama karakök hatası gösterilmiştir.

Exterior Orientation from GCPs Error Report	
File	
#1	(271350.50,4019040.00,75.00) -> (7008.95,9929.09) DX=-0.02040222 DY=0.00598953
#2	(272058.00,4021126.00,6.00) -> (7701.05,7841.05) DX=-0.00265804 DY=-0.00833103
#3	(265045.50,4019422.00,241.00) -> (739.05,9551.05) DX=0.00055502 DY=-0.00126419
#4	(268661.50,4023376.00,106.00) -> (4326.00,5593.00) DX=-0.02369665 DY=0.01711544
#5	(269772.00,4023817.00,46.00) -> (5423.91,5151.05) DX=-0.00364740 DY=0.00549683
#6	(271270.50,4021711.00,12.00) -> (6915.91,7257.14) DX=0.00584824 DY=0.00079501
#7	(271577.50,4021892.50,7.00) -> (7219.91,7075.00) DX=0.01525153 DY=-0.00422398
#8	(271586.50,4021891.50,7.00) -> (7229.00,7076.05) DX=0.01370486 DY=-0.00355219
#9	(272065.00,4021135.50,6.00) -> (7707.95,7832.95) DX=-0.00206277 DY=0.00857007
#10	(272542.00,4020265.50,7.00) -> (8184.91,8702.05) DX=-0.00758364 DY=-0.00027973
#11	(272464.50,4020548.50,5.00) -> (8107.00,8419.00) DX=-0.00705302 DY=-0.00101420
#12	(272455.50,4020556.00,5.00) -> (8096.86,8411.14) DX=0.00696942 DY=-0.00540237
#13	(272364.50,4020611.50,12.00) -> (8006.05,8356.00) DX=0.01702240 DY=-0.00095698
#14	(265527.00,4019526.00,251.00) -> (1219.05,9445.95) DX=0.01211814 DY=-0.00591677
#15	(272970.50,4019829.00,11.00) -> (8611.97,9138.00) DX=-0.00026462 DY=-0.00309543
#16	(272970.50,4019825.50,11.00) -> (8612.00,9143.03) DX=-0.00054595 DY=0.01525601
#17	(272965.50,4019842.00,11.00) -> (8608.00,9126.00) DX=-0.01262765 DY=0.00888750
#18	(272230.50,4021097.00,6.00) -> (7871.97,7870.03) DX=0.00731626 DY=-0.00703970
#19	(272220.00,4021086.50,6.00) -> (7862.00,7879.94) DX=0.00178336 DY=-0.01425482
#20	(270438.50,4023671.00,30.00) -> (6086.06,5296.00) DX=-0.00002730 DY=-0.00677957
Total RMSX = 0.01064500	
Total RMSY = 0.00781288	

Şekil 3.11. RPC (Rasyonel Polinom Katsayı) oluşturulduktan sonra yatay düzlemde ortalama karakök (RMSX) ve düşey düzlemde karakök (RMSY) oluşan hata değerleri

3.2.1.2. Radyometrik düzeltme

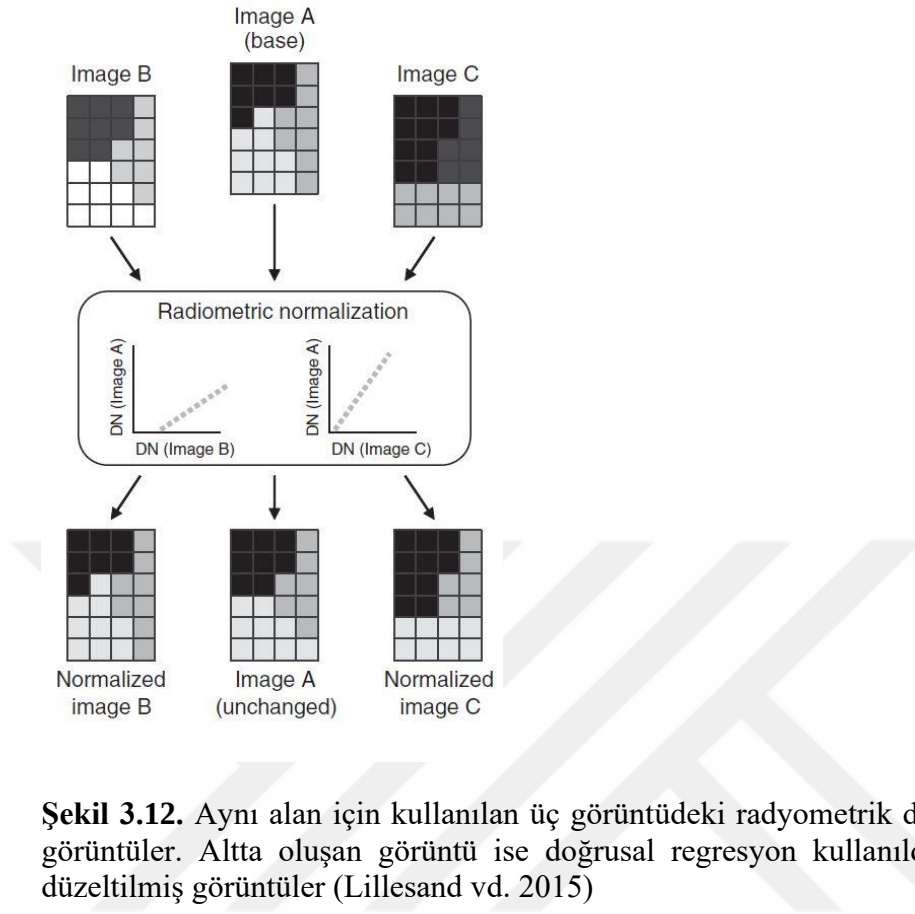
Radyometrik normalizasyon, farklı güneş açıları ve atmosferik koşulların neden olduğu sensör içi yansıma belirsizlikleri nedeniyle çok zamanlı uydu görüntülerini kullanan uzaktan algılama uygulamaları için temel ve önemli bir ön işlem yöntemidir. Radyometrik tutarsızlık problemini çözmek için uzaktan algılama uygulamalarında bir ön işlem olarak genellikle bir radyometrik düzeltme gerçekleştirilir (Syariz vd. 2019).

Atmosferik model olması durumunda ve veri alımları sırasında zemin ölçümleri mevcut değildir, göreceli normalizasyon ilave bilgi gerektirmeden görüntüler arasındaki radyometrik farklılıkları en aza indiren alternatif bir yöntemdir. Mutlak radyometrik düzeltmede, veri toplama sırasında atmosferik bir düzeltme modeli ve zemin ölçümleri gereklidir, bu da uygulamayı nispeten zorlaştırır. Aksine göreceli bir radyometrik düzeltme veya göreceli radyometrik normalizasyon olarak adlandırılan yerde atmosferik ve yer verileri gerektirmez bu da yöntemi geçmiş uydu görüntüleri için uygun hale getirir (Lillesand vd. 2015).

Radyometrik düzeltme işlemleri :

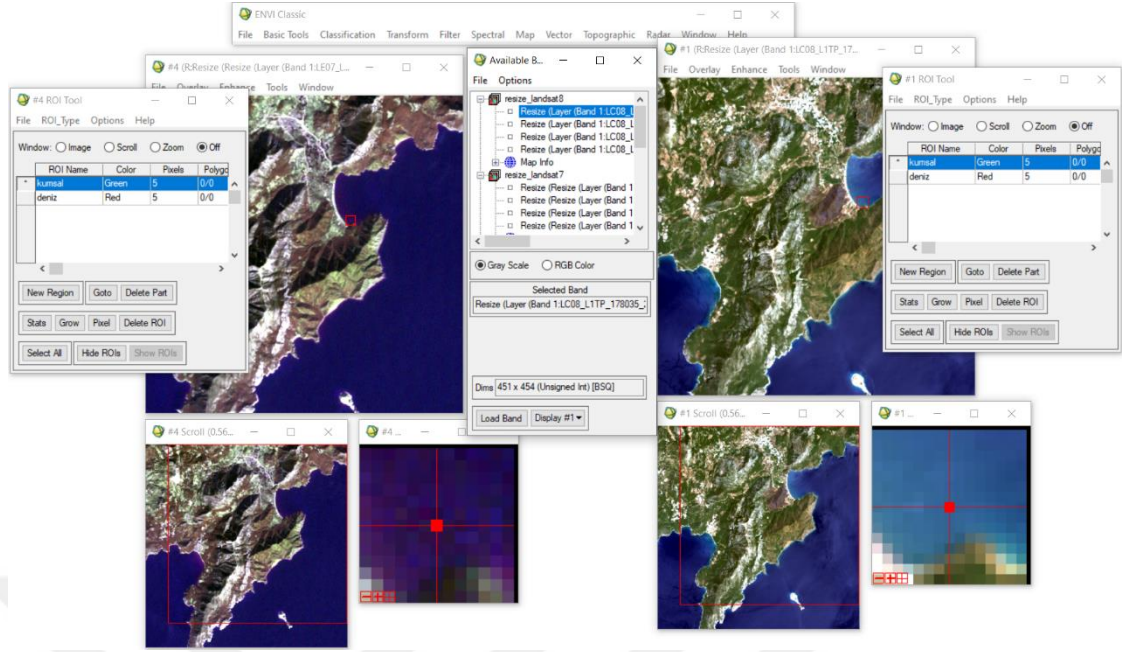
- Atmosferik koşullar,
- Güneş aydınlanması,
- Arazi örtü değişimi,
- Algılayıcı ayar değişimleri gibi dışardan gelen etkenler

Radyometrik düzeltmenin yapılabilmesi için doğrusal (lineer) regresyon gibi parlaklık değeriyle ilişkili olan bir model kurmak için istatistiksel bir yöntem kullanılır. Şekil 3.12’de temel alınan parlaklık değişimlerini göstermektedir. Görüntüler düzeltildiğinde parlaklık değerinden dolayı oluşan farklılıklar en az indirilir. Bu işlem için görüntü üzerindeki piksellerden en koyu ve en açık olanlardan örnek toplanır. Pikselde bu alanlar değişime uğramayan yerlerdir. Daha sonra toplanan piksel değerleriyle doğrusal (lineer) regresyon oluşturulur. Burada atmosferik koşullarda, güneş aydınlanması veya topoğrafyadan dolayı meydana gelecek hata değerleri düzeltilir (Lillesand vd. 2015).



Şekil 3.12. Aynı alan için kullanılan üç görüntüdeki radyometrik düzeltme. Üst : Ham görüntüler. Altta oluşan görüntü ise doğrusal regresyon kullanıldıktan sonra oluşan düzeltilmiş görüntüler (Lillesand vd. 2015)

Şekil 3.13'te yangın öncesi Landsat-7 uydu verisi ile yangın sonrası Landsat-8 uydu görüntüsünün ENVI görüntü işleme yazılımı kullanılarak aynı koordinat üzerinden 10 tane örnek toplanmıştır. İlk görüntüde (Landsat-7) mavi bant 1'e yeşil bant 2'ye kırmızı bant 3'e yakın kızıl ötesi bant 4'e karşılık gelirken ,Landsat-8 görüntüsünde mavi bant 2'ye, yeşil bant 3'e, kırmızı ise bant 4'e yakın kızıl ötesi bant 5'e karşılık gelmektedir.



Şekil 3.13. Yangın öncesi Landsat-7 ve yangın sonrası Landsat-8 uydu görüntülerinin ENVI yazılımı üzerinde örnek toplanılan ilgili bölgeyi (ROI) göstermektedir

Doğrusal regresyon yönteminde parlaklık değerlerinin eşleşmesi gerekir (San 2002). Kendi regresyon çizgisiyle normalize edilmiş bantlar denklem 3.1’de gösterilmiştir. BV_{post} olay öncesi parlaklık değeri, BV_{pre} olay sonrası parlaklık değeridir. Regresyon çizgisinin eğimi a ile gösterilmiştir. b ise BV_{post} ile regresyon çizgisini eğiminin kesişme noktasıdır.

$$BV_{post} = a * BV_{pre} + b \quad (3.1)$$

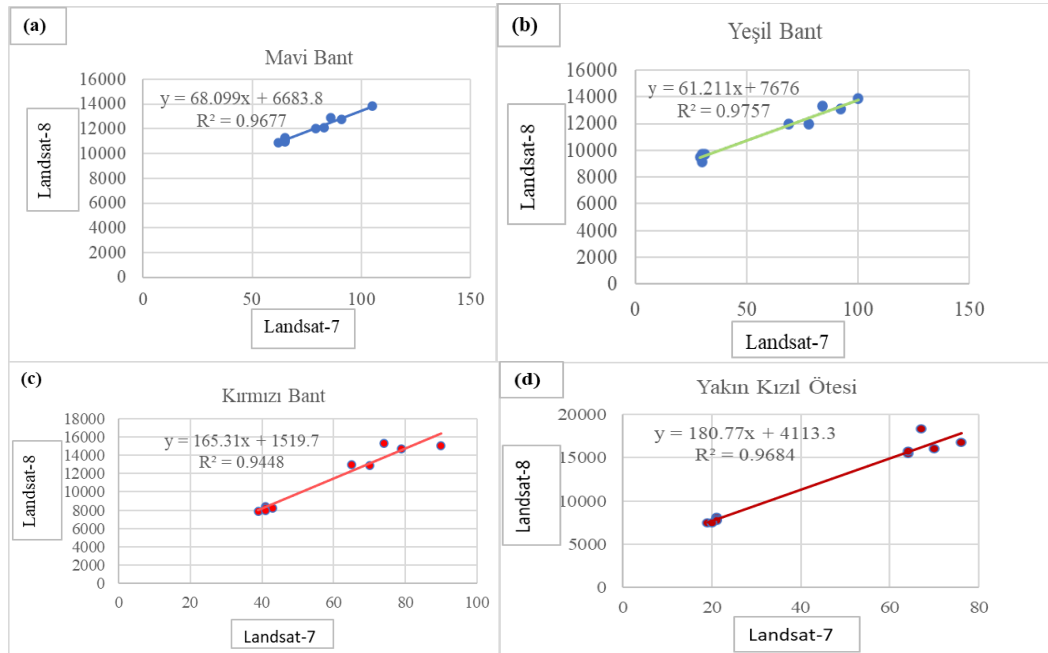
Çizelge 3.6’da Multispektral görüntüleri normalleştirmek için Landsat-7 yangın öncesi ve Landsat-8 yangın sonrası değişmeyen bölgelerden alınan 10 tane örnek seçilmiştir. Bantların karşılaştırılması yapıldı ve regresyon katsayısı (R^2) hesaplanmıştır. Çizelge 3.7’de kalibrasyon sonrası her bir bant için regresyon katsayısı ve denklem verilmiştir.

Çizelge 3.6. a) Landsat-7 yangın öncesi her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri **b)** Landsat-8 yangın sonrası her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri

(a)	ID	Lat	Lon	LANDSAT-7 (Yangın Öncesi)				Normalize Edilmiş (Landsat-7)			
				B1	B2	B3	B4	B1'	B2'	B3'	B4'
	1	36.3113	30.46511	105	100	90	76	13834.2	13797.1	16397.6	17851.8
	2	36.3075	30.4649	91	92	79	70	12880.8	13307.4	14579.2	16767.2
	3	36.3018	30.46642	83	78	70	64	12336.0	12450.5	13091.4	15682.6
	4	36.2989	30.46818	86	84	74	67	12540.3	12817.7	13752.6	16224.9
	5	36.2976	30.46989	79	69	65	64	12063.6	11899.6	12264.9	15682.6
	6	36.3129	30.46773	65	30	41	21	11110.2	9512.3	8297.4	7909.5
	7	36.3067	30.46759	65	30	41	21	11110.2	9512.3	8297.4	7909.5
	8	36.3038	30.47069	62	30	39	19	10905.9	9512.3	7966.8	7547.9
	9	36.3027	30.46739	65	31	43	21	11110.2	9573.5	8628.0	7909.5
	10	36.2987	30.47253	65	29	41	20	11110.2	9451.1	8297.4	7728.7

(b)	ID	Lat	Lon	LANDSAT-8 (Yangın Sonrası)				Normalize Edilmiş (Landsat-8)			
				B2	B3	B4	B5	B2'	B3'	B4'	B5'
	1	36.3113	30.46511	13816	13859	15019	16809	947539.6	855999.2	2484310.6	3042676.2
	2	36.3075	30.4649	12794	13101	14681	16028	877942.4	809601.3	2428435.8	2901494.9
	3	36.3018	30.46642	12088	11995	12880	15519	829864.5	741901.9	2130712.5	2809482.9
	4	36.2989	30.46818	12932	13326	15346	18318	887340.1	823373.8	2538367.0	3315458.2
	5	36.2976	30.46989	12000	11971	13006	15774	823871.8	740432.9	2151541.6	2855579.3
	6	36.3129	30.46773	11313	9732	8400	8150	777087.8	603381.5	1390123.7	1477388.8
	7	36.3067	30.46759	11148	9597	8236	7905	765851.5	595118.0	1363012.9	1433100.2
	8	36.3038	30.47069	10867	9108	7856	7448	746715.6	565185.8	1300195.1	1350488.3
	9	36.3027	30.46739	11085	9682	8221	7770	761561.2	600320.9	1360533.2	1408696.2
	10	36.2987	30.47253	10959	9463	7926	7494	752980.7	586915.7	1311766.8	1358803.7

Çizelge 3.7. Yangın öncesi Landsat-7 ile yangın sonrası Landsat-8 uydu verilerinin bant değerleri karşılaştırılarak örneklerin doğrusal (lineer) regresyon grafiği ve regresyon katsayıları **a)** Mavi bant **b)** Yeşil bant **c)** Kırmızı bant **d)** Yakın kızıl ötesi bant



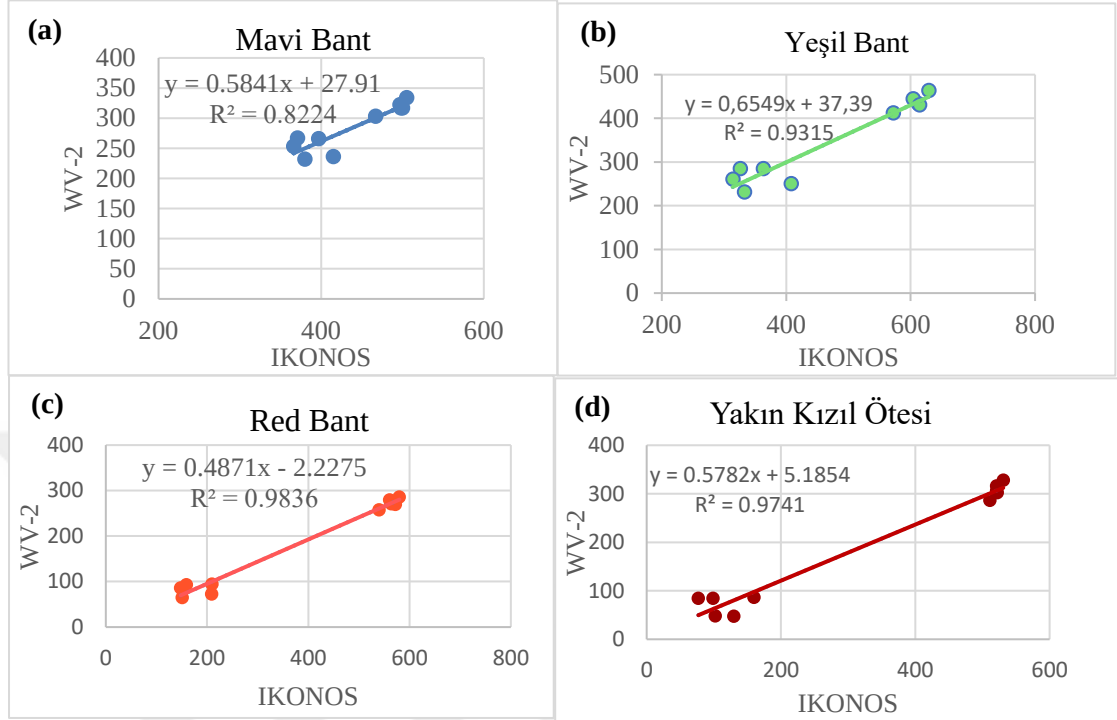
Benzer şekilde Çizelge 3.8’de Multispektral bantların normalize değerlerini belirlemek için IKONOS ve WV-2 görüntüsünden değişmeyen bölgelerden 10 tane örnek seçildi. Çizelge 3.9’da kalibrasyon sonrası her bir bant için regresyon katsayısı ve denklemi verilmiştir.

Çizelge 3.8.a) IKONOS yangın öncesi her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri **b)** WV-2 yangın sonrası her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri

(a)	ID	Lat	Lon	B1	B2	B3	B4	B1'	B2'	B3'	B4'
	1	36.3093	30.4654	500	612	564	522	320.0	438.2	272.5	307.0
	2	36.3089	30.4653	497	604	561	521	318.2	432.9	271.0	306.4
	3	36.3079	30.4685	397	363	210	160	259.8	275.1	100.1	97.7
	4	36.3079	30.4685	371	326	159	99	244.6	250.9	75.2	62.4
	5	36.3068	30.4657	498	614	572	521	318.8	439.5	276.4	306.4
	6	36.3059	30.4698	366	314	148	77	241.7	243.0	69.9	49.7
	7	36.3059	30.4699	380	333	151	102	249.9	255.5	71.3	64.2
	8	36.3038	30.466	505	629	580	531	322.9	449.3	280.3	312.2
	9	36.2998	30.4708	415	408	209	130	270.3	304.6	99.6	80.4
	10	36.2979	30.47	467	572	540	511	300.7	412.0	260.8	300.6

(b)	ID	Lat	Lon	B2	B3	B5	B7	B2'	B3'	B5'	B7'
	1	36.3093	30.4654	317	434	271	302	28.5	61.2	152.2	179.8
	2	36.3089	30.4653	322	445	280	316	29.1	61.2	154.6	187.9
	3	36.3079	30.4685	266	285	95	86	29.7	61.2	127.3	54.9
	4	36.3079	30.4685	267	285	93	84	30.2	61.2	127.8	53.8
	5	36.3068	30.4657	317	431	270	306	30.8	61.2	152.2	182.1
	6	36.3059	30.4698	253	261	86	84	31.4	61.2	121.0	53.8
	7	36.3059	30.4699	232	232	65	48	32.0	61.2	110.8	32.9
	8	36.3038	30.466	334	464	286	328	32.6	61.2	160.5	194.8
	9	36.2998	30.4708	236	251	73	47	33.2	61.2	112.7	32.4
	10	36.2979	30.47	303	413	258	286	33.8	61.2	145.4	170.6

Çizelge 3.9. Yangın öncesi IKONOS ile yangın sonrası WV-2 görüntüsünden alınan örneklerin doğrusal (lineer) regresyon grafiği ve regresyon katsayıları **a)** Mavi bant **b)** Yeşil bant **c)** Kırmızı bant **d)** Yakın kızıl ötesi bant



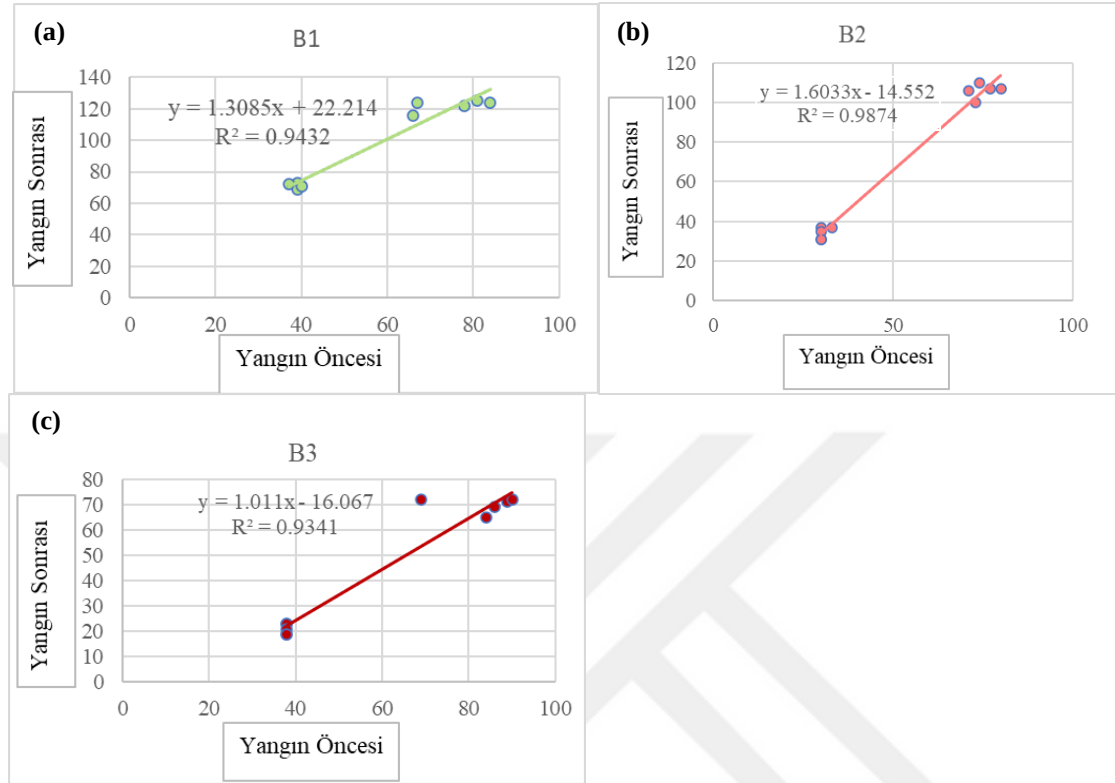
Çizelge 3.10’da Multispektral bantların normalize değerlerini belirlemek için ASTER yangın öncesi ve yangın sonrası görüntülerinden değişmeyen alanlardan 10 tane örnek seçilmiştir. Çizelge 3.11’de bantların karşılaştırılması yapıp daha sonrası regresyon katsayıları (R^2) ve denklemleri verilmiştir.

Çizelge 3.10. a) ASTER yangın öncesi her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri **b)** ASTER yangın sonrası her bir bandın piksel değerleri ve normalize edilmiş değerleri

(a)	ID	Lat	Lon	ASTER (Yangın Öncesi)			Normalize Edilmiş Değerler		
				B1	B2	B3	B1'	B2'	B3'
	1	36.3121	30.4685	39	33	38	73.2	38.4	22.4
	2	36.3083	30.468	39	30	38	73.2	33.5	22.4
	3	36.3069	30.4685	37	30	38	70.6	33.5	22.4
	4	36.3009	30.4712	39	30	38	73.2	33.5	22.4
	5	36.3	30.4707	40	30	38	74.6	33.5	22.4
	6	36.309	30.4649	67	74	69	109.9	104.1	53.7
	7	36.3048	30.4654	84	77	86	132.1	108.9	70.9
	8	36.3031	30.466	78	71	89	124.3	99.3	73.9
	9	36.3007	30.4669	81	80	90	128.2	113.7	74.9
	10	36.2972	30.4703	66	73	84	108.6	102.5	68.9

(b)	ID	Lat	Lon	ASTER (Yangın Sonrası)			Normalize Edilmiş Değerler		
				B1	B2	B3	B1'	B2'	B3'
	1	36.3121	30.4687	72	37	23	116.4	44.8	7.2
	2	36.3083	30.468	73	37	23	117.7	44.8	7.2
	3	36.3069	30.4685	72	35	21	116.4	41.6	5.2
	4	36.3009	30.4712	69	31	19	112.5	35.2	3.1
	5	36.3	30.4707	71	31	19	115.1	35.2	3.1
	6	36.309	30.4651	124	110	72	184.5	161.8	56.7
	7	36.3048	30.4654	124	107	69	184.5	157.0	53.7
	8	36.3031	30.466	122	106	71	181.9	155.4	55.7
	9	36.3007	30.467	125	107	72	185.8	157.0	56.7
	10	36.2972	30.4705	116	100	65	174.0	145.8	49.6

Çizelge 3.11. Yangın öncesi ve yangın sonrası ASTER görüntülerinden alınan örneklerin doğrusal (lineer) regresyon grafiği ve regresyon katsayıları **a)** Yeşil bant değerleri **b)** Kırmızı bant değerleri **c)** Yakın kızıl ötesi bant değerleri



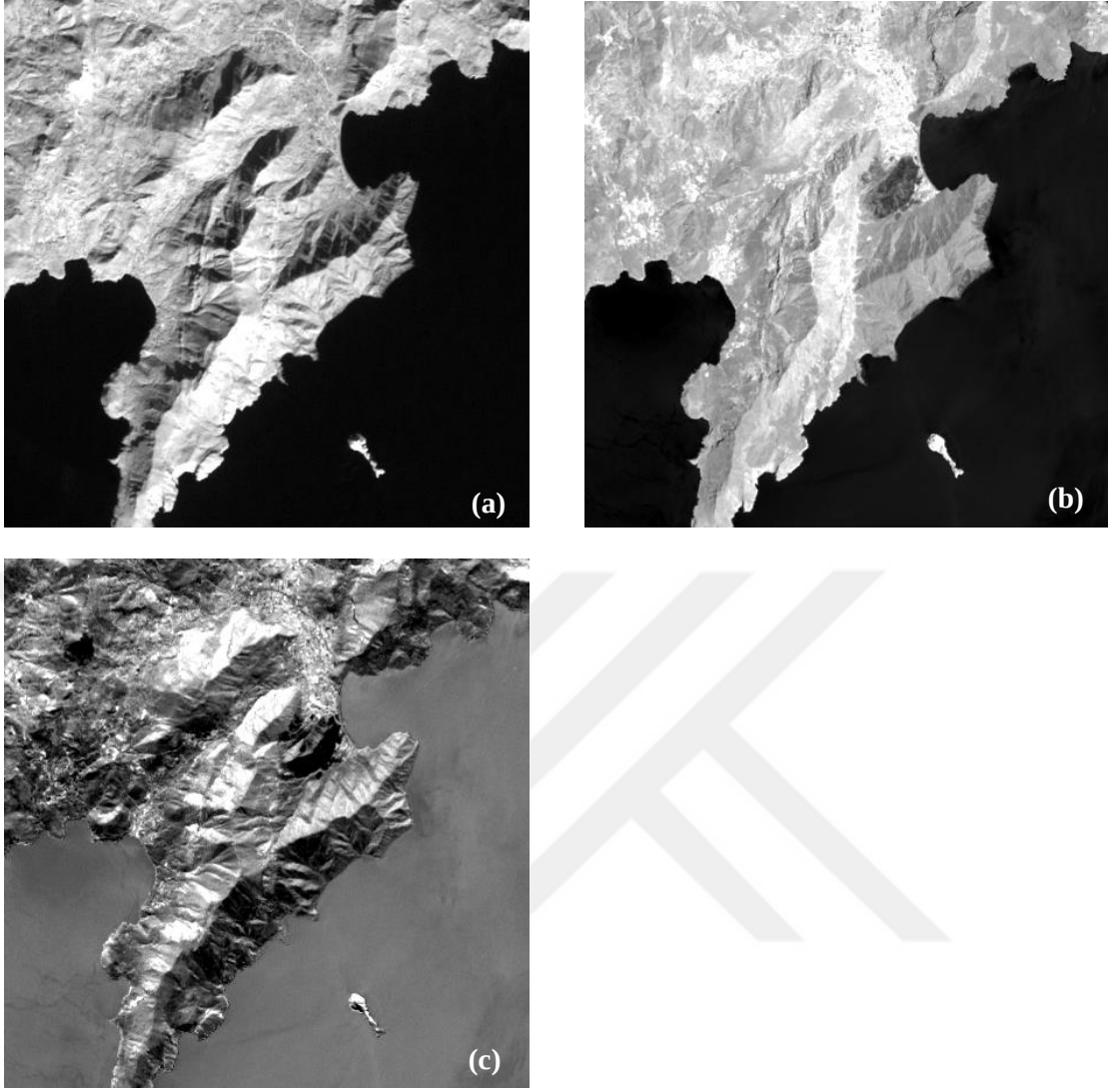
3.2.2. Uydu verileri için fark görüntüsü

Değişim tespiti için uzaktan algılama verilerinin kullanılmasındaki temel neden, arazi örtüsündeki değişimlerin parlaklık değerlerinde meydana gelen değişimlere neden olması ve arazi örtüsü değişimlerinden kaynaklanan parlaklık değişimlerinin diğer faktörlerin neden olduğu parlaklık değişimlerine göre büyük olması gereğidir (İlsever ve Ünsalan 2012). Bu çalışmada değişen alanlar tespit etmek için görüntü farklılığı tekniği kullanılmıştır.

Çalışma bölgesi bitki örtüsü oranı yüksek olduğu için NIR (yakın kızıl ötesi) bantları tercih edilmiştir. Çünkü çalışma alanı sahil bölgesine yakın olduğundan dolayı kızıl ötesi bant kara alanları için yüksek parlaklık değeri sunarken deniz olan bölgede bantta gelen enerjiyi soğurduğu için koyu renkte görülür.

3.2.2.1. Landsat-7 ve Landsat-8 uyduları için fark görüntüsü

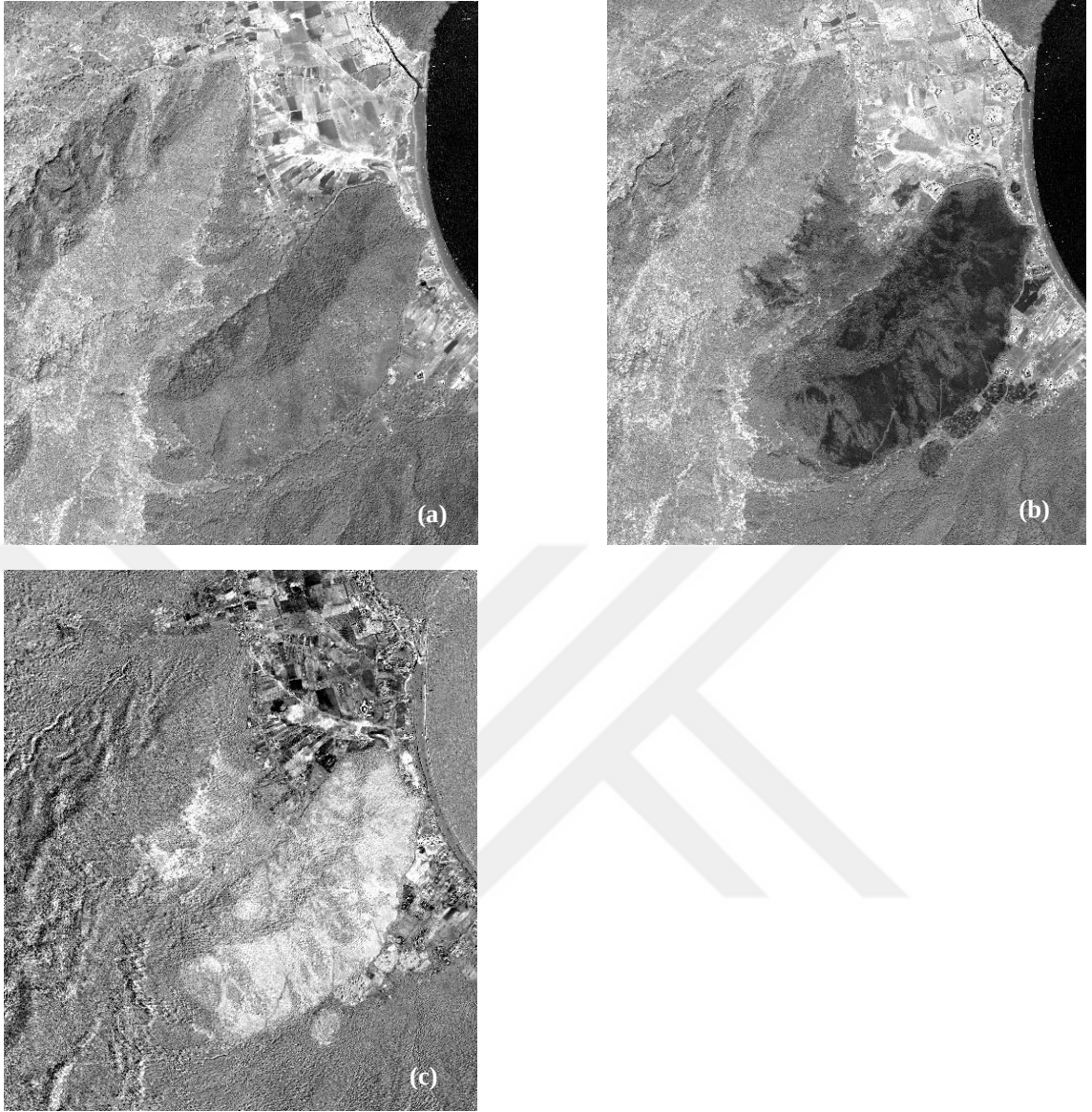
İlk çalışmada Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin olay öncesi ve olay sonrası NIR bantlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Şekil 3.14a'da Landsat-7 uydu görüntüsünün yangın öncesi, Şekil 3.14b'de Landsat-8 uydusunun yangın sonrası NIR (yakın kızılötesi) görüntüleri verilmiştir. Şekil 3.14c'de iki görüntünün NIR bantlarının fark görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 3.14. a) Landsat-7 uydusunun yangın öncesi NIR bant görüntüsü; **b)** Landsat-8 uydusunun yangın sonrası NIR bant görüntüsü; **c)** NIR bantlarının fark görüntüsü

3.2.2.2. IKONOS-WV2 uyduları için fark görüntüsü

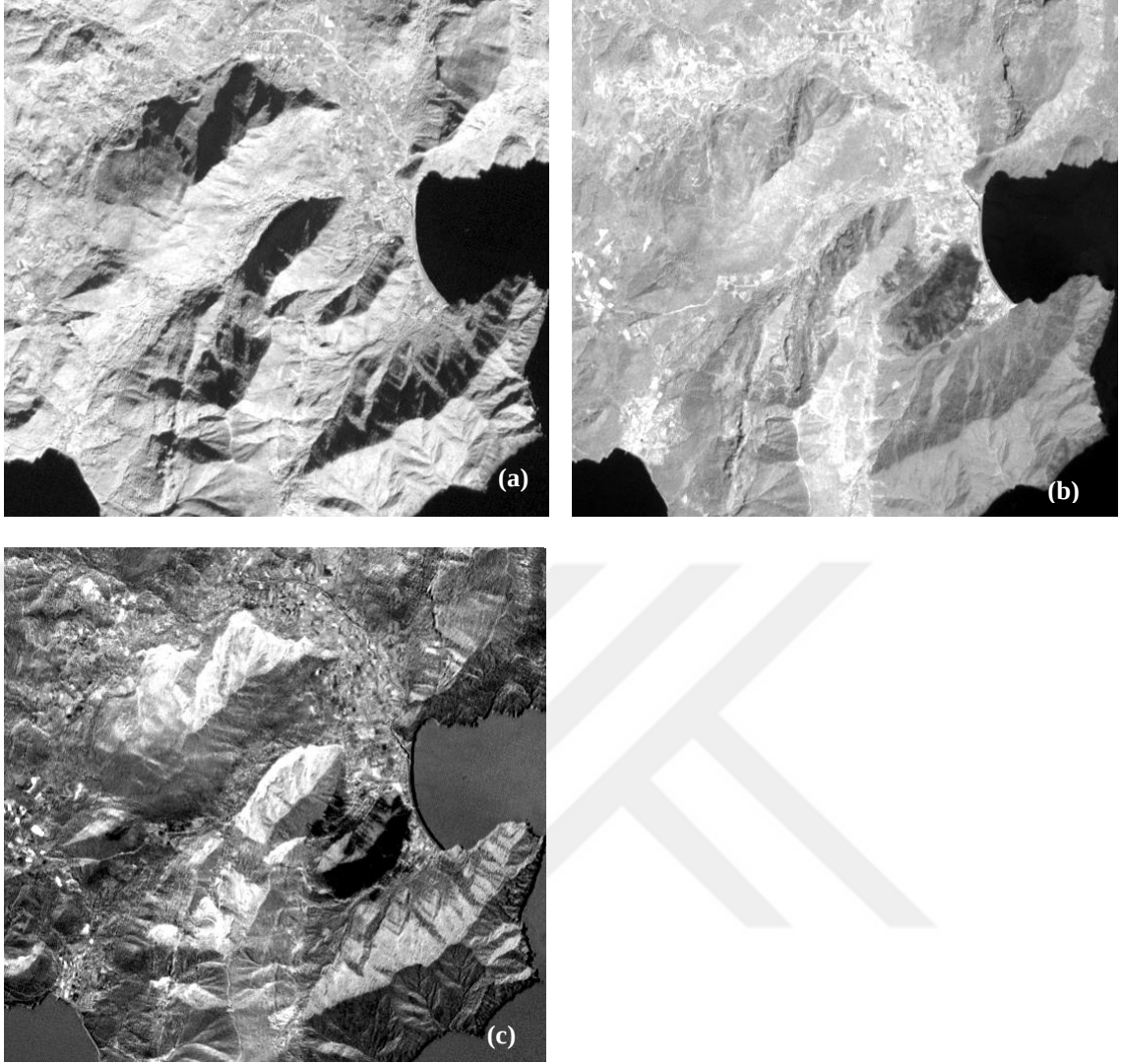
Yangın öncesi IKONOS ile yangın sonrası WV-2 uydusunun NIR bantlarıdır. Daha sonra iki görüntünün farkları alınmıştır. Şekil 3.15'te iki uydunun NIR bantları ile fark görüntüleri gösterilmiştir. IKONOS ve WV-2 görüntüleri çok yüksek çözünürlükte olduğu için meydana gelen değişimi tek bant üzerinde olmasına rağmen daha kolay ayırt edilebilir.



Şekil 3.15. a) IKONOS uydusunun yangın öncesi NIR bant görüntüsü; **b)** WV-2 uydusunun yangın sonrası NIR bant görüntüsü; **c)** NIR bantlarının fark görüntüsü

3.2.2.3.ASTER sensörünün fark görüntüsü

ASTER yangın öncesi ve yangın sonrası NIR bantları kullanılarak fark görüntüsü oluşturulmuştur. Şekil 3.16a'da ASTER uydu verisinin yangın öncesi, Şekil 3.16b'de ASTER görüntüsünün NIR bantları ile Şekil 3.16c'de NIR bantlarının fark görüntüleri gösterilmiştir.



Şekil 3.16. a) ASTER uydusunun yangın öncesi NIR bant görüntüsü; **b)** ASTER uydusunun yangın sonrası NIR bant görüntüsü; **c)** NIR bantlarının fark görüntüsü

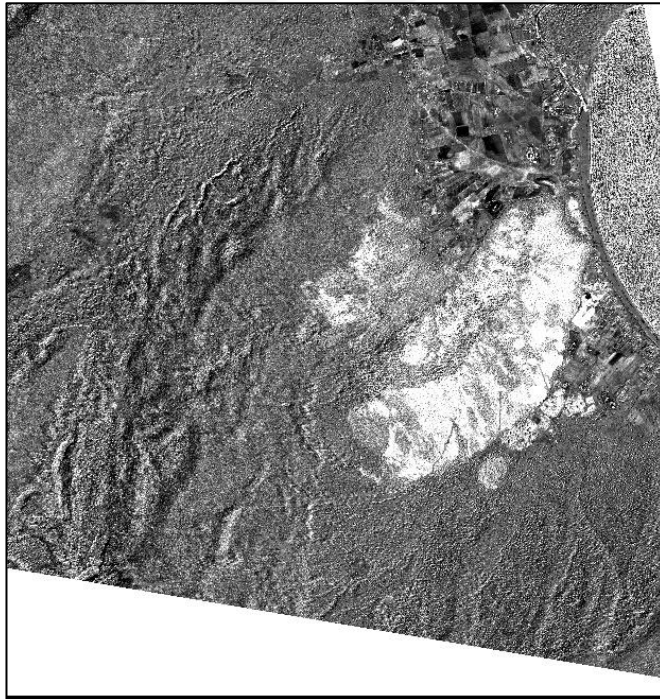
3.2.3. Görüntü oranlama

Görüntü oranlama değişim tespiti tekniği, iki görüntü üzerinde farklı tarihlerdeki ilgili piksellerin DN (Dijital numara) değerlerinin oranı hesaplanarak gerçekleştirilir (Afify 2011). Çalışmada kullanılan her uydunun NIR bantları yangın öncesi ve sonrası değerlere bölünerek yeni görüntü elde edildi. Şekil 3.17’de Landsat-7 ile Landsat-8 uydularının olay öncesi ve olay sonrası NIR bandının görüntü oranlaması gösterilmiştir.

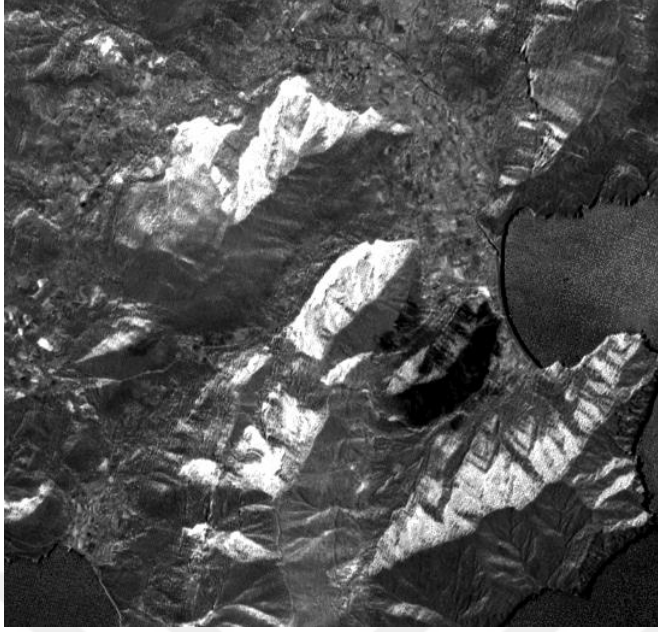


Şekil 3.17. Landsat-8 uydusunun NIR bantlarının görüntü oranlaması

Benzer şekilde yangın öncesi IKONOS uydusu ile yangın sonrası WV-2 uydusunun NIR bantlarının oranlaması yapıldı, Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Şekil 3.19’da da ASTER’in NIR bantlarının görüntü oranlaması gösterilmiştir.



Şekil 3.18. IKONOS uydusu ile WV-2 uydusunun NIR bantlarının görüntü oranlaması



Şekil 3.19. ASTER görüntüsünün NIR bantlarının görüntü oranlaması

3.2.4. NDVI fark görüntüsü / NDVI görüntü oranlama

Multispektral (MS) görüntülerden türetilen normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) uzaktan algılamada bitkilerin büyüme durumunu değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir ölçüdür (Zang vd. 2020). Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi MS görüntüdeki yakın kızılötesi (NIR) bant ve kırmızı (R) banttan hesaplanan yeşil bitki örtüsünün seviyesini değerlendirmek için bir denklem önerilmiştir (Tucker 1979). Denklem 3.2’de NDVI formülü gösterilmiştir. ENVI 5.1 görüntü işleme ve analiz yazılımı ile NDVI değerini elde etmek için kullanıldı.

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red) \quad (3.2)$$

Bu çalışmada Landsat-7, Landsat-8, IKONOS, WV-2, ASTER uydu verilerinden alınan yakın kızılötesi (VNIR) kullanılarak bitki örtüsünün değişimi belirlenmiştir. Bitki örtüsünün hesaplanması için NDVI (Normalize edilmiş bitki indeksi) kullanılmıştır. Çünkü NDVI değeri verilen formülle hesapladığı yerde yakın kızılötesi (bitki örtüsü kuvvetle yansıtır) ve kırmızı ışık (bitki örtüsünün soğurduğu) arasındaki farkı ölçerek bitki örtüsünü hesaplar (Kumar vd. 2020). Aşağıdaki her bir uydunun NDVI değerinin bant kombinasyonu verilmiştir. Denklem 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7’de her bir uydunun NDVI bant kombinasyonları verilmiştir.

$$NDVI_{Landsat-8} = (Bant5-Bant4) / (Bant5+Bant4) \quad (3.3)$$

$$NDVI_{Landsat-7} = (Bant4-Bant3) / (Bant4+Bant3) \quad (3.4)$$

$$NDVI_{IKONOS} = (Bant4-Bant3) / (Bant4+Bant3) \quad (3.5)$$

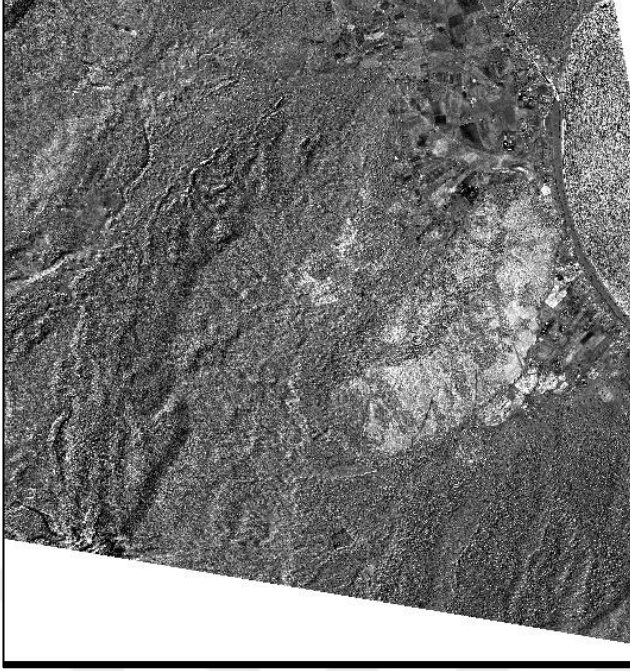
$$NDVI_{WV-2} = (Bant7-Bant5) / (Bant7+Bant5) \quad (3.6)$$

$$NDVI_{ASTER} = (Bant3-Bant2) / (Bant3+Bant2) \quad (3.7)$$

Yukarıdaki denklemde her bir uydunun kırmızı ve NIR bant değerleri farklıdır. Örneğin ASTER’de Bant3 ve Bant2 yakın kızılötesi ve kırmızı bandı temsil eder. NDVI değeri -1 ile +1 arasında değişen değerdir. -1 değeri bitki olmayan alanı ifade ederken +1 değeri ya da bu değere yakın olması yoğun bitki örtüsünün olduğunu gösterir. Çalışmada ASTER uydusu için NDVI fark görüntüsü, IKONOS-WV2 ve Landsat-7 ve Landsat-8 görüntüleri için NDVI görüntü oranlama tercih edilmiştir. Şekil 3.20’de Landsat-7 ve Landsat-8 uydularının yangın öncesi ve yangın sonrası NDVI görüntü oranlaması verilmiştir. Şekil 3.21’de IKONOS uydusuyla WV-2 uydusunun NDVI görüntü oranı verilmiştir.

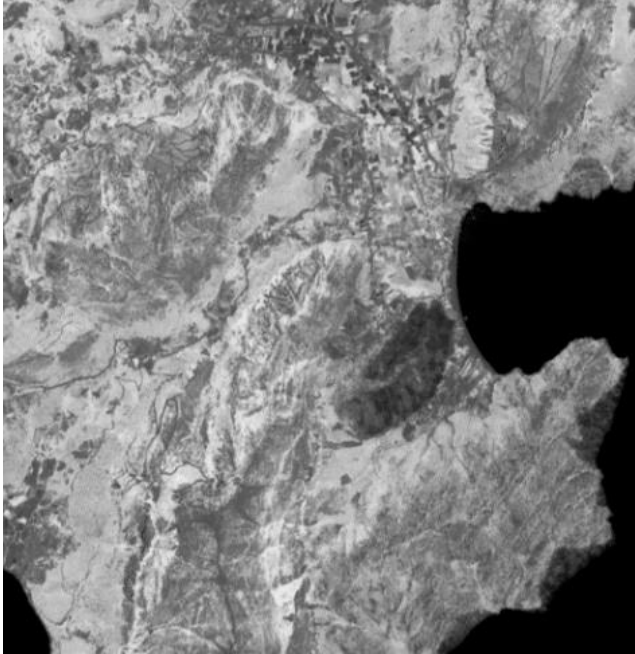


Şekil 3.20. Landsat-7 ve Landsat-8 uydularını yangın öncesi ve yangın sonrası NDVI görüntü oranlaması



Şekil 3.21. IKONOS uydusuyla WV-2 uydusunun NDVI görüntü oranlaması

Şekil 3.22’de ASTER uydusunun yangın öncesi ve sonrası NDVI fark görüntüsü verilmiştir. Fark görüntüsü tercih edilme sebebi NDVI görüntü oranlamaya göre daha iyi sonuç vermesidir.

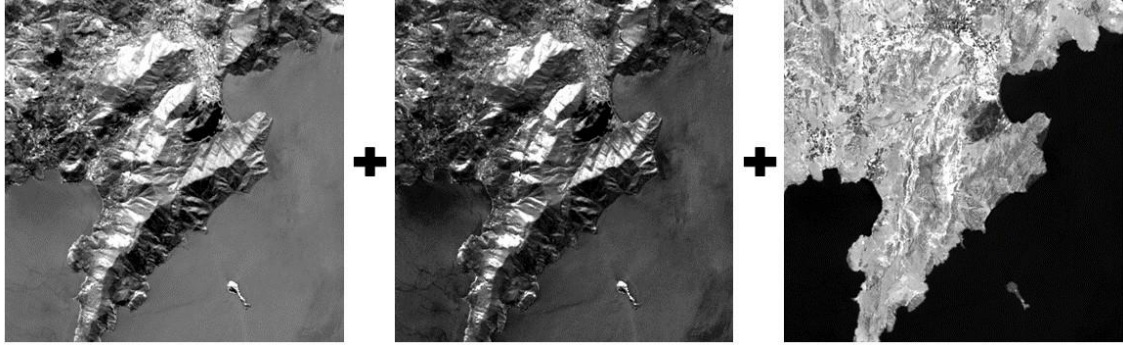


Şekil 3.22. ASTER uydusunun yangın öncesi ve sonrası NDVI fark görüntüsü

3.2.5. Temel bileşen analizi (PCA)

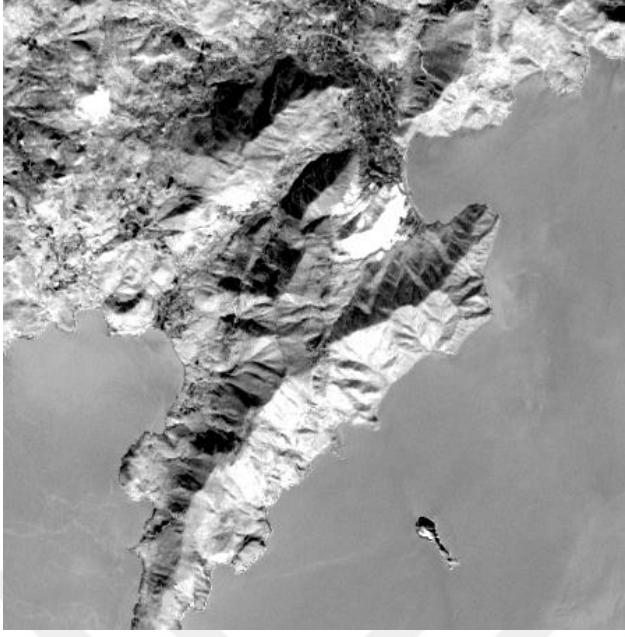
Temel bileşen analizi ana bileşenler birleştirilmiş veri setinin varyans-kovaryans matrisinin özvektörlerine dayanmaktadır. Bu özvektörler bilgi içeriğinin türünü ve her ana bileşene yüklenen ve dahil olan bant varyansının ağırlığını belirleyen özyapı sağlamak için doğrusal olarak dönüştürülür. Bu nedenle incelenen iki görüntü arasında yüksek korelasyona sahip olan değişmemiş alanlar yani iki tarihte ortak varyans alanları, çoklu tarih verilerinin maksimum olası varyansını hesaba katmaya çalışırken ilk temel bileşenler (PC) tarafından açıklanabilir. PC1, iki tarihin görünür ve kızılötesi bantlarına pozitif olarak yüklenmiştir ve bu nedenle herhangi bir arazi örtüsü değişikliğini hesaba katamaz. PC2 ise kullanılan bir bant üzerine negatif olarak yüklenirken diğer bant üzerine pozitif olarak yüklenir. Parlaklıktaki değişiklikleri ölçer. İki tarih arasında herhangi bir arazi örtüsü değişikliği ve parlaklıkta bir artışa neden olan PC2'de parlak bir tonla temsil edilecektir yada bunun tersi de geçerlidir. Bu nedenle bu bileşen seçilir ve değiştirilen alanları tespit etmek için kabul edilir (Afify 2011).

Çalışmada her bir uydu görüntüsü için temel bileşen analizi yapıldıktan sonra değişen alanlar tespit edilmiştir. Bunun için öncelikle her uydunun NIR bantlarının fark görüntüsü, NIR bantlarının görüntü oranlaması ve NDVI fark veya NDVI oranlama görüntüleri kullanılmıştır. Landsat-7-Landsat-8 ve IKONOS-WV2 uydu görüntüleri için fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI görüntü oranlama kompozit edilmiştir. ASTER görüntüleri için NDVI oranları yerine NDVI fark görüntüsü alınıp fark görüntüsü, görüntü oranlama ve NDVI görüntü oranları birleştirilmiştir. Şekil 3.23'te Landsat-8 uydu görüntülerinin sırasıyla yakın kızıl ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI görüntü oranı gösterilmiştir.



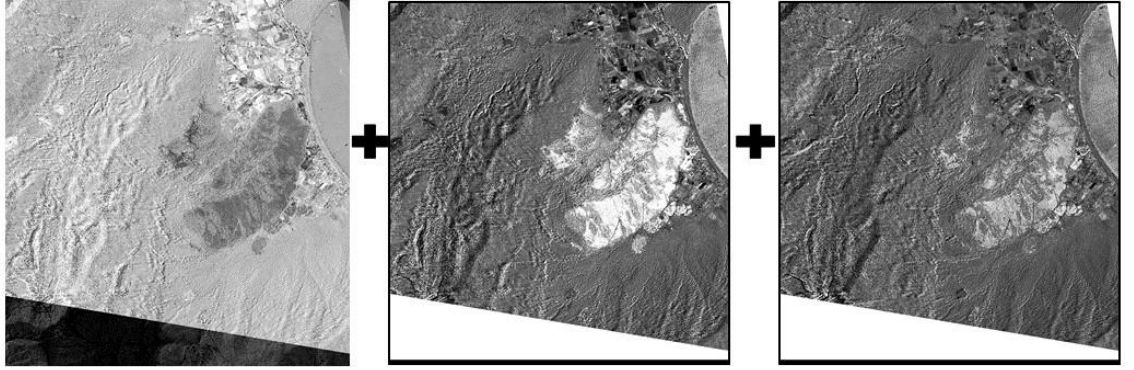
Şekil 3.23. Landsat-8 uydu görüntüsünün sırasıyla yakın kızıl ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI görüntü oranı

Üç görüntü kompozit yapıldıktan sonra değişen alanı bulmak için temel bileşen analiz yöntemi uygulanmıştır. Şekil 3.24'te temel bileşen analiz yöntemi sonrası bant-1'in görüntüsü verilmiştir.

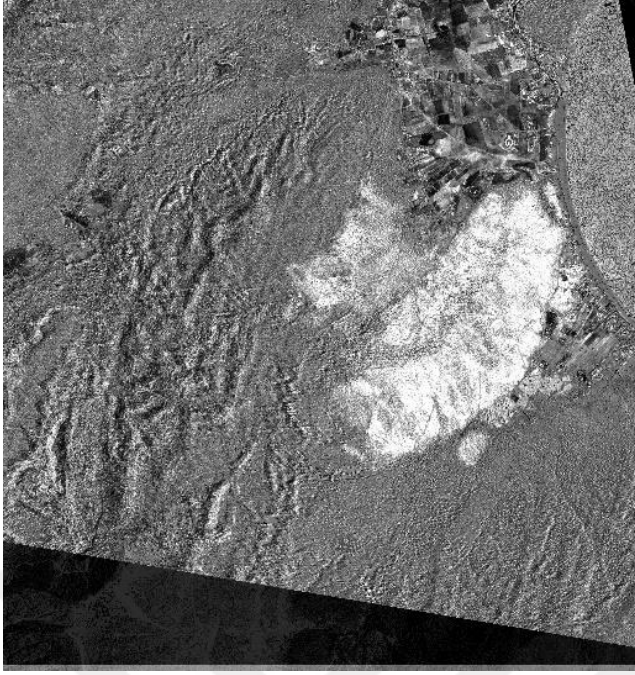


Şekil 3.24. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin PCA sonrası 1. bant görüntüsü

Şekil 3.25'te IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin sırasıyla yakın kızıl ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI oranlamaları gösterilmiştir. PCA yöntemi uygulanıp en iyi sonuç veren görüntü 2. bant olarak bulunmuştur. Şekil 3.26'da gösterilmiştir



Şekil 3.25. IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin sırasıyla yakın kızıl ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI görüntü oranı



Şekil 3.26. IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin PCA sonrası 2. bant görüntüsü

Şekil 3.27’de ASTER sensör verisinin yakın kızıl ötesi bantlarının sırasıyla fark görüntüsü, görüntü oranlama ve NDVI fark görüntüsü verilmiştir. ASTER sensörünün PCA sonucu oluşan bant 2 görüntüsü verilmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.27. ASTER sensör verisinin yakın kızıl ötesi bantlarının sırasıyla fark görüntüsü, görüntü oranlaması ve NDVI fark görüntüsü



Şekil 3.28. ASTER sensör verisinin PCA sonrası 2. bant görüntüsü

3.2.6. Minimum gürültü oranlama (MNF)

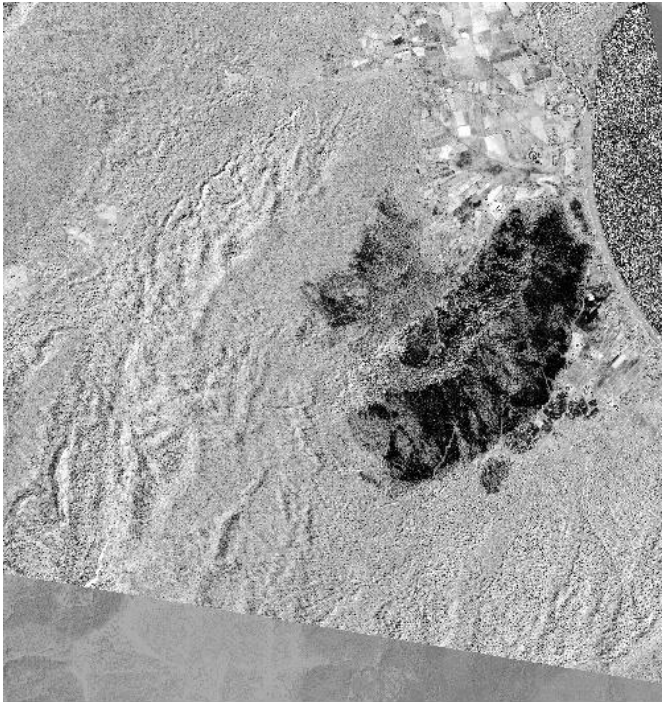
MNF dönüşümü, temel bileşenlere benzer bir yöntemdir. Görüntü verilerinin doğal boyutunu belirlemek, verilerdeki gürültüyü ayırmak ve sonraki işlemler için hesaplama gereksinimlerini azaltmak için kullanılır (Boardman ve Kruse, 1994). Ayrıca temel bileşenlerin çoğunu sadece birkaç spektral banda koymak ve gürültüyü mükemmel bir şekilde ayırabilen en az ayırabilene göre sıralamak için bir hazırlık dönüşümü olarak kullanılır (Altınbaş vd. 2005).

Çalışmada yangın bölgesinde değişen alanı tespit etmek için MNF dönüşümü kullanıldı. Her bir uydu için farklı bantlarda değişim oluşmuştur. PCA'da olduğu gibi üç görüntü kompozit yapıldıktan sonra değişim tespiti için MNF dönüşümü kullanılmıştır. Landsat-7 ve Landsat-8 için Şekil 3.29'da MNF dönüşüm sonrası bant-2'nin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.29. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin MNF dönüşümü sonrası 2. bant görüntüsü

Aynı süreç IKONOS-WV2 uydu görüntüleri ve ASTER görüntüleri için uygulanmıştır. IKONOS ve WV-2 için oluşan MNF dönüşümü ile daha iyi sonuç veren 3. bant görüntüsü Şekil 3.30'da gösterilmiştir. Şekil 3.31'de ASTER görüntüsünün MNF dönüşüm sonrası 2. banttan oluşan görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.30. IKONOS ve WV-2 uydu görüntülerinin MNF sonrası 2. bant görüntüsü



Şekil 3.31. ASTER sensör verisinin MNF dönüşümü sonrası 2. bant görüntüsü

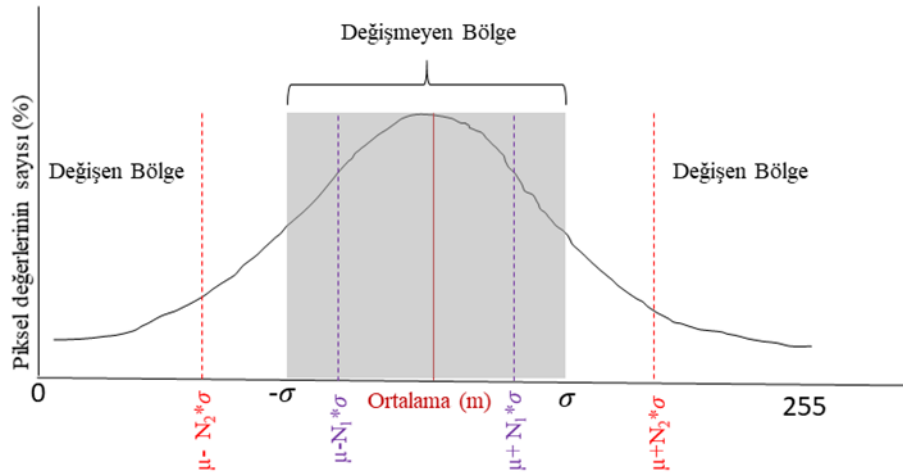
3.2.7. Optimum eşik değerin belirlenmesi

Farklı zamanlarda oluşan birden fazla görüntünün değişimini tespit ederken, oluşturulan değişim dışında farklı durumlardan dolayı meydana gelen değişimleri görüntü üzerinden çıkarmanız gerekebilir. Bu işlemi doğru bir şekilde yapabilmek için öncelikle çalıştığınız alanı maskeleme işlemi gerçekleştirilmelidir. Daha sonrasında bu değişimleri ayırmak için eşik değerler belirlenmelidir. Çalışma alanı için optimum eşik değerleri hesaplanırken her bir görüntü için deniz alanına maske işlemi yapılmıştır.

3.2.7.1. Değişim tespiti için optimum eşik değerlerin belirlenmesi

Değişim tespiti tekniklerinin çoğu, değişim alanlarının belirlenmesi için bir optimum eşik değerin seçilmesi gerekir. Gri tonlama fark haritası genellikle ikili forma dönüştürülür. Değişen ve değişim olmayan alanların sınıflandırması için önceden belirlenmiş bir değerde eşik değerleri belirlenir (Minu ve Shetty 2015). Değişen ve değişmeyen sınıf dağılımlarını tahmin etmek için spektral değişim vektörünün büyüklüğü hesaplanır. Bu dağılım, değişim ve değişim olmayan piksellerle ilgili iki Gauss modelinin bir karışımı olarak görülebilir (Shah-Hosseini vd. 2015). Eşik değerinin minimum ve maksimum değerlerinin belirlenebilmesi için ortalama ve standart sapma değerlerine ihtiyaç vardır. Şekil 3.32’de çalışma için kullanılan histogramın üst ve alt eşik değerleri bize göstermektedir. Ayrıca Şekil 3.32’de gösterilen x düzleminde (0,255) arasında olması bize piksel parlaklığının bu değer aralığında olduğunu göstermektedir. 8 bitlik ASTER uydu görüntüsü için bu geçerlidir. 11 bite sahip olan IKONOS ve WV-2 uydu görüntüleri için parlaklık değeri (0, 2047) arasında değişecektir.

San (2002), değişim piksellerini değişmeyen piksellerden ayırmak için eşik katsayısı değeri ($\pm N$) olarak seçilebilir. Bu çalışmada ilk eşik katsayısı (N) değeri 0.8 olarak seçilmiştir. Sonraki aşamalarda 1.6 olan N değerine ulaşılan kadar her aşamada 0.2 artırıldı. σ değeri standart sapmayı, m ortalama değerini göstermektedir



Şekil 3.32. Maksimum ve minimum eşik değerlerini göstermektedir. N2 değeri N1 değerinden büyüktür (San 2002)

Çalışmada değişim tespiti için kullanılan fark görüntüsü, görüntü oranlama, NDVI ve PCA (temel bileşen analizi) ve MNF aşamaları tamamlandıktan sonra her bir uydu verisi için alt ve üst sınır eşik değerleri hesaplanmıştır. Denklem 3.8 ve 3.9’da gösterilmiştir. Burada N değeri 0.8 ile 1.6 arasında değişim değerler seçilmiştir. Her işlemde N değeri 0.2 artırılmıştır. Landsat-8, Landsat-7, IKONOS-WV2, ASTER görüntülerinin her birinin fark görüntüleri, görüntü oranlama, NDVI ve PCA görüntülerinin eşik katsayı ve üst ve alt eşik değerleri MS Excel yardımıyla hesaplandı.

$$\text{Üst eşik seviyesi} = \text{ortalama}(\mu) + N \times \text{Standart Sapma}(\sigma) \quad (3.8)$$

$$\text{Alt eşik seviyesi} = \text{ortalama}(\mu) - N \times \text{Standart Sapma}(\sigma) \quad (3.9)$$

Eşik katsayısı (N) artırıldığında, görüntüdeki değişim piksellerinin sayısı azalır. Öte yandan N'nin azaltılması değişim piksellerinin sayısını artırır (San 2002). Çizelge 3.12’de Landsat-7 ve Landsat-8 uydularının fark görüntüsünün eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. Uydu görüntülerinin NIR bantlarının fark görüntüsü elde edildikten sonra yangın bölgesinin değişimini doğru bir şekilde bulabilmek için 0.8 ile 1.6 arasında olan eşik katsayısı değerleri hesaplandı. Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsü için N değeri 1.4 olarak bulundu.

Çizelge 3.12. Landsat-7 ve Landsat-8 verilerinin NIR bantlarının fark görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	276.32	3399.96	-2443.65	2996.29
1	276.32	3399.96	-3123.64	3676.28
1.2	276.32	3399.96	-3803.63	4356.27
1.4	276.32	3399.96	-4483.63	5036.27
1.6	276.32	3399.96	-5163.62	5716.26

Çizelge 3.13'te Landsat-7 ve Landsat-8 görüntüleri için görüntü oranlama verilerinin eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. NIR bant değerlerinin yangın öncesi ve yangın sonrası görüntü oranlama verileri bulunduğundan sonra alt eşik değeri ve üst eşik değerleri hesaplanmıştır. Eşik katsayısı değeri 1.2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.13. Landsat-7 ve Landsat-8 verilerinin NIR bantlarının görüntü oranlama verilerinin eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	1.06	0.26	0.85	1.27
1	1.06	0.26	0.80	1.33
1.2	1.06	0.26	0.75	1.38
1.4	1.06	0.26	0.69	1.43
1.6	1.06	0.26	0.64	1.48

Çizelge 3.14'te Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin yangın öncesi ve sonrası NDVI oranları sonrası hesaplanan eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. NDVI değerleri hesaplandıktan sonra, yangın öncesi ve yangın sonrası görüntü oranları bulunmuştur. Daha sonra alt ve üst eşik değerleri hesaplandı. Eşik katsayısı değeri 1.6 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.14. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin NDVI görüntü oranı ile bulunan eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	0.0164	0.0018	0.0150	0.0179
1	0.0164	0.0018	0.0146	0.0183
1.2	0.0164	0.0018	0.0142	0.0186
1.4	0.0164	0.0018	0.0138	0.0190
1.6	0.0164	0.0018	0.0135	0.0194

Landsat-7 ve Landsat-8 verilerinin yangın öncesi ve sonrası PCA (temel bileşen analiz) görüntülerinin NIR bantlarında oluşan fark görüntüsü, görüntü oranlama ve NDVI görüntü oranlama verileri birleştirilmiştir. Daha sonra temel bileşen analizi kullanılmıştır. Çizelge 3.15'te PCA sonucu oluşan yeni bant verisi kullanılarak eşik katsayısı değeri ve üst ve alt eşik değerleri gösterilmiştir. PCA oluşan bantların en iyi sonuç veren 1.bant

kullanılarak değişim tespiti yapıldı ve eşik değer katsayısı, alt ve üst eşik değerleri hesaplandı. Eşik katsayısı değeri 1.4 bulunmuştur.

Çizelge 3. 15. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin temel bileşen analiz sonucu eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	-701.18	3399.96	-3421.14	2018.79
1	-701.18	3399.96	-4101.14	2698.79
1.2	-701.18	3399.96	-4781.13	3378.78
1.4	-701.18	3399.96	-5461.12	4058.77
1.6	-701.18	3399.96	-6141.11	4738.76

PCA’de olduğu gibi MNF (Minimum Gürültü Oranlama) dönüşümü ile eşik değerleri hesaplanmıştır. MNF dönüşümünde değişim tespiti için 2. bant kullanılmıştır. Çizelge 3.16’da MNF dönüşümü sonrası bulunan eşik değer katsayısı, alt ve üst eşik değerleri verilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.2 bulunmuştur.

Çizelge 3.16. Landsat-7 ile Landsat-8 verilerinin MNF dönüşümü ile eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	-1.47	6.96	-7.03	4.10
1	-1.47	6.96	-8.42	5.49
1.2	-1.47	6.96	-9.81	6.88
1.4	-1.47	6.96	-11.20	8.27
1.6	-1.47	6.96	-12.60	9.66

Yangın öncesi IKONOS uydusu ve yangın sonrası WV-2 uydu verisiyle NIR bantlarının fark görüntüsü oluşturuldu. IKONOS ve WV-2 uydularının NIR bantlarının değerleri hesaplandıktan sonra, yangın öncesi ve yangın sonrası farkları bulunmuştur. Daha sonra alt ve üst eşik değerleri hesaplandı. Çizelge 3.17’de uydu verilerinin yangın öncesi ve sonrası NIR bantlarının fark görüntü sonrası hesaplanan eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.4 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.17. IKONOS ve WV-2 uydularının NIR bantlarının fark görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	-7.72	86.98	-77.31	61.86
1.0	-7.72	86.98	-94.70	79.26
1.2	-7.72	86.98	-112.10	96.66
1.4	-7.72	86.98	-129.50	114.05
1.6	-7.72	86.98	-146.89	131.45

Çizelge 3.18’de IKONOS ve WV-2 uydularının görüntü oranlama verilerinin eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. Uydu verilerinin NIR bant

değerlerinin yangın öncesi ve yangın sonrası görüntü oranlama verileri bulunduğundan sonra alt ve üst eşik değerleri hesaplanmıştır. Eşik katsayısı değeri 1.6 bulunmuştur.

Çizelge 3.18. IKONOS ve WV-2 uydularının NIR bantlarının görüntü oranlama verilerinin eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	0.74	0.63	0.24	1.25
1.0	0.74	0.63	0.11	1.37
1.2	0.74	0.63	-0.01	1.50
1.4	0.74	0.63	-0.14	1.62
1.6	0.74	0.63	-0.27	1.75

Çizelge 3.19’da IKONOS ve WV-2 uydularının yangın öncesi ve sonrası NDVI farkları sonrası hesaplanan eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. Görüntülerin NDVI değerleri hesaplandıktan sonra, yangın öncesi ve yangın sonrası görüntü oranı bulunmuştur. Daha sonra alt ve üst eşik değerleri hesaplandı. Eşik katsayısı değeri 1.2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.19. IKONOS ve WV-2 uydularının NDVI görüntü oranı ile bulunan eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	0.71	0.62	0.22	1.21
1.0	0.71	0.62	0.09	1.33
1.2	0.71	0.62	-0.03	1.46
1.4	0.71	0.62	-0.15	1.58
1.6	0.71	0.62	-0.28	1.70

Çizelge 3.20’de IKONOS ve WV-2 uydularının yangın öncesi ve sonrası PCA (temel bileşen analiz) görüntülerinin eşik katsayısı değeri ve üst ve alt eşik değerleri gösterilmiştir. Kırmızı ötesi bantlarının fark görüntüsü, görüntü oranlama ve NDVI oranları kullanılarak kompozit yapıp daha sonra PCA değerleri hesaplandı. IKONOS ve WV-2 uydu görüntüleri değişim tespiti için 2. bant kullanıldı. Eşik katsayısı değeri 1.6 bulunmuştur.

Çizelge 3.20. IKONOS ve WV-2 uydularının PCA görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	5.46	21.51	-11.74	22.67
1.0	5.46	21.51	-16.04	26.97
1.2	5.46	21.51	-20.34	31.27
1.4	5.46	21.51	-24.64	35.57
1.6	5.46	21.51	-28.95	39.88

PCA’de olduğu gibi MNF (Minimum Gürültü Oranlama) dönüşümü ile eşik değerleri hesaplanmıştır. MNF dönüşümünde değişim tespiti için 3. bant kullanılmıştır. Çizelge 3.21’de MNF dönüşümü sonrası bulunan eşik değer katsayısı, alt ve üst eşik değerleri verilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.6 bulunmuştur.

Çizelge 3.21. IKONOS ve WV-2 görüntülerinin MNF dönüşümü ile eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	-0.21	4.21	-3.58	3.16
1.0	-0.21	4.21	-4.42	4.00
1.2	-0.21	4.21	-5.26	4.84
1.4	-0.21	4.21	-6.11	5.68
1.6	-0.21	4.21	-6.95	6.53

Bu süreç aynı zamanda önceki uygulamada Landsat8-Landsat7 ve IKONOS-WV2 uydularının eşik katsayısı ve alt ve üst eşik değerlerinin bulmak için gerçekleştirilen işleme benzerdir. Bunun için önce ASTER yangın öncesi ve yangın sonrası verilerin NIR bantlarının fark görüntüleri bulunduktan sonra eşik katsayısı değeri hesaplandı. Çizelge 3.22’de bu değerler gösterilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.6 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.22. ASTER uydusunun NIR bantlarının fark görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	9.99	17.87	-4.31	24.29
1	9.99	17.87	-7.88	27.86
1.2	9.99	17.87	-11.46	31.44
1.4	9.99	17.87	-15.03	35.01
1.6	9.99	17.87	-18.60	38.59

Çizelge 3.23’te ASTER verileri için fark görüntü eşik katsayısı değeri ve alt ve üst eşik değerleri gösterilmiştir. NIR bant değerlerinin yangın öncesi ve yangın sonrası fark görüntü değerleri bulunduktan sonra alt değeri ve üst eşik değeri hesaplanmıştır. Eşik katsayısı değeri 1 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.23. ASTER görüntüsünün NIR bantlarının fark görüntüsü verilerinin eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	1.27	0.47	0.90	1.65
1	1.27	0.47	0.81	1.74
1.2	1.27	0.47	0.72	1.83
1.4	1.27	0.47	0.62	1.93
1.6	1.27	0.47	0.53	2.02

Çizelge 3.24'te ASTER yangın öncesi ve sonrası görüntülerin NDVI değerlerinin fark görüntüsü sonrası eşik katsayısı ve alt ve üst eşik değerleri verilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.24. ASTER görüntüsünün NDVI fark görüntüsü ile bulunan eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	-19.83	35.04	-47.86	8.20
1	-19.83	35.04	-54.87	15.20
1.2	-19.83	35.04	-61.87	22.21
1.4	-19.83	35.04	-68.88	29.22
1.6	-19.83	35.04	-75.89	36.23

Çizelge 3.25'te ASTER yangın öncesi ve sonrası PCA (temel bileşen analiz) görüntülerinin eşik katsayısı değeri ve üst ve alt eşik değerleri gösterilmiştir. Burda diğer uydu verilerinde olduğu gibi bant kompozit sonrası temel bileşen analiz görüntüleri bulunmuştur. Değişim tespiti için 2. bant tercih edilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.4 bulunmuştur.

Çizelge 3.25. ASTER PCA görüntüsünün eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	1.35	9.87	-6.55	9.24
1	1.35	9.87	-8.52	11.22
1.2	1.35	9.87	-10.50	13.19
1.4	1.35	9.87	-12.47	15.17
1.6	1.35	9.87	-14.45	17.14

MNF (Minimum Gürültü Fraksiyonu) dönüşümü ile eşik değerleri hesaplanmıştır. MNF dönüşümünde değişim tespiti için 2. bant kullanılmıştır. Çizelge 3.26'da MNF dönüşümü sonrası bulunan eşik değer katsayısı, alt ve üst eşik değerleri verilmiştir. Eşik katsayısı değeri 1.6 bulunmuştur.

Çizelge 3.26. ASTER görüntüsünün MNF dönüşümü ile eşik katsayı değeri, üst ve alt eşik değerleri

N	Ortalama(μ)	Sdev(σ)	$\mu-N*\sigma$	$\mu+N*\sigma$
0.8	0.84	3.98	-2.34	4.02
1	0.84	3.98	-3.14	4.82
1.2	0.84	3.98	-3.93	5.62
1.4	0.84	3.98	-4.73	6.41
1.6	0.84	3.98	-5.53	7.21

3.3. Görüntü İşlemede Mekânsal Dönüşümün Önemi

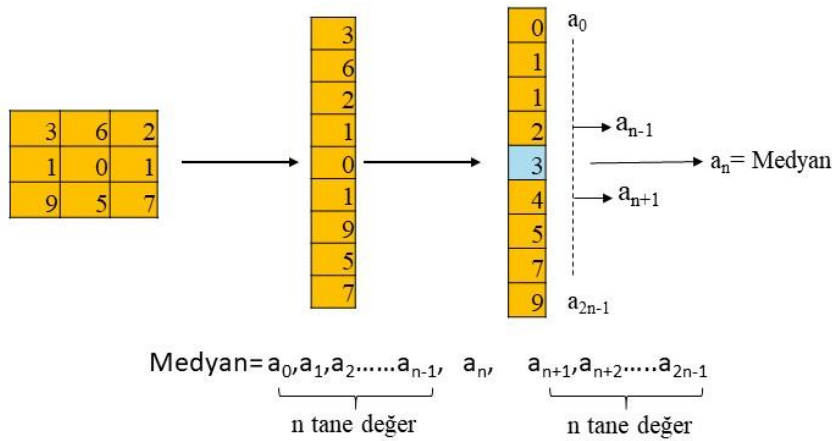
Filtreler ve nokta işlemleri arasındaki temel fark filtrelerin her yeni piksel değerini hesaplamak için genellikle kaynak görüntüden birden fazla pikseli kullanmasıdır (Burger ve Burge 2016). Farklı spektral aralıklardaki enerjiyi soğuran veya geçiren mekânsal filtreler farklı mekânsal frekanslardaki görüntüleri belirlemeyi veya görüntüleri yok etmeyi sağlar (Lillesand vd. 2015). Mekânsal filtreleme en yaygın filtreleme özelliğine sahip olup, genişliği 3x3, 5x5, 7x7 gibi boyutlarda değişen hareketli pencere (kernel) sahiptir (Özkan 2011). Örneğin 3x3 piksel boyutlu bir pencere (kernel) kullandığımızda, oluşturulan kernel değerlerine göre her 9 pikseli yeniden hesaplayıp yeni bir görüntü oluşturacaktır. Bu işlem görüntünün tümü için her satır ve her sütunu hareketli pencere (kernel) ile tarayarak yapılacaktır.

3.3.1. Katlama (Convolution) filtreleme

Mekânsal filtrelemenin görüntü üzerinde yaygın kullanılan özel yöntemlerinden biri katlama filtresidir. En yaygın kullanılan yöntemler düşük geçirimli filtreleme, yüksek geçirimli filtreleme ve medyan filtre olarak üç başlık altında incelenecek.

3.3.1.1. Medyan filtreleme

Medyan filtresi komşu bir bölgedeki piksellerin ortalama değeri ile mevcut bir piksel değeri yerine bir doğrusal olmayan istatistiksel filtredir (Jehong vd. 2011). Medyan filtrenin iki özelliği onu sayısal görüntü işlemede kullanılır duruma getirir. İlk olarak, bir görüntü piksel yoğunluğundaki ani değişiklikleri düzeltir. İkincisi monoton varyasyonlara değişmez. Bu nedenle medyan filtreleme birçok sayısal görüntü işleme uygulaması için tercih edilen bir özellik olan görüntülerdeki kenarları etkilemeden dürtüleri ortadan kaldırır. Medyan filtresi, her bir görüntü pikseli üzerinde tek tek çalışan piksel tabanlı bir görüntü işlemidir (Ahmed ve Islam 2018). Şekil 3.33'te toplanan 9 pikselden 3x3'lük değer verilmiştir. Daha sonra küçükten büyüğe doğru sıralanıp medyan değer hesaplanmıştır.



Şekil 3.33. Medyan değerinin 9 piksel değer üzerindeki gösterimi

Denklem 3.10'da medyan değerinin formülü verilmiştir. Medyan değeri aşağıda verilen formüle göre hesaplanır (Burger ve Burge 2016).

$$\text{Medyan} = a_n = \frac{a_{n-1} + a_{n+1}}{2} \quad (3.10)$$

3.3.1.2. Düşük geçirimli filtreleme

Düşük geçirimli filtreleme uygulamaları düşük frekans özelliğine sahip alanları vurgulamak amacıyla oluşturulmuştur (Lillesand vd. 2015). Bu yüzden yansıma değeri değişimin az olduğu yerlerde düşük geçirimli filtrelemeler yapılması uygundur (Özkan 2011). Şekil 3.35'te 3x3 piksel boyutlu pencere kullanılarak düşük geçirimli filtreleme örneği gösterilmiştir. X1,X2.....X9 gibi görüntünün sayısal numaralarını temsil ederken, A1,A2.....A9 gibi kullanılan semboller çekirdek değerlerini ifade etmektedir. AX' ise işlem sonucunda elde edilen parlaklık numaralarının ortalamasıdır. Bu işlem her satır ve her sütun için tekrarlanır. Eğer 5x5 piksel boyutunda ise her 5 satır ve 5 sütun için aynı işlem yapıp toplam piksel sayısına bölünerek ortalama parlaklık değerine ulaşılır.

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline X1 & X2 & X3 \\ \hline Y1 & Y2 & Y3 \\ \hline Z1 & Z2 & Z3 \\ \hline \end{array} * \begin{array}{|c|c|c|} \hline A1 & A2 & A3 \\ \hline B1 & B2 & B3 \\ \hline C1 & C2 & C3 \\ \hline \end{array} = \frac{X1 * A1 + X2 * A2 + X3 * A3 + Y1 * B1 + Y2 * B3 + Z1 * C1 + Z2 * C2 + Z3 * C3}{9} = AX' \rightarrow \begin{array}{|c|c|c|} \hline & & \\ \hline & AX' & \\ \hline & & \\ \hline \end{array}$$

Şekil 3.34. 3x3 piksel boyutunda düşük geçirimli filtrelemenin hesaplanması

3.3.1.3. Yüksek geçirimli filtreleme

Yüksek geçirimli filtreleme düşük geçirimli filtrelemenin tersi olarak düşünebiliriz. Genel olarak yüksek frekanslı özellikleri vurgulayıp düşük frekanslı bileşenleri yansıtmaz (Lillesand vd. 2015).

3.4. Kappa Katsayısı ve Doğruluk Değeri Analizi

Sınıflandırma doğruluğunu ifade etmenin en yaygın yollarından biri, sınıflandırma sonrası hata matrisinin hazırlanmasıdır. Bu ifade karmaşa matrisi olarak da adlandırılır. Hata matrisleri kategori bazında bilinen referans veriler ile (kesin referans) ile otomatikleştirilmiş bir sınıflandırmanın karşılık gelen sonuçları arasındaki veriyi karşılaştırır. Satır ve sütun sayısı sınıflandırma doğruluğu değerlendirilen kategori sayısına eşit durumdadır (Lillesand vd. 2015).

Hata matrisinin oluşturulmasında referans veriler kullanılır. İlk olarak görüntüdeki bütün pikseller eğitim sınıfında verilen sınıflamaya benzer şekilde gruplandırılır. Daha sonra referans veriye karşılık gelen piksellerin atandığı sınıflar tespit edilir. Referans verilere ait sayılar sütunlar halinde matris oluşturulur. Denklem 3.11'de genel doğruluk formülü verilmiştir (Özkan 2011). i hata matrisinin satır sayısıdır, k sınıf sayısı ,n ise toplam referans veri numarasıdır.

$$\text{Genel Doğruluk} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (3.11)$$

Kappa ($\hat{k}$) referans veri ile otomatik bir sınıflandırıcı veri arasındaki karşılaştırılmalı uyuşmanın güvenilirliğini ölçen değerdir. Genelde bu değer 0 ile 1 arasında değişir. Denklem 3.12'de kappa değer katsayısının formülü verilmiştir (Lillesand vd. 2015).

$$\hat{k} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})} \quad (3.12)$$

r , hata matrisindeki satır sayısı,

x_{ii} , i satır ve i sütunundaki gözlemlerin sayısı (asıl çaprazdaki),

x_{i+} , i satırındaki toplam gözlemlerin toplamı,

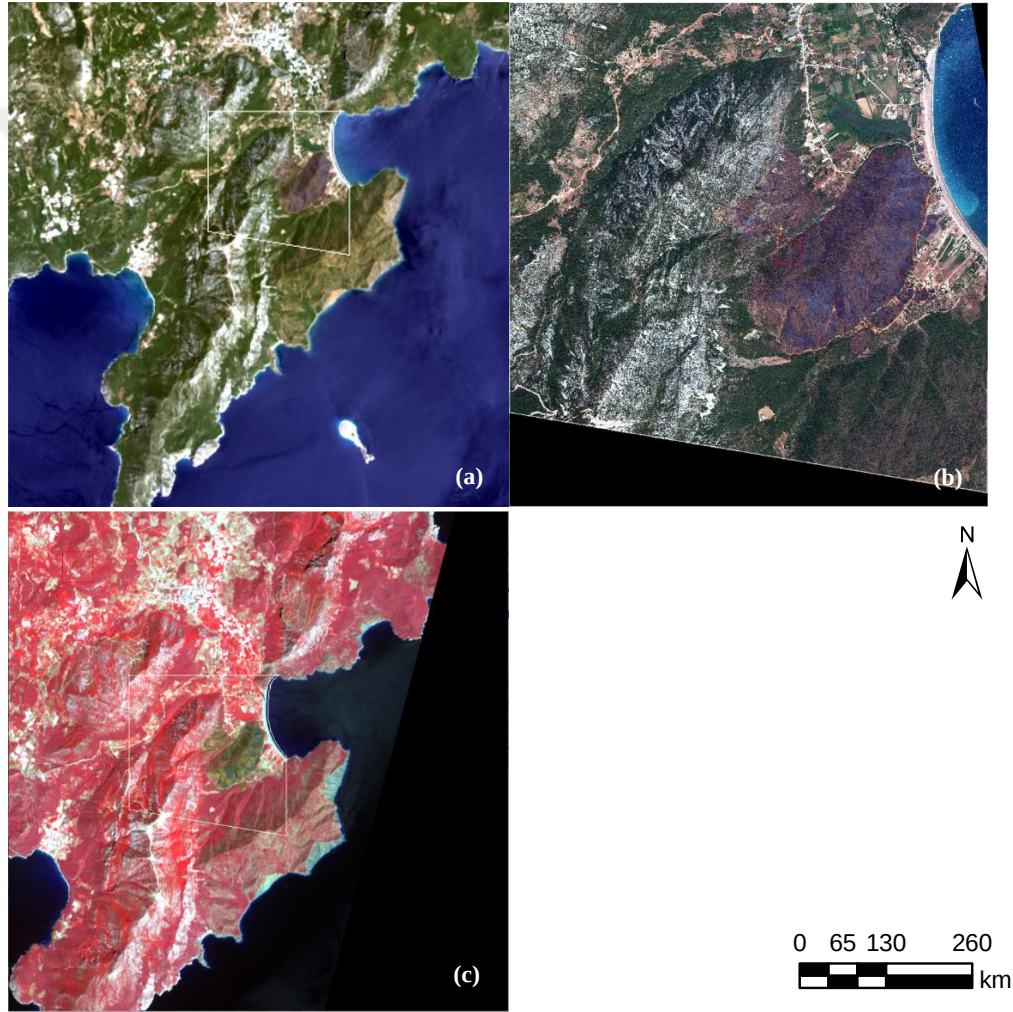
x_{+i} , i sütunundaki gözlemlerin toplamı,

N , matrise eklenmiş gözlemlerin toplam sayısı



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Her görüntünün optimum eşik değerleri bulunduğundan sonra medyan filtreleme uygulanıp en uygun piksel boyutlu pencere (kernel) değeri hesaplanmıştır. Şekil 4.1a'da Landsat-8, Şekil 4.1b'de WV-2, Şekil 4.1c'de ASTER yangın sonrası görüntüler verilmiştir. En uygun kernel boyutuna ulaşabilmek için her görüntünün kappa katsayısı ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.1'de beyaz çizgiyle gösterilen yerler, referans alan olarak örnek toplanılan yerleri ifade eder. Bunun için beyaz alan dışında kalan yerler maskelenmiştir. Böylece her uydu görüntüsü için eşit alan olacak şekilde yangında değişen alan ve değişmeyen alan olarak örnek toplanılmıştır. Çizelge 4.1'de referans uydu görüntülerinden elde edilen uydu verilerinin toplam piksel sayıları verilmiştir.



Şekil 4.1.a) Landsat-8 uydu görüntüsü, beyaz çizgiyle gösterilen yer örnek toplanan alan; **b)** WV-2 uydu görüntüsü; **c)** ASTER verisi yangın sonrası görüntüsü, beyaz çizgiyle gösterilen yer örnek toplanan alan

Çizelge 4.1. Yangın Öncesi ve Yangın Sonrası referans uydu görüntülerinden toplanan örneklerin toplam piksel sayısı

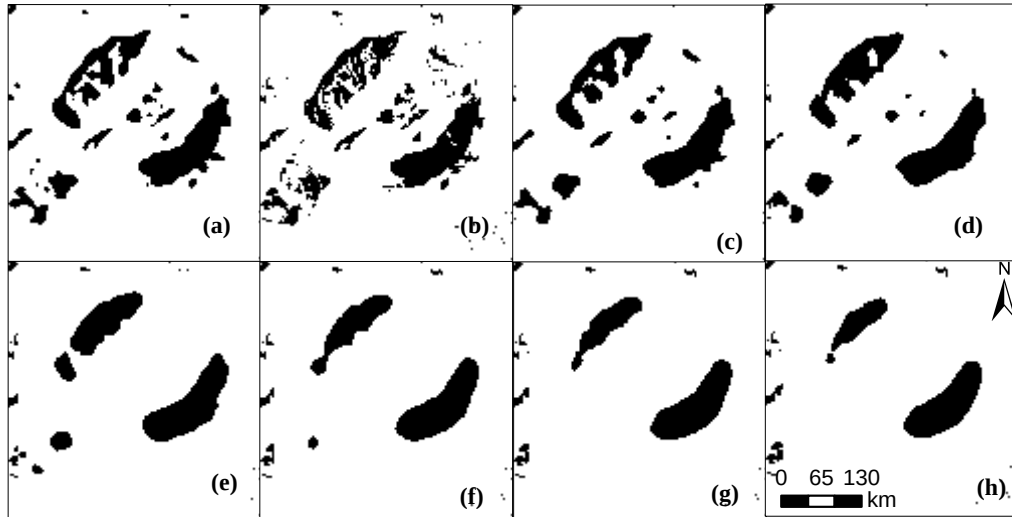
	Toplam Piksel Sayıları	
	Değişmeyen Alanın Piksel Sayısı	Değişen Alanın Piksel Sayısı
Landsat-8	4,663	435
WV-2	6,153,072	958,652
ASTER (Yangın Sonrası)	15,029	1,226

4.1. Fark Görüntüsü ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi

Landsat7- Landsat8, IKONOS-WV2, ASTER yangın öncesi ve yangın sonrası verilerin fark görüntüsü bulunduktan sonra her görüntünün optimum eşik değeri hesaplanmıştır. Daha sonra kappa katsayısı ve doğruluk değeri en yüksek değere karşılık gelen medyan filtre değeri bulunmuştur.

4.1.1. Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsü değişim tespiti analizi

Şekil 4.2a’da Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsünün eşik değeri görüntüsü, Şekil 4.2b’de medyan 3x3 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.2c’de medyan 5x5 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.2d’de medyan 7x7 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.2e’de medyan 11x11 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.2f’de medyan 15x15 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.2g’de medyan 17x17 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.2h’de medyan 19x19 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.2. a) Lansat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsünün eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 11x11; f) 15x15; g) 17x17; h) 19x19

Yukarıda gösterilen görüntülerin kappa katsayısı ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 17 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.2’de Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

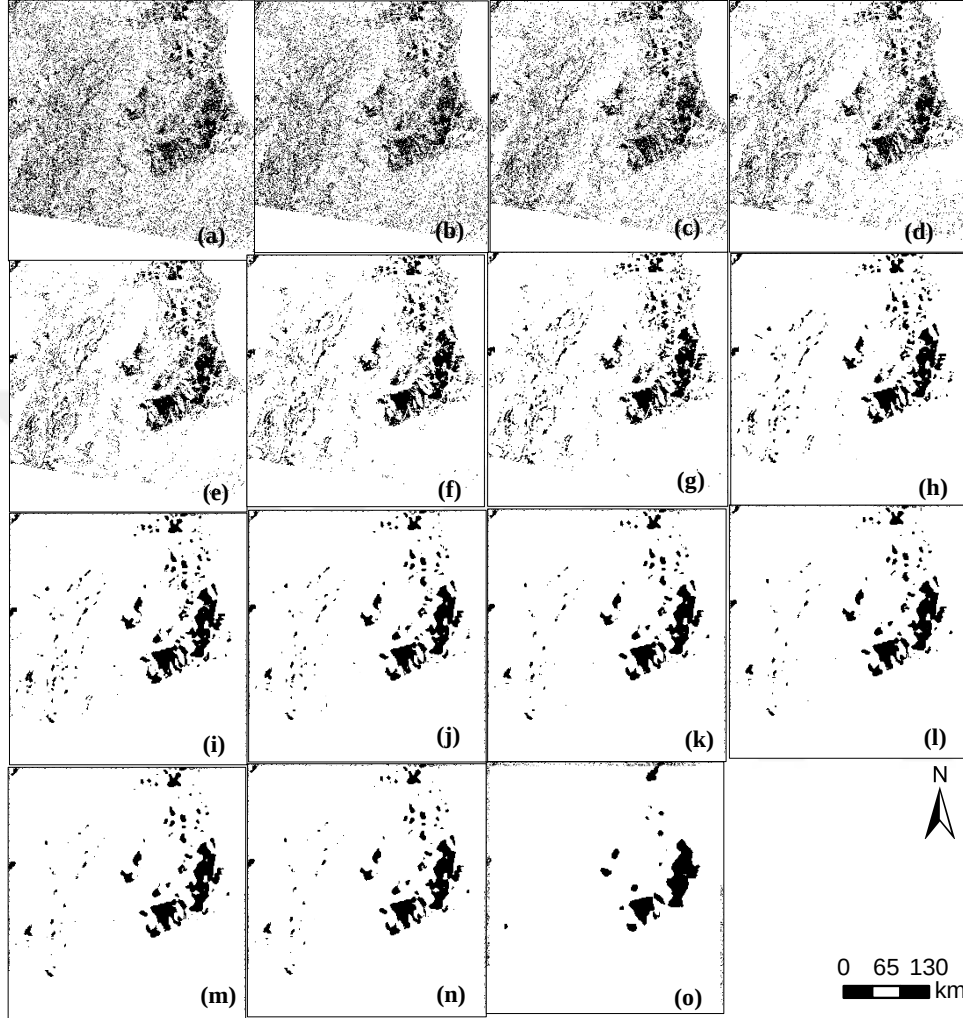
Çizelge 4.2. Landsat-7 ve Landsat-8 fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri

Landsat-7 ve Landsat8 Fark Görüntüsü Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.3993	88.000%
Medyan 5x5	0.3989	88.000%
Medyan 7x7	0.3948	88.000%
Medyan 11x11	0.49	89.700%
Medyan 15x15	0.4965	92.270%
Medyan 17x17	0.5172	92.800%
Medyan 19x19	0.3796	87.320%

4.1.2. IKONOS ve WV-2 fark görüntüsü değişim tespiti analizi

Şekil 4.3a’da IKONOS ve WV-2 fark görüntüsünün eşik değeri görüntüsü, Şekil 4.3b’de medyan 3x3 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3c’de medyan 7x7 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3d’de medyan 13x13 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3e’de medyan 21x21 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3f’de medyan 33x33 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3g’de medyan 41x41 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3h’de medyan 71x71 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3i’de medyan 85x85 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3j’de medyan 101x101 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3k’da medyan 115x115 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen

görüntü, Şekil 4.3l’de medyan 117x117 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3m’de medyan 119x119 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3n’de medyan 121x121 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntü, Şekil 4.3o’da medyan 251x251 piksel boyutlu pencereye karşılık gelen görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.3. a) IKONOS ve WV-2 fark görüntüsünün eşik değeri; **b)** 3x3; **c)** 7x7; **d)** 13x13; **e)** 21x21; **f)** 33x33; **g)** 41x41; **h)** 71x71; **i)** 85x85 piksel medyan filtre görüntüsü; **j)** 101x101; **k)** 115x115; **l)** 117x117; **m)** 119x119; **n)** 121x121; **o)** 251x251

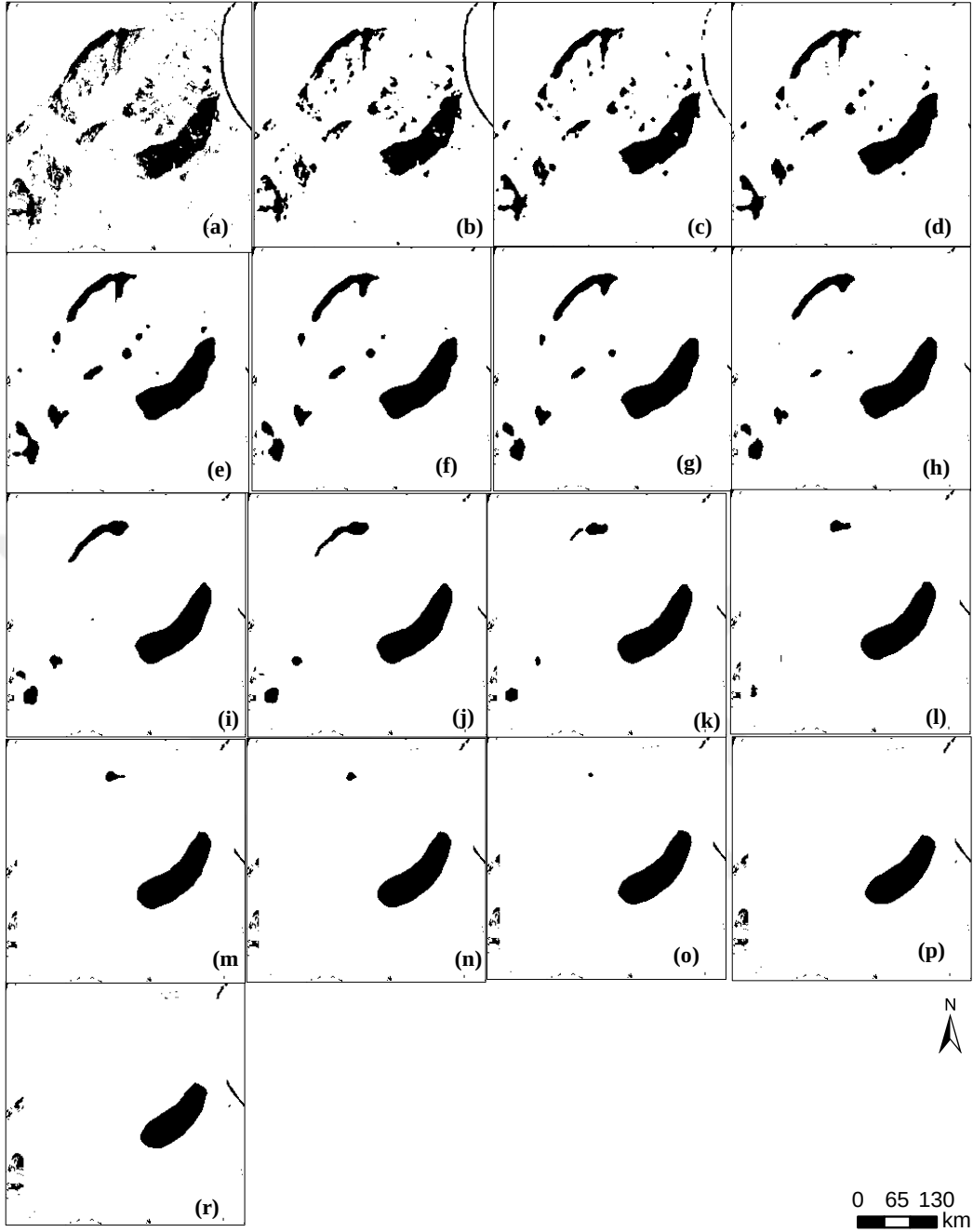
Yukarıda gösterilen görüntülerin kappa katsayısı ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 117 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.3’te IKONOS ve WV-2 fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir. Çizelge 4.3’te medyan 117x117 ve medyan 119x119 doğruluk ve kappa katsayısı değeri biri artarken diğeri azalmıştır. Bu yüzden her iki değerlerin ortalaması alınıp en yüksek değere karşılık gelen medyan değeri tercih edilmiştir. Bir sonraki kappa katsayısı ve doğruluk değerleri azalarak devam etmektedir.

Çizelge 4.3. IKONOS ve WV-2 fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri

IKONOS ve WV-2 Fark Görüntüsü Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.2937	78.821%
Medyan 7x7	0.36	82.490%
Medyan 13x13	0.4391	86.025%
Medyan 21x21	0.503	88.460%
Medyan 33x33	0.6	90.000%
Medyan 41x41	0.569	90.747%
Medyan 71x71	0.6	91.000%
Medyan 85x85	0.6114	92.141%
Medyan 101x101	0.6156	92.380%
Medyan 115x115	0.6158	92.497%
Medyan 117x117	0.616	92.512%
Medyan 119x119	0.6156	92.514%
Medyan 121x121	0.6153	92.510%
Medyan 251x251	0.5657	92.130%

4.1.3. ASTER fark görüntüsü değişim tespiti analizi

Şekil 4.4a’da ASTER fark görüntüsünün eşik değeri Şekil 4.4b’de eşik değeri sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4c’de eşik değeri sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4d’de eşik değeri sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4e’de eşik değeri sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4f’de eşik değeri sonrası 11x11 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4g’de eşik değeri sonrası 13x13 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4h’de eşik değeri sonrası 15x15 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4i’de eşik değeri sonrası 17x17 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4j’de eşik değeri sonrası 19x19 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4k’da eşik değeri sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4l’de eşik değeri sonrası 23x23 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4m’de Eşik değeri sonrası 25x25 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4n’de eşik değeri sonrası 27x27 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4o’da eşik değeri sonrası 29x29 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4p’de eşik değeri sonrası 35x35 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.4r’de eşik değeri sonrası 39x39 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.4. a) ASTER fark görüntüsünün eşik değeri; b) 3x3 ; c) 5x5 ; d) 7x7 ; e) 9x9 ; f) 11x11 ; g) 13x13 ; h) 15x15 ; i) 17x17; j) 19x19 ; k) 21x21; l) 23x23; m) 25x25; n) 27x27 ; o) 29x29 ; p) 35x35 ; r) 39x39

Görüntülerin kappa katsayısı ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 23 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.4'te ASTER fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

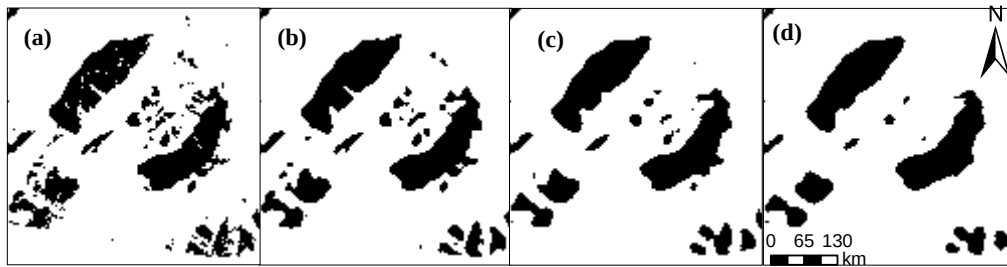
Çizelge 4.4. ASTER fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri

ASTER Fark Görüntüsü Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.509	91.69%
Medyan 5x5	0.5242	92.14%
Medyan 7x7	0.5418	92.64%
Medyan 9x9	0.5615	93.18%
Medyan 11x11	0.5782	93.67%
Medyan 13x13	0.5849	93.96%
Medyan 15x15	0.6193	94.76%
Medyan 17x17	0.6444	95.26%
Medyan 19x19	0.6743	95.85%
Medyan 21x21	0.7145	96.54%
Medyan 23x23	0.7367	96.92%
Medyan 25x25	0.7317	96.87%
Medyan 27x27	0.7224	96.78%
Medyan 29x29	0.71224	96.68%
Medyan 35x35	0.6871	96.41%
Medyan 39x39	0.6448	95.98%

4.2. Görüntü Oranlama ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi

4.2.1. Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama değişim tespiti analizi

Şekil 4.5a’da Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama eşik değeri Şekil4.5b’de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü Şekil4.5c’de eşik değer sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü Şekil4.5d’de eşik değer sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.5. a) Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3 medyan; c) 5x5 medyan; d) 7x7 medyan

Yukarıda gösterilen görüntülerin kappa katsayısı ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 3 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.5’te Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir. Çizelge 4.5.’te medyan 3x3 ve medyan 5x5 doğruluk ve kappa katsayısı değeri biri artarken diğeri azalmıştır. Bu yüzden her iki değerlerin ortalaması

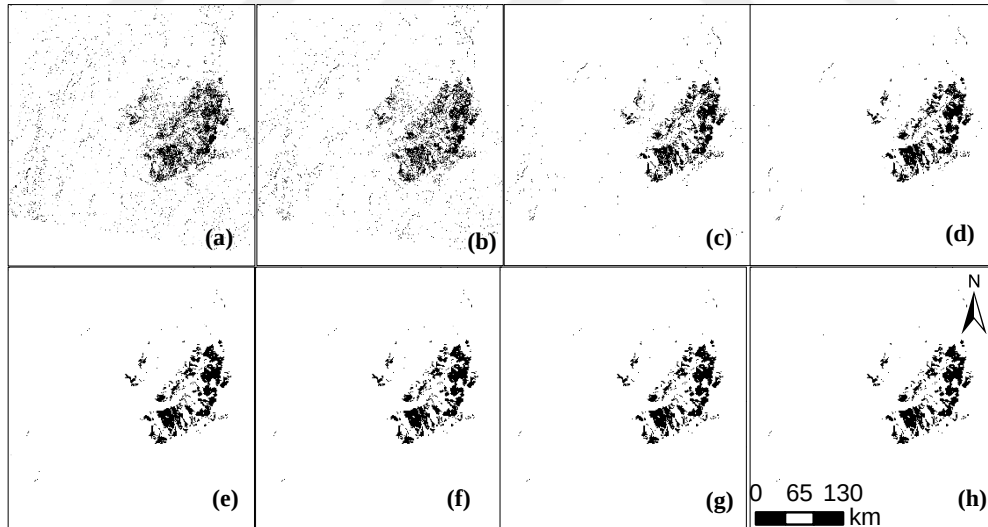
alınıp en yüksek değere karşılık gelen medyan değeri tercih edilmiştir. Bir sonraki kappa katsayısı ve doğruluk değerleri azalarak devam etmektedir.

Çizelge 4.5. Landsat-7 ve Landsat-8 görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri

Landsat-7 ve Landsat-8 Görüntü Oranlama Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.24	79.57%
Medyan 5x5	0.23	79.83%
Medyan 7x7	0.217	79.50%

4.2.2. IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama değişim tespiti analizi

Şekil 4.6a'da IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama eşik değeri, Şekil 4.6b'de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.6c'de eşik değer sonrası 13x13 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.6d'de eşik değer sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.6e'de eşik değer sonrası 31x31 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.6f'de eşik değer sonrası 33x33 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.6g'de eşik değer sonrası 35x35 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.6h'de eşik değer sonrası 37x37 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.6. a) IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3; c) 13x13; d) 21x21 e) 31x31; f) 33x33; g) 35x35; h) 37x37

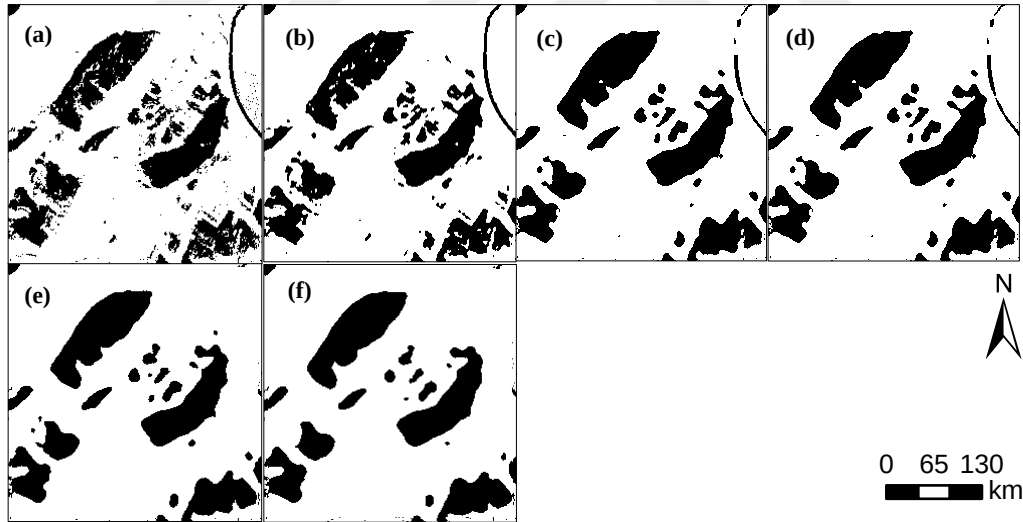
Kappa katsayısı ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 33 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.6'da IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. IKONOS ve WV-2 görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri

IKONOS ve WV-2 Görüntü Oranlama Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.5834	92.074%
Medyan 13x13	0.62	93.000%
Medyan 21x21	0.627	93.150%
Medyan 31x31	0.6292	93.180%
Medyan 33x33	0.6294	93.194%
Medyan 35x35	0.6291	93.191%
Medyan 37x37	0.628	93.185%

4.2.3. ASTER görüntü oranlama değişim tespiti analizi

Şekil 4.7a’da ASTER görüntü oranlama eşik değeri, Şekil 4.7b’de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.7c’de eşik değer sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.7d’de eşik değer sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.7e’de eşik değer sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.7f’de eşik değer sonrası 11x11 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.7. a) ASTER görüntü oranlama eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9; f) 11x11

En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 9 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.7’de ASTER görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

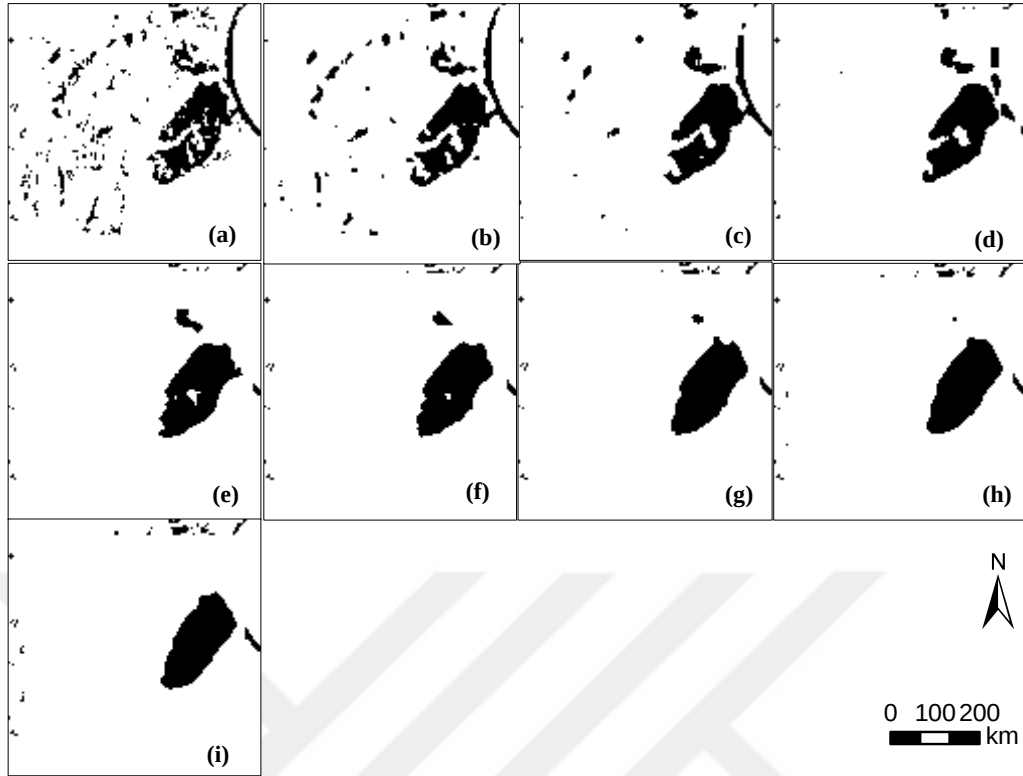
Çizelge 4.7. ASTER görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri

ASTER Görüntü Oranlama Değerleri		
	Kappa katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.229	76.47%
Medyan 5x5	0.231	76.61%
Medyan 7x7	0.229	76.61%
Medyan 9x9	0.232	76.83%
Medyan 11x11	0.21	76.22%

4.3. NDVI Fark Görüntüsü / NDVI Görüntü Oranlama ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi

4.3.1. Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analizi

Şekil 4.8a’da Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama eşik değeri, Şekil 4.8b’de eşik değeri sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8c’de eşik değeri sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8d’de eşik değeri sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8e’de eşik değeri sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8f’de eşik değeri sonrası 11x11 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8g’de eşik değeri sonrası 13x13 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8h’de Eşik değeri sonrası 15x15 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.8i’de eşik değeri sonrası 17x17 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.8.a) Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama eşik değeri; **b)** 3x3; **c)** 5x5; **d)** 7x7; **e)** 9x9; **f)** 11x11; **g)** 13x13; **h)** 15x15; **i)** 17x17

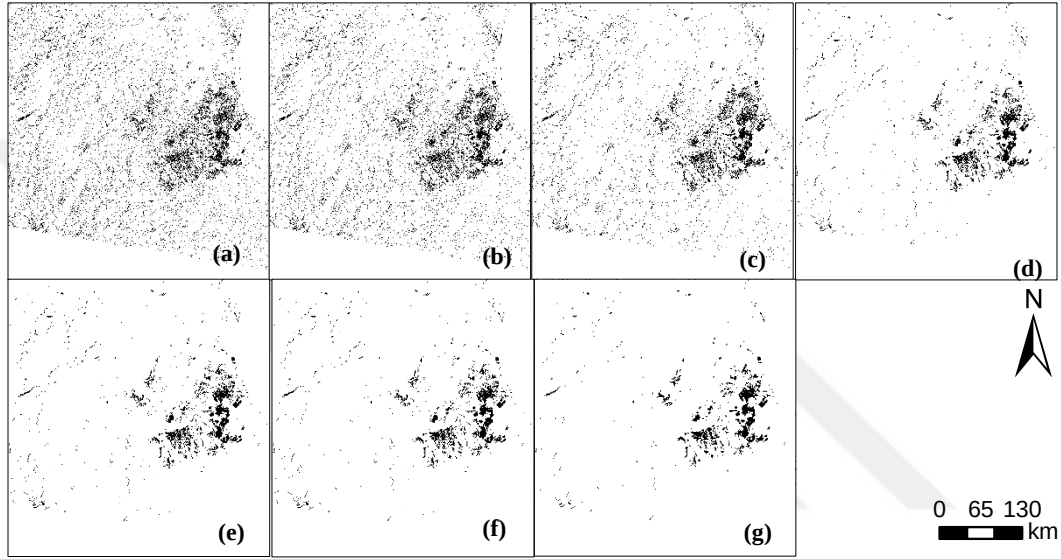
En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 13 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.8’de Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri

Landsat-7 ve Landsat-8 NDVI Görüntü Oranlama Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.581	93.88%
Medyan 5x5	0.6555	95.40%
Medyan 7x7	0.6976	96.16%
Medyan 9x9	0.737	96.63%
Medyan 11x11	0.759	96.90%
Medyan 13x13	0.78	97.20%
Medyan 15x15	0.777	97.19%
Medyan 17x17	0.755	96.92%

4.3.2. IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analizi

Şekil 4.9a’da IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama eşik değeri, Şekil 4.9b’de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.9c’de eşik değer sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.9d’de eşik değer sonrası 19x19 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.9e’de eşik değer sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.9f’de eşik değer sonrası 23x23 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.9g’de eşik değer sonrası 31x31 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.9. a) IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama eşik değeri; **b)** 3x3 piksel medyan filtre görüntüsü; **c)** 7x7 medyan filtre görüntüsü; **d)** 19x19 medyan filtre görüntüsü; **e)** 21x21 medyan filtre görüntüsü; **f)** 23x23 medyan filtre görüntüsü; **g)** 31x31 medyan filtre

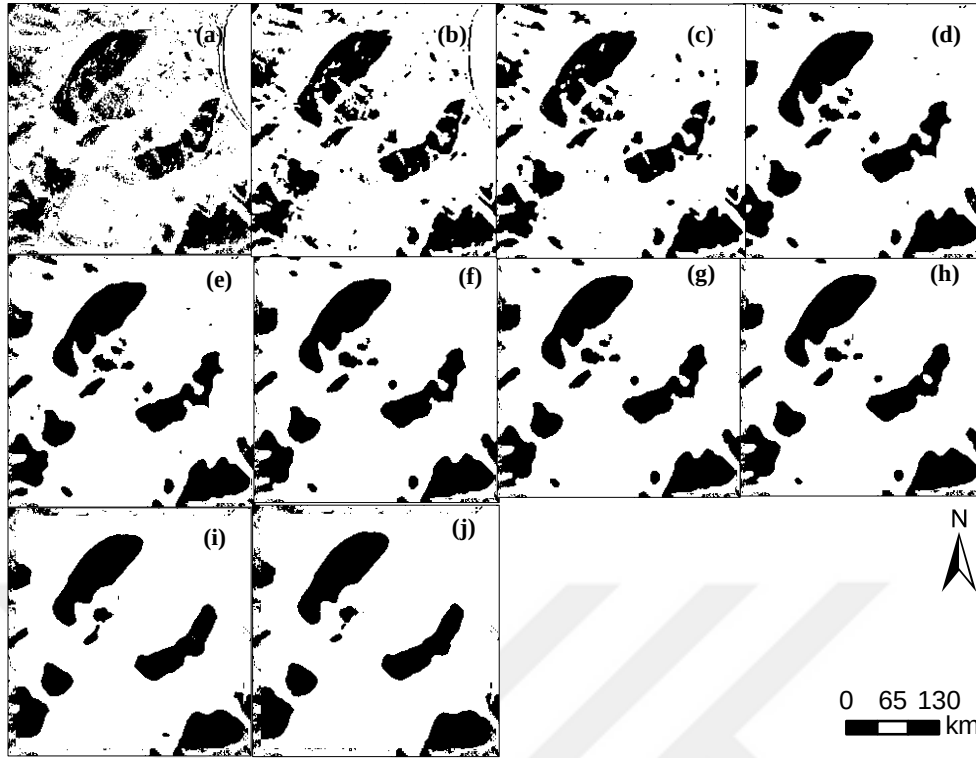
En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 21 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.9’da IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir. Çizelge 4.9’da medyan 21x21 ve medyan 23x23 doğruluk ve kappa katsayısı değeri biri artarken diğeri azalmıştır. Bu yüzden her iki değerın ortalaması alınıp en yüksek değere karşılık gelen medyan değeri tercih edilmiştir.

Çizelge 4.9. IKONOS ve WV-2 NDVI görüntü oranlama değişim tespiti analiz değerleri

IKONOS ve WV-2 NDVI Görüntü Oranlama Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.362	87.22%
Medyan 7x7	0.392	88.77%
Medyan 19x19	0.400	90.05%
Medyan 21x21	0.407	90.08%
Medyan 23x23	0.406	90.10%
Medyan 31x31	0.398	90.12%

4.3.3. ASTER NDVI fark görüntüsü değişim tespiti analizi

Şekil 4.10a'da ASTER NDVI fark görüntüsü eşik değeri, Şekil 4.10b'de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10c'de eşik değer sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10d'de eşik değer sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10e'de eşik değer sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10f'de eşik değer sonrası 11x11 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10g'de eşik değer sonrası 13x13 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10h'de eşik değer sonrası 15x15 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10i'de eşik değer sonrası 17x17 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.10j'de eşik değer sonrası 19x19 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.10. a) ASTER NDVI fark görüntüsü eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9; f) 11x11; g) 13x13; h) 15x15; i) 17x17; j) 19x19

En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 17 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.10’da ASTER NDVI fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

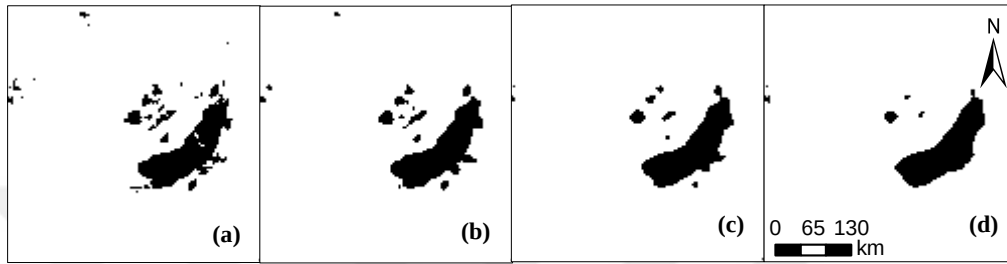
Çizelge 4.10. ASTER NDVI fark görüntüsü değişim tespiti analiz değerleri

ASTER NDVI Fark Görüntüsü Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.102	70.85%
Medyan 5x5	0.110	71.84%
Medyan 7x7	0.128	72.65%
Medyan 9x9	0.130	73.20%
Medyan 11x11	0.140	73.82%
Medyan 13x13	0.155	74.75%
Medyan 15x15	0.160	75.45%
Medyan 17x17	0.162	76.06%
Medyan 19x19	0.155	75.72%

4.4. PCA ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi

4.4.1. Landsat-7 ve Landsat-8 PCA değişim tespiti analizi

Şekil 4.12a'da Landsat-7 ve Landsat-8 PCA eşik değeri, Şekil 4.12b'de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12c'de eşik değer sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12d'de eşik değer sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.11. a) Landsat-7 ve Landsat-8 PCA eşik değeri ; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7

En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 3 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge Landsat-7 ve Landsat-8 PCA değişim tespiti analiz değerleri 4.11'de gösterilmiştir.

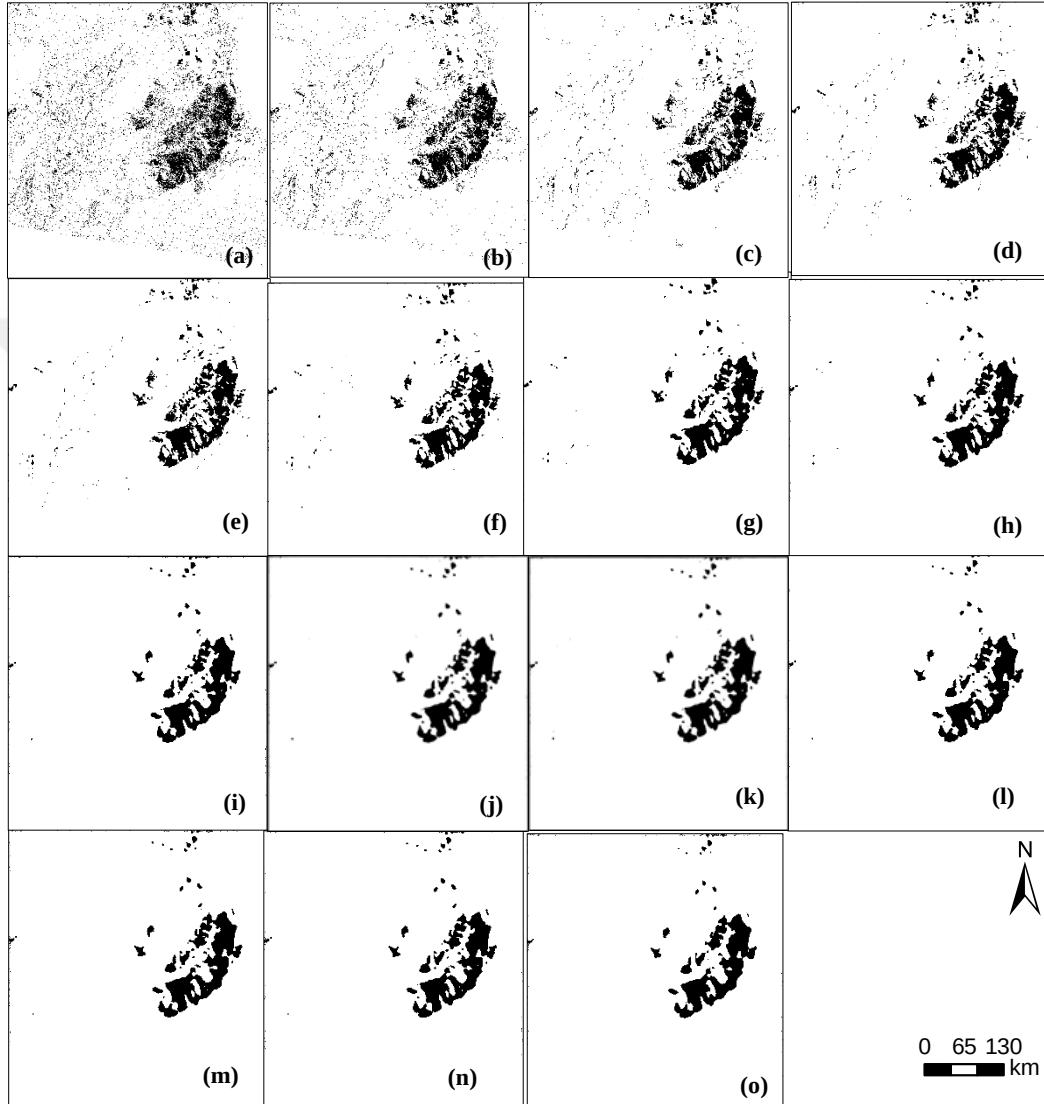
Çizelge 4.11. Landsat-7 ve Landsat-8 PCA değişim tespiti analiz değerleri

Landsat-7 ve Landsat-8 PCA Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.7295	96.508%
Medyan 5x5	0.7254	96.500%
Medyan 7x7	0.7139	96.390%

4.4.2. IKONOS ve WV-2 PCA değişim tespiti analizi

Şekil 4.12a'da IKONOS ve WV-2 PCA eşik değeri, Şekil 4.12b'de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12c'de eşik değer sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12d'de eşik değer sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12e'de eşik değer sonrası 33x33 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12f'de eşik değer sonrası 41x41 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12g'de eşik değer sonrası 55x55 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12h'de eşik değer sonrası 71x71 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12i'de eşik değer sonrası 81x81 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12j'de eşik değer sonrası 95x95 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.12k'da eşik değer sonrası 97x97 piksel boyutlu pencere

ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, şekil 4.12l'de eşik değer sonrası 99x99 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, şekil 4.12m'de eşik değer sonrası 101x101 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, şekil 4.12n'de eşik değer sonrası 103x103 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, şekil 4.12o'da eşik değer sonrası 121x121 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü verilmiştir.



şekil 4.12. a) IKONOS ve WV-2 PCA eşik değeri; b) 3x3; c) 9x9; d) 21x21; e) 33x33; f) 41x41; g) 55x55; h) 71x71; i) 81x81; j) 95x95; k) 97x97x l) 99x99; m) 101x101; n) 103x103; o) 121x121

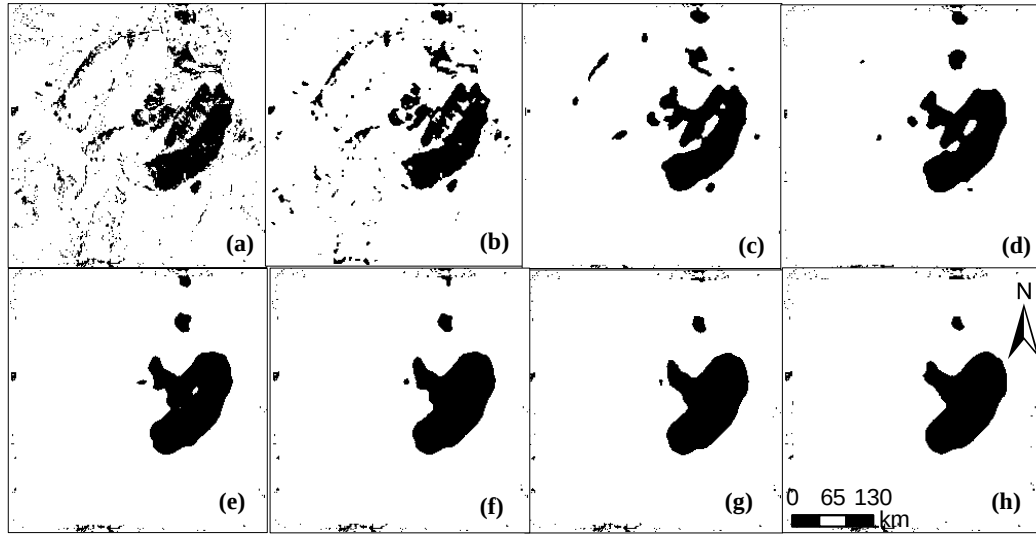
En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 97 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.12'de IKONOS ve WV-2 PCA değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. IKONOS ve WV-2 PCA değişim tespiti analiz değerleri

IKONOS ve WV-2 PCA Değerleri		
	Kappa katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.5985	90.9700%
Medyan 9x9	0.6497	92.4108%
Medyan 21x21	0.6937	93.6734%
Medyan 33x33	0.7073	94.0710%
Medyan 41x41	0.7147	94.2400%
Medyan 55x55	0.7212	94.4100%
Medyan 71x71	0.7270	94.5700%
Medyan 81x81	0.7324	94.6940%
Medyan 95x95	0.7330	94.7420%
Medyan 97x97	0.7330	94.7440%
Medyan 99x99	0.7329	94.7400%
Medyan 101x101	0.7320	94.7370%
Medyan 103x103	0.7317	94.7281%
Medyan 121x121	0.7250	94.6500%

4.4.3. ASTER PCA değişim tespiti analizi

Şekil 4.13a’da ASTER PCA eşik değeri, Şekil 4.13b’de eşik değeri sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.13c’de eşik değeri sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.13d’de eşik değeri sonrası 13x13 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.13e’de eşik değeri sonrası 17x17 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.13f’de eşik değeri sonrası 19x19 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.13g’de eşik değeri sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.13h’de eşik değeri sonrası 23x23 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.13. a) ASTER PCA eşik değeri; b) 3x3; c) 9x9; d) 13x13; e) 17x17; f) 19x19; g) 21x21; h) 23x23

En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 21 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.13'te ASTER PCA değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

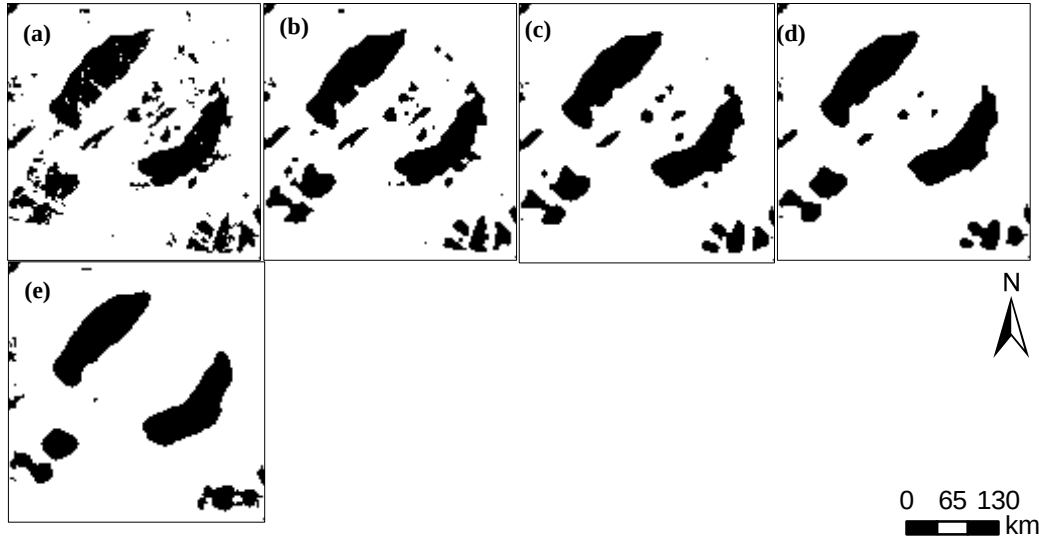
Çizelge 4.13. ASTER PCA değişim tespiti analiz değerleri

ASTER PCA Değerleri		
	Kappa katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.6994	94.8600%
Medyan 9x9	0.818	97.1880%
Medyan 13x13	0.8874	98.3500%
Medyan 17x17	0.9175	98.8100%
Medyan 19x19	0.933	99.0500%
Medyan 21x21	0.938	99.1380%
Medyan 23x23	0.9277	98.9788%

4.5. MNF ile Yanan Alanın Değişim Tespiti Analizi

4.5.1. Landsat-7 ve Landsat-8 MNF değişim tespiti analizi

Şekil 4.14a'da Landsat-7 ve Landsat-8 MNF eşik değeri, Şekil 4.14b'de eşik değeri sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.14c'de eşik değeri sonrası 5x5 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.14d'de eşik değeri sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.14e'de eşik değeri sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.14. a) Landsat-7 ve Landsat-8 MNF eşik değeri; b) 3x3; c) 5x5; d) 7x7; e) 9x9

En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 5 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.14'te Landsat-7 ve Landsat-8 MNF değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

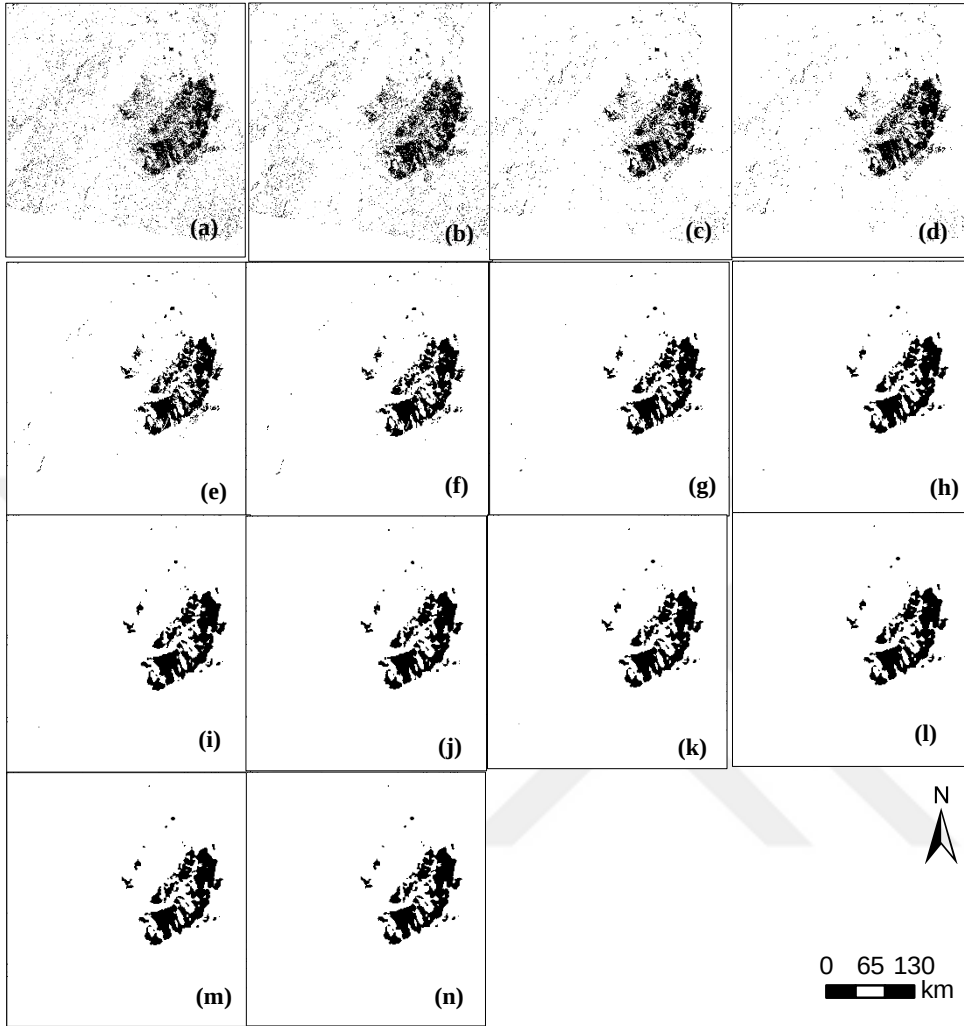
Çizelge 4. 14. Landsat-7 ve Landsat-8 MNF değişim tespiti analiz değerleri

Landsat-7 ve Landsat-8 MNF Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.200	78.66%
Medyan 5x5	0.211	79.30%
Medyan 7x7	0.202	79.00%
Medyan 9x9	0.140	76.52%

4.5.2. IKONOS ve WV-2 MNF değişim tespiti analizi

Şekil 4.15a'da IKONOS ve WV-2 MNF eşik değeri, Şekil 4.15b'de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15c'de eşik değer sonrası 9x9 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15d'de eşik değer sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15e'de eşik değer sonrası 33x33 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15f'de eşik değer sonrası 41x41 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15g'de eşik değer sonrası 55x55 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15h'de eşik değer sonrası 71x71 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15i'de eşik değer sonrası 73x73 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15j'de eşik değer sonrası 75x75 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15k'da eşik değer sonrası 77x77 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15l'de eşik değer sonrası 79x79 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.15m'de eşik değer sonrası 81x81 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil

4.15n’de eşik değeri sonrası 83x83 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.15. a) IKONOS ve WV-2 MNF eşik değeri; **b)** 3x3; **c)** 9x9; **d)** 21x21; **e)** 33x33; **f)** 41x41; **g)** 55x55; **h)** 71x71; **i)** 73x73; **j)** 75x75; **k)** 77x77; **l)** 79x79; **m)** 81x81; **n)** 83x83

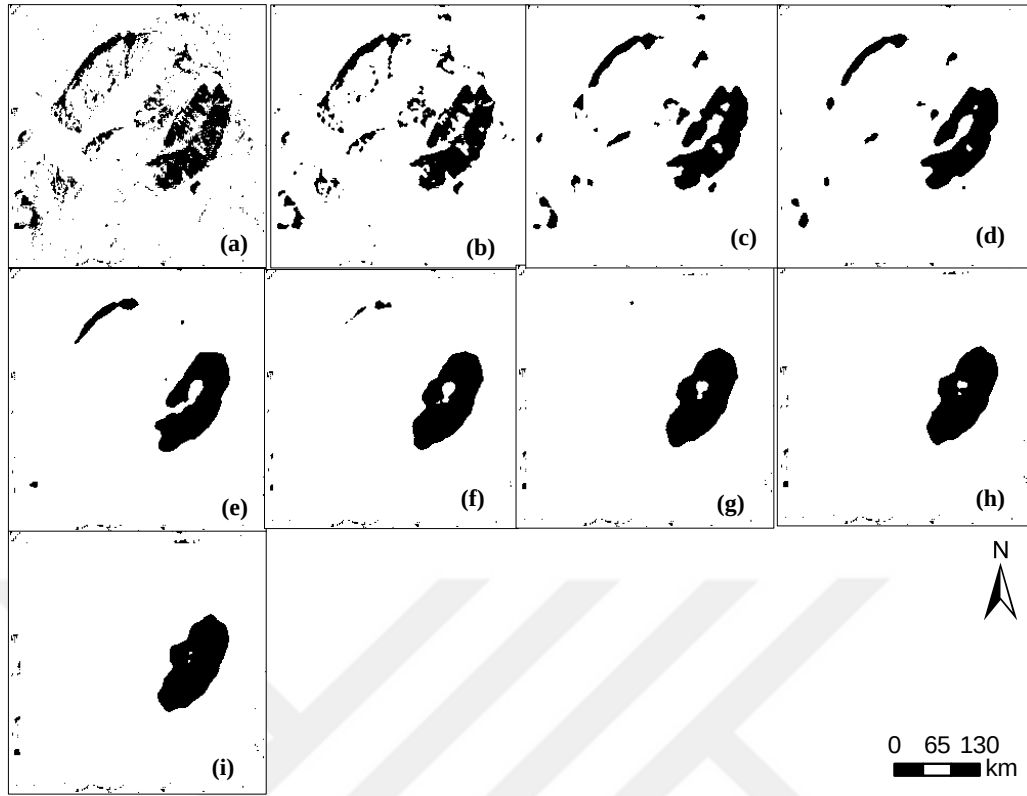
En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 73 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.15’te IKONOS ve WV-2 MNF değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4. 15. IKONOS ve WV-2 MNF değişim tespiti analiz değerleri

IKONOS ve WV-2 MNF Değerleri		
	Kappa katsayısı	Doğruluk Değeri
Medyan 3x3	0.664	92.70%
Medyan 9x9	0.727	94%
Medyan 21x21	0.738	95%
Medyan 33x33	0.758	95.17%
Medyan 41x41	0.761	95.24%
Medyan 55x55	0.764	95.31%
Medyan 71x71	0.765	95.32%
Medyan 73x73	0.765	96.33%
Medyan 75x75	0.765	95.32%
Medyan 77x77	0.765	95.32%
Medyan 79x79	0.764	95.32%
Medyan 81x81	0.764	95.31%
Medyan 83x83	0.760	95.30%

4.5.3. ASTER MNF değişim tespiti analizi

Şekil 4.16a’da ASTER MNF eşik değeri, Şekil 4.16b’de eşik değer sonrası 3x3 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16c’de eşik değer sonrası 7x7 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16d’de eşik değer sonrası 11x11 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16e’de eşik değer sonrası 15x15 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16f’de eşik değer sonrası 19x19 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16g’de eşik değer sonrası 21x21 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16h’de eşik değer sonrası 23x23 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüsü, Şekil 4.16i’de eşik değer sonrası 25x25 piksel boyutlu pencere ile oluşturulan medyan filtre görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.16. a) ASTER MNF eşik değeri; b) 3x3; c) 7x7; d) 11x11; e) 15x15; f) 19x19; g) 21x21; h) 23x23; i) 25x25

En yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeri 21 kernele karşılık gelmektedir. Çizelge 4.16’da ASTER MNF değişim tespiti analiz değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. ASTER MNF değişim tespiti analiz değerleri

ASTER MNF Değerleri		
	Kappa Katsayısı	Doğruluk Katsayısı
Medyan 3x3	0.590	93.07%
Medyan 7x7	0.670	95%
Medyan 11x11	0.744	96.21%
Medyan 15x15	0.810	97.46%
Medyan 19x19	0.887	98.52%
Medyan 21x21	0.897	98.67%
Median 23x23	0.889	98.55%
Medyan 25x25	0.875	98.36%

Çizelge 4.17’de her uydu için kullanılan tekniklerin en yüksek doğruluk ve kappa katsayısı değerleri ve buna karşılık gelen medyan filtre değerleri verilmiştir. Çizelge 4.17a’da Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinin değerleri, Çizelge 4.17b’de IKONOS ve WV-2 görüntülerinin değerleri, Çizelge 4.17c’de ASTER görüntülerinin değerleri verilmiştir. Çizelgede Landsat-7 ve Landsat-8 uyduları için en yüksek değerler

NDVI görüntü oranlama, IKONOS ve WV-2 uyduları için MNF, ASTER için PCA tekniğidir.

Çizelge 4. 17. a) Landsat-7 ve Landsat-8 Uydu Görüntülerinin En Yüksek Değerleri b) IKONOS-WV2 Uydu Görüntülerinin En Yüksek Değerleri c) ASTER Sensör Görüntülerinin En Yüksek Değerleri

(a) Landsat-7 ve Landsat-8 Uydu Görüntülerinin Değerleri			
	Kernel (Pencere) Boyutu	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk
Fark Görüntüsü	Medyan 17x17	0.52	92.80%
Görüntü Oranı	Medyan 3x3	0.24	79.57%
NDVI Görüntü Oranı	Medyan 13x13	0.78	97.20%
PCA	Medyan 3x3	0.73	96.51%
MNF	Medyan 5x5	0.21	79.30%

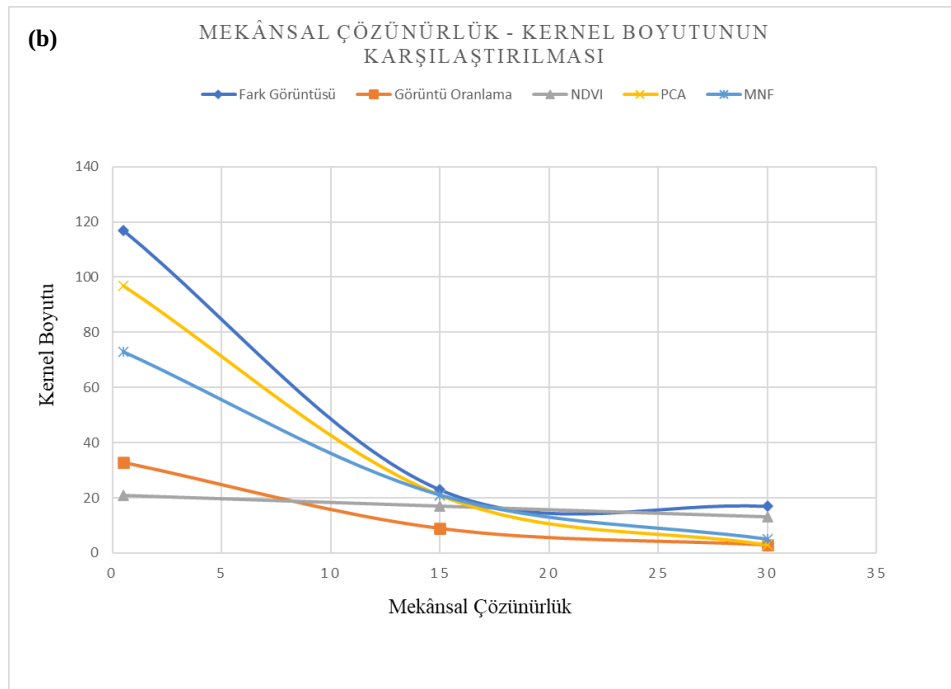
(b) IKONOS-WV2 Uydu Görüntülerinin Değerleri			
	Kernel (Pencere) Boyutu	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk
Fark Görüntüsü	Medyan 117X117	0.62	92.51%
Görüntü Oranı	Medyan 33x33	0.63	93.19%
NDVI Görüntü Oranı	Medyan 21x21	0.41	90.08%
PCA	Medyan 97x97	0.73	94.74%
MNF	Medyan 73x73	0.77	96.33%

(c) ASTER Sensör Görüntülerinin Değerleri			
	Kernel (Pencere) Boyutu	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk
Fark Görüntüsü	Medyan 23x23	0.74	96.92%
Görüntü Oranı	Medyan 9x9	0.23	76.83%
NDVI Fark Görüntüsü	Medyan 17x17	0.16	76.06%
PCA	Medyan 21x21	0.94	99.14%
MNF	Medyan 21x21	0.90	98.67%

Çizelge 4.18a’da her uydunun değişim tespiti belirleme teknikleriyle en yüksek doğruluk ve kappa katsayısına karşılık gelen medyan filtre değerleri gösterilmiştir. Bu değerler her uydu görüntüsünün mekânsal çözünürlükleriyle karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.18b’de bu değerlere ait olan 2. derece polinom grafiği verilmiştir. Grafiğe göre NDVI daha düşük sonuç vermiştir. Bunun sebebi Landsat-7 ve Landsat-8 uydu görüntülerinde yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değerine sahipken diğer uydularda düşük değerler görülmüştür. Dolayısıyla değişimin en uygun olduğu yerleri tespit etmekte medyan filtre değerlerini etkilemiştir. IKONOS ile WV-2 uyduları için en yüksek değer MNF ASTER görüntülerin en yüksek değer PCA, Landsat-7 ile Landsat-8 görüntülerinde en yüksek değer NDVI olmasına rağmen her uydu için en yüksek sonuç veren değişim belirleme tekniği temel bileşen analizi (PCA) olduğu görülmektedir. Kappa katsayısı ve doğruluk değerleri düşük veya yüksek sonuç verse de aynı zamanda yöntemler farklı bile olsa, mekânsal çözünürlük ile kernel boyutunun Şekil 4.18b’de görüldüğü gibi ters orantılı olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 4.18. a) Değişim tespiti için kullanılan tekniklerin en yüksek doğruluk değerine karşılık gelen kernel boyutu ve uyduların mekânsal çözünürlüğü **b)** Mekânsal çözünürlük ile kernel boyutunun karşılaştırılması

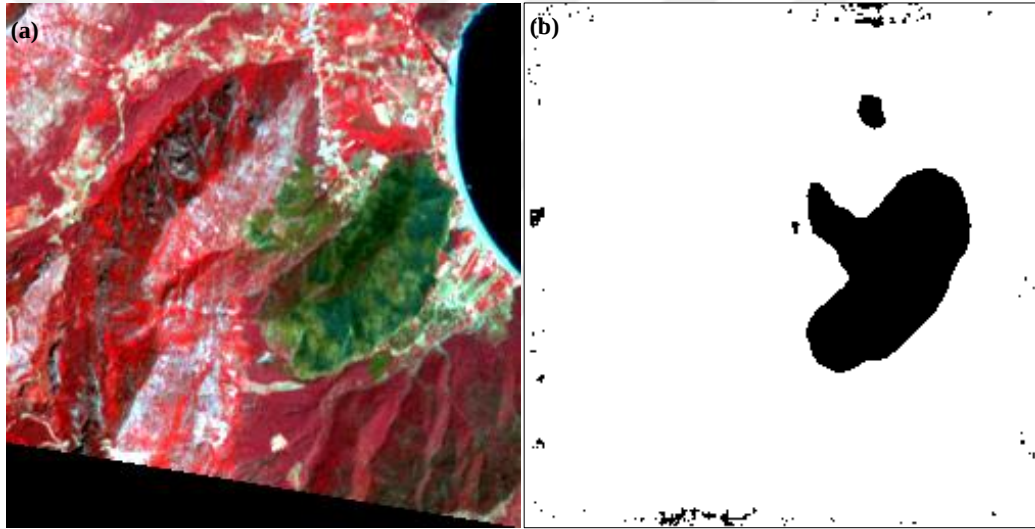
(a)	Mekânsal Çözünürlük	Fark Görüntüsü(Kernel Boyutu)
Landsat7-Landsat8	30	17
ASTER	15	23
IKONOS-WV2	0.5	117
	Mekânsal Çözünürlük	Görüntü Oranı (Kernel Boyutu)
Landsat7-Landsat8	30	3
ASTER	15	9
IKONOS-WV2	0.5	33
	Mekânsal Çözünürlük	NDVI (Kernel Boyutu)
Landsat7-Landsat8	30	13
ASTER	15	17
IKONOS-WV2	0.5	21
	Mekânsal Çözünürlük	PCA (Kernel Boyutu)
Landsat7-Landsat8	30	3
ASTER	15	21
IKONOS-WV2	0.5	97
	Mekânsal Çözünürlük	MNF (Kernel Boyutu)
Landsat7-Landsat8	30	5
ASTER	15	21
IKONOS-WV2	0.5	73



Çizelge 4.19’da medyan filtreleme sonunda her uydunun farklı yöntemlerle oluşturulan en yüksek doğruluk değerine karşılık gelen medyan değerleri ve bu değerlere karşılık gelen görüntüleri verilmiştir. Yukarıda verilen sayısal değerle ile görüntüler üzerinde de anlaşılacağı gibi Landsat-7 ile Landsat-8 en iyi yöntem NDVI görüntü oranlama ve PCA, IKONOS ile WV-2 uydu görüntüleri ile en iyi yöntem MNF ve PCA, ASTER görüntüleri için en iyi yöntem PCA ve MNF teknikleridir. Dolayısıyla her 3 görüntü içinde en uygun yöntem PCA (Temel Bileşen Analizi) olduğu belirlenmiştir.

4.6. Yangın Alanının Hesaplanması

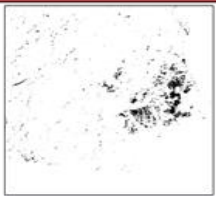
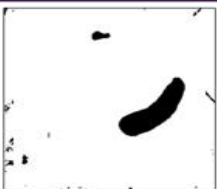
Farklı çözünürlükte olan uydu görüntüleriyle ve farklı yöntemlerin karşılaştırılması yapılarak en iyi yöntem PCA olarak tespit edilmiştir. 0.94 kappa katsayısı ve % 99.14 doğruluk değerine karşılık gelen medyan 21x21 ASTER sensörü olarak bulunmuştur. Bu kapsamda yanan bölgenin alanı hesaplanmıştır. Şekil 4.17a’da ASTER yangın sonrası görüntüsü ile Şekil 4.17b’de ASTER sensörünün PCA yöntemiyle elde edilen medyan 21x21 kernel boyutuna sahip görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.17. a) ASTER yangın sonrası görüntüsü; b) ASTER sensörünün PCA yöntemiyle medyan 21x21 görüntüsü

Yangında 125 hektar alanın yandığı belirlenmiştir (Milliyet 2014). ASTER görüntüsüyle elde edilen değişim tespiti çalışmasına göre en iyi yöntem PCA olarak bulunmuştur. Bu yöntem doğrultusunda medyan 21x21 kernel boyutuna karşılık gelen en yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değeriyle hasar bölgesi 129.5 hektar alan olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.19. Her uydunun farklı değişim tespiti teknikleriyle oluşturulan en yüksek kappa katsayısı ve doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtre değerleri ve görüntüleri

	Fark Görüntüsü	Görüntü Oranlama	NDVI Fark Görüntüsü/ NDVI Oranlama	PCA	MNF
  Landsat7-Landsat8					
Medyan Değerleri Doğruluk Değeri Kappa Katsayısı	17x17 %92.8 0.52	3x3 %79.57 0.24	13x13 %97.2 0.78	3x3 %96.51 0.73	5x5 %79.3 0.21
  IKONOS-WV2					
Medyan Değerleri Doğruluk Değeri Kappa Katsayısı	117x117 %92.51 0.62	33x33 %93.19 0.63	21x21 %90.08 0.41	97x97 %94.74 0.73	73x73 %96.33 0.77
  ASTER					
Medyan Değerleri Doğruluk Değeri Kappa Katsayısı	23x23 %96.92 0.74	9x9 %76.83 0.23	17x17 %76.06 0.16	21x21 %99.14 0.94	21x21 %98.67 0.90

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada orman yangını değerlendirilmesi için farklı çözünürlükte olan 5 farklı uydu görüntüsüyle 5 farklı değişim tespit yöntemi kullanılarak çıkan sonuçların sayısal analizi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Uydu görüntüleri için aynı mekânsal alana sahip aynı zaman diliminde (10 yıllık periyod) orman yangını değişim tespiti için en iyi yöntem bulunması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda farklı değişim tespit yöntemleriyle hasar alanı hesaplanmıştır.

Çalışmada orman yangını kaynaklı değişim tespit analizleri aynı zamansal çözünürlükte fakat farklı mekânsal çözünürlükteki uydu görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. Bu bağlamda çalışmada gerçekleştirilen değişim tespit analizlerinin girdi verileri üç bölümde değerlendirilebilir: (1) IKONOS-WV-2 (2) Landsat-7 ve 8, (3) ASTER verileri. Zamansal çözünürlüğü düşük uydu görüntüleri (10 yıllık zaman farkına sahip görüntüler) ile değişim tespit çalışması yapılırken en önemli unsur, mekânsal çözünürlüğünde dikkate alınması olduğu görülmüştür. Zaman farkı yüksek veri setlerinde ilgilenilen değişim kaynağı dışındaki değişimler de analiz sonuçlarında ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü veri setlerinde bu değişimleri en aza indirebilmek için yüksek boyutlu (97-99 vb.) medyan filtrelemesi önerilmiştir. Mekânsal çözünürlük ile uygulanan medyan filtre boyutu arasındaki ilişki bir matematiksel fonksiyon olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre zaman farklı yüksek bir başka değişle zamansal çözünürlüğü düşük uydu görüntülerinde mekânsal çözünürlük arttıkça medyan filtre kernel boyu oransal olarak artmaktadır. Literatürde değişim tespiti tekniklerinden biri olan fark görüntüsünün genellikle en iyi sonuç verdiği söylenmesine rağmen orman yangınından kaynaklı değişimle ilgili bu çalışmada farklı uydu verileriyle farklı teknikler kullanılarak fark görüntüsü yönteminden daha iyi sonuç veren teknikler sayısal analiz sonuçlarında görülmüştür. Bunun en önemli nedeni veri setlerinin zamansal çözünürlüğünün oldukça düşük olmasıdır.

Analiz sonuçlarının grafik üzerinde karşılaştırılması yapıp üç farklı mekânsal çözünürlük için en yüksek değer temel bileşen analizi (PCA) olarak tespit edilirken en düşük değer ise NDVI fark görüntüsü/görüntü oranlama olmuştur. Görüntünün doğruluk değeri ve kappa katsayısı yöntemin sonuç değerlerini etkilese bile mekânsal çözünürlük ile kernel boyutu (piksel boyutlu pencere) ters oranlı olduğu her 5 yöntem için de görülmüştür.

Günümüzde her ne kadar uydu görüntülerinin çeşitliliğinin artması ve ücretsiz hale gelmesi uydu bazlı sayısal değişim tespit analizlerinin yapılabilirliğini kolaylaştırırsa da, bu çalışma göstermiştir ki orman yangını kaynaklı değişimler için kullanılan uygun yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri her zaman elde edilemeye bilmektedir. Bu çalışma ile sınırlı sayıdaki veri setlerinde karşılaşılabilecek durumlarda orman yangını kaynaklı sayısal değişim tespit analizlerinin yapılmasında izlenebilecek yöntemlere ilişkin yaklaşımlar verilmiştir. Çalışma çok farklı mekânsal çözünürlükteki görüntülerde kullanılabilecek kernel boyutlarının da irdelenmesini içermesi bakımından önem arz etmektedir.

Gelecekte farklı uygulama alanlarında kullanılabilecek farklı çözünürlükteki uydu görüntülerinin/hava fotoğraflarının (mekânsal çözünürlükteki hava fotoğrafları ve İHA

görüntüleri) değişim tespit analizleri için, kernel boyutu seçiminde yeni test sahalarında denenmesi de fayda sağlayacaktır.



6. KAYNAKLAR

- Abdollahi, M., Islam, T., Gupta, A. and Hassan, Q. K. (2018). An advanced forest fire danger forecasting system: Integration of remote sensing and historical sources of ignition data. *Remote Sensing*, 10(6), 923.
- Abrams, M., Crippen, R. and Fujisada, H. (2020). ASTER Global Digital Elevation Model (GDEM) and ASTER Global Water Body Dataset (ASTWBD). *Remote Sensing*, 12(7), 1156.
- Adab, H., Kanniah, K.D. and Solaimani, K. (2013). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Nat. Hazards*, 65, 1723-1743
- Afify, H. A. (2011). Evaluation of change detection techniques for monitoring land-cover changes: A case study in new Burg El-Arab area. *Alexandria engineering journal*, 50(2), 187-195.
- Aguilar, M. A., del Mar Saldana, M., & Aguilar, F. J. (2013). Assessing geometric accuracy of the orthorectification process from GeoEye-1 and WorldView-2 panchromatic images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 427-435.
- Ahmed, S. and Islam, S. (2018). Median filter detection through streak area analysis. *Digital Investigation*, 26, 100-106.
- Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Bolca, M. and El-Nahry, A. H. (2005). Using advanced spectral analyses techniques as possible means of identifying clay minerals. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 29(1), 19-28.
- Anchang, J. Y., Ananga, E. O., & Pu, R. (2016). An efficient unsupervised index based approach for mapping urban vegetation from IKONOS imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 50, 211-220.
- Anonymous 1: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/updated-nasa-damage-map-of-camp-fire-from-space> [Son erişim tarihi: 20.11.2018].
- Anonim 1: <https://www.milliyet.com.tr/gundem/adrasan-kullerinden-dogacak-1910272> [27.06.2021]
- Arnett, T.T.R., Coops, C.N., Daniels, D.L., 2015. Detecting forest damage after a low-severity fire using remote sensing at multiple scales. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 35, Pages 239-246
- Ayoobi, I. and Tangestani, M. H. (2017). The effect of minimum noise fraction data input on success of artificial neural network in lithological mapping of a magmatic terrain with ASTER data; A case study from SE Iran. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 21-26.
- Ballanti, L., Blesius, L., Hines, E. and Kruse, B. (2016). Tree species classification using hyperspectral imagery: A comparison of two classifiers. *Remote Sensing*, 8(6), 445.
- Berman, M., Phatak, A. and Traylen, A. (2012). Some invariance properties of the minimum noise fraction transform. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 117, 189-199.

- Bindschadler, R. A., Scambos, T. A., Choi, H. and Haran, T. M. (2010). Ice sheet change detection by satellite image differencing. *Remote Sensing of Environment*, 114(7), 1353–1362.
- Boardman J. W. and F. A. Kruse, 1994. Automated spectral analysis : A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: in Proceedings, Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, p.I-407-I-418.
- Burger, W. and Burge, M. J. (2016). *Digital image processing: an algorithmic introduction using Java*. Springer pp. 89,108.
- Celik, T. and Ma, K. K. (2009). Unsupervised change detection for satellite images using dual-tree complex wavelet transform. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 48(3), 1199-1210.
- Chmiel, J., Kay, S. and Spruyt, P. (2004, July). Orthorectification and geometric quality assessment of very high spatial resolution satellite imagery for Common Agricultural Policy purposes. In *Proceedings of XXth ISPRS congress* (pp. 12-23).
- Chowdhury, E. H. and Hassan, Q. K. (2015). Development of a new daily-scale forest fire danger forecasting system using remote sensing data. *Remote Sensing*, 7(3), 2431-2448.
- Chuvieco, E. and Huete, A. (2009). Fundamentals of satellite remote sensing. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing* (pp. 319-324). CRC Press.
- Coulter, L. L. and Stow, D. A. (2009). Monitoring habitat preserves in southern California using high spatial resolution multispectral imagery. *Environmental monitoring and assessment*, 152(1), 343-356.
- Dannehyrolles, V., Valeria, O., Djerboua, I., Gauthier, S. and Bergeron, Y. (2020). How Initial Forest Cover, Site Characteristics and Fire Severity Drive the Dynamics of the Southern Boreal Forest. *Remote Sensing*, 12(23), 3957.
- De Jong, S. M. and Van der Meer, F. D. (Eds.). (2007). *Remote sensing image analysis: including the spatial domain* (Vol. 5). Springer Science & Business Media 5 p.
- Dennison, P. E. and Roberts, D. A. (2009). Daytime fire detection using airborne hyperspectral data. *Remote Sensing of Environment*, 113(8), 1646-1657.
- Elkhrachy, I. (2018). Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER Digital Elevation Models: A case study of Najran city, Saudi Arabia. *Ain Shams Engineering Journal*, 9(4), 1807-1817.
- Franklin, S. E. (2001). *Remote sensing for sustainable forest management*. Remote Sensing for Sustainable Forest Management. Lewis, Florida, 100p.
- Ghosh, S., Mishra, N. S. and Ghosh, A. (2009, February). Unsupervised change detection of remotely sensed images using fuzzy clustering. In *2009 Seventh International Conference on Advances in Pattern Recognition* (pp. 385-388). IEEE.
- Gong, M., Zhao, J., Liu, J., Miao, Q. and Jiao, L. (2015). Change detection in synthetic aperture radar images based on deep neural networks. *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, 27(1), 125-138.

- Guindos-Rojas, F., Arbelo, M., García-Lázaro, J. R., Moreno-Ruiz, J. A. and Hernández-Leal, P. A. (2018). Evaluation of a Bayesian algorithm to detect Burned Areas in the Canary Islands' Dry Woodlands and forests ecoregion using MODIS data. *Remote Sensing*, 10(5), 789.
- Hassan, M. M., Smith, A. C., Walker, K., Rahman, M. K. and Southworth, J. (2018). Rohingya refugee crisis and forest cover change in Teknaf, Bangladesh. *Remote Sensing*, 10(5), 689.
- Hermosillo, T., Wulder, A. W., White, C. J., Coops, C. N. and Hobart W. G., 2015. Regional detection, characterization, and attribution of annual forest change from 1984 to 2012 using Landsat-derived time-series metrics. *Remote Sensing of Environment*, Volume 170, Pages 121-132
- Hu, X. and Weng, Q. (2011). Impervious surface area extraction from IKONOS imagery using an object-based fuzzy method. *Geocarto International*, 26(1), 3–20.
- Hussain, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H. and Stanley, D. (2013). Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 80, 91-106.
- İlsever, M., Ünsalan, C., 2012. Two-Dimensional Change Detection Methods . Springer-İstanbul, Turkey, 7p.
- Janiec, P. and Gadai, S. (2020). A Comparison of Two Machine Learning Classification Methods for Remote Sensing Predictive Modeling of the Forest Fire in the North-Eastern Siberia. *Remote Sensing*, 12(24), 4157.
- Jensen, J., R., 2005. Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective. Pages 467-474
- Jeong, W. K., Pfister, H. and Fatica, M. (2011). Medical image processing using GPU-accelerated ITK image filters. In *GPU Computing Gems Emerald Edition* (pp. 737-749). Morgan Kaufmann.
- Jimenez, G. S., Jurio, A., Pagola, M., Miguel D. L., Edurne, B. And Bustince, H., 2017. Forest fire detection: A fuzzy system approach based on overlap indices. *Applied Soft Computing*, Volume 52, Pages 834-842
- Jin, S., Yang, L., Danielson, P., Homer, C., Fry, J. and Xian, G. (2013). A comprehensive change detection method for updating the National Land Cover Database to circa 2011. *Remote Sensing of Environment*, 132, 159-175.
- Khurana, M., & Saxena, V. (2015). Soft computing techniques for change detection in remotely sensed images: A review. arXiv preprint.
- Klemas, V. (2011, December). Remote sensing techniques for studying coastal ecosystems: An overview. *Journal of Coastal Research*.
- Kotaridis, I. and Lazaridou, M. (2018). Environmental Change Detection Study in the Wider Area of Lignite Mines. *Civil Engineering and Architecture*, 6(2), 108-114.
- Kumar, B. P., Babu, K. R., Ramachandra, M., Krupavathi, C., Swamy, B. N., Sreenivasulu, Y., & Rajasekhar, M. (2020). Data on identification of desertified regions in Anantapur district, Southern India by NDVI approach using remote sensing and GIS. *Data in Brief*, 30.

- Li, Z., Jia, Z., Yang, J., & Kasabov, N. (2020). A method to improve the accuracy of SAR image change detection by using an image enhancement method. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 163, 137-151.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. ve Chipman, J.W. 2015. Remote sensing and image interpretation. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley, USA. Pp 283-382.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. ve Chipman, J.W. 2015. Remote sensing and image interpretation. Remote Sensing and Image Interpretation. Wiley, USA. Pp 485-608.
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 25(12), 2365-2401.
- McCarley, R.T., Kolden A.C., Vailant, M.N., Hudak, T.A., Smith, M.S.A., Wing, M.B., Kellogg, S.B. and Kreidler, J., 2017. Multi-temporal LiDAR and Landsat quantification of fire-induced changes to forest structure. *Remote Sensing of Environment*, Volume 191, Pages 419-432
- Mehrotra, A., Singh, K. K. and Khandelwal, P. (2014, March). An unsupervised change detection technique based on Ant colony Optimization. In 2014 International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom) (pp. 408-411). IEEE.
- Minu, S. and Shetty, A. (2015). A comparative study of image change detection algorithms in matlab. *Aquatic procedia*, 4, 1366-1373.
- Mundia, C. N., & Aniya, M. (2005). Analysis of land use/cover changes and urban expansion of Nairobi city using remote sensing and GIS. *International journal of Remote sensing*, 26(13), 2831-2849.
- Noh, M. J. and Howat, I. M. (2018). Automatic relative RPC image model bias compensation through hierarchical image matching for improving DEM quality. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 136, 120-133.
- Özkan, C. 2011. Uzaktan Algılama. *Anadolu Üniversitesi Yayınları, Yayın*, (2320), 142-144 s.
- Özkan, C. 2011. Uzaktan Algılama. *Anadolu Üniversitesi Yayınları, Yayın*, (2320), 169-170 s.
- Pohl, C. and Van Genderen, J. (2016). *Remote sensing image fusion: A practical guide*. Crc Press. pages 15, 184-185.
- Rahman, A., Abdullah, H. M., Tanzir, M. T., Hossain, M. J., Khan, B. M., Miah, M. G. and Islam, I. (2020). Performance of different machine learning algorithms on satellite image classification in rural and urban setup. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20.
- Rawat, J. S. and Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18(1), 77-84.

- Rizeei, H. M. and Pradhan, B. (2019). Urban mapping accuracy enhancement in high-rise built-up areas deployed by 3D-orthorectification correction from WorldView-3 and LiDAR imageries. *Remote Sensing*, 11(6), 692.
- Sadeghi, V., Ahmadi, F. F. and Ebadi, H. (2018). A new fuzzy measurement approach for automatic change detection using remotely sensed images. *Measurement*, 127, 1-14.
- San, B.T. 2002. Detecting Earthquake Induced Changes From Space and Aerial Images. M.Sc. Middle East Technical University, Ankara, pp. 18-19, 27-28, 31.
- Sarı, C. ve Tepeli, Y., 2012. Türk Kültür Coğrafyasında Yerleşme Adları: Teke Yöresi Örneği. *Karadeniz Araştırmaları Dergisi*, Sayı 35: 161 - 179.
- Sari, F. (2021). Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management*, 480, 118644.
- Schowengerdt, R. A. (2006). Remote sensing: models and methods for image processing. Elsevier, 2 p.
- Shah-Hosseini, R., Homayouni, S. and Safari, A. (2015). A hybrid kernel-based change detection method for remotely sensed data in a similarity space. *Remote Sensing*, 7(10), 12829-12858.
- Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International journal of remote sensing*, 10(6), 989-1003.
- Sood, V., Gusain, H. S., Gupta, S., Taloor, A. K. and Singh, S. (2020). Detection of snow/ice cover changes using subpixel-based change detection approach over Chhota-Shigri glacier, Western Himalaya, India. *Quaternary International*.
- Sunar, F. 2011. Uzaktan Algılama. *Anadolu Üniversitesi Yayınları*, Yayın, (2320), 5 s.
- Sunar, F. and Özkan, C. (2001). Forest fire analysis with remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 22, 2265-2277.
- Syariz, M. A., Lin, B. Y., Denaro, L. G., Jaelani, L. M., Van Nguyen, M. and Lin, C. H. (2019). Spectral-consistent relative radiometric normalization for multitemporal Landsat 8 imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 147, 56-64.
- Tanase, M.A., Kennedy, R. and Aponte, C., 2015. Radar Burn Ratio for fire severity estimation at canopy level: An example for temperate forests. *Remote Sensing of Environment*, Volume 170, Pages 14-31
- Tewkesbury, A. P., Comber, A. J., Tate, N. J., Lamb, A. and Fisher, P. F. (2015). A critical synthesis of remotely sensed optical image change detection techniques. *Remote Sensing of Environment*, 160, 1-14.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150.
- Waigl, C. F., Prakash, A., Stuefer, M., Verbyla, D. and Dennison, P. (2019). Fire detection and temperature retrieval using EO-1 Hyperion data over selected Alaskan boreal forest fires. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 81, 72-84.

- Wang, F., & Xu, Y. J. (2010). Comparison of remote sensing change detection techniques for assessing hurricane damage to forests. *Environmental monitoring and assessment*, 162(1), 311-326.
- Wasserman, T. N., Sánchez Meador, A. J. and Waltz, A. E. (2019). Grain and extent considerations are integral for monitoring landscape-scale desired conditions in fire-adapted forests. *Forests*, 10(6), 465.
- Zhang, H., Ma, J., Chen, C. and Tian, X. (2020). NDVI-Net: A fusion network for generating high-resolution normalized difference vegetation index in remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 168, 182-196.
- Zhang, R., Zhou, G., Zhang, G., Zhou, X. and Huang, J. (2018). RPC-Based Orthorectification for Satellite Images Using FPGA. *Sensors*, 18(8), 2511.



7. EKLER

Ek-1. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla NDVI görüntü oranlama ve medyan 13x13 görüntüsü

Ek-2. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla PCA ve medyan 3x3 görüntüsü

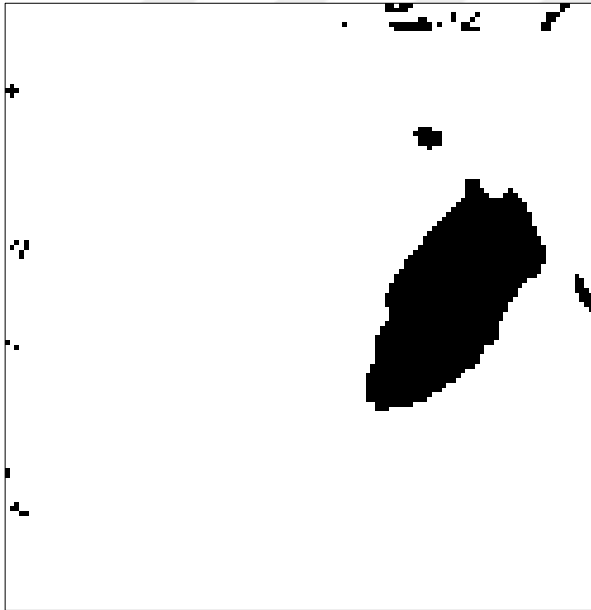
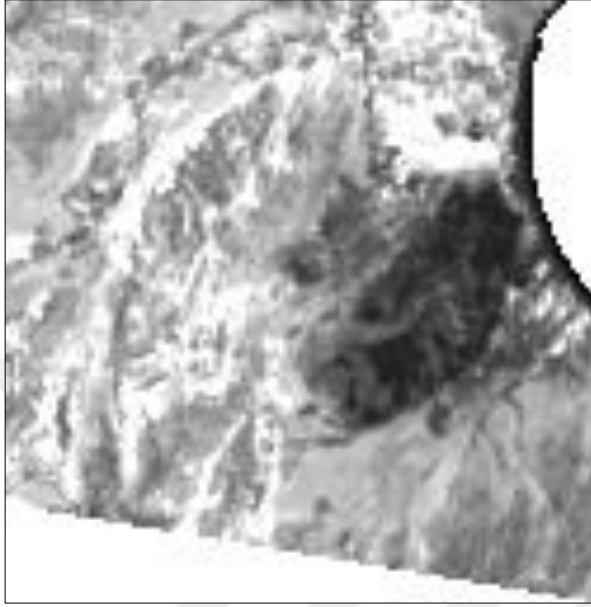
Ek-3. IKONOS ve WV-2 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla MNF ve medyan 73x73 görüntüsü

Ek-4. IKONOS ve WV-2 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analizi sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla PCA ve medyan 97x97 görüntüsü

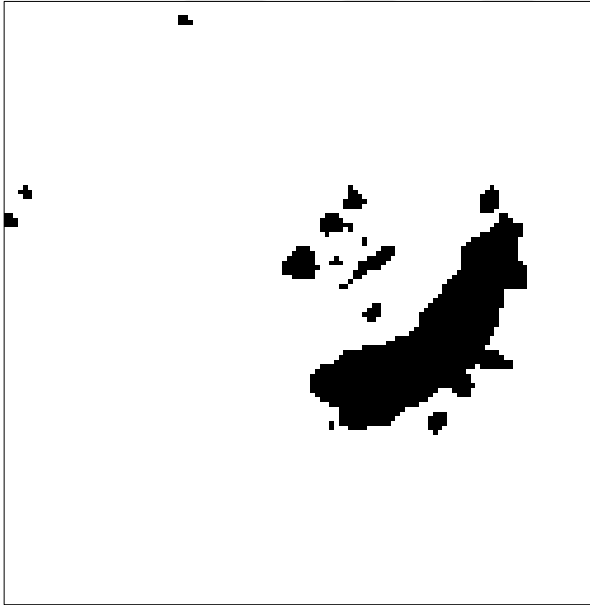
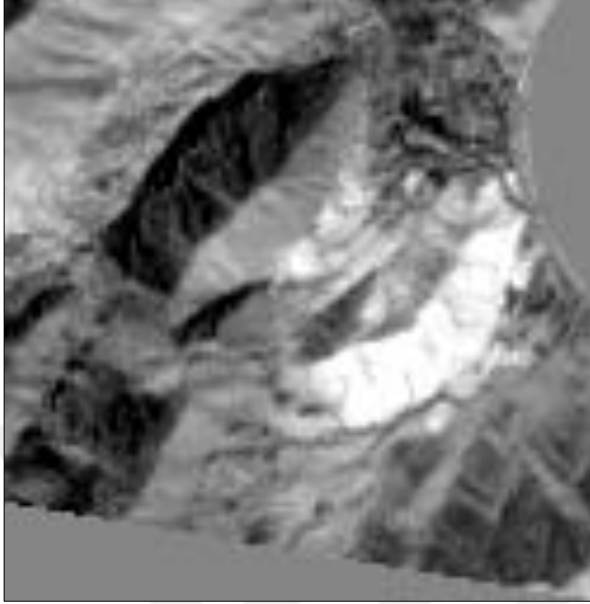
Ek-5. ASTER sensör verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla PCA ve medyan 21x21 görüntüsü

Ek-6. ASTER sensör verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla MNF ve medyan 21x21 görüntüsü

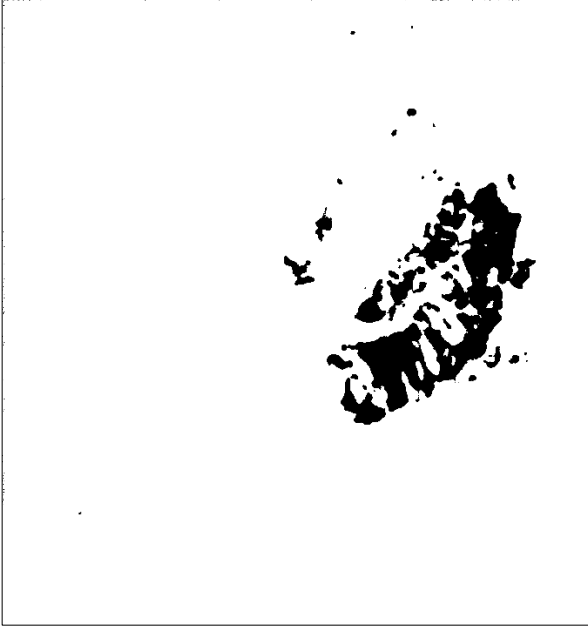
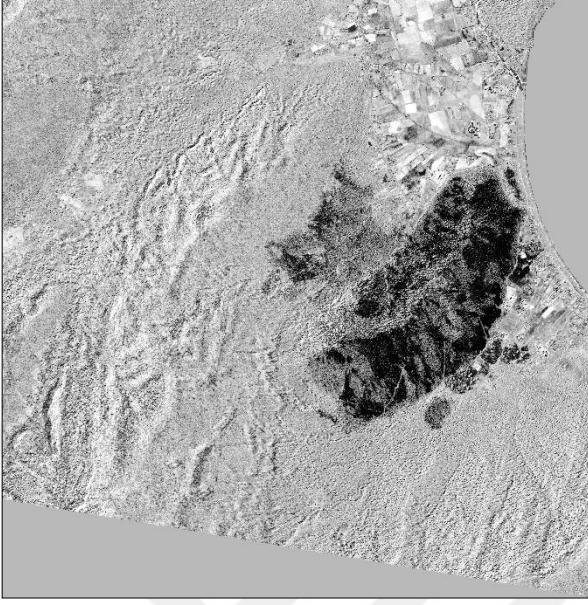
Ek-1. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla NDVI görüntü oranlama ve medyan 13x13 görüntüsü



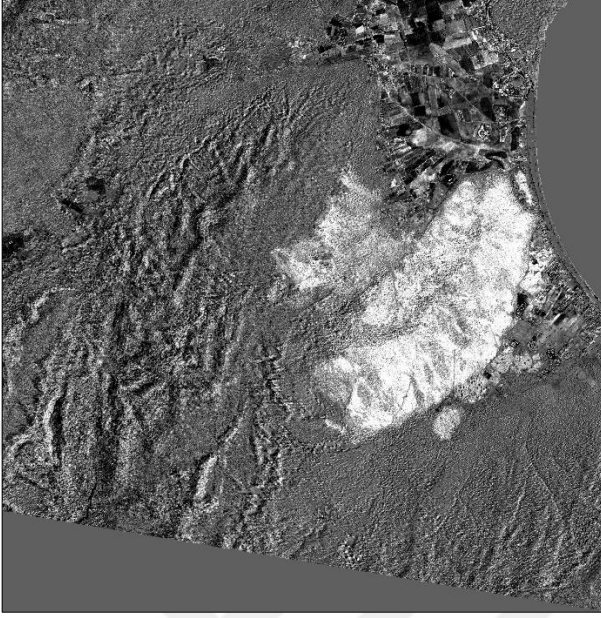
Ek-2. Landsat-7 ve Landsat-8 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla PCA ve medyan 3x3 görüntüsü



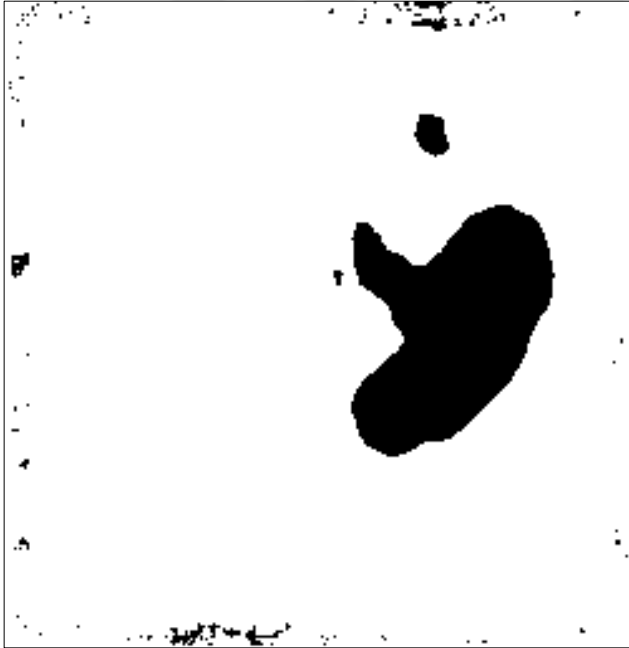
Ek-3. IKONOS ve WV-2 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla MNF ve medyan 73x73 görüntüsü



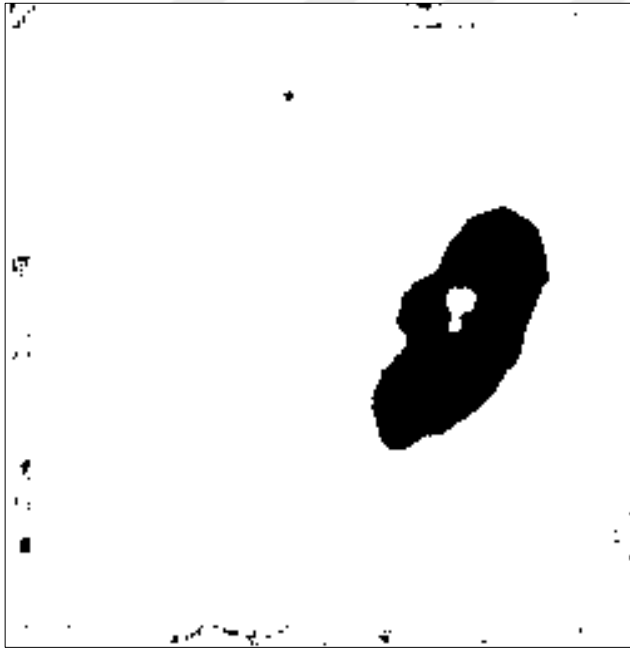
Ek-4. IKONOS ve WV-2 uydu verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla PCA ve medyan 97x97 görüntüsü



Ek-5. ASTER sensör verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla PCA ve medyan 21x21 görüntüsü



Ek-6. ASTER sensör verilerinin yakın kızıl ötesi bantlara uygulanan analiz sonucu en yüksek genel doğruluk değerine karşılık gelen medyan filtreleme değeri görüntüleri, sırasıyla MNF ve medyan 21x21 görüntüsü



ÖZGEÇMİŞ

AYBEN BALSAK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2017-2021	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri AnaBilim Dalı, Antalya
Lisans 2007-2012	Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon