

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ŞİDDETİ
ve YANGIN SONRASI DURUMUN ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ:
AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hasan TONBUL
(501121636)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şinasi KAYA

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121636 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hasan Tonbul**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ŞİDDETİ ve YANGIN SONRASI DURUMUN ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ: AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Şinasi KAYA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Şinasi KAYA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **15 Aralık 2014**
Savunma Tarihi : **22 Ocak 2015**

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yapılmasında bilgisi ve deneyimleriyle beni yönlendiren ve her türlü desteği sağlayan İTÜ Geomatik Mühendisliği bölümü öğretim üyesi olan danışmanım Doç. Dr. Şinasi Kaya'ya ve Gebze Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölüm başkanı Prof. Dr. Taşkın Kavzoğlu'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince her türlü yardımı ve desteği sağlayan İTÜ Geomatik Mühendisliği öğretim üyelerinden Araş. Gör. Özge Dönmez, Araş. Gör. Mehmet Furkan Çelik ve Aslı Korkmaz'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yapılması sırasında desteğini ve yardımını esirgemeyen değerli arkadaşım Geomatik Yüksek Mühendisi Semih Sami Akay'a ve aileme sevgi ve saygılarıma sunar ve teşekkür ederim.

Aralık 2014

Hasan TONBUL
(Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xvi
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Amaç ve Kapsam	3
2. ÇALIŞMA ALANI.....	5
2.1 Coğrafi Özellikleri.....	5
2.2 Topografik ve İklim Özellikleri	6
3. ORMAN YANGINLARI VE UZAKTAN ALGILAMA.....	7
3.1 Orman Yangınları.....	7
3.2 Yangın Karakteristiği ve Uzaktan Algılama	8
3.2.1 Elektromanyetik enerji	9
3.2.2 Elektromanyetik spektrum	9
3.2.3 Yanan alanın spektral özellikleri.....	10
3.3 Yangın Tespiti ve Sonrasında Kullanılan İndisler	10
3.3.1 Normalize edilmiş yanma şiddeti (NBR).....	10
3.3.2 Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)	11
3.4 Yanma Şiddeti	11
3.4.1 Fark normalize edilmiş yanma şiddeti (dNBR)	12
3.5 Mekansal Otokolerasyon Teknikleri	13
3.6.1 Landsat uydu görüntüsü özellikleri.....	15
3.6.2 MODIS uydu görüntüsü özellikleri.....	17
3.6.3 Görsel Yorumlamada kullanılan veriler.....	17
4. UYGULAMA.....	19
4.1 Landsat ve MODIS Görüntülerinin Ön İşlenmesi.....	21
4.1.1 Uydu görüntülerinin geometrik düzeltilmesi	21
4.2 Tek Zamanlı Analiz.....	22
4.2.1 Yanan alan tespiti için uygun bant seçimi	22
4.3 Çok Zamanlı Analiz	24
4.3.1 Yangın öncesi ve yangın sonrası görüntü indislerinin karşılaştırılması ...	24
4.3.2 Yanma şiddeti tespit analizi	28
4.4 Orman Rehabilitasyonun İzlenmesi	45
4.4.1 Yangın sonrası süreçte NDVI görüntülerinin elde edilmesi	45
4.4.2 Çok zamanlı NDVI görüntüleri spektral profilleri elde edilmesi	51
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	57
5.1 Sonuçlar.....	57

5.1.1 Antalya – Taşagıl yangını	57
5.1.2 Mersin – Gülnar yangını	58
5.1.3 Hatay – Samandağ yangını.....	59
5.2 Tartışma.....	60
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	67

KISALTMALAR

ASTER	: Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
dNBR	: Differenced Normalized Burn Ratio
GDF	: General Directorate of Forestry
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus
ha	: Hektar
Landsat	: Land Satellite
MIR	: Middle Infrared
MODIS	: Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NBR	: Normalized Burn Ratio
NIR	: Near Infrared
NDVI	: Normalized Burn Ratio
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ORBIS	: Orman Bilgi Sistemi
SWIR	: Short Wave Infrared
USGS	: United States Geological Survey
UTM	: Universal Transverse Mercator
WGS	: World Geodetic System

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Yanma şiddeti (dNBR) kategorileri	12
Çizelge 3.2 : Landsat 7 ETM+ uydu özellikleri (URL-9)	15
Çizelge 3.3 : Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsü tarihleri.....	16
Çizelge 3.4 : MOD09A uydu özellikleri (URL-10).....	17
Çizelge 3.5 : MODIS uydu görüntüsü tarihleri	17
Çizelge 4.1 : Yanan alan miktarları	44
Çizelge 4.2 : Antalya – Taşagıl Yangını NDVI zamansal istatistikleri.....	45
Çizelge 4.3 : Antalya – Taşagıl Yangın Süreci Ortalama NDVI Değerleri.....	46
Çizelge 4.4 : Mersin – Gülnar Yangını NDVI zamansal istatistikleri.....	48
Çizelge 4.5 : Mersin – Gülnar Yangın Süreci Ortalama NDVI Değerleri.....	48
Çizelge 4.6 : Hatay – Samandağ Yangını NDVI zamansal istatistikleri.....	50
Çizelge 4.7 : Hatay – Samandağ Yangın Süreci Ortalama NDVI Değerleri.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Yangın üçgeni (URL-5)	7
Şekil 3.2 : Orman yangın risk haritası (URL-5)	8
Şekil 3.3 : Elektromanyetik spektrum	9
Şekil 3.4 : a) Pozitif Otokorelasyon b) Sıfır Otokorelasyon c) Negatif Otokorelasyon	13
Şekil 4.1 : Yangın sicil fişi	20
Şekil 4.2 : (a) Antalya-Taşagıl Yangını, (b) Mersin-Gölnar Yangını, (c) Hatay-Samandağ Yangını	22
Şekil 4.3 : (a) Antalya-Taşagıl Yangını, (b) Mersin-Gölnar Yangını, (c) Hatay-Samandağ Yangını	23
Şekil 4.4 : (a) Antalya-Taşagıl Yangını, (b) Mersin-Gölnar Yangını, (c) Hatay-Samandağ Yangını	24
Şekil 4.5 : (a) Antalya-Taşagıl Yangını Landsat 7 ETM + yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Antalya-Taşagıl Yangını Landsat 7 ETM + yangın sonrası NBR görüntüsü	25
Şekil 4.6 : (a) Antalya-Taşagıl MODIS yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Antalya-Taşagıl MODIS yangın sonrası NBR görüntüsü.....	25
Şekil 4.7 : (a) Mersin-Gölnar Yangını Landsat 7 ETM + yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Mersin-Gölnar Yangını Landsat 7 ETM + yangın sonrası NBR görüntüsü	26
Şekil 4.8 : (a) Mersin-Gölnar MODIS yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Mersin-Gölnar MODIS yangın sonrası NBR görüntüsü	27
Şekil 4.9 : (a) Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + yangın sonrası NBR görüntüsü	27
Şekil 4.10 : (a) Hatay-Samandağ MODIS yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Hatay-Samandağ MODIS yangın sonrası NBR görüntüsü.....	28
Şekil 4.11 : Antalya-Taşagıl Yangını MODIS dNBR yanma şiddeti.....	30
Şekil 4.12 : Antalya-Taşagıl Yangını Landsat yanma şiddeti	31
Şekil 4.13 : Antalya-Taşagıl Yangını Landsat 7 ETM + Lokal Moran's I Yanma Şiddeti.....	32
Şekil 4.14 : Antalya-Taşagıl Yangını Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi Yanma Şiddeti.....	33
Şekil 4.15 : Mersin - Gölnar Yangını MODIS dNBR yanma şiddeti.....	35
Şekil 4.16 : Mersin - Gölnar Yangını Landsat 7 ETM + yanma şiddeti.....	36
Şekil 4.17 : Mersin - Gölnar Yangını Landsat 7 ETM + Lokal Moran's I Yanma Şiddeti.....	37
Şekil 4.18 : Mersin - Gölnar Yangını Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi Yanma Şiddeti.....	38
Şekil 4.19 : Hatay- Samandağ Yangını MODIS dNBR yanma şiddeti	40
Şekil 4.20 : Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + yanma şiddeti.....	41

Şekil 4.21 : Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + Lokal Moran's I Yanma Şiddeti.....	42
Şekil 4.22 : Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi Yanma Şiddeti.....	43
Şekil 4.23 : Antalya-Taşagıl yangın süreci Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri.....	47
Şekil 4.24 : Mersin- Gülnar yangın süreci Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri.....	49
Şekil 4.25 : Hatay- Samandağ yangın süreci Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri..	51
Şekil 4.26 : Antalya-Taşagıl yangını doğu bölümü NDVI spektral profili	52
Şekil 4.27 : Antalya-Taşagıl Yangını batı bölümü NDVI spektral profili.....	53
Şekil 4.28 : Antalya-Taşagıl Yangını güney bölümü NDVI spektral profili.....	53
Şekil 4.29 : Antalya-Taşagıl Yangını kuzey bölümü NDVI spektral profili	54
Şekil 4.30 : Mersin – Gülnar yangını doğu bölümü NDVI spektral profili.....	54
Şekil 4.31 : Mersin – Gülnar yangını batı bölümü NDVI spektral profili.....	55
Şekil 4.32 : Mersin – Gülnar yangını güney bölümü NDVI spektral profili	55
Şekil 4.33 : Mersin – Gülnar yangını kuzey bölümü NDVI spektral profili	56
Şekil 4.34 : Hatay – Samandağ yangını NDVI spektral profili	56

UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ KULLANILARAK ORMAN YANGIN ŞİDDETİ VE YANGIN SONRASI DURUMUN ZAMANSAL OLARAK İNCELENMESİ : AKDENİZ BÖLGESİ ÖRNEĞİ

ÖZET

Orman; ağaç, bitki ve çalıların geniş bir çevreye yayılarak oluştukları topluluğa verilen isimdir. Ormanı oluşturan sonsuz sayıdaki tüm madde ve olaylar birbirleriyle karşılıklı ilişki ve etkileşim halindedirler. Ormanlar sunmuş olduğu yararlar ile en önemli doğal kaynaklar arasında gelmektedirler. Ayrıca sosyal ve çevresel dengenin sağlanması konularında tüm ekosistem için son derece önemli bir yere sahiptirler.

Orman yangınları etkileri ve doğurduğu sonuçlar itibarıyla tüm dünyada en önemli doğal afetlerin başında gelmektedir. İstatistiki veriler incelendiğinde orman yangınlarının ülkemizde değişken bir yapıda olduğu fakat son yıllarda nüfus artışına paralel olarak yangın sayısında belirgin bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum; erozyon, heyelan, çölleşme, kütle kaybı ve doğal döngünün bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca, yangınlardan sonra zarar gören ormanların ve bitki örtüsünün yenilenmesi de arazi yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir.

Orman yangınlarının oluşum ve davranış özelliklerinin tahmin edilmesi yangınla mücadele çalışmaları açısından son derece önemlidir. Bu kapsamda, uydu görüntüleri kullanılarak, geniş alanlarda yangından etkilenen alanları ve yanma şiddetini tespit etmek büyük kolaylık sağlamaktadır.

Bu çalışmada, ülkemizde farklı tarihlerde Akdeniz Bölgesi'nde meydana gelen üç büyük orman yangını ele alınmıştır. Farklı uydu görüntüleri ve mekânsal otokorelasyon teknikleri birlikte kullanılarak yanan alan ve yanma şiddeti tespiti yapılmış ve yangın sonrası süreçte OGM (Orman Genel Müdürlüğü) tarafından yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının ne derecede fayda sağladığı belirlenmiştir. Bu kapsamda, ülkemizde yapılan çalışmalarının yeterli seviyede olmadığı görülmüştür. Bu tez çalışmasının amacı, ülkemizde bundan sonraki süreçte meydana gelebilecek orman yangınlarında, yanan alan tespiti ve yanma şiddetini uydu görüntüleri yardımıyla hızlı bir şekilde belirlemek ve yapılacak olan orman rehabilitasyon çalışmalarında yeşerme sürecini belirlemektir.

Bu amaç doğrultusunda, Antalya-Taşagıl, Mersin-Gülner ve Hatay-Samandağ orman yangınlarına ait yangın öncesi ve yangın sonrası Landsat 7 ETM+ ve MODIS Mod 09A (Surface Reflectance) görüntüleri kullanılarak, yanan alan ve yanma şiddeti tespiti normalize edilmiş yanma şiddeti ve fark normalize edilmiş yanma şiddeti indisleri kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonraki süreçte, yanan alanlara ait çok zamanlı normalize edilmiş fark bitki örtüsü indisi görüntüleri elde edilmiş ve yapılan rehabilitasyon çalışmaları zamansal olarak incelenmiştir.

Çalışma sonucunda, Antalya-Taşagıl yangını için MODIS dNBR görüntüsü sonucu 20 479 ha, Landsat 7 ETM + dNBR görüntüsü sonucu 16 996 ha, Landsat 7 ETM + lokal Moran's I tekniği sonucu 12 212 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord lokal Gi tekniği sonucu 15 242 ha yanan alan tespiti yapılmıştır ve yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının bölgenin büyük çoğunluğunda başarı sağladığı gözlemlenmiştir. Mersin-Gülnar yangını için MODIS dNBR görüntüsü sonucu 7812 ha, Landsat 7 ETM + dNBR görüntüsü sonucu 5388 ha, Landsat 7 ETM + lokal Moran's I tekniği sonucu 4262 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord lokal Gi tekniği sonucu 5271 ha yanan alan tespiti yapılmıştır ve yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının istenen sonucu tam olarak veremediği ve yeşermenin zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Hatay-Samandağ yangını için MODIS dNBR görüntüsü sonucu 1690 ha, Landsat 7 ETM + dNBR görüntüsü sonucu 1162 ha, Landsat 7 ETM + lokal Moran's I tekniği sonucu 1045ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord lokal Gi tekniği sonucu 1074 ha yanan alan tespiti yapılmıştırve yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının geçen iki yıllık süreçte kuzey ve güney bölümlerde fayda sağlamaya başladığı görülmüştür

USING SATELLITE IMAGE DATA FOR DETECTING FOREST BURN SEVERITY AND EVALUATING POST-FIRE TEMPORAL STATUS: MEDITERRANEAN REGION SAMPLE

SUMMARY

The area consisting of various types of trees, bushes and plants is called forest. Forests are usually located near shores where they can meet their need of water more efficiently. Bringing numerous economic and social benefits, like a remedy to pollution, forests are a crucial natural resource. Forests are important for balancing our climate in general. Plants also play a crucial role in the purification of air. When breathing, they absorb carbon dioxide and release oxygen. They were the reason why life outside of water became possible in the first place. Plants and forests help to enrich our soil by recycling nutrients that are obtained from dead leaves and small animals on the forest floor. . Furthermore, they have a rather vital place in the ecosystem for the environmental and social balance.

Effects of forest fires and implications are one of the most important natural disasters all over the world. There are three conditions that need to be present in order for a wildfire to burn, which firefighters refer to as the fire triangle: fuel, oxygen, and a heat source. Fuel is any flammable material surrounding a fire, including trees, grasses, brush, even homes. The greater an area's fuel load, the more intense the fire. Air supplies the oxygen a fire needs to burn. Heat sources help spark the wildfire and bring fuel to temperatures hot enough to ignite. The prediction and forecasting of the fire characteristics is fundamental for fire fighting. When the statistical data analyzed it is observed that forest fires have shown variation, but in parallel to the population growth a number of forest fires has increased widely in recent years. This causes erosions, landslides, desertification and mass loss. In addition, after forest fires, renewal of forests and vegetation crucial for land management.

Classical methods used for detection of burned area and burn severity require a long and challenging process in terms of time and cost factors. Thanks to the advanced techniques used in the field of Remote Sensing, burned area and burn severity can be determined with high accuracy. Remote Sensing techniques usually use various spectral indexes which emphasize changes induced by fire in vegetation spectral behaviour to determine fire characteristics precisely. Remote Sensing data can assist fire management as three stages relative to fire occurrence : (i) before the fire which related to vegetation biomass, (ii) during the fire which related to near-real time location of fires, (iii) after the fire which related to assessment of burned areas.

In this study, the three massive forest fires that occurred in the Mediterranean district of our country have been observed. The pre-fire and post-fire continuum were sighted with the help of satellite images. Within this scope, by using satellite images, the burn severity was detected. Furthermore, rehabilitation studies were observed. In Turkey, it has not occurred to one to put on a study on fire damage detection and

burnt severity determination by using satellite images. The main purpose of this thesis, is to accurately and quickly detect the burn area and the burnt severity with the help of satellite images. In addition, a healthy observation of the foliation process of the rehabilitation studies was aimed.

In accordance with this purpose, the pre-fire and post-fire Landsat7 ETM + and MODIS Mod 09A (Surface Reflectance) satellite images and spatial autocorrelation statistics such as local Moran's I and Getis-Ord local Gi indexes belonging to Antalya-Taşagıl, Mersin-Gölnar and Hatay-Samandağ were used together to detect the burned area and the burn ratio with the help of NBR (Normalized Burn Ratio) and dNBR (Differenced Normalized Burn Ratio) index.

In this study, 34 Landsat 7 ETM+ images and 6 MODIS Mod09A images used for evaluation of three forest fire period. Images for the initial assessment are taken directly before the fire (pre-fire image) and after the fire (post-fire image) as possible. The difference between those two images will show how much vegetation there was before the fire and how much was left after the burn thereby analyzing all the vegetation that was burned. Burn severity classification categories were divided into seven classes according to USGS (United States Geological Survey) standards. Local Moran's I and Getis-Ord Local Gi were calculated using dNBR as intensity.

In the following process, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) images were obtained and the rehabilitation studies were observed temporally. In this context, NDVI images taken just before the fire started (pre-fire image) and are compared other NDVI images taken after the fire (post-fire image) season until the year 2014. The spatial distribution of post-fire NDVI is mainly influenced by vegetation regeneration.

Satellite images have been used as an important source for identification of fire damages and risks in fire management field. This study was performed using pre-fire and post-fire satellite images to determine burned area, burn severity and post-fire regeneration in Mediterranean Region, Turkey where serious forest fires reoccurred.

In the end of the study, for Antalya-Taşagıl fire, with using MODIS dNBR image 20 479 ha, Landsat 7 ETM + dNBR image 16 996 ha, Landsat 7 ETM + local Moran's I technique 12 212 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord local Gi technique 15 242 ha burned area results were detected. These results showed that, using Getis-Ord local Gi technique's result is the closest result to the General Directorate of Forestry (GDF) data. Forest rehabilitation works applied after fires, has been observed successful in the majority of the area. For Mersin-Gölnar fire, with using MODIS dNBR image 7812 ha, Landsat 7 ETM + dNBR image 5388 ha, Landsat 7 ETM + local Moran's I technique 4262 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord local Gi technique 5271 ha burned areas results were detected. These results showed that, using Getis-Ord local Gi technique's result is the closest result to the GDF data for this fire, too. However, for this fire, forest rehabilitation works applied after fires, has been observed poor germination, and rehabilitation works results has been discovered worse than expected. For Hatay-Samandağ fire, with using MODIS dNBR image 1690 ha, germination Landsat 7 ETM + dNBR image 1162 ha, Landsat 7 ETM + local Moran's I technique 1074 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord local Gi technique 15 242 ha burned areas results were detected. These results

showed that, using Getis-Ord local Gi technique' s result is the closest result to the GDF datas for this fire, too. In the last two-year period, rehabilitation works applied has been observed benefits in the northern and southern sections of forest.

1. GİRİŞ

Orman; ağaçlarla birlikte diğer bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar gibi canlı varlıklarla toprak hava, su, ışık ve sıcaklık gibi fiziksel çevre faktörlerinin birlikte oluşturdukları karşılıklı ilişkiler dokusunu simgeleyen bir ekosistemdir. Ormanı oluşturan sonsuz sayıdaki tüm madde ve olaylar birbirleriyle karşılıklı ilişki ve etkileşim halindedirler. Bu haliyle orman, çok sayıda bitki ve hayvan popülasyonlarından oluşan bir yaşama ortaklığı, bir yaşam birliği, bir ekosistem ve hatta büyük bir canlı organizma olarak tanımlanmaktadır.

Dünyadaki orman yangınlarından söz edildiğinde en başta Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Avustralya ve Akdeniz ülkeleri akla gelmektedir. Bu ülkeler yangınların söndürülmesi yönünden başarılı sayılabilecek ülkelerdir. Bunda, doğru bir biçimde yapılanmış planlama sistemleri, yangın tehlikesinin doğru bir şekilde tahmini ve sorunun olduğu yerlere hızlı müdahale imkânları da etkilidir (Ertuğrul,2005). Türkiye’de, orman yangınlarının çıkmasında en uygun koşullara sahip olan Akdeniz ikliminin etkisi altında bulunmaktadır. Çoğunlukla yarı kurak, kuru-yarı nemli ve yarı nemli iklim koşullarının egemen olduğu Türkiye’de, orman yangını her bölgede yer alan ormanlar için büyük bir risk ve ciddi bir tehlike oluşturmaktadır (Türkeş v.d, 2012).

Orman yangınlarının gerçekleştiği bölgelerde, yangınların verdiği zararlar hakkında kapsamlı bilgi edinmek için yangınların alan olarak sınıflandırması yapılmaktadır. Sınıflandırma yapılmasının temel amacı, yangınlarla mücadele etmek için alınabilecek önlemlere katkıda bulunmak ve yangınlarla savaş çalışmalarının aksayan yönleri ile etkinliğini açığa çıkarmaktır (Bilici, 2008).

Orman yangınlarıyla mücadelenin başarılı olabilmesi sadece gerekli önlemlerin yerinde ve zamanında alınması ile kaynakların etkin ve ekonomik bir şekilde kullanılmasıyla değil, gelişmiş teknolojilerin de yangınla mücadele sürecinin her aşamasında kullanılmasıyla mümkündür (Arıcak v.d, 2012). Bu kapsamda, Uzaktan Algılama yöntemleri sunduğu imkânlar sayesinde uzun zamandır yangın yönetimi,

yangın alanlarının haritalanması (Lasaponara v.d, 2006;2007a,b), yanmış alan ve yanma şiddetinin belirlenmesi konularında aktif olarak kullanılmaktadır (Gitas v.d, 2009; Hall v.d, 2008; Richards,1995). Uzaktan Algılama alanında kullanılan yangın algoritmaları sayesinde yangın sonrası bitki kanopisi ve yüzeyde meydana gelen ısı değişimlerine bağlı olarak yangın karakteristiği belirlenebilmektedir.

Yanma şiddeti, yangın sonucunda değişen biyolojik, fiziksel ve kimyasal yapının ekosisteme olan etkisinin belirlenmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu kapsamda; yanmış alan ve yanma şiddeti tespiti çalışmalarında, vejetasyonun kızılötesi bantlarında meydana gelen spektral değişiklikler esas alınmakta ve oluşturulan indisler yardımıyla çeşitli analizler yapılmaktadır. Yangın öncesi ve yangın sonrası uydu görüntüleri indisleri kullanılarak oluşturulan fark görüntülerine bağlı olarak yanma şiddeti derecelendirilerek hesaplanmaktadır.

Uydu görüntüsü indisleri kullanılarak yangın sonrası süreçte orman yeşermesi incelenmesiyle ilgili pek çok uygulama yapılmaktadır (Lanorte v.d, 2014, Vlassova v.d, 2014, Riano v.d, 2002). Ülkemizde de ilgili kurumlar ve yöneticiler yangın sonrası süreçte orman yangını gerçekleşen ve zarar gören bölgelerde fidan ekimi yaparak tekrar orman yeşermesi hakkında çalışmalar yürütülmektedir.

Yaşamımız için hayati öneme sahip ormanların yangınlar sebebiyle tahrip edilmesi erozyon, heyelan, çölleşme, kütle kaybı gibi büyük sorunlara neden olmaktadır. Bu kapsamda, orman yangın şiddetinin belirlenmesi ve rehabilite edilmesi büyük önem taşımaktadır.

1.1 Literatür Özeti

Literatür araştırması kapsamında orman yangın karakteristiği (yanan alan ve yanma şiddeti) ve rehabilitasyonunu belirlemeye yönelik yapılan farklı çalışmalar incelenmiştir.

Escuin ve diğ. (2008), Güney İspanya’da meydana gelen yangınlar, LANDSAT TM/ETM uydu görüntüleri ile işlenerek yanma şiddeti belirlenmiştir. Yanmış-yanmamış piksellerin yerleri yangın öncesi ve yangın sonrası görüntülerde yakın kızılötesi (NIR)- orta kızılötesi (MIR) bantları analiz edilerek tespit edilmiştir. Bu bantların kullanılmasının sebebi, yangın karakteristiğini belirlemeye en uygun bantlar olmasından kaynaklanmaktadır.

Lanorte ve diğ. (2012), MODIS ve ASTER multispektral uydu görüntüleri ile mekânsal otokorelasyon tekniklerini birlikte kullanarak yanan alan ve yanma şiddetini belirlemiştir. Çalışmada, lokal mekânsal otokorelasyon tekniklerinden olan lokal Moran's I ve Getis-Ord lokal Gi teknikleri kullanılmıştır. Bu yaklaşım sayesinde, yanan alanın spektral özellikleri ve yapısal dokusu belirlenerek yangın karakteristiği detaylı olarak tespit edilmiştir.

Xiao ve diğ. (2003), yangın öncesi ve yangın sonrası uydu görüntüsü indisleri farkını olarak biyokütle kaybı, karbon salınımı ve kül oluşumunda meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Böylelikle, yanma şiddeti hesaplanmasında kullanılacak eşik değerlerini belirlemişlerdir.

Miller ve diğ. (2007), günümüzde en yaygın olarak kullanılan orman yanma şiddeti haritası belirlemeye yönelik olan Differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) metodunu geliştirmişlerdir. Bu metod sayesinde vejetasyonda meydana gelen tahribatın boyutları sınıflandırılarak ortaya konulmaktadır. Dünya'nın farklı yerlerinde meydana gelen yüzlerce büyük yangın ele alınarak yangın etkileri belirlenmiştir.

Vlassova ve diğ. (2014), İspanya'nın Extremadura bölgesinde 2009 yılında meydana gelen ve 3000 hektar(ha) ormanın yandığı yangın esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Yangın sonrası geçen 27 aylık süreçte 15 adet LANDSAT TM uydu görüntüsü alınarak orman yeşermesi incelenmiştir. Orman yeşermesi incelenmesi, normalize edilmiş fark bitki örtüsü indisi (NDVI) her bir görüntü için hesaplanarak gözlemlenmiştir

1.2 Amaç ve Kapsam

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli kayıplara neden olan orman yangınlarının en aza indirilmesi orman yangınlarıyla mücadele organizasyonlarının en önemli görevlerinden biridir. Yangınla mücadele çalışmalarında orman yangınlarının oluşumunun ve yangın davranış özelliklerinin (yayılma oranı, yanma şiddeti ve yanıcı madde tüketimi) önceden tahmin edilmesi yangınla mücadele çalışmaları açısından büyük önem arz etmektedir (Yavuz v.d, 2011).

Ülkemizde ormanların kapsamış olduğu alansal büyüklük ve orman gözlem istasyonlarının yetersizliği, orman yangınlarının sistemli bir şekilde belirlenmesini

güçleştirmektedir. Uzaktan Algılama yöntemleri, sunmuş olduğu imkanlar ile büyük ölçekte yapılacak olan operasyonel çalışmalarda önemli bir bilgi kaynağı olarak ön plana çıkmaktadır (Tekeli v.d, 2007).

Bu çalışmanın temel amacı; ülkemizde Akdeniz bölgesinde meydana gelen önemli orman yangınlarını ele alarak, yanan alan ve yanma şiddetini Uzaktan Algılama yöntemleri ve mekansal otokorelasyon teknikleri ile belirlemek ve yangın sonrası süreçte orman yeşermesini gözlemlemektir.

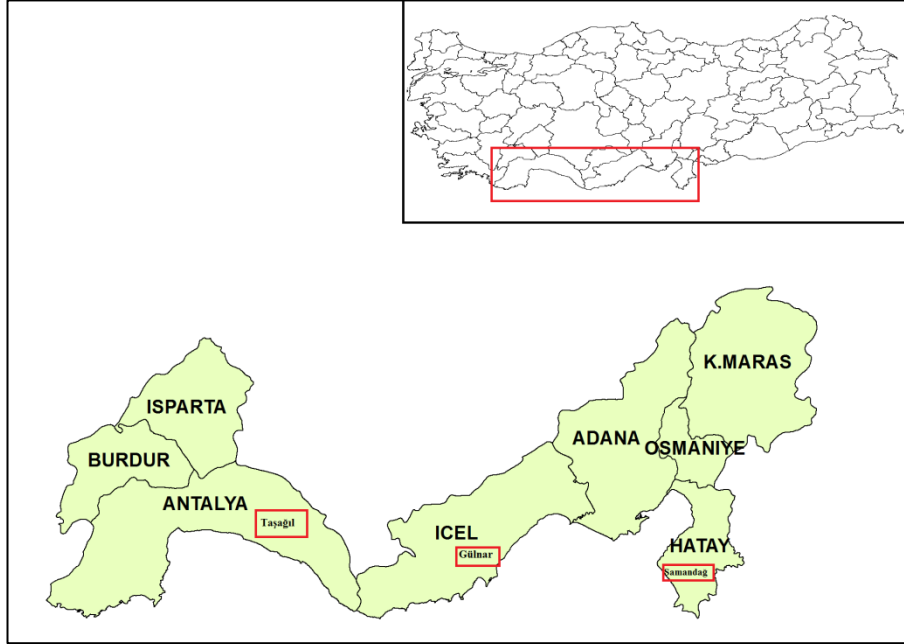
Bu kapsamda; ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya, Mersin ve Hatay şehirlerinde, farklı tarihlerde meydana gelen orman yangınları ele alınmıştır. Çalışma esnasında, yangın öncesi ve yangın sonrasına ait Landsat 7 ETM+ ve MODIS (MOD09A) uydu görüntü indisleri ve lokal Moran's I ve Getis-Ord lokal Gi teknikleri kullanılarak yangın karakteristiği belirlenmiş ve tematik haritalar üretilmiştir. Daha sonraki süreçte, ele alınan orman yangınlarının gerçekleştiği alanlara ait Landsat 7 ETM + görüntü indisleri kullanılarak, yanan alanların orman rehabilitasyon süreci izlenmiştir.

Bu çalışmanın, bundan sonra ülkemizde meydana gelebilecek orman yangınlarında ilk hasar tespiti belirlemeye yönelik olması ve yangın yönetimi açısından faydalı olması amaçlanmaktadır.

2. ÇALŞIMA ALANI

2.1 Coğrafi Özellikleri

Akdeniz Bölgesi, ülkemizin Akdeniz kıyıları boyunca, bir şerit biçiminde uzanır. Bölge batıda, Marmaris'in doğusundan başlar; doğuda Gaziantep Platosu'na kadar devam eder. Kuzey ve kuzeydoğuda Torosların kuzey etekleri ile İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinden ayrılır. Güneydoğuda Suriye ile komşudur (URL-1). Hatay, Adana, İçel, Antalya, Isparta, Burdur ve Kahramanmaraş ilinin büyük bir bölümü Akdeniz Bölgesi'ndedir. Ayrıca Muğla ilinin Köyceğiz, Dalaman, Ortaca ve Fethiye ilçeleri de Akdeniz Bölgesi'ne girer. Şekil 2'de Akdeniz Bölgesi ve orman yangınların gerçekleştiği yerler gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Akdeniz Bölgesi ve Yangın Alanları

Akdeniz bölgesi, gerek yüz ölçüm, gerekse nüfus yoğunluğu bakımından sıralamada diğer bölgeler arasında 4. sırada, nüfus miktarı bakımından ise 3. sırada bulunmaktadır. Akdeniz bölgesi kıyı bölgelerimize göre daha az nüfusludur. Nüfus yoğunluğunun en az olduğu yerler Teke ve Taşeli Platosu ile dağlık alanlardır. Akdeniz Bölgesi sulak ve kurak olmayan bir bölge olduğundan nüfus dağınıktır.

Alan bakımından sıralamada Doğu Anadolu, Orta Anadolu ve Karadeniz bölgesinden sonra; nüfus miktarı bakımından Marmara ve Orta Anadolu bölgesinden sonra; km²'ye düşen insan sayısı bakımından ise Marmara, Ege, Güneydoğu Anadolu bölgelerinden sonra gelmektedir (URL-2).

2.2 Topografik ve İklim Özellikleri

Akdeniz bölgesinin arazi yapısı oldukça dağlık ve engebelidir. Bölgenin yeryüzü şekillerinin ana çizgilerini Toroslar belirler. Antalya Körfezi'nin iki yanında yer alan Batı Toroslar, Kuzeyde Göller Yöresi'nde birbirine yaklaşp sıkışır. Teke Yarımadası'nın batısında beliren Batı Toroslar, Taşeli Platosu'na kadar uzanır.

Bölgenin kuzey-güney doğrultusunda en geniş yeri Hatay ilinin en güney noktası Topraktutan köyü ile Adana iline bağlı Tufanbeyli ilçe merkezi kuzeyinde Akdeniz-İç Anadolu-Doğu Anadolu coğrafi bölge sınırının kesiştiği Soğanlı Dağ zirvesi arasında kuş uçuşu 288 km.; en dar yeri ise İçel ilimize bağlı Erdemli ilçe merkezi ile Bolkar dağlarının batı kesimindeki Yüglük Dağı zirvesi arasında 63 km. dir (URL-2, URL-3).

Akdeniz iklimi, Ege Bölgesi'nin büyük bir bölümü ile İç Anadolu'nun batı kesiminde ve Akdeniz Bölgesi'nde Torosların güneye bakan kesimlerinde etkilidir. Yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlıdır. Kıyı kuşağında kar yağışı ve don olayları nadir olarak görülür. Yüksek kesimlerde kışlar karlı ve soğuk geçer. Kıyı kuşağının doğal bitkisini, sıcaklık ve ışık isteği yüksek ve kuraklığa dayanıklı olan kızılcım ve bunların tahrip edildiği yerlerde her zaman yeşil olan makiler oluşturur. Yüksek yerlerde ise iğne yapraklı karaçam, sedir ve köknar ormanları hâkimdir. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6.4°C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 26.8°C, yıllık ortalama sıcaklık 16.3°C civarındadır. Ortalama yıllık toplam yağış 725.9mm dir ve yağışların çoğu kış mevsimindedir. Yaz yağışlarının yıllık toplam içindeki payı %5.7 dir. Bu yüzden bölgede yaz kuraklığı hakimdir. Yıllık ortalama nispi nem %63.2 dir (URL-4).

3. ORMAN YANGINLARI VE UZAKTAN ALGILAMA

3.1 Orman Yangınları

Orman yangını; serbest yayılma eğiliminde olan ve ormanda yaşama birliğine katılan canlı ve cansız bütün yanabilir varlıkları yakıp yok edebilen ateşe denmektedir.

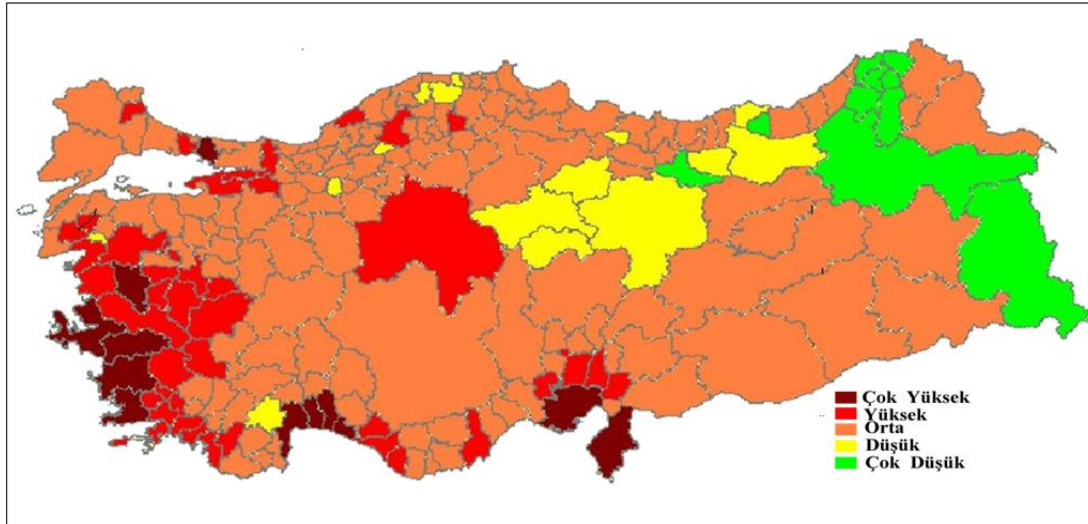
Orman yangınlarının çıkmasına yol açan birinci faktör, ilk kıvılcımın yol açtığı tutuşma ısıdır. 260-400 C° arasında tutuşma meydana gelir. Bu tutuşmayı başlatan % 95-99 oranında insan elidir. Orman yangınlarının çıkmasına yol açan ikinci faktör olan oksijen, havada ve orman yangını olabilecek ortamlarda % 20 - 21 oranında, her yerde ve bolca bulunan bir elementtir. Yanma ortamında oksijenin % 15 oranının altına düşürülmesi halinde yanma olmaz. Geniş alanlarda bunu sağlamak pek mümkün değildir. Üçüncü faktör ise yakıttır (yanıcı maddeler). Orman yangınlarında tutuşma ve alevlenme; yakıtın tipine (istihsal artığı, ham humus, ölü veya yeşil örtü gibi..), yakıtın devamlılığına, yakıtın ısısına bağlıdır. Yangın üçgenini kırmak için doğru kararlar almak, yakıtın çok iyi bilinmesine bağlıdır. Ormandaki yanıcı maddelerin yangın şeritleri gibi müdahaleler ya da tedbirlerle devamlılığının kırılması yangın üçgenini bu noktada bozar ve yangın orada durmak zorunda kalır (URL-5). Şekil 3.1’de yangın üçgeni elemanları gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Yangın üçgeni (Url-5).

Tüm Dünyada ve ülkemizde ormanlara verilen zararların başında orman yangınları gelmektedir. Dünya’da her yıl ortalama 5 milyon ha alan, Avrupa’da ise her yıl ortalama 550 bin ha alan orman yangınlarında zarar görmektedir. Ülkemizde ise OGM verilerine göre, 1937 yılından 2009 yılına kadar 86 769 adet yangın kayıt altına alınmış ve 1617701 ha orman yanmıştır (URL-6).

Ülkemizin özellikle Hatay’dan başlayıp Akdeniz ve Ege sahil bölgelerinden İstanbul’a kadar uzanan kıyı bandı yangınlar açısından en riskli bölgeyi oluşturmaktadır. Buna göre ormanlarımızın yaklaşık % 60’ına tekabül eden 12 milyon hektarlık kısmı yangına çok hassas bölgelerde yer almaktadır (URL-6). Uluslar arası kriterlere göre ülkemiz ormanlarının yangın risk haritası Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Yangın risk haritası (Url-5).

3.2 Yangın Karakteristiği ve Uzaktan Algılama

Orman yangınları, çevreye ve insana verdiği zararlar ile en önemli doğal afetlerin başında yer almaktadır. Orman yangınlarının oluşumunun ve yangın davranış özelliklerinin (yayılma oranı, yangın şiddeti ve yanıcı madde tüketimi) önceden tahmin edilmesi yangınla mücadele çalışmaları açısından son derece önemlidir. Bu parametrelerin yersel ölçümlerle gerçekleştirilmesi, hem uzun zaman ve yüklü miktarda işgücü gerektirmekte olup aynı zamanda çok pahalıdır (Yavuz v.d, 2011).

Günümüzde Uzaktan Algılama teknikleri, yangın hareketlerinin incelenmesi, modellenmesi ve yangın etkilerinin belirlenerek yangın karakteristiğinin

oluşturulması konularında elde edilen verilerin organize bir şekilde kullanılmasına imkân vermektedir (Fox v.d, 1994). Böylelikle, yangından etkilenen geniş alanlarda yangın hasar tespiti yapılması ve etkilerinin incelenmesi uydu görüntüleri yardımıyla en kısa sürede ve en az maliyetle belirlenebilmektedir

3.2.1 Elektromanyetik enerji

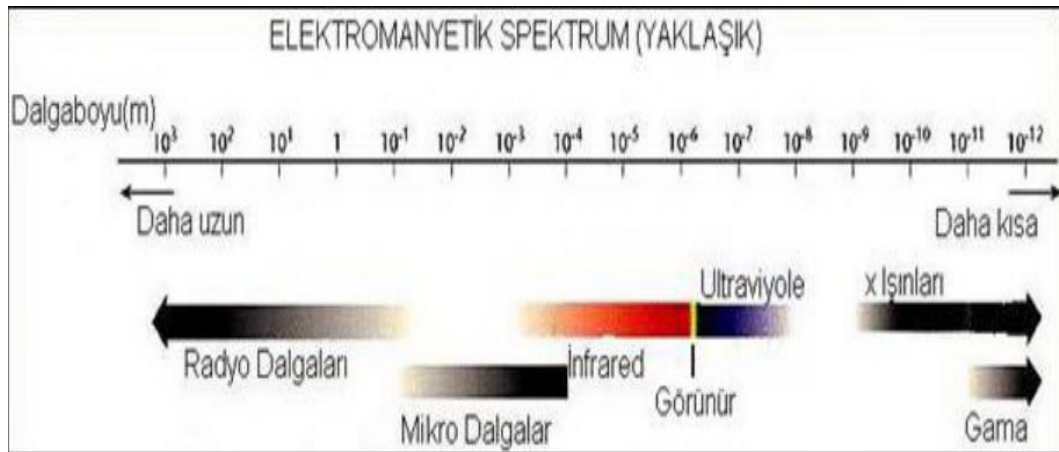
Elektromanyetik enerji (ışınım), C ışık hızı ile harmonik dalgalar halinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsar. Görünen ışık, radyo dalgaları, ısı, mor ötesi ve X-ışınları elektromanyetik enerji türlerindendir.

Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimle temasda şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi bakımlardan birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılama’da bu değişiklikler saptanır ve kaydedilir. Bu işlem sonucu ortaya çıkan görüntü ve veriler, kayıt edilen elektromanyetik ışıнімda değişikliğe neden olan cismin özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır (Örmeci, 1987).

Cisim ve enerji arasındaki bu ilişkiler Uzaktan Algılama’nın temelini oluşturur. Uzaktan Algılama’da, dalga uzunluğuna ve cismin sıcaklığına bağlı olarak ışıyan enerji miktarı önemlidir (Özkan, 1988).

3.2.2 Elektromanyetik spektrum

Elektromanyetik Spektrum 3×10^8 m/sn hızla hareket eden, dalga uzunluğu nanometreden kilometrelre uzanan sürekli enerji ortamıdır. Uzaktan algılama’da en çok ilgilenilen dalga boyları $0,30 \mu\text{m}$ den $15 \mu\text{m}$ ye kadar uzanan dalga boylarıdır. Şekil 3.3’de Elektromanyetik Spektrum gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Elektromanyetik spektrum

Belirli özelliklerin, hangi dalga boyunda nasıl bir yansıtma yaptığının bilinmesiyle, Uzaktan Algılanmış bir görüntü analiz edilip, temsil ettiği görünüm hakkında doğru kabuller yapılabilir (Özkan,1988).

3.2.3 Yanan alanın spektral özellikleri

Yangın sonrası süreçte, yanan alan vejetasyonunun spektral özelliklerini gözlemlerken iki farklı sinyalden gelen bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. İlk sinyal, kül ve kor oluşumundan kaynaklanmakta, ikinci sinyal ise vejetasyon yapısı ve miktarındaki değişimlere göre belirlenmektedir. İlk sinyal, vejetasyon yanmasının sonucu olarak gerçekleşmekte ve yangın sonrası meydana gelen rüzgârların ve yağmurların etkisine bağlı olarak birkaç hafta sonra azalmaktadır. İkinci sinyal ise daha durağan bir yapıya sahiptir, fakat yangın etkilerini belirlemek daha zordur. Bunun sebebi olarak, bitki kanopisini etkileyen diğer faktörlerle (ağaç kesimi, hayvan otlaması, böcek etkisi) ayırt etmenin zor olmasından kaynaklanmaktadır (Pereira v.d, 1999).

Yanan alan ve yanma şiddeti tespiti çalışmalarında, elektromanyetik spektrumun kırmızı (0.63 - 0.69 μm) bölgesinden kısa dalga kızıl ötesi (2.08 - 2.35 μm) bölgesine kadar uzanan bölgesi aktif olarak kullanılmaktadır (Hoy, 2007). Bu bölgeler arasında yer alan yakın kızıl ötesi bant (NIR) ve kısa dalga kızıl ötesi bantın, yanan alan tespiti ve haritalanmasında en iyi spektral aralığa sahip olduğu birçok yazar tarafından ifade edilmiştir (Veraverbeke v.d, 2011; Pereira v.d, 1999; Lasaponara, 2006). Yakın kızıl ötesi bant yansıtımı, vejetasyonda meydana gelen azalmaya bağlı olarak yangın sonrası süreçte büyük oranda azalmaktadır. Yakın dalga kızıl ötesi bant (SWIR) yansıtımı ise klorofilde bitkilerde meydana gelen nem azalmasına bağlı olarak yangın sonrasında artmaktadır (Pereira v.d, 1999).

3.3 Yangın Tespiti ve Sonrasında Kullanılan İndisler

3.3.1 Normalize edilmiş yanma şiddeti (NBR)

Yanan alan tespitinde, uydu görüntüleriyle oluşturulan spektral indisler uzun zamandır kullanılmaktadır. Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti de yangın gözlemlene çalışmalarında en aktif olarak kullanılan indislerin başında gelmektedir.

Normalize Edilmiş Yanma Şiddeti indisi, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantları kullanılarak oluşturulan matematiksel eşitlikle ifade edilmektedir (Roy v.d, 2006; Veraverbeke v.d, 2010). NBR indisi, [-1 ile +1] arasında değişen aralıkta ifade edilmektedir.

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (3.1)$$

3.3.2 Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI)

bitkiler yapraklarında bulunan klorofil maddesini kullanarak fotosentez işlemini gerçekleştirirler. Bu işlem aşamasında, Güneş'ten gelen elektromanyetik enerjinin 0,63 µm – 0,69 µm dalga boyunda olan ve kırmızı ışığa karşılık gelen kısmı kullanılır. Bu yüzden, kırmızı ışığın yansımaları ölçen bir uydu görüntüsü, canlı bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda düşük sayısal değerlere sahip olacaktır (Kandemir, 2010).

Orman yeşermesi gözlemlenmesi çalışmalarında, NDVI uydu görüntüleri aktif olarak kullanılmaktadır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndisi, yakın kızıl ötesi bant görüntüleri ve kırmızı bant görüntüleri kullanılarak üretilmektedir. NDVI, [-1 ile +1] arasında değişen aralıkta ifade edilmektedir.

Üretilen NDVI görüntülerinde, bitkilerin yoğun olduğu yerlerde, yüksek piksel değerine sahip; bitki örtüsünün seyrek olduğu yerlerde düşük piksel değerine sahip olması beklenmektedir.

3.4 Yanma Şiddeti

Yanma şiddeti, yangın sonucunda değişen biyolojik, fiziksel ve kimyasal yapının ekosisteme olan etkisinin belirlenmesi şeklinde ifade edilebilir. Bu kapsamda; yangın sonrası hasar ve tespit çalışmalarında kullanılan yanma şiddeti, yangın yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir (Yavuz v.d, 2011).

Yanmış alan ve yanma şiddeti, vejetasyonun kızılötesi bantlarında meydana gelen spektral değişikliklere bağlı olarak belirlenmekte ve oluşturulan farklı indisler kullanılmaktadır. Yangın öncesi ve yangın sonrası uydu görüntüleri indisleri

kullanılarak oluşturulan fark görüntülerine bağlı olarak, yanma şiddeti derecelendirerek hesaplanmaktadır.

3.4.1 Fark normalize edilmiş yanma şiddeti (dNBR)

Yanma şiddeti derecelerinin belirlenmesinde, yangın öncesi NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası NBR indisi görüntüsü farkı alınarak oluşturulan Fark Normalize Yanma Şiddeti (Differenced Normalized Burn Ratio-dNBR) metodu kullanılmaktadır. Biyokütle, karbon salınımı ve aerosol üretimi gibi etkenlerdeki değişiklikler hesaplanarak yanma şiddeti belirlenmektedir (Miller v.d,2007).

dNBR indisi sonucu oluşturulan gri ölçekli görüntü (gray scale image) -2 ile +2 arasında değişen değerlere sahiptir. Pozitif (parlak olarak gözüken) değerler, yangın öncesi NBR değerlerinin yangın sonrası NBR değerlerinden büyük olduğunu ve bu alanlarda yangının gerçekleştiğini ifade etmektedir. Negatif değerler ise yangın alanının dışında olduğunu ifade etmektedirler.

$$dNBR = NBR_{\text{yangınöncesi}} - NBR_{\text{yangınsonrası}} \quad (3.2)$$

Yanma şiddeti kategorilerinin belirlenmesinde USGS-FIREMON (United States Geological Survey-Fire Effects Monitoring and Inventory Protocol) tarafından hazırlanan tablo temel alınmıştır (URL-7). Sınıflandırma yaparken dNBR değerlerini daha anlaşılır şekilde ve tamsayı formatında göstermek amacıyla değerler 1000 ile çarpılmıştır. Yanma şiddeti kategorileri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Yanma şiddeti (dNBR) kategorileri.

dNBR	Yanma Şiddeti
< -250	Yüksek yangın sonrası yeşerme
-250 / -101	Düşük yangın sonrası yeşerme
-100 / 99	Yanmamış Alan
100 / 269	Düşük Yanma Şiddeti
270 / 439	Orta-düşük yanma şiddeti
440 / 659	Orta-yüksek yanma şiddeti
> 659	Yüksek Yanma Şiddeti

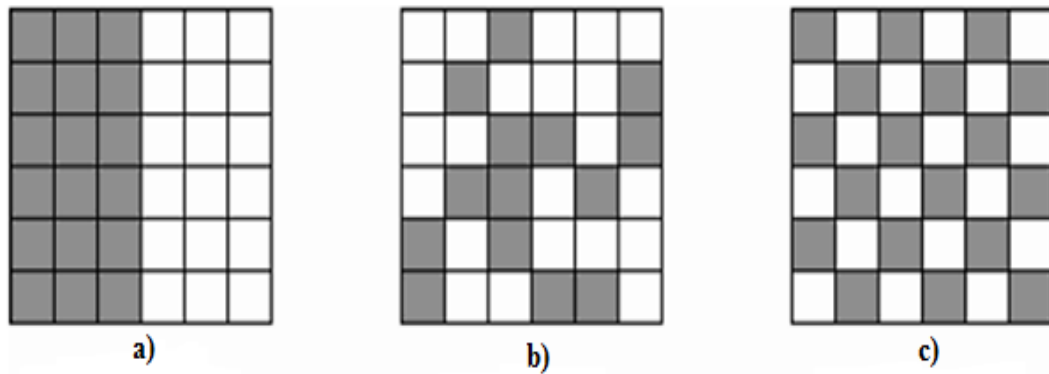
3.5 Mekânsal Otokorolasyon Teknikleri

Mekânsal otokorolasyon kavramının coğrafya ile olan ilişkisi ilk olarak Tobler (1970) tarafından “Her şey birbiriyle ilişkilidir, fakat birbirine yakın nesneler uzaktaki nesnelere göre daha ilişkilidir.” sözleriyle ifade edilmiştir. Mekânsal objelerin özelliklerinin uzaklığa bağlı olarak pozitif veya negatif olarak değerlendirmesi işlemi olarak ta ifade edilebilir. Mekânsal otokorelasyon üç farklı şekilde ifade edilmektedir (O’Sullivan and Unwin, 2002). Şekil 3 ’de mekansal otokorelasyon çeşitleri gösterilmiştir.

Pozitif Otokorelasyon: Birbirine yakın objelerin belli yerlerde kümelenmeleri ve benzer özellikler göstermesi (Şekil 2a)

Sıfır (Önemsiz) Otokorelasyon: Objeler arasında mekânsal etkilere bağlı olarak bir etkinin olması (Şekil 2b)

Negatif Otokorelasyon: Objelerinin birbirlerine yakın olması fakat benzer özellik göstermemeleri (Şekil 2c)



Şekil 3.4 : a) Pozitif Otokorelasyon b) Sıfır Otokorelasyon c) Negatif Otokorelasyon

Bu çalışmada; mekânsal otokorolasyon tekniklerinden olan Lokal Moran’s I ve Getis-Ord Lokal Gi teknikleri yanan alan ve yanma şiddeti tespitinde kullanılmıştır. Bu metotlar kısaca aşağıda açıklanmıştır (Moran, 1948; Getis ve Ord, 1992).

Moran's I tekniği lokal ve global olarak genel hali ile řu şekilde ifade edilmektedir.

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (X_i - \mu) (X_j - \mu)}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (X_i - \mu)^2} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte; N toplam piksel sayısını, X_i ve X_j , piksellerin i ve j konumlarındaki parlaklık değerlerini ($i \neq j$), μ ortalama değeri ve w_{ij} ağırlık matrisini ifade etmektedir. I değeri $[-1,1]$ aralığındadır ve pozitif otokorelasyon durumunda $+1$ 'e, sıfır otokorelasyon durumunda 0 'a negatif otokorelasyon durumunda ise -1 'e, yakınsamaktadır.

Lokal Moran's I tekniği piksel kúmelenmesini belirlemekte kullanılmaktadır. Lokal Moran's I değerleri $[-1,1]$ aralığındadır ve pozitif otokorelasyon (kúmelenme) durumunda $+1$ değerine, negatif otokorelasyon durumunda -1 değerine, sıfır otokorelasyon durumunda ise 0 değerine yakınsamaktadır (Coluzzi et al, 2010). Çalışmada kullanılan, diğer mekânsal otokorelasyon tekniği ise Getis-Ord Lokal Gi tekniğidir.

Lokal Moran's I ise aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi formúlıze edilmektedir.

$$I_i = \frac{(X_i - \mu)}{S_x^2} \sum_{j=1}^N (w_{ij} (x_j - \mu)) \quad (3.4)$$

Çalışmada kullanılan, diğer mekânsal otokorelasyon tekniği ise Getis-Ord Lokal Gi tekniğidir.

Bu eşitlikte x_j , pikselin j konumundaki parlaklık değerini, w_{ij} ağırlık matrisini, n toplam piksel sayısını, $\bar{X}$ ortalama veri kúmesini, S standart sapmayı ifade etmektedir. Getis-Ord Lokal Gi tekniği yanan alanda, yüksek ve düşük değerli piksel değerlerini tespit ederek komşu piksellerle kıyaslamakta ve kúmelenmeleri belirlemektedir. Böylece birbirlerine benzer özellik gösteren piksellerin kúmelendikleri bölgeleri belirlemek kolaylaşmaktadır. Yüksek değere sahip pikseller yüksek G_i değerine sahip, düşük değere sahip pikseller düşük G_i değerine sahiptirler.

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{s \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}{n-1}}} \quad (3.5)$$

$$\bar{X} = \sum_{j=1}^n x_j \quad (3.6)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \quad (3.7)$$

3.6 Veriler

3.6.1 Landsat uydu görüntüsü özellikleri

Bu çalışmada, Landsat-7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) orta çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler, USGS (United States Geological Survey) web sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir. Landsat-7 (ETM+) uydu görüntüleri, 30 metre mekânsal çözünürlüklü toplam 8 banta sahiptir. Bu 8 spektral bant; mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi (NIR), kısa dalga kızıl ötesi 1 (SWIR1), kısa dalga kızıl ötesi 2 (SWIR2), termal ve pankromatik banttır (URL-8). Landsat 7 ETM+ uydu özellikleri Çizelge 3.2’de gösterilmiştir (URL-9).

Çizelge 3.2 : Landsat 7 ETM+ uydu özellikleri (URL-9)

Fırlatılma Tarihi	15 Nisan 1999
Mekânsal Çözünürlük	30 metre
Yörünge	Güneş Senkronize
Yörünge Döngüsü	16 Gün
Mekânsal Çözünürlük	15 -60 metre
Yörünge Periyodu	98.9 dakika
Yörünge Eğikliği	98.2 +/- 0.15

Bu çalışmada, 31.07.2008 tarihli Antalya-Taşagıl Yangını, 07.07.2008 tarihli Mersin-Gülnar Yangını ve 05.08.2012 tarihli Hatay-Samandağ Yangını’na ait toplam

34 adet Landsat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Çizelge 3.3’de uydu görüntülerinin alındığı tarihler gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 : Landsat 7 ETM + uydu görüntüsü tarihleri.

Antalya-Taşagıl Yangını	Mersin-Gülnar Yangını	Hatay-Samandağ Yangını
10 Temmuz 2008 (Yangın Öncesi)	7 Nisan 2008 (Yangın Öncesi)	7 Haziran 2012 (Yangın Öncesi)
12 Eylül 2008	14 Eylül 2008	26 Ağustos 2012
11 Haziran 2009	29 Haziran 2009	7 Nisan 2013
18 Kasım 2009	1 Eylül 2009	28 Temmuz 2013
30 Haziran 2010	16 Haziran 2010	16 Ekim 2013
4 Ekim 2010	7 Kasım 2010	29 Haziran 2014
16 Mayıs 2011	19 Haziran 2011	
7 Ekim 2011	25 Ekim 2011	
19 Haziran 2012	24 Ağustos 2012	
23 Eylül 2012	28 Kasım 2012	
8 Temmuz 2013	24 Haziran 2013	
12 Ekim 2013	12 Ekim 2013	
25 Haziran 2014	13 Temmuz 2014	
13 Eylül 2014	15 Eylül 2014	

3.6.2 MODIS uydu görüntüsü özellikleri

Landsat uydu görüntüleriyle yanan alan tespiti ve yanma şiddeti karşılaştırması yapmak amacıyla ayrıca MODIS uydusu MOD09A (Surface Reflectance) görüntüleri de kullanılmıştır. Görüntüler aynı şekilde USGS web sitesinden ücretsiz olarak temin edilmiştir.

MODIS uydusu MOD09A görüntülerinin 500 metre mekânsal çözünürlüklü ilk 7 bantı kullanılmıştır. Çizelge 3.4’de MODIS MOD09A uydu özellikleri gösterilmiştir (URL-10). Çizelge 3.5’de çalışmada kullanılan MODIS uydu görüntüsü tarihleri yer almaktadır.

Çizelge 3.4 : MOD09A uydu özellikleri (URL-10).

Fırlatılma Tarihi	24 Şubat 2000
Mekânsal Çözünürlük	500 Metre
Pojeksiyon	Sinüsoidal
Veri Formatı	HDF-EOS
Bant Sayısı	13
Radyometrik Çözünürlük	16-Bit

Çizelge 3.5 : MODIS uydu görüntüsü tarihleri

Tarih	Antalya-Taşagöl Yangını	Mersin-Gölnar Yangını	Hatay-Samandağ Yangını
Yangın Öncesi	19 Temmuz 2008	3 Temmuz 2008	27 Temmuz 2012
Yangın Sonrası	12 Ağustos 2008	5 Eylül 2008	20 Ağustos 2012

3.6.3 Görsel Yorumlamada kullanılan veriler

Günümüzde yaygın olarak kullanılan Google Earth, Yandex Harita, Bing vb. harita programları sayesinde kullanıcılar uydu görüntüleri ve haritalara işlenmiş vektörel veriler sayesinde yeryüzü hakkında mekânsal verilere kolayca ulaşabilmektedirler.

Görsel yorumlama işlemi sırasında nesnelere ait renk, ton, şekil, boyut, gölge, doku, desen gibi parametreler ve diğer nesneler ile mekânsal ilişkileri ele alınarak bilgi sahibi olunabilmektedir. Buna bağlı olarak da, ormanlık alanların tespiti

alışmalarında da görsel yorumlamalar kullanıcılara bölgenin yapısı hakkında genel bir bakış açısı sağlamaktadırlar.

Bu çalışmada, orman bölgelerinin tespiti ve orman bitki örtüsü belirlenmesi amacıyla Orman Genel Müdürlüğü (OGM) evrimii meşçere haritaları ve ORBİS Orman haritalarından yararlanılmıştır (URL-11, URL-12). Böylelikle, yangın olan bölgelerde hangi tür orman bitki örtüsü olduğu saptanmıştır

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, ülkemizde Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya, Mersin ve Hatay şehirlerinde farklı tarihlerde meydana gelen üç büyük orman yangını ele alınmıştır. İlk olarak ele alınan ve ülkemizde meydana gelen en büyük orman yangınları arasında yer alan Antalya - Taşağıl yangını, 31.07.2008 tarihinde çıkmış ve 06.09.2008 tarihinde söndürülmüştür. OGM verilerine göre 15 794 ha orman kül olmuştur. İkinci olarak ele alınan Mersin – Gülnar yangını 07.07.2008 tarihinde çıkmış ve 01.09.2008 tarihinde söndürülmüştür. OGM verilerine göre 5037 ha orman kül olmuştur. Üçüncü olarak ele alınan Hatay – Samandağ yangını, 05.08.2012 tarihinde çıkmış ve 16.08.2008 tarihinde söndürülmüştür. OGM verilerine göre 988 ha orman kül olmuştur. Yangın çıkış ve söndürülme tarihleri, yangın koordinatları, yanan alan miktarları, yangına müdahale eden ekip sayısı vb. bilgileri içeren yangın sicil fişleri OGM' ne bağlı Orman Yangınlarıyla Mücadele Daire Başkanlığı biriminden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan ve Hatay – Samandağ yangınına ait yangın sicil fişi Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Landsat 7 ETM + ve MODIS uydu görüntüleri indisleri ile mekansal otokorelasyon tekniklerinden olan lokal Moran's I ve Getis-Ord Lokal Gi teknikleri birlikte kullanılarak yanan alan ve yanma şiddeti tespiti yapılmış ve birbirlerine göre yanan alan tespitindeki farklılıkları kıyas edilmiştir.

Yangın sonrası süreçte belirli zaman aralıklarında ele alınan Landsat 7 ETM + uydu görüntüleri indisleri yardımıyla yapılan orman rehabilitasyon çalışmaları izlenmiştir.

YANGIN SİCİL FİŞİ

Hotay 988 Hb

Tr.	Bölge Müdahale	KAHRAMANMARAŞ	9	Nisbi Neme(%)	40-80
Yangın	İşletme Müdahale	ANTAKYA	Meteorolojik Veriler	Buzgar Hızı(Km/s)	20-40 Km-Batı
Vari	İşletme Seviyesi	SAMANDAĞ		Buzgar Yönü	Batı
İle	Serisi	SAMANDAĞ		Bu Yaka Sıcaklığı(°C)	23-34%
İgili	Mevki	Yardıy Ölek Derisi		Yakıt(m)	
Bilgiler	Bölme No.	241,243,244,245,282,283,284,285,286,287,288,289,326,327,328,329,330,331,332,333,334,335,336,337,338,339,340,389,390,391,392,393,394,395,397,398		Son Yakıtın Kay Gön Geçti	
	İle	HATAY	10	Mahalli Yitirici	5
	İle	SAMANDAĞ	Yangın	Teknik Eleman	23
	Kayı	YAYLICA-YAYLACIK	Katlas	Manca	30
	Bu Yaka Yerin Yerin (Uzaklık(km))	0,2	Uzunluk	Sondajın İçeri	200
	Yangın Başlangıç	Kıyısı	Dolu	Mühür	200
	Noktasının Koordinatı (C/Grat)	36° 12' 0"	36° 01' 22"	Akış	
				Pelvis	
2	Yangın Başlangıç	05.08.2012	14:30	Jandarma	20
Zaman	İle Müdahale	05.08.2012	14:30	Diğer	10
Veriler	Kontrol	09.08.2012	19:00	YANGINA KATILANLAR TOPLAMI	490
	Sevkiyatı	10.08.2012	10:00	Pikap	10
3	Orman Bölge Müdahale			İk. Müdahale Aracı	10
Yangın	Orman İşletme Müdahale	29		Araçlar	20
Sıra No	Orman İşletme Şifresi	7		Su İkmal Aracı	20
4	Yangın Haberini Verme	Vatandaş		Mühür Müdahale	3
5	Sevkiyatın Başlangıç	AKAŞTIRILYOR		Traktör	
6	Nedeni Bilinmeyen			Doner	8
Yangın	Düğü Nedenler			Greyder	2
Çıkış	Kayı	8 ayrı noktadan kayı		Treyler	8
Nedeni	Buaf ve Dikkatlilik			Helikopter	3
7	Yükseklik(m)	500		Uçak	2
Topografik	Eğim(%)	40%		Diğer	10
Bilgiler	İle	Orman, Kırsal, Ben		ARAC TOPLAMI	100
8	Yangın	İle	VERİMLİ ORMAN ALANI(Ha)	BOZUK ORMAN ALANI(Ha)	Silv-kültürel GENEL TOPLAM
	Kayı	Maçın Tipi	Kayı	Balıbalı	Maki
	Alan	Ağac Türü	Ça1, Ça2, Ça3, Ça4, Ça5, Ça6, Ça7, Ça8, Ça9, Ça10, Ça11, Ça12, Ça13, Ça14, Ça15, Ça16, Ça17, Ça18, Ça19, Ça20, Ça21, Ça22, Ça23, Ça24, Ça25, Ça26, Ça27, Ça28, Ça29, Ça30, Ça31, Ça32, Ça33, Ça34, Ça35, Ça36, Ça37, Ça38, Ça39, Ça40, Ça41, Ça42, Ça43, Ça44, Ça45, Ça46, Ça47, Ça48, Ça49, Ça50, Ça51, Ça52, Ça53, Ça54, Ça55, Ça56, Ça57, Ça58, Ça59, Ça60, Ça61, Ça62, Ça63, Ça64, Ça65, Ça66, Ça67, Ça68, Ça69, Ça70, Ça71, Ça72, Ça73, Ça74, Ça75, Ça76, Ça77, Ça78, Ça79, Ça80, Ça81, Ça82, Ça83, Ça84, Ça85, Ça86, Ça87, Ça88, Ça89, Ça90, Ça91, Ça92, Ça93, Ça94, Ça95, Ça96, Ça97, Ça98, Ça99, Ça100, Ça101, Ça102, Ça103, Ça104, Ça105, Ça106, Ça107, Ça108, Ça109, Ça110, Ça111, Ça112, Ça113, Ça114, Ça115, Ça116, Ça117, Ça118, Ça119, Ça120, Ça121, Ça122, Ça123, Ça124, Ça125, Ça126, Ça127, Ça128, Ça129, Ça130, Ça131, Ça132, Ça133, Ça134, Ça135, Ça136, Ça137, Ça138, Ça139, Ça140, Ça141, Ça142, Ça143, Ça144, Ça145, Ça146, Ça147, Ça148, Ça149, Ça150, Ça151, Ça152, Ça153, Ça154, Ça155, Ça156, Ça157, Ça158, Ça159, Ça160, Ça161, Ça162, Ça163, Ça164, Ça165, Ça166, Ça167, Ça168, Ça169, Ça170, Ça171, Ça172, Ça173, Ça174, Ça175, Ça176, Ça177, Ça178, Ça179, Ça180, Ça181, Ça182, Ça183, Ça184, Ça185, Ça186, Ça187, Ça188, Ça189, Ça190, Ça191, Ça192, Ça193, Ça194, Ça195, Ça196, Ça197, Ça198, Ça199, Ça200, Ça201, Ça202, Ça203, Ça204, Ça205, Ça206, Ça207, Ça208, Ça209, Ça210, Ça211, Ça212, Ça213, Ça214, Ça215, Ça216, Ça217, Ça218, Ça219, Ça220, Ça221, Ça222, Ça223, Ça224, Ça225, Ça226, Ça227, Ça228, Ça229, Ça230, Ça231, Ça232, Ça233, Ça234, Ça235, Ça236, Ça237, Ça238, Ça239, Ça240, Ça241, Ça242, Ça243, Ça244, Ça245, Ça246, Ça247, Ça248, Ça249, Ça250, Ça251, Ça252, Ça253, Ça254, Ça255, Ça256, Ça257, Ça258, Ça259, Ça260, Ça261, Ça262, Ça263, Ça264, Ça265, Ça266, Ça267, Ça268, Ça269, Ça270, Ça271, Ça272, Ça273, Ça274, Ça275, Ça276, Ça277, Ça278, Ça279, Ça280, Ça281, Ça282, Ça283, Ça284, Ça285, Ça286, Ça287, Ça288, Ça289, Ça290, Ça291, Ça292, Ça293, Ça294, Ça295, Ça296, Ça297, Ça298, Ça299, Ça300, Ça301, Ça302, Ça303, Ça304, Ça305, Ça306, Ça307, Ça308, Ça309, Ça310, Ça311, Ça312, Ça313, Ça314, Ça315, Ça316, Ça317, Ça318, Ça319, Ça320, Ça321, Ça322, Ça323, Ça324, Ça325, Ça326, Ça327, Ça328, Ça329, Ça330, Ça331, Ça332, Ça333, Ça334, Ça335, Ça336, Ça337, Ça338, Ça339, Ça340, Ça341, Ça342, Ça343, Ça344, Ça345, Ça346, Ça347, Ça348, Ça349, Ça350, Ça351, Ça352, Ça353, Ça354, Ça355, Ça356, Ça357, Ça358, Ça359, Ça360, Ça361, Ça362, Ça363, Ça364, Ça365, Ça366, Ça367, Ça368, Ça369, Ça370, Ça371, Ça372, Ça373, Ça374, Ça375, Ça376, Ça377, Ça378, Ça379, Ça380, Ça381, Ça382, Ça383, Ça384, Ça385, Ça386, Ça387, Ça388, Ça389, Ça390, Ça391, Ça392, Ça393, Ça394, Ça395, Ça396, Ça397, Ça398, Ça399, Ça400, Ça401, Ça402, Ça403, Ça404, Ça405, Ça406, Ça407, Ça408, Ça409, Ça410, Ça411, Ça412, Ça413, Ça414, Ça415, Ça416, Ça417, Ça418, Ça419, Ça420, Ça421, Ça422, Ça423, Ça424, Ça425, Ça426, Ça427, Ça428, Ça429, Ça430, Ça431, Ça432, Ça433, Ça434, Ça435, Ça436, Ça437, Ça438, Ça439, Ça440, Ça441, Ça442, Ça443, Ça444, Ça445, Ça446, Ça447, Ça448, Ça449, Ça450, Ça451, Ça452, Ça453, Ça454, Ça455, Ça456, Ça457, Ça458, Ça459, Ça460, Ça461, Ça462, Ça463, Ça464, Ça465, Ça466, Ça467, Ça468, Ça469, Ça470, Ça471, Ça472, Ça473, Ça474, Ça475, Ça476, Ça477, Ça478, Ça479, Ça480, Ça481, Ça482, Ça483, Ça484, Ça485, Ça486, Ça487, Ça488, Ça489, Ça490, Ça491, Ça492, Ça493, Ça494, Ça495, Ça496, Ça497, Ça498, Ça499, Ça500, Ça501, Ça502, Ça503, Ça504, Ça505, Ça506, Ça507, Ça508, Ça509, Ça510, Ça511, Ça512, Ça513, Ça514, Ça515, Ça516, Ça517, Ça518, Ça519, Ça520, Ça521, Ça522, Ça523, Ça524, Ça525, Ça526, Ça527, Ça528, Ça529, Ça530, Ça531, Ça532, Ça533, Ça534, Ça535, Ça536, Ça537, Ça538, Ça539, Ça540, Ça541, Ça542, Ça543, Ça544, Ça545, Ça546, Ça547, Ça548, Ça549, Ça550, Ça551, Ça552, Ça553, Ça554, Ça555, Ça556, Ça557, Ça558, Ça559, Ça560, Ça561, Ça562, Ça563, Ça564, Ça565, Ça566, Ça567, Ça568, Ça569, Ça570, Ça571, Ça572, Ça573, Ça574, Ça575, Ça576, Ça577, Ça578, Ça579, Ça580, Ça581, Ça582, Ça583, Ça584, Ça585, Ça586, Ça587, Ça588, Ça589, Ça590, Ça591, Ça592, Ça593, Ça594, Ça595, Ça596, Ça597, Ça598, Ça599, Ça600, Ça601, Ça602, Ça603, Ça604, Ça605, Ça606, Ça607, Ça608, Ça609, Ça610, Ça611, Ça612, Ça613, Ça614, Ça615, Ça616, Ça617, Ça618, Ça619, Ça620, Ça621, Ça622, Ça623, Ça624, Ça625, Ça626, Ça627, Ça628, Ça629, Ça630, Ça631, Ça632, Ça633, Ça634, Ça635, Ça636, Ça637, Ça638, Ça639, Ça640, Ça641, Ça642, Ça643, Ça644, Ça645, Ça646, Ça647, Ça648, Ça649, Ça650, Ça651, Ça652, Ça653, Ça654, Ça655, Ça656, Ça657, Ça658, Ça659, Ça660, Ça661, Ça662, Ça663, Ça664, Ça665, Ça666, Ça667, Ça668, Ça669, Ça670, Ça671, Ça672, Ça673, Ça674, Ça675, Ça676, Ça677, Ça678, Ça679, Ça680, Ça681, Ça682, Ça683, Ça684, Ça685, Ça686, Ça687, Ça688, Ça689, Ça690, Ça691, Ça692, Ça693, Ça694, Ça695, Ça696, Ça697, Ça698, Ça699, Ça700, Ça701, Ça702, Ça703, Ça704, Ça705, Ça706, Ça707, Ça708, Ça709, Ça710, Ça711, Ça712, Ça713, Ça714, Ça715, Ça716, Ça717, Ça718, Ça719, Ça720, Ça721, Ça722, Ça723, Ça724, Ça725, Ça726, Ça727, Ça728, Ça729, Ça730, Ça731, Ça732, Ça733, Ça734, Ça735, Ça736, Ça737, Ça738, Ça739, Ça740, Ça741, Ça742, Ça743, Ça744, Ça745, Ça746, Ça747, Ça748, Ça749, Ça750, Ça751, Ça752, Ça753, Ça754, Ça755, Ça756, Ça757, Ça758, Ça759, Ça760, Ça761, Ça762, Ça763, Ça764, Ça765, Ça766, Ça767, Ça768, Ça769, Ça770, Ça771, Ça772, Ça773, Ça774, Ça775, Ça776, Ça777, Ça778, Ça779, Ça780, Ça781, Ça782, Ça783, Ça784, Ça785, Ça786, Ça787, Ça788, Ça789, Ça790, Ça791, Ça792, Ça793, Ça794, Ça795, Ça796, Ça797, Ça798, Ça799, Ça800, Ça801, Ça802, Ça803, Ça804, Ça805, Ça806, Ça807, Ça808, Ça809, Ça810, Ça811, Ça812, Ça813, Ça814, Ça815, Ça816, Ça817, Ça818, Ça819, Ça820, Ça821, Ça822, Ça823, Ça824, Ça825, Ça826, Ça827, Ça828, Ça829, Ça830, Ça831, Ça832, Ça833, Ça834, Ça835, Ça836, Ça837, Ça838, Ça839, Ça840, Ça841, Ça842, Ça843, Ça844, Ça845, Ça846, Ça847, Ça848, Ça849, Ça850, Ça851, Ça852, Ça853, Ça854, Ça855, Ça856, Ça857, Ça858, Ça859, Ça860, Ça861, Ça862, Ça863, Ça864, Ça865, Ça866, Ça867, Ça868, Ça869, Ça870, Ça871, Ça872, Ça873, Ça874, Ça875, Ça876, Ça877, Ça878, Ça879, Ça880, Ça881, Ça882, Ça883, Ça884, Ça885, Ça886, Ça887, Ça888, Ça889, Ça890, Ça891, Ça892, Ça893, Ça894, Ça895, Ça896, Ça897, Ça898, Ça899, Ça900, Ça901, Ça902, Ça903, Ça904, Ça905, Ça906, Ça907, Ça908, Ça909, Ça910, Ça911, Ça912, Ça913, Ça914, Ça915, Ça916, Ça917, Ça918, Ça919, Ça920, Ça921, Ça922, Ça923, Ça924, Ça925, Ça926, Ça927, Ça928, Ça929, Ça930, Ça931, Ça932, Ça933, Ça934, Ça935, Ça936, Ça937, Ça938, Ça939, Ça940, Ça941, Ça942, Ça943, Ça944, Ça945, Ça946, Ça947, Ça948, Ça949, Ça950, Ça951, Ça952, Ça953, Ça954, Ça955, Ça956, Ça957, Ça958, Ça959, Ça960, Ça961, Ça962, Ça963, Ça964, Ça965, Ça966, Ça967, Ça968, Ça969, Ça970, Ça971, Ça972, Ça973, Ça974, Ça975, Ça976, Ça977, Ça978, Ça979, Ça980, Ça981, Ça982, Ça983, Ça984, Ça985, Ça986, Ça987, Ça988, Ça989, Ça990, Ça991, Ça992, Ça993, Ça994, Ça995, Ça996, Ça997, Ça998, Ça999, Ça1000, Ça1001, Ça1002, Ça1003, Ça1004, Ça1005, Ça1006, Ça1007, Ça1008, Ça1009, Ça1010, Ça1011, Ça1012, Ça1013, Ça1014, Ça1015, Ça1016, Ça1017, Ça1018, Ça1019, Ça1020, Ça1021, Ça1022, Ça1023, Ça1024, Ça1025, Ça1026, Ça1027, Ça1028, Ça1029, Ça1030, Ça1031, Ça1032, Ça1033, Ça1034, Ça1035, Ça1036, Ça1037, Ça1038, Ça1039, Ça1040, Ça1041, Ça1042, Ça1043, Ça1044, Ça1045, Ça1046, Ça1047, Ça1048, Ça1049, Ça1050, Ça1051, Ça1052, Ça1053, Ça1054, Ça1055, Ça1056, Ça1057, Ça1058, Ça1059, Ça1060, Ça1061, Ça1062, Ça1063, Ça1064, Ça1065, Ça1066, Ça1067, Ça1068, Ça1069, Ça1070, Ça1071, Ça1072, Ça1073, Ça1074, Ça1075, Ça1076, Ça1077, Ça1078, Ça1079, Ça1080, Ça1081, Ça1082, Ça1083, Ça1084, Ça1085, Ça1086, Ça1087, Ça1088, Ça1089, Ça1090, Ça1091, Ça1092, Ça1093, Ça1094, Ça1095, Ça1096, Ça1097, Ça1098, Ça1099, Ça1100, Ça1101, Ça1102, Ça1103, Ça1104, Ça1105, Ça1106, Ça1107, Ça1108, Ça1109, Ça1110, Ça1111, Ça1112, Ça1113, Ça1114, Ça1115, Ça1116, Ça1117, Ça1118, Ça1119, Ça1120, Ça1121, Ça1122, Ça1123, Ça1124, Ça1125, Ça1126, Ça1127, Ça1128, Ça1129, Ça1130, Ça1131, Ça1132, Ça1133, Ça1134, Ça1135, Ça1136, Ça1137, Ça1138, Ça1139, Ça1140, Ça1141, Ça1142, Ça1143, Ça1144, Ça1145, Ça1146, Ça1147, Ça1148, Ça1149, Ça1150, Ça1151, Ça1152, Ça1153, Ça1154, Ça1155, Ça1156, Ça1157, Ça1158, Ça1159, Ça1160, Ça1161, Ça1162, Ça1163, Ça1164, Ça1165, Ça1166, Ça1167, Ça1168, Ça1169, Ça1170, Ça1171, Ça1172, Ça1173, Ça1174, Ça1175, Ça1176, Ça1177, Ça1178, Ça1179, Ça1180, Ça1181, Ça1182, Ça1183, Ça1184, Ça1185, Ça1186, Ça1187, Ça1188, Ça1189, Ça1190, Ça1191, Ça1192, Ça1193, Ça1194, Ça1195, Ça1196, Ça1197, Ça1198, Ça1199, Ça1200, Ça1201, Ça1202, Ça1203, Ça1204, Ça1205, Ça1206, Ça1207, Ça1208, Ça1209, Ça1210, Ça1211, Ça1212, Ça1213, Ça1214, Ça1215, Ça1216, Ça1217, Ça1218, Ça1219, Ça1220, Ça1221, Ça1222, Ça1223, Ça1224, Ça1225, Ça1226, Ça1227, Ça1228, Ça1229, Ça1230, Ça1231, Ça1232, Ça1233, Ça1234, Ça1235, Ça1236, Ça1237, Ça1238, Ça1239, Ça1240, Ça1241, Ça1242, Ça1243, Ça1244, Ça1245, Ça1246, Ça1247, Ça1248, Ça1249, Ça1250, Ça1251, Ça1252, Ça1253, Ça1254, Ça1255, Ça1256, Ça1257, Ça1258, Ça1259, Ça1260, Ça1261, Ça1262, Ça1263, Ça1264, Ça1265, Ça1266, Ça1267, Ça1268, Ça1269, Ça1270, Ça1271, Ça1272, Ça1273, Ça1274, Ça1275, Ça1276, Ça1277, Ça1278, Ça1279, Ça1280, Ça1281, Ça1282, Ça1283, Ça1284, Ça1285, Ça1286, Ça1287, Ça1288, Ça1289, Ça1290, Ça1291, Ça1292, Ça1293, Ça1294, Ça1295, Ça1296, Ça1297, Ça1298, Ça1299, Ça1300, Ça1301, Ça1302, Ça1303, Ça1304, Ça1305, Ça1306, Ça1307, Ça1308, Ça1309, Ça1310, Ça1311, Ça1312, Ça1313, Ça1314, Ça1315, Ça1316, Ça1317, Ça1318, Ça1319, Ça1320, Ça1321, Ça1322, Ça1323, Ça1324, Ça1325, Ça1326, Ça1327, Ça1328, Ça1329, Ça1330, Ça1331, Ça1332, Ça1333, Ça1334, Ça1335, Ça1336, Ça1337, Ça1338, Ça1339, Ça1340, Ça1341, Ça1342, Ça1343, Ça1344, Ça1345, Ça1346, Ça1347, Ça1348, Ça1349, Ça1350, Ça1351, Ça1352, Ça1353, Ça1354, Ça1355, Ça1356, Ça1357, Ça1358, Ça1359, Ça1360, Ça1361, Ça1362, Ça1363, Ça1364, Ça1365, Ça1366, Ça1367, Ça1368, Ça1369, Ça1370, Ça1371, Ça1372, Ça1373, Ça1374, Ça1375, Ça1376, Ça1377, Ça1378, Ça1379, Ça1380, Ça1381, Ça1382, Ça1383, Ça1384, Ça1385, Ça1386, Ça1387, Ça1388, Ça1389, Ça1390, Ça1391, Ça1392, Ça1393, Ça1394, Ça1395, Ça1396, Ça1397, Ça1398, Ça1399, Ça1400, Ça1401, Ça1402, Ça1403, Ça1404, Ça1405, Ça1406, Ça1407, Ça1408, Ça1409, Ça1410, Ça1411, Ça1412, Ça1413, Ça1414, Ça1415, Ça1416, Ça1417, Ça1418, Ça1419, Ça1420, Ça1421, Ça1422, Ça1423, Ça1424, Ça1425, Ça1426, Ça1427, Ça1428, Ça1429, Ça1430, Ça1431, Ça1432, Ça1433, Ça1434, Ça1435, Ça1436, Ça1437, Ça1438, Ça1439, Ça1440, Ça1441, Ça1442, Ça1443, Ça1444, Ça1445, Ça1446, Ça1447, Ça1448, Ça1449, Ça1450, Ça1451, Ça1452, Ça1453, Ça1454, Ça1455, Ça1456, Ça1457, Ça1458, Ça1459, Ça1460, Ça1461, Ça1462, Ça1463, Ça1464, Ça1465, Ça1466, Ça1467, Ça1468, Ça1469, Ça1470, Ça1471, Ça1472, Ça1473, Ça1474, Ça1475, Ça1476, Ça1477, Ça1478, Ça1479, Ça1480, Ça1481, Ça1482, Ça1483, Ça1484, Ça1485, Ça1486, Ça1487, Ça1488, Ça1489, Ça1490, Ça1491, Ça1492, Ça1493, Ça1494, Ça1495, Ça1496, Ça1497, Ça1498, Ça1499, Ça1500, Ça1501, Ça1502, Ça1503, Ça1504, Ça1505, Ça1506, Ça1507, Ça1508, Ça1509, Ça1510, Ça1511, Ça1512, Ça1513, Ça1514, Ça1515, Ça1516, Ça1517, Ça1518, Ça1519, Ça1520, Ça1521, Ça1522, Ça1523, Ça1524, Ça1525, Ça1526, Ça1527, Ça1528, Ça1529, Ça1530, Ça1531, Ça1532, Ça1533, Ça1534, Ça1535, Ça1536, Ça1537, Ça1538, Ça1539, Ça1540, Ça1541, Ça1542, Ça1543, Ça1544, Ça1545, Ça1546, Ça1547, Ça1548, Ça1549, Ça1550, Ça1551, Ça1552, Ça1553, Ça1554, Ça1555, Ça1556, Ça1557, Ça1558, Ça1559, Ça1560, Ça1561, Ça1562, Ça1563, Ça1564, Ça1565, Ça1566, Ça1567, Ça1568, Ça1569, Ça1570, Ça1571, Ça1572, Ça1573, Ça1574, Ça1575, Ça1576, Ça1577, Ça1578, Ça1579, Ça1580, Ça1581, Ça1582, Ça1583, Ça1584, Ça1585, Ça1586, Ça1587, Ça1588, Ça1589, Ça1590, Ça1591, Ça1592, Ça1593, Ça1594, Ça1595, Ça1596, Ça1597, Ça1598, Ça1599, Ça1600, Ça1601, Ça1602, Ça1603, Ça1604, Ça1605, Ça1606, Ça1607, Ça1608, Ça1609, Ça1610, Ça1611, Ça1612, Ça1613, Ça1614, Ça1615, Ça1616, Ça1617, Ça1618, Ça1619, Ça1620, Ça1621, Ça1622, Ça1623, Ça1624, Ça1625, Ça1626, Ça1627, Ça1628, Ça1629, Ça1630, Ça1631, Ça1632, Ça1633, Ça1634, Ça1635, Ça1636, Ça1637, Ça1638, Ça1639, Ça1640, Ça1641, Ça1642, Ça1643, Ça1644, Ça1645, Ça1646, Ça1647, Ça1648, Ça1649, Ça1650, Ça1651, Ça1652, Ça1653, Ça1654, Ça1655, Ça1656, Ça1657, Ça1658, Ça1659, Ça1660, Ça1661, Ça1662, Ça1663, Ça1664, Ça1665, Ça1666, Ça1667, Ça1668, Ça1669, Ça1670, Ça1671, Ça1672, Ça1673, Ça1674, Ça1675, Ça1676, Ça1677, Ça1678, Ça1679, Ça1680, Ça1681, Ça1682, Ça1683, Ça1684, Ça1685, Ça1686, Ça1687, Ça1688, Ça1689, Ça1690, Ça1691, Ça1692, Ça1693, Ça1694, Ça1695, Ça1696, Ça1697, Ça1698, Ça1699, Ça1700, Ça1701, Ça1702, Ça1703, Ça1704, Ça1705, Ça1706, Ça1707, Ça1708, Ça1709, Ça1710, Ça1711, Ça1712, Ça1713, Ça1714, Ça1715, Ça1716, Ça1717, Ça1718, Ça1719, Ça1720, Ça1721, Ça1722, Ça1723, Ça1724, Ça1725, Ça1726, Ça1727, Ça1728, Ça1729, Ça1730, Ça1731, Ça1732, Ça1733, Ça1734, Ça1735, Ça1736, Ça1737, Ça1738, Ça1739, Ça1740, Ça1741, Ça1742, Ça1743, Ça1744, Ça1745, Ça1746, Ça1747, Ça1748, Ça1749, Ça1750, Ça1751, Ça1752, Ça1753, Ça1754, Ça1755, Ça1756, Ça1757, Ça1758, Ça1759, Ça1760, Ça1761, Ça1762, Ça1763, Ça1764, Ça1765, Ça1766, Ça1767, Ça1768, Ça1769, Ça1770, Ça1771, Ça1772, Ça1773, Ça1774, Ça1775, Ça1776, Ça1777, Ça1778, Ça1779, Ça1780, Ça1781, Ça1782, Ça1783, Ça1784, Ça1785, Ça1786, Ça1787, Ça1788, Ça1789, Ça1790, Ça1791, Ça1792, Ça1793, Ça1794, Ça1795, Ça1796, Ça1797, Ça1798, Ça1799, Ça1800, Ça1801, Ça1802, Ça1803, Ça1804, Ça1805, Ça1806, Ça1807, Ça1808, Ça1809, Ça1810, Ça1811, Ça1812, Ça1813, Ça1814, Ça1815, Ça1816, Ça1817, Ça1818, Ça1819, Ça1820, Ça1821, Ça1822, Ça1823, Ça1824, Ça1825, Ça1826, Ça1827, Ça1828, Ça1829, Ça1830, Ça1831, Ça1832, Ça1833, Ça1834, Ça1835, Ça1836, Ça1837, Ça1838, Ça1839, Ça1840, Ça1841, Ça1842, Ça1843, Ça1844, Ça1845, Ça1846, Ça1847, Ça1848, Ça1849, Ça1850, Ça1851, Ça1852, Ça1853, Ça1854, Ça1855, Ça1856, Ça1857, Ça1858, Ça1859, Ça1860, Ça1861, Ça1862, Ça1863, Ça1864, Ça1865, Ça1866, Ça1867, Ça1868, Ça1869, Ça1870, Ça1871, Ça1872, Ça1873, Ça1874, Ça1875, Ça1876, Ça1877, Ça1878, Ça1879, Ça1880, Ça1881, Ça1882, Ça1883, Ça1884, Ça1885, Ça1886, Ça1887, Ça1888, Ça1889, Ça1890, Ça1891		

4.1 Landsat ve MODIS Görüntülerinin Ön İşlenmesi

Bu çalışmada, uydu görüntülerinin ön işlenmesi ENVI 4.8 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Landsat ve MODIS uydu görüntüleri tek bant olarak indirilmiş ve bant birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Landsat-7 ETM+ uydu görüntülerinde bulunan tarama hataları (destripe error) ENVI 4.8 programı Landsat Gap-Fill modülü kullanılarak her bir bant için ayrı ayrı düzeltilmiştir. Ek olarak, sinüsoidal projeksiyonda olan MODIS uydu görüntüleri UTM Koordinat Sistemi WGS-84 Datumuna dönüştürülerek en yakın komşuluk yöntemi ile yeniden örneklenmiştir.

4.1.1 Uydu görüntülerinin geometrik düzeltilmesi

Uydu görüntüleri, sistematik ve sistematik olmayan olmak üzere iki tür geometrik hata içerirler. Sistematik hatalar platform efemeris verileri ve iç algılayıcı distorsiyon bilgileri kullanılarak düzeltilebilir (Saroğlu v.d, 2005). Sistematik olmayan hatalar ise görüntü üzerinde kolayca ayırt edilebilen yer kontrol noktaları ve bu noktaların koordinatları arasında oluşturulan matematiksel bağıntılar yardımıyla giderilir (Jensen v.d, 1996).

Bu çalışmada, Landsat 7 ETM + uydu görüntüleri optik bantlarının atmosferik düzeltilmesi işlemi açık kaynak kodlu bir yazılım olan Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System (LEDAPS) kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım, atmosferik düzeltme için gerekli olan parametreleri National Centers for Environmental Prediction (NCEP) merkezinden alarak, her bir görüntü için işlemekte ve daha sonra aynı mekânsal çözünürlükte yeniden örneklemektedir. Böylece, orijinal LANDSAT sayısal değerleri girdi olarak alınarak atmosferik düzeltilmesi yapılmakta ve kullanıcıya çıktı olarak verilmektedir (Vlassova v.d, 2014).

Çalışmada ele alınan üç yangına ait 34 adet Landsat 7 ETM + uydu görüntüsünün atmosferik düzeltme işlemi bu şekilde gerçekleştirildi.

4.2 Tek Zamanlı Analiz

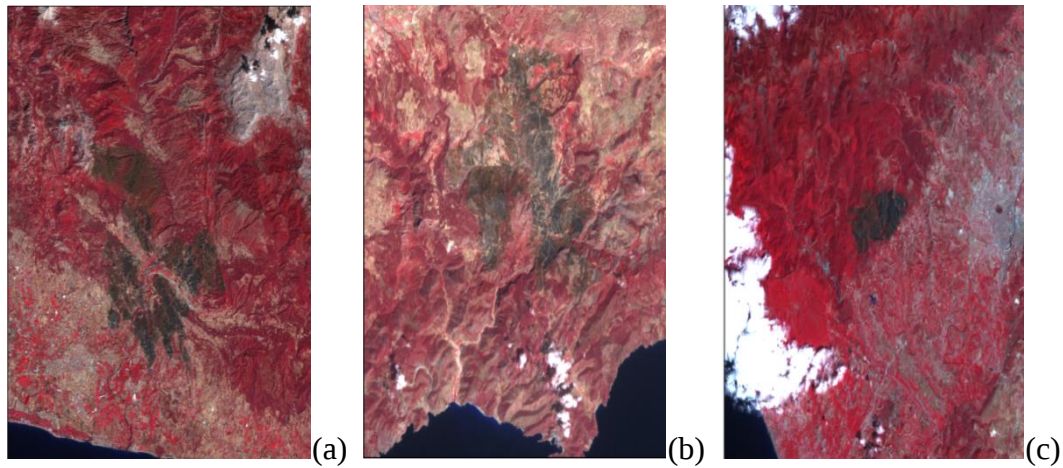
Bu analiz, Landsat ve MODIS yangın sonrası uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, çok zamanlı analizlerde de kullanılacak görüntüler kullanılarak yanan alanların nerelerde olduğu hakkında fikir sahibi olunmuştur.

4.2.1 Yanan alan tespiti için uygun bant seçimi

Uydu görüntüleri kullanımında görsel yorumlama büyük önem arz etmektedir. Yanan alanları tespit etmek amacıyla, en uygun bant kombinasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda, literatürde en çok kullanılan iki bant kombinasyonu tercih edilmiştir.

İlk olarak; yakın kızıl ötesi, kırmızı ve yeşil bant kullanılarak oluşturulan bant kombinasyonu (4-3-2) kullanılmıştır. Bu bant kombinasyonu; vejetasyon çalışmaları, bitki büyümesi izlenmesi vb. uygulamalarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

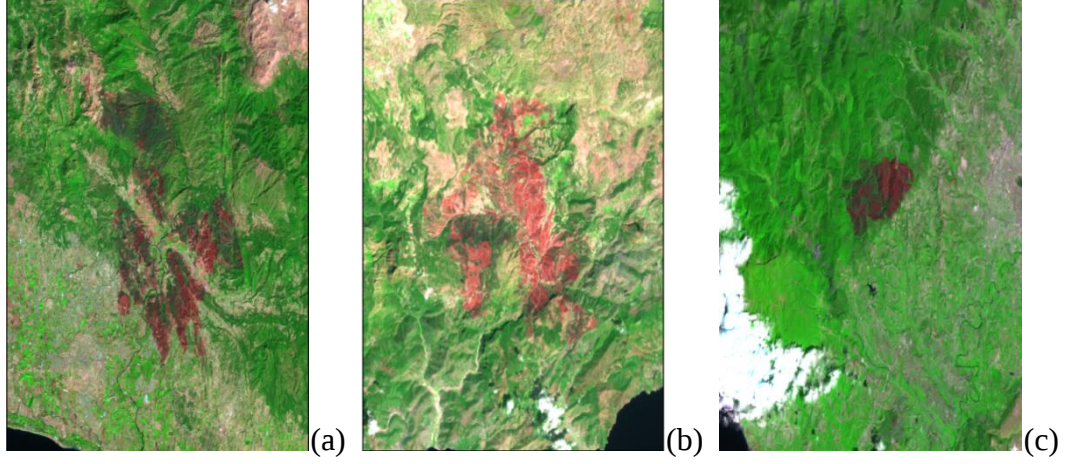
Yanan alanlara ait yanlış renkli bant kombinasyonlu (4-3-2) Landsat 7 ETM + uydu görüntüleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : (a) Antalya-Taşagöl Yangını, (b) Mersin-Gülnar Yangını, (c) Hatay-Samandağ Yangını.

Bulut, kar ve buzlar beyaz renkte, sular koyu renkte, vejetasyon ve ekili alanlar yeşil renkte ve yanan alanlar kırmızı renkte gözükmetedirlerBulut, kar ve buzlar beyaz renkte, sular koyu renkte, yerleşim yerleri açık mavi renkte, vejetasyon ve ekili alanlar koyu kırmızı renkte ve yanan alanlar koyu gri renkte gözükmetedirler.

İkinci olarak; kısa dalga kızıl ötesi, yakın kızıl ötesi ve kırmızı bant kullanılarak oluşturulan bant kombinasyonu (7-4-3) kullanılmıştır. Bu bant kombinasyonu; yangın yönetimi, tarım vb. uygulamalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Yanan alanlara ait yanlış renkli bant kombinasyonlu (7-4-3) Landsat 7 ETM + uydu görüntüleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



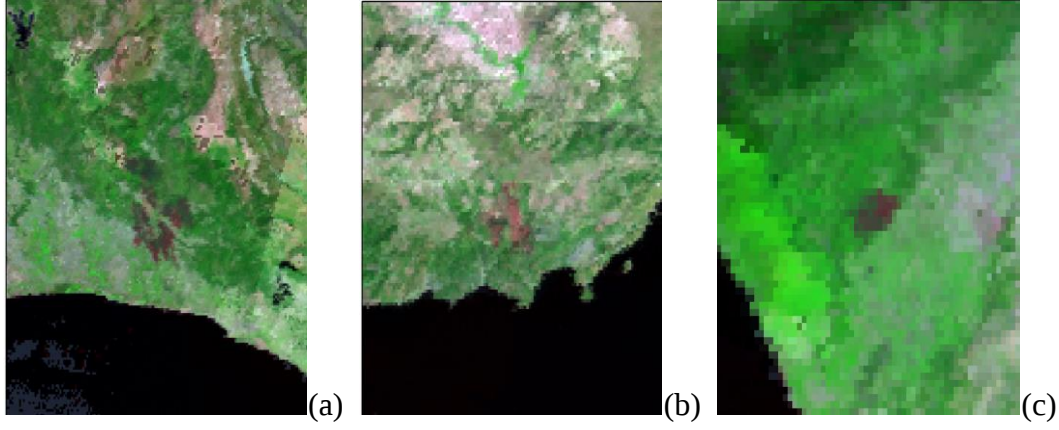
Şekil 4.3 : (a) Antalya-Taşagil Yangını, (b) Mersin-Gülnar Yangını, (c) Hatay-Samandağ Yangını.

Bulut, kar ve buzlar beyaz renkte, sular koyu renkte, yerleşim yerleri açık mor renkte, vejetasyon ve ekili alanlar yeşil renkte ve yanan alanlar kırmızı renkte gözükmektedirler.

Görsel yorumlamaya dayalı olarak yapılan bu detaylı çalışmalardan sonra, 7-4-3 bant kombinasyonunun orman yangın alanları tespitinde daha başarılı sonuçlar verdiği saptanmıştır.

MODIS uydu görüntüleri yorumlamasında ise Landsat 7-4-3 bant kombinasyonuna eşdeğer olarak kabul edilen 7-2-1 bant kombinasyonu kullanılmıştır. Yanan alan tespitinde kullanılan birçok çalışmada, MODIS görüntüleri için en uygun bant kombinasyonunun 7-2-1 olduğu ifade edilmiştir (Oliva v.d, 2007, Gomez v.d, 2008).

Çalışma alanlarına ait yanlış renkli bant kombinasyonlu (7-2-1) MODIS görüntüleri Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : (a) Antalya-Taşagil Yangını, (b) Mersin-Gulnar Yangını, (c) Hatay-Samandağ Yangını.

Bulut, kar ve buzlar beyaz renkte, sular koyu renkte, vejetasyon ve ekili alanlar yeşil renkte ve yanan alanlar kırmızı renkte gözükmetedirler.

4.3 Çok Zamanlı Analiz

Bu çalışmada, Antalya Taşagil, Mersin-Gulnar ve Hatay-Samandağ yangınlarına ait Landsat 7 ETM + ve MODIS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yangın öncesi ve yangın sonrası uydu görüntüleri indisleri kullanarak sonuçlar kıyaslanmıştır. Yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüleri mümkün olduğunca yangın tarihlerine yakın alınmıştır.

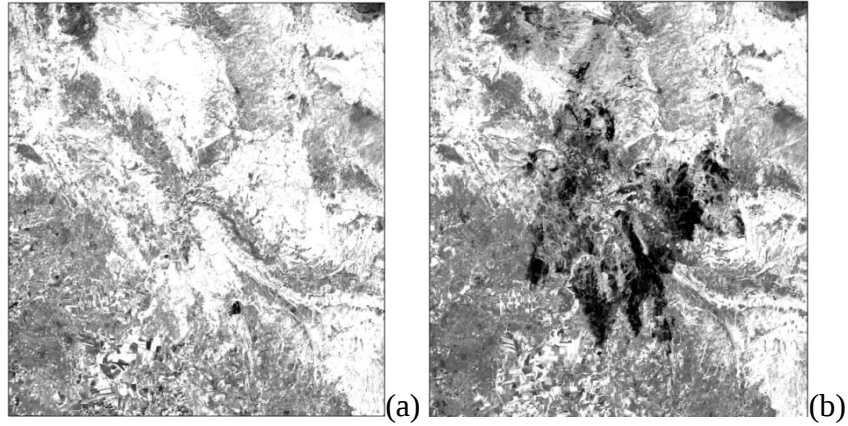
4.3.1 Yangın öncesi ve yangın sonrası görüntü indislerinin karşılaştırılması

İlk olarak Orman Genel Müdürlüğü yangın sicil fişi kayıtlarına göre 31° 10' 04" Doğu ve 37° 03' 25" Kuzey koordinatlarında meydana gelen ve 15 794 ha ormanın yandığı Antalya-Taşagil yangını ele alınmıştır. Yangın öncesi Landsat 7 ETM + NBR indisi görüntüsü (10 Temmuz 2008) ve yangın sonrası Landsat 7 ETM + NBR görüntüsü (12 Eylül 2008) elde edilmiştir.

$$NBR = \frac{Landsat\ Band\ 4 - Landsat\ Band\ 7}{Landsat\ Band\ 4 + Landsat\ Band\ 7} \quad (4.1)$$

Bu işlem esnasında, atmosferik etkilerden en az etkilenen ve yanan alan tespitinde daha hassas olan yakın kızıl ötesi bant (4) ve kısa dalga kızıl ötesi bant (7)

kullanılmıştır. Şekil 4.5’de yangın öncesi Landsat 7 ETM + NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası Landsat 7 ETM+ NBR indisi görüntüsü yer almaktadır.

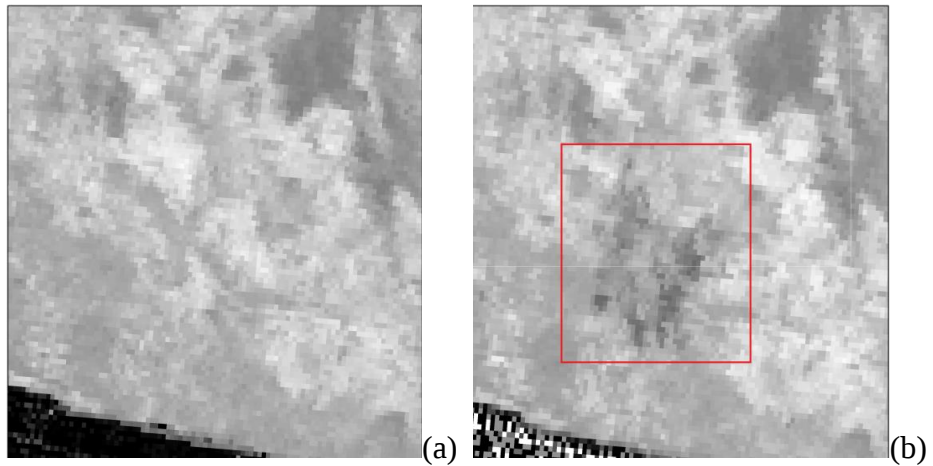


Şekil 4.5 : (a) Antalya-Taşagil Yangını Landsat 7 ETM + yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Antalya-Taşagil Yangını Landsat 7 ETM + yangın sonrası NBR görüntüsü.

Aynı işlem, yangın öncesi MODIS NBR indisi görüntüsü (19 Temmuz 2008) ve yangın sonrası MODIS NBR görüntüsü (12 Ağustos 2008) içinde aynı şekilde gerçekleştirilmiştir.

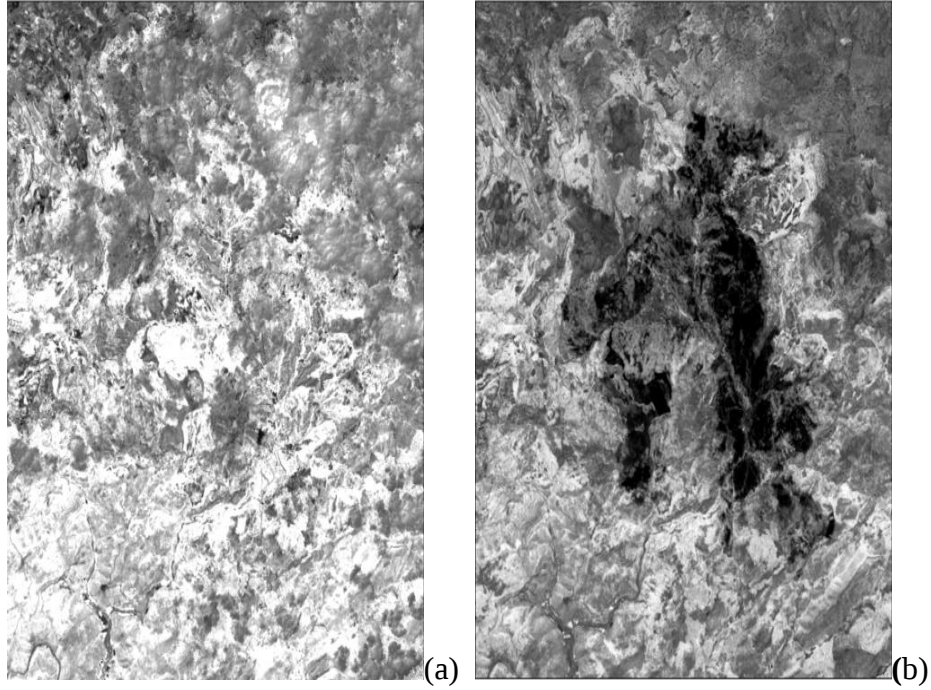
$$NBR = \frac{MODIS\ Band\ 2 - MODIS\ Band\ 7}{MODIS\ Band\ 2 + MODIS\ Band\ 7} \quad (4.2)$$

Şekil 4.6’da yangın öncesi MODIS NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası MODIS NBR indisi görüntüsü yer almaktadır.

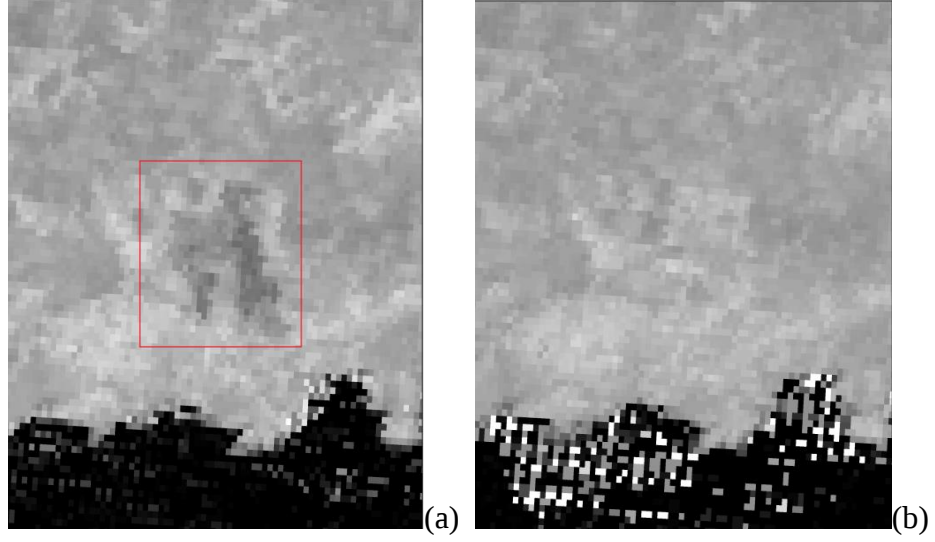


Şekil 4.6 : (a) Antalya-Taşagil Yangını MODIS yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Antalya-Taşagil Yangını MODIS yangın sonrası NBR görüntüsü.

İkinci olarak Orman Genel Müdürlüğü yangın sicil fişi kayıtlarına göre 33° 30' 00" Doğu ve 36° 16' 25" Kuzey koordinatlarında meydana gelen ve 5037 ha ormanın yandığı Mersin-Gülnar yangını ele alınmıştır. Yangın öncesi Landsat 7 ETM + NBR indisi görüntüsü (7 Nisan 2008) ve yangın sonrası Landsat 7 ETM + NBR görüntüsü (14 Eylül 2008) elde edilmiştir. Şekil 4.7'de yangın öncesi Landsat 7 ETM + NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası Landsat 7ETM + NBR indisi görüntüsü yer almaktadır. Aynı işlem, yangın öncesi MODIS NBR indisi görüntüsü (3 Temmuz 2008) ve yangın sonrası MODIS NBR görüntüsü (5 Eylül 2008) içinde aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.8'de yangın öncesi MODIS NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası MODIS NBR indisi görüntüsü yer almaktadır.

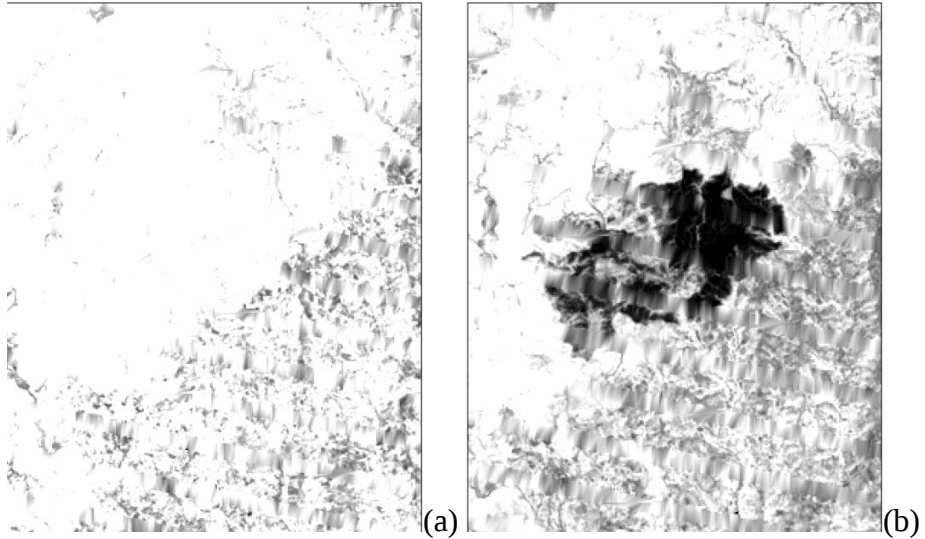


Şekil 4.7 : (a) Mersin-Gülnar Yangını Landsat 7 ETM + yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Mersin-Gülnar Yangını Landsat 7 ETM + yangın sonrası NBR görüntüsü.



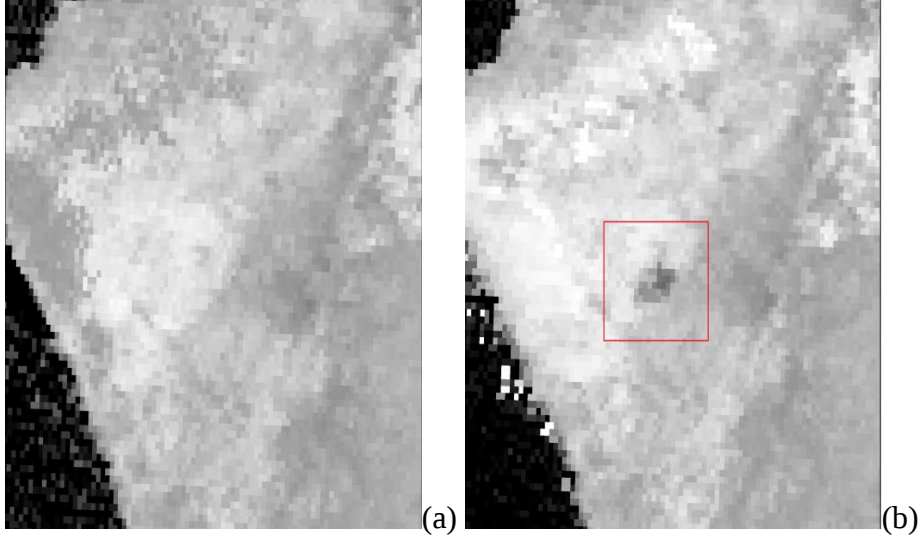
Şekil 4.8 : (a) Mersin-Gülnar Yangını MODIS yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Mersin-Gülnar Yangını MODIS yangın sonrası NBR görüntüsü.

Üçüncü olarak Orman Genel Müdürlüğü yangın sicil fişi kayıtlarına göre $36^{\circ} 01' 22''$ Doğu ve $36^{\circ} 12' 09''$ Kuzey koordinatlarında meydana gelen ve 988 ha ormanın yandığı Hatay-Taşağıl yangını ele alınmıştır. Yangın öncesi Landsat NBR indisi görüntüsü (7 Haziran 2012) ve yangın sonrası Landsat NBR görüntüsü (26 Ağustos 2012) elde edilmiştir. Şekil 4.9’da yangın öncesi Landsat NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası Landsat NBR indisi görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.9 : (a) Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Hatay- Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + yangın sonrası NBR görüntüsü.

Aynı işlem, yangın öncesi Modis NBR indisi görüntüsü (3 Temmuz 2008) ve yangın sonrası Modis NBR görüntüsü (5 Eylül 2008) içinde aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.10'da yangın öncesi Modis NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası Modis NBR indisi görüntüsü yer almaktadır. Aynı işlem, yangın öncesi Modis NBR indisi görüntüsü (3 Temmuz 2008) ve yangın sonrası Modis NBR görüntüsü (5 Eylül 2008) içinde aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.10'da yangın öncesi Modis NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası Modis NBR indisi görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.10 : (a) Hatay- Samandağ Yangını MODIS yangın öncesi NBR görüntüsü, (b) Hatay- Samandağ Yangını MODIS yangın sonrası NBR görüntüsü.

Böylelikle, çok zamanlı Landsat 7 ETM + ve MODIS uydu görüntüleri kullanılarak, yanan alan tespitinde nasıl sonuçlar verdikleri test edilmiştir.

4.3.2 Yanma şiddeti tespit analizi

Çalışma kapsamında ele alınan yangınlarda, yanma şiddetini belirleme işlemi MODIS ve Landsat 7 ETM + görüntüleri ile mekansal otokorelasyon teknikleri birlikte kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yanma şiddeti tespiti, yangın öncesi NBR indisi görüntüsü ve yangın sonrası NBR indisi görüntüsü farkı alınarak elde edilen dNBR indisi ile 7 farklı kategoriye ayrılarak USGS- FIREMON standartlarına göre belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen dNBR indisi görüntüleri lokal Moran's I ve Getis-Ord Lokal Gi tekniklerinde işleme yoğunluk olarak katılmış ve yanma şiddeti tespiti bu kez mekansal otokorelasyon teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Bu işlem ENVI 4.7 yazılımı kullanılarak otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. İşlem aşamasında Lanorte v.d

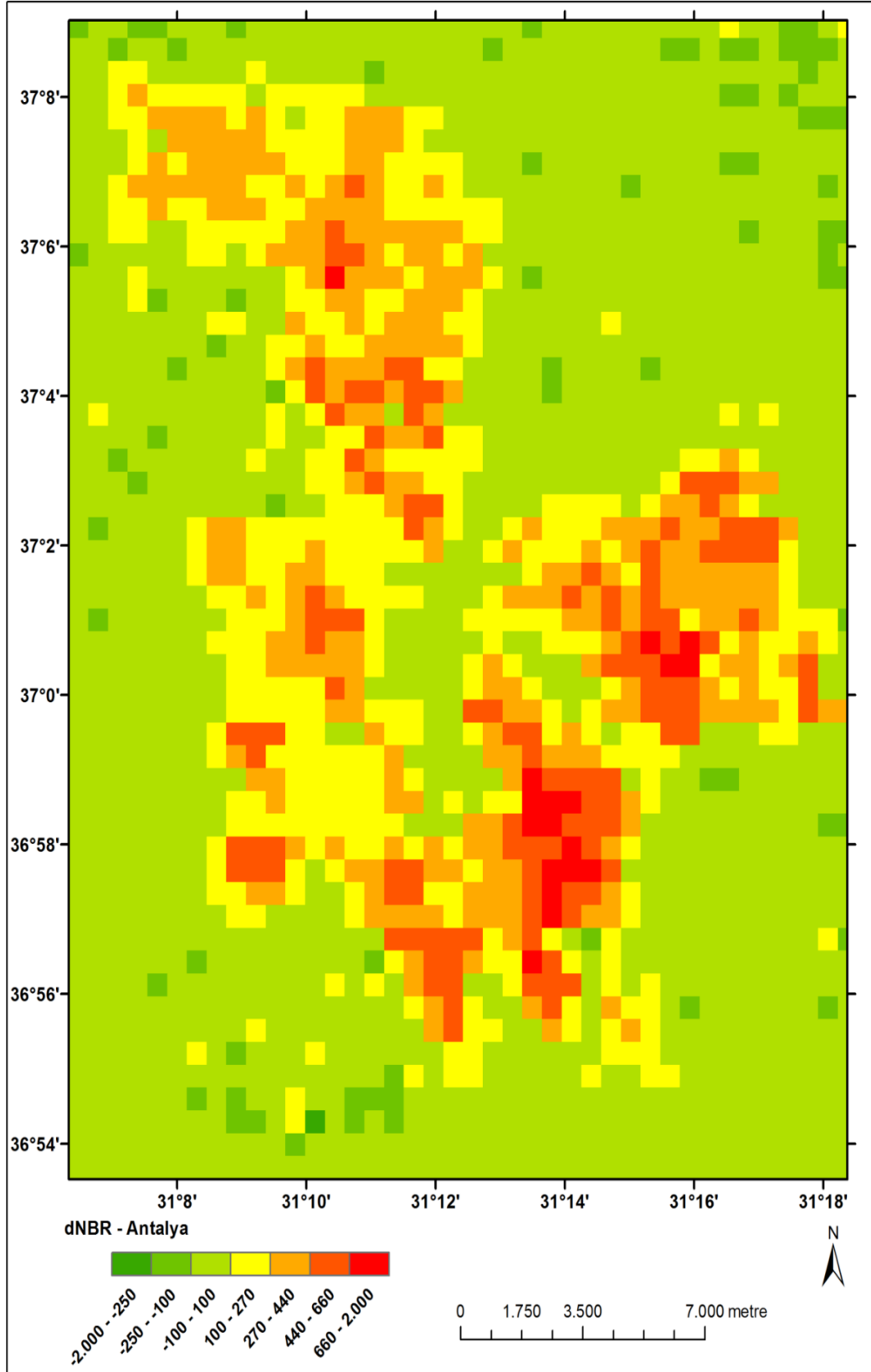
(2007) tarafından yapılan çalışma esas alınarak, ele alınan pikselin sekiz köşesinde bulunan pikselleri hesaba katan Queen's komşuluk yöntemi seçilmiştir. Daha sonra gene aynı şekilde Lanorte v.d (2007) tarafından yapılan çalışma esas alınarak, lokal Moran's I tekniğinde yanan alana ait minumum ve maksimum değerler belirlenerek 7 eşit sınıfa bölünmüş ve yanma şiddeti kategorileri belirlenmiştir. Getis-Ord lokal Gi tekniği yanma şiddeti kategorileri ise doğal aralık sınıflandırma yöntemi seçilerek 7 farklı kategoride ifade edilmiştir.

Elde edilen Antalya-Taşagıl yangını MODIS dNBR görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda 20 479 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, yanan alanın güney, doğu ve kuzey bölümlerinin orta-yüksek yanma şiddetinde, batı bölümünün ise düşük-orta yanma şiddetinde olduğu görülmektedir. Antalya-Taşagıl yangınına ait oluşturulan MODIS dNBR tematik haritası Şekil 4.11'de yer almaktadır.

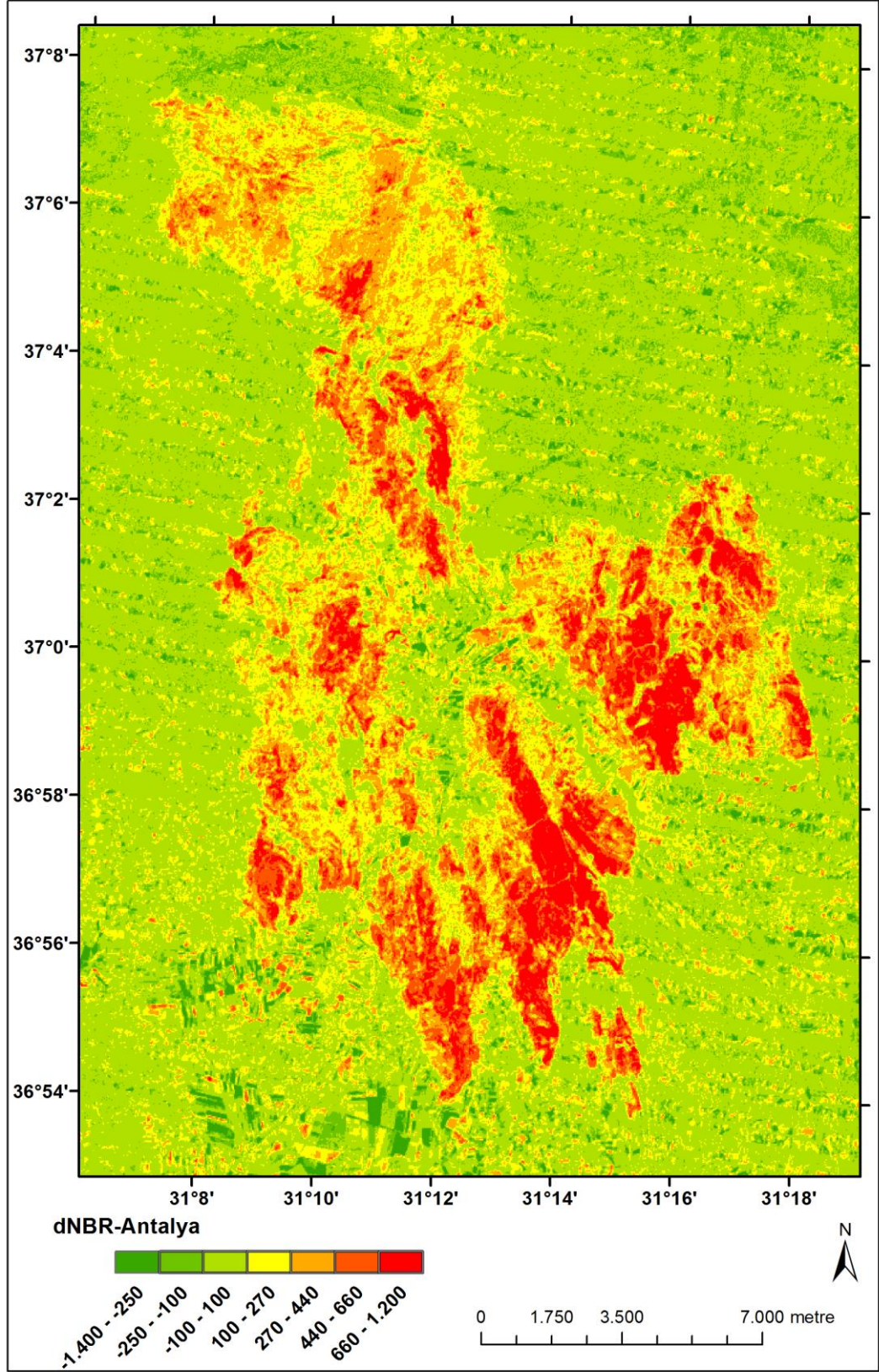
Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 16 996 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, MODIS dNBR görüntüleri ile elde edilen yanma şiddeti haritasına benzer bir yapıyla karşılaşılmıştır. Antalya-Taşagıl yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + dNBR tematik haritası Şekil 4.12'de yer almaktadır.

Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + lokal Moran's I görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 12 212 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, yanan alan ve yanma şiddeti tespitinin zayıf kaldığı ve istenen sonucu veremediği görülmüştür. Antalya-Taşagıl yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + lokal Moran's I tematik haritası Şekil 4.13'de yer almaktadır.

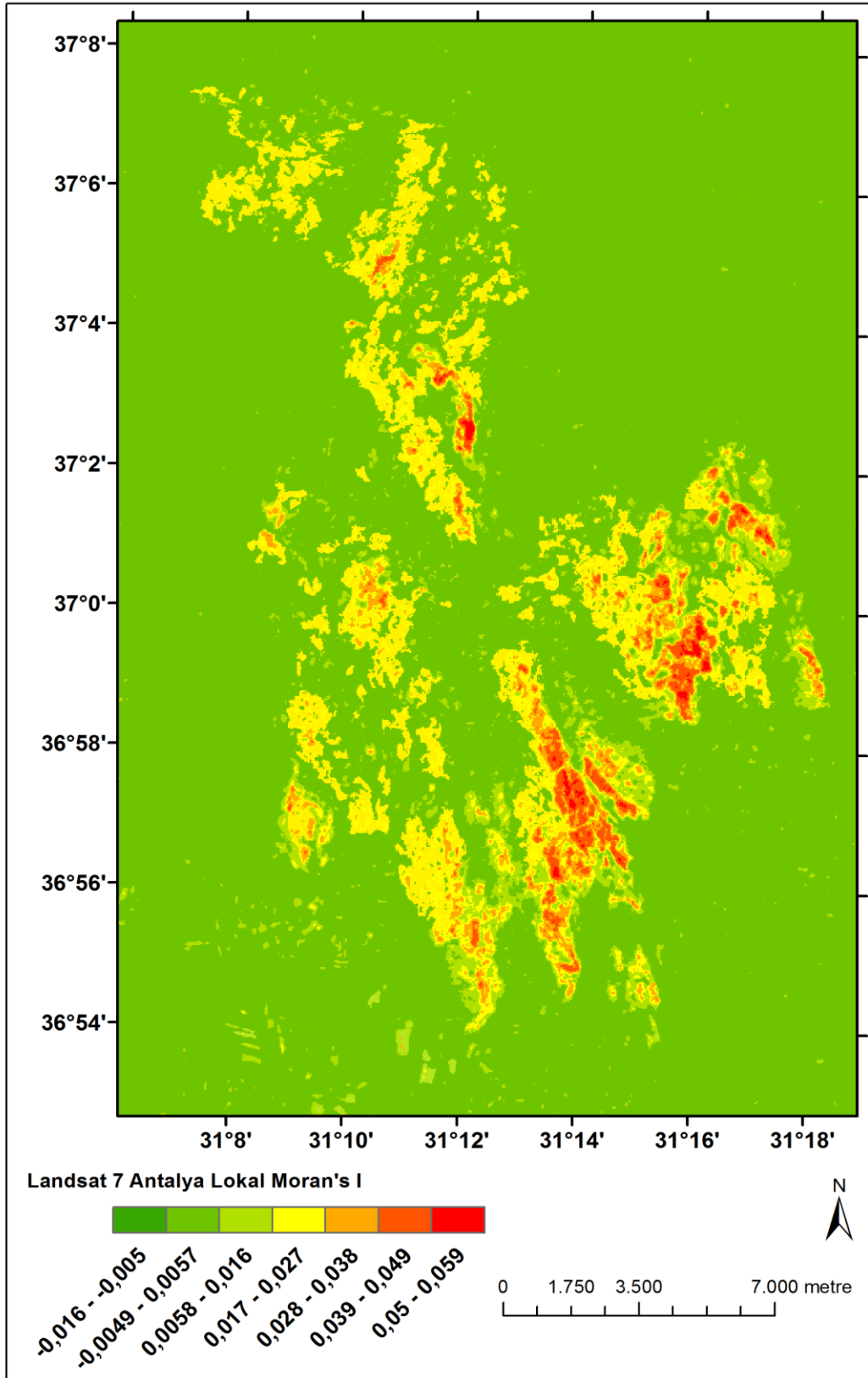
Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 15 242 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, OGM yanan alan miktarı verisine en yakın doğruluk veren sonuca ulaşılmıştır. Antalya-Taşagıl yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi tematik haritası Şekil 4.14'de yer almaktadır.



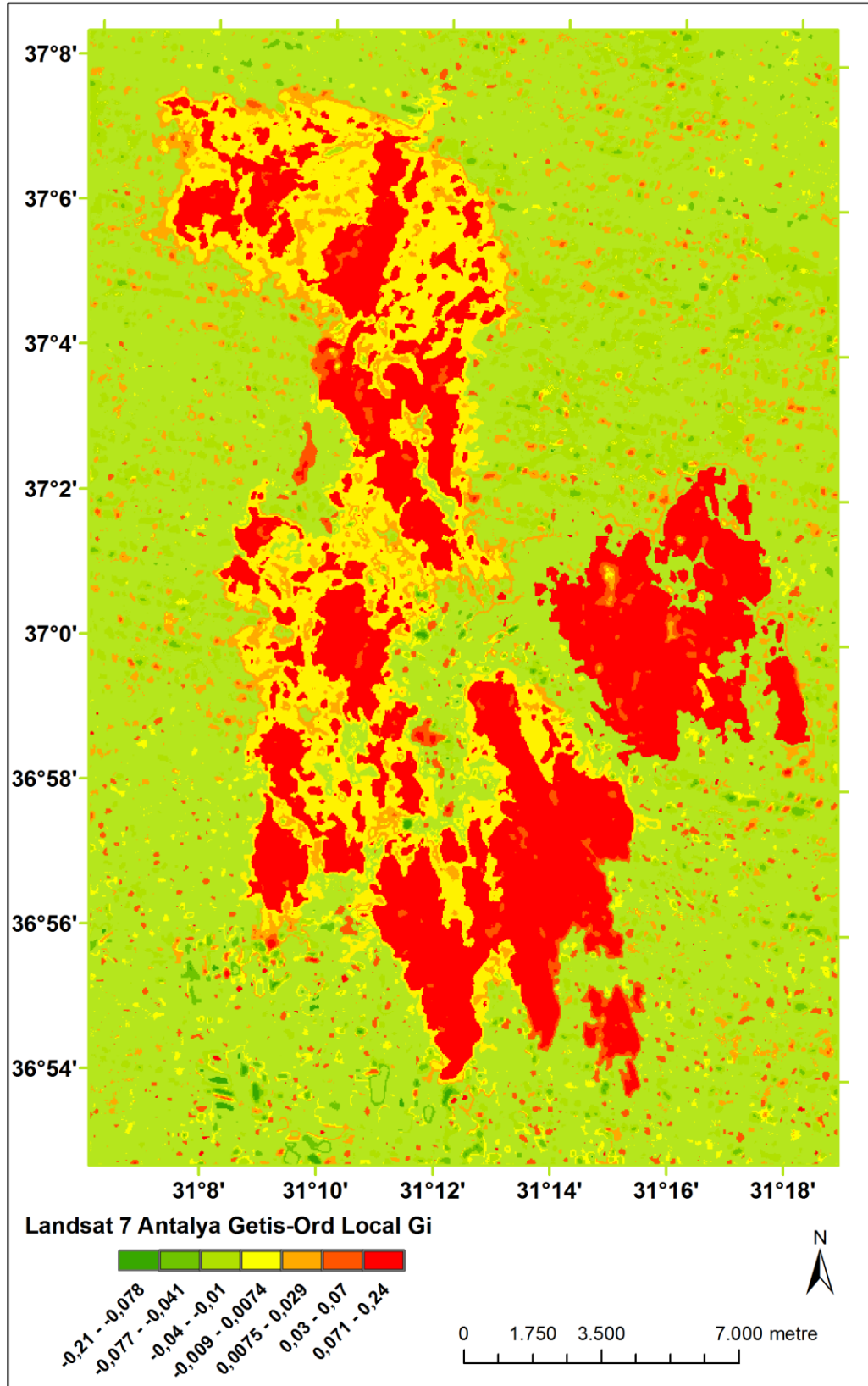
Şekil 4.11 : Antalya-Taşagil Yangını MODIS dNBR yanma şiddeti



Şekil 4.12 : Antalya-Taşagil Yangını Landsat Yanma Şiddeti



Şekil 4.13 : Antalya-Taşagil Yangını Landsat 7 ETM + Lokal Moran's I Yanma Şiddeti



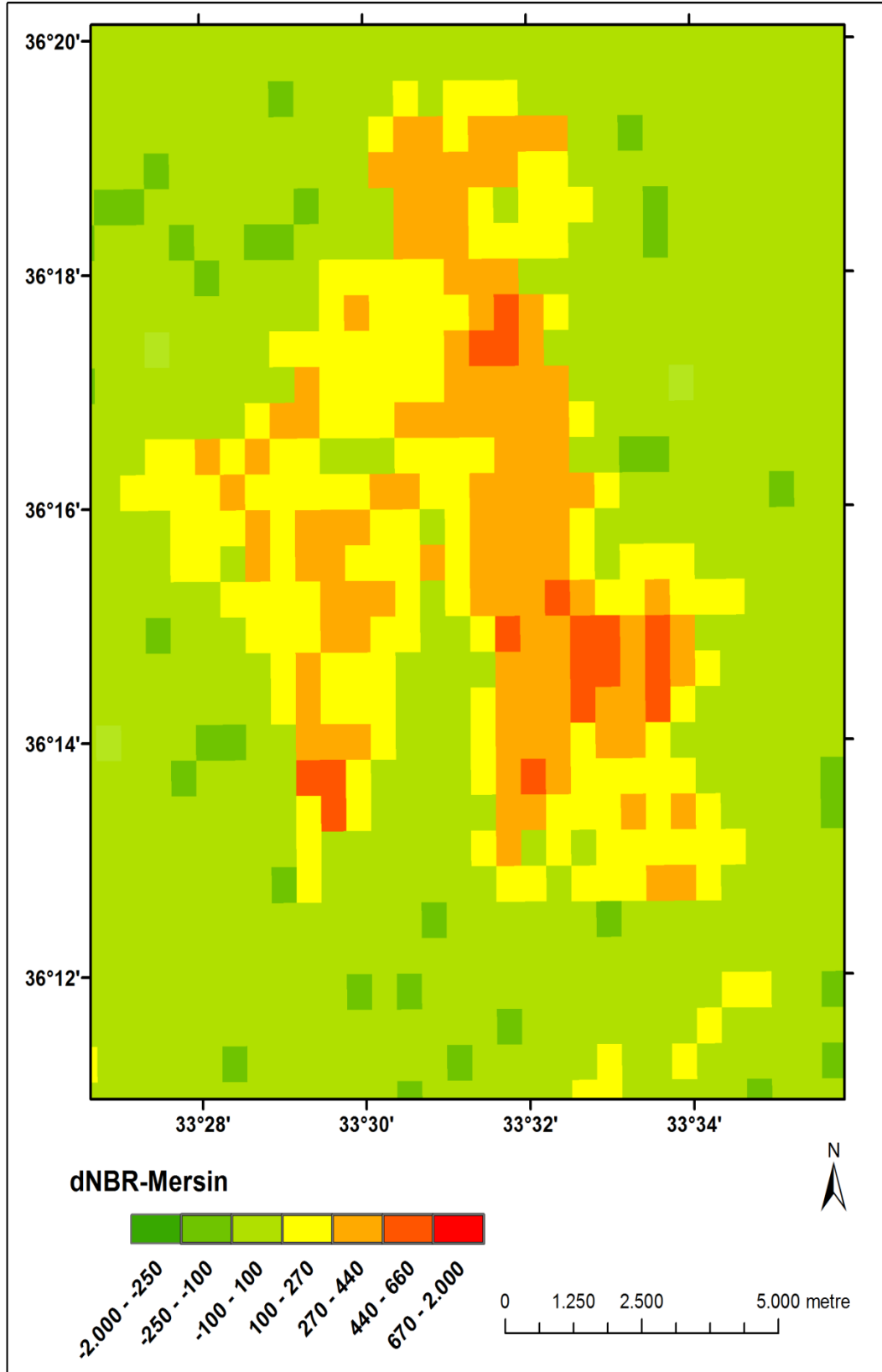
Şekil 4.14 : Antalya-Taşagil Yangını Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi Yanma Şiddeti

Elde edilen Mersin – Gülnar yangını MODIS dNBR görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda 7812 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, yangının genel olarak düşük-orta yanma şiddetinde bir yangın olduğu görülmektedir. Mersin – Gülnar yangınına ait oluşturulan MODIS dNBR tematik haritası Şekil 4.15’de yer almaktadır.

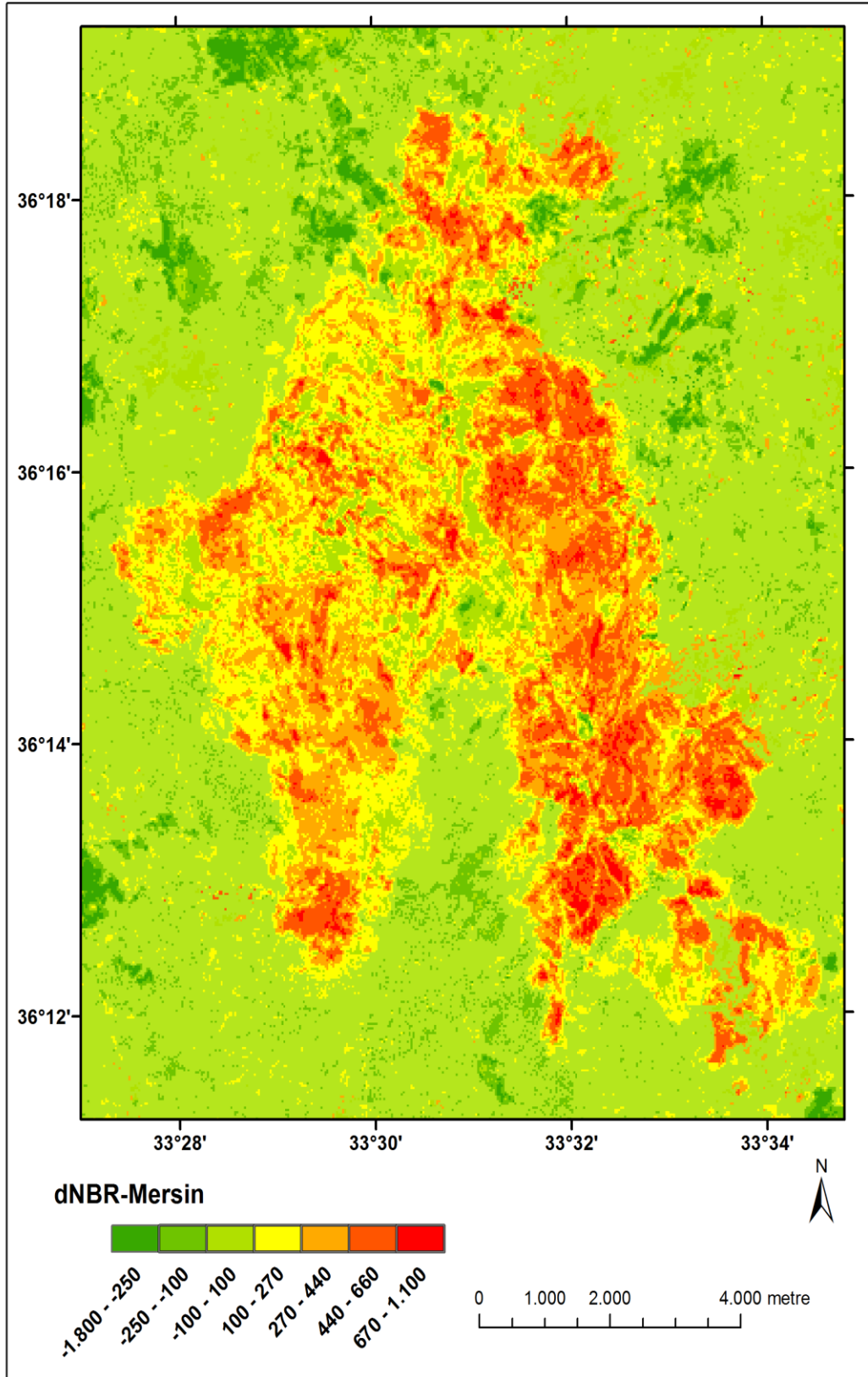
Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 5388 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, MODIS dNBR görüntüleri ile elde edilen haritadan farklı olarak, genel olarak yüksek yanma şiddetine sahip bir yangın olduğu tespit edilmiştir. Mersin – Gülnar yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + dNBR tematik haritası Şekil 4.16’da yer almaktadır.

Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + lokal Moran’s I görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 4262 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, yanan alan ve yanma şiddeti tespitinin zayıf kaldığı ve istenen sonucu veremediği görülmüştür. Mersin – Gülnar yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + lokal Moran’s I tematik haritası Şekil 4.17’de yer almaktadır.

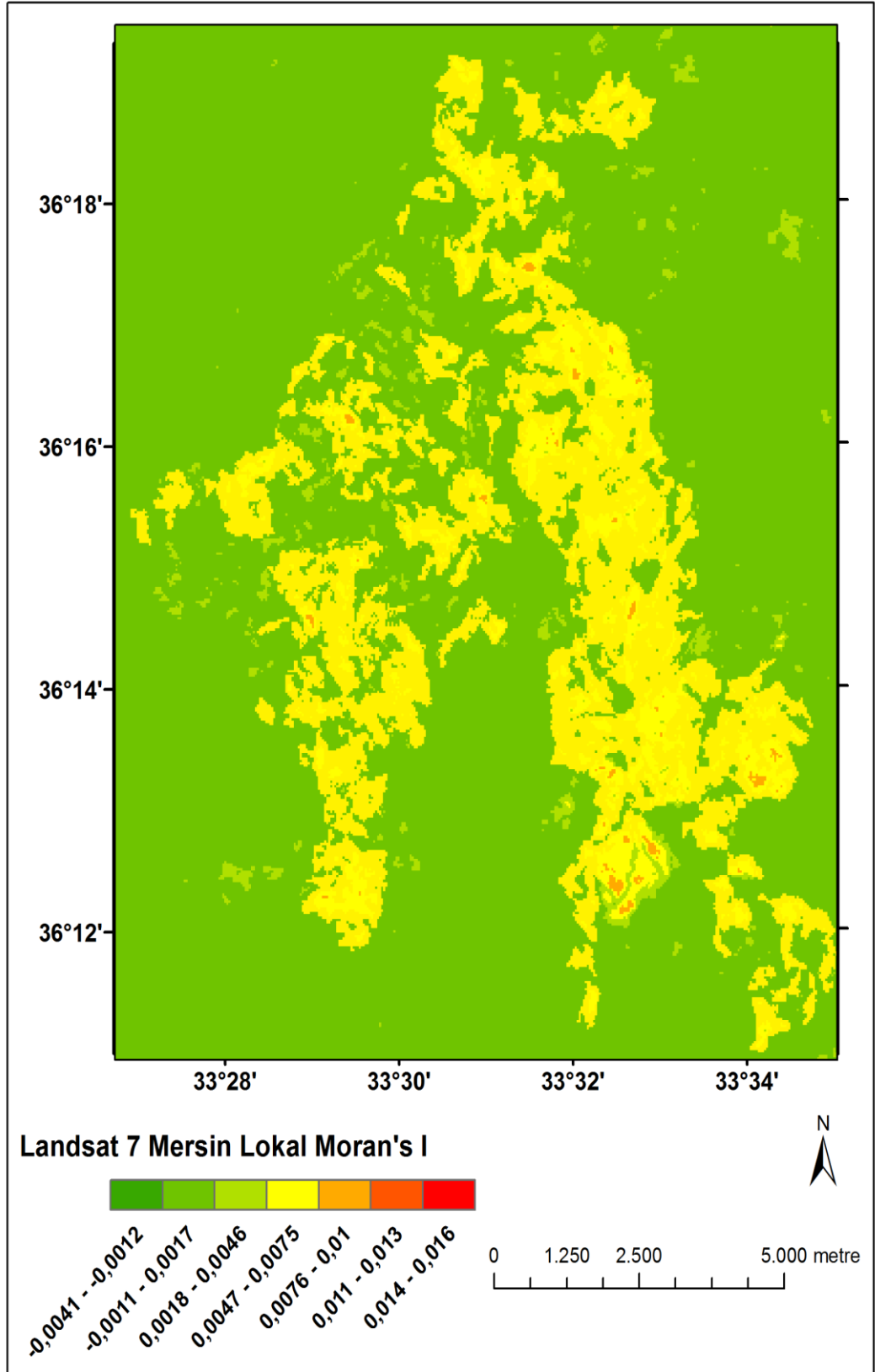
Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 5271 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, OGM yanan alan miktarı verisine en yakın doğruluk veren sonuca ulaşılmıştır. Mersin – Gülnar yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi tematik haritası Şekil 4.18’de yer almaktadır.



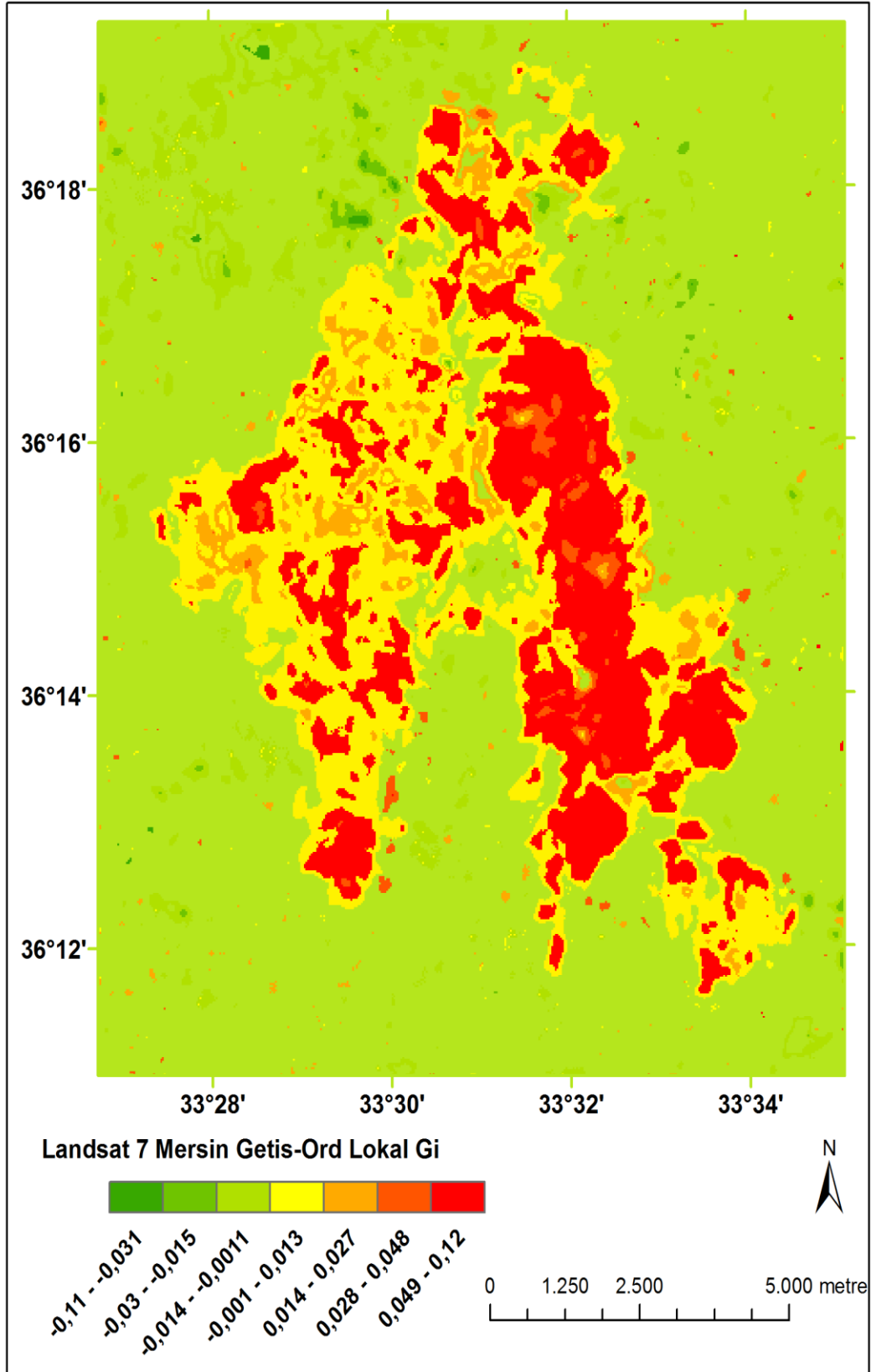
Şekil 4.15 : Mersin - Gülnar Yangını MODIS Yanma Şiddeti



Şekil 4.16 : Mersin – Gölnar Yangını Landsat 7 ETM + yanma şiddeti



Şekil 4.17 : Mersin – Gülnar Yangını Landsat 7 ETM + Lokal Moran's I Yanma Şiddeti



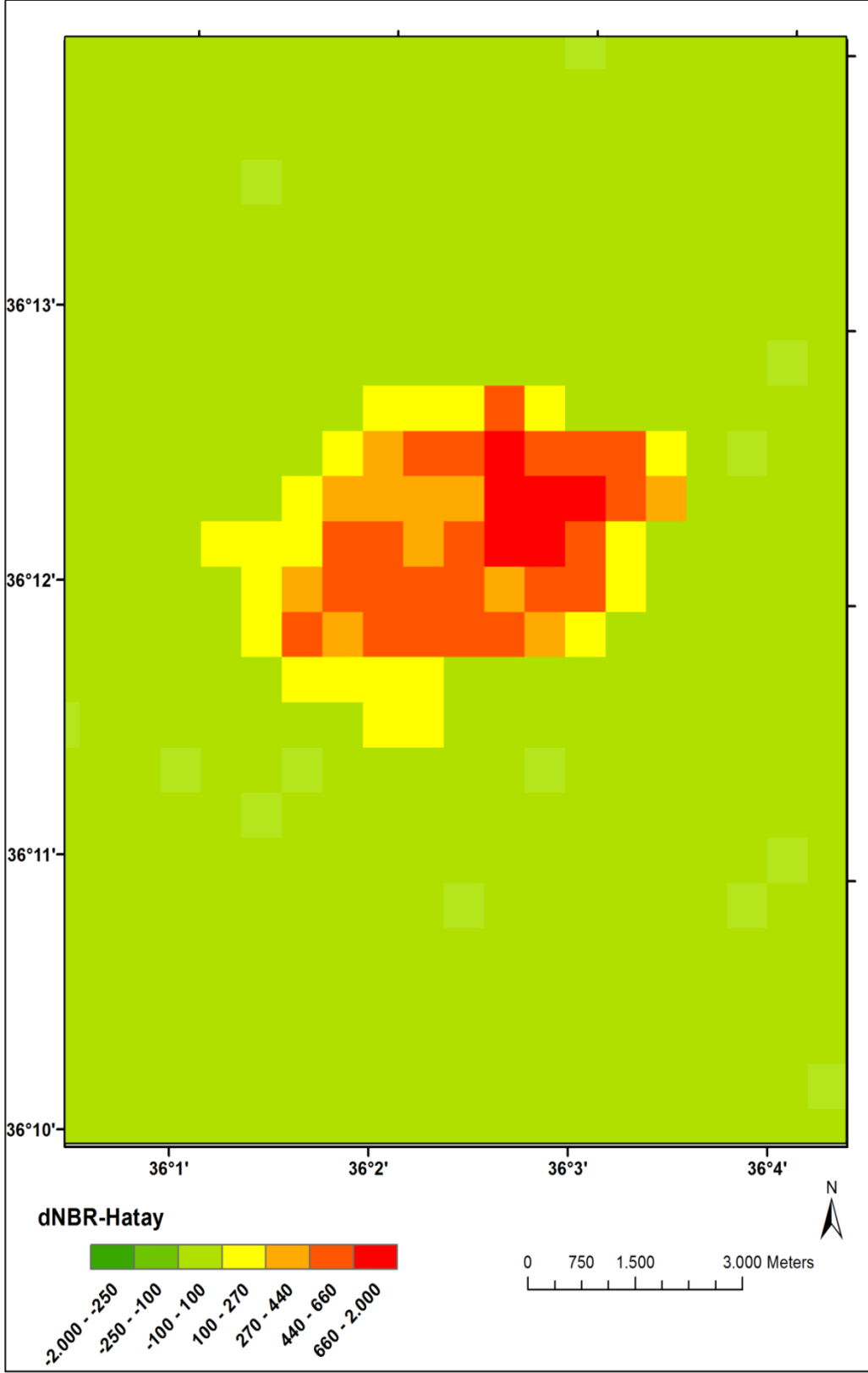
Şekil 4.18 : Mersin – Gülnar Yangını Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi Yanma Şiddeti

Elde edilen Hatay – Samandağ yangını MODIS dNBR görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda 1690 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, yangının büyük bir kısmının orta-yüksek yanma şiddetinde bir yangın olduğu görülmektedir. Hatay – Samandağ yangınına ait oluşturulan MODIS dNBR tematik haritası Şekil 4.19’da yer almaktadır.

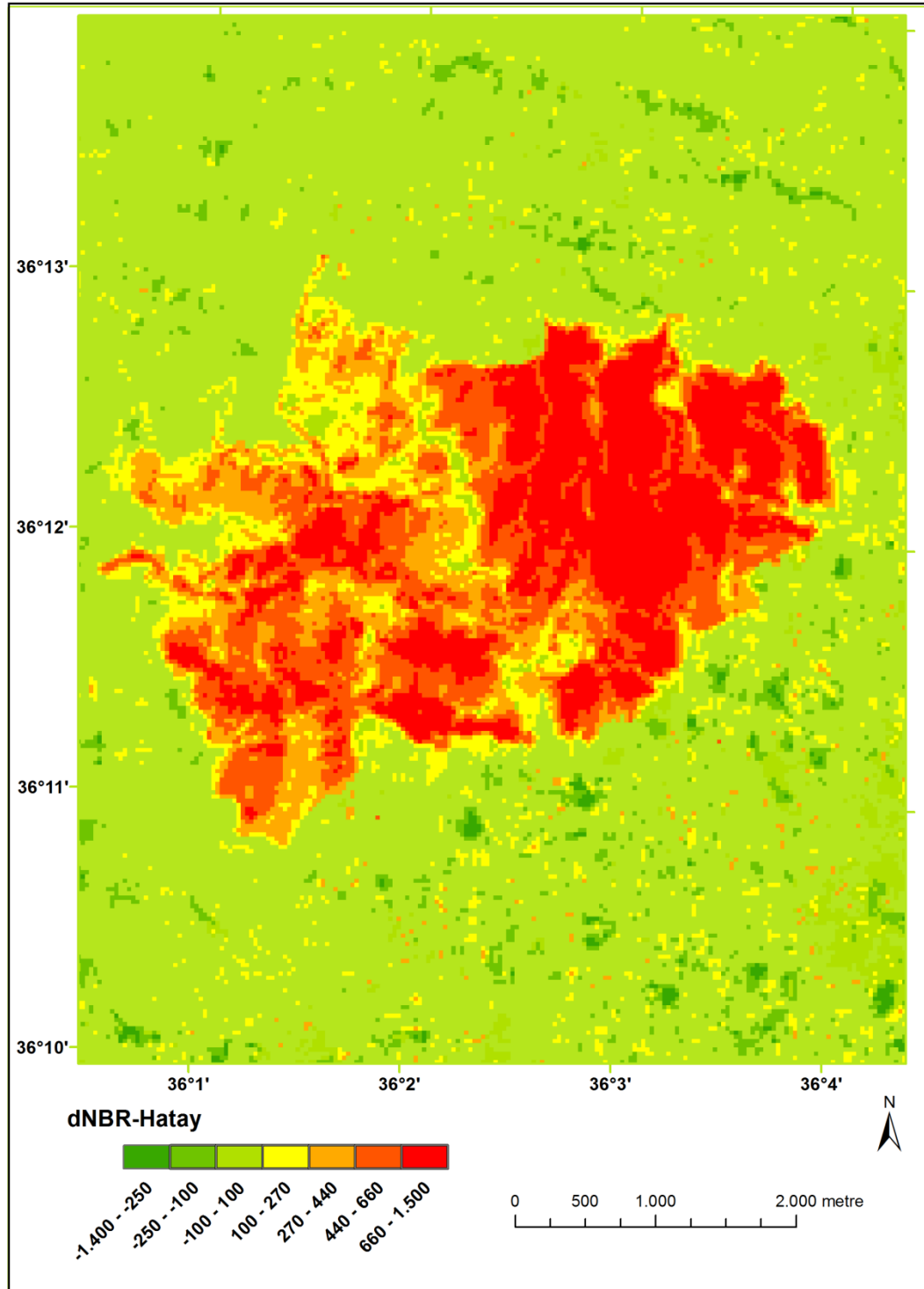
Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 1162 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, MODIS dNBR görüntüleri ile elde edilen haritaya benzer bir şekilde, yüksek yanma şiddetine sahip bir yangın olduğu tespit edilmiştir. Hatay – Samandağ yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + dNBR tematik haritası Şekil 4.20’de yer almaktadır.

Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + lokal Moran’s I görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 1145 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, yanan alan ve miktarının OGM verilerine yakın bir değer verdiği saptanmıştır. Fakat, yanma şiddeti tespitinin zayıf kaldığı ve istenen sonucu veremediği görülmüştür. Hatay – Samandağ yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + lokal Moran’s I tematik haritası Şekil 4.21’de yer almaktadır.

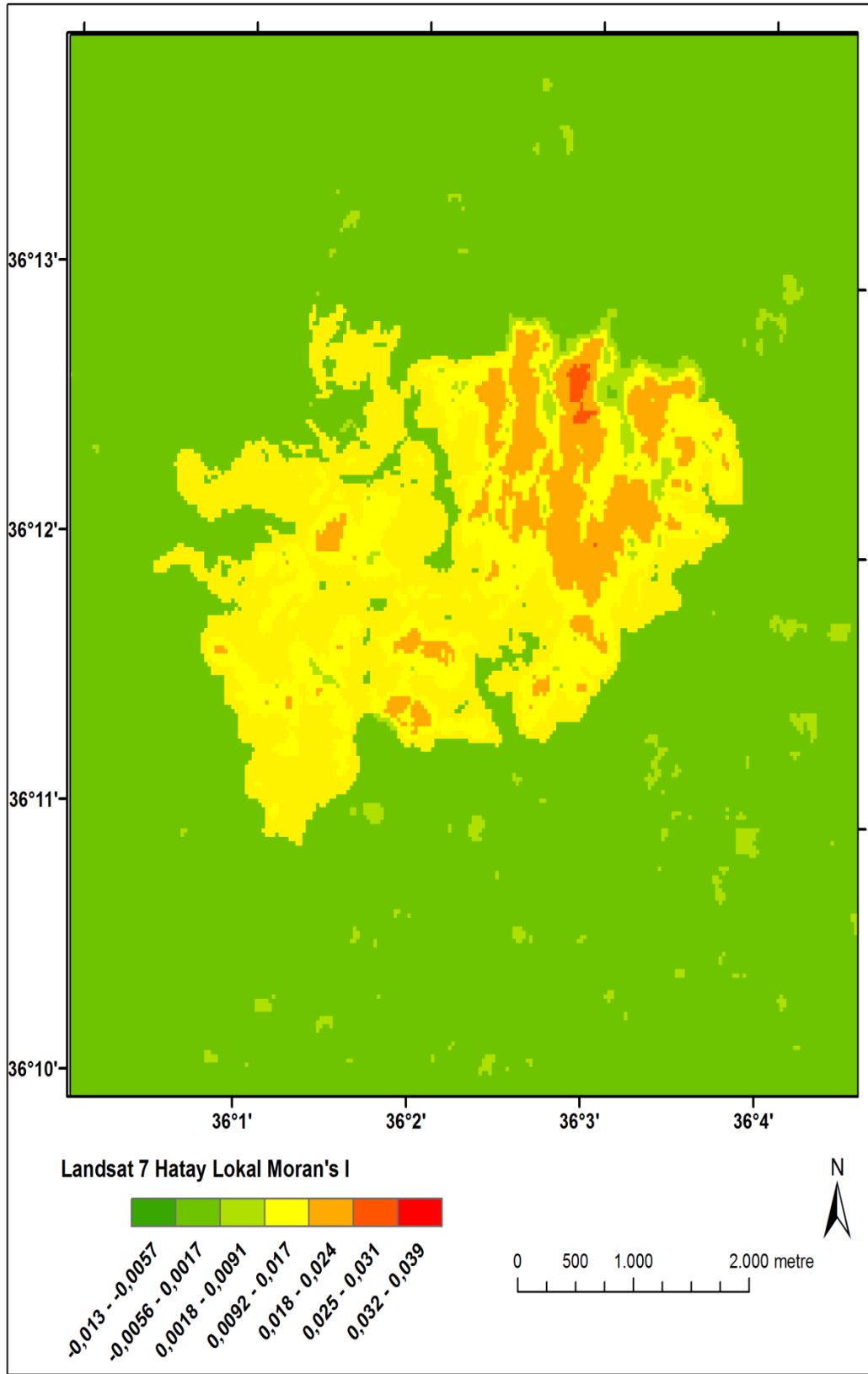
Aynı yangına ait Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi görüntüsü sayısallaştırılarak yanan alan miktarı hesaplanmış ve bu işlem sonunda da 1074 ha yanan alan olduğu tespit edilmiştir. Bu işlem sonucunda elde edilen tematik haritada, OGM yanan alan miktarı verisine en yakın doğruluk veren sonuca ulaşılmıştır. Hatay – Samandağ yangınına ait oluşturulan Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi tematik haritası Şekil 4.22’de yer almaktadır.



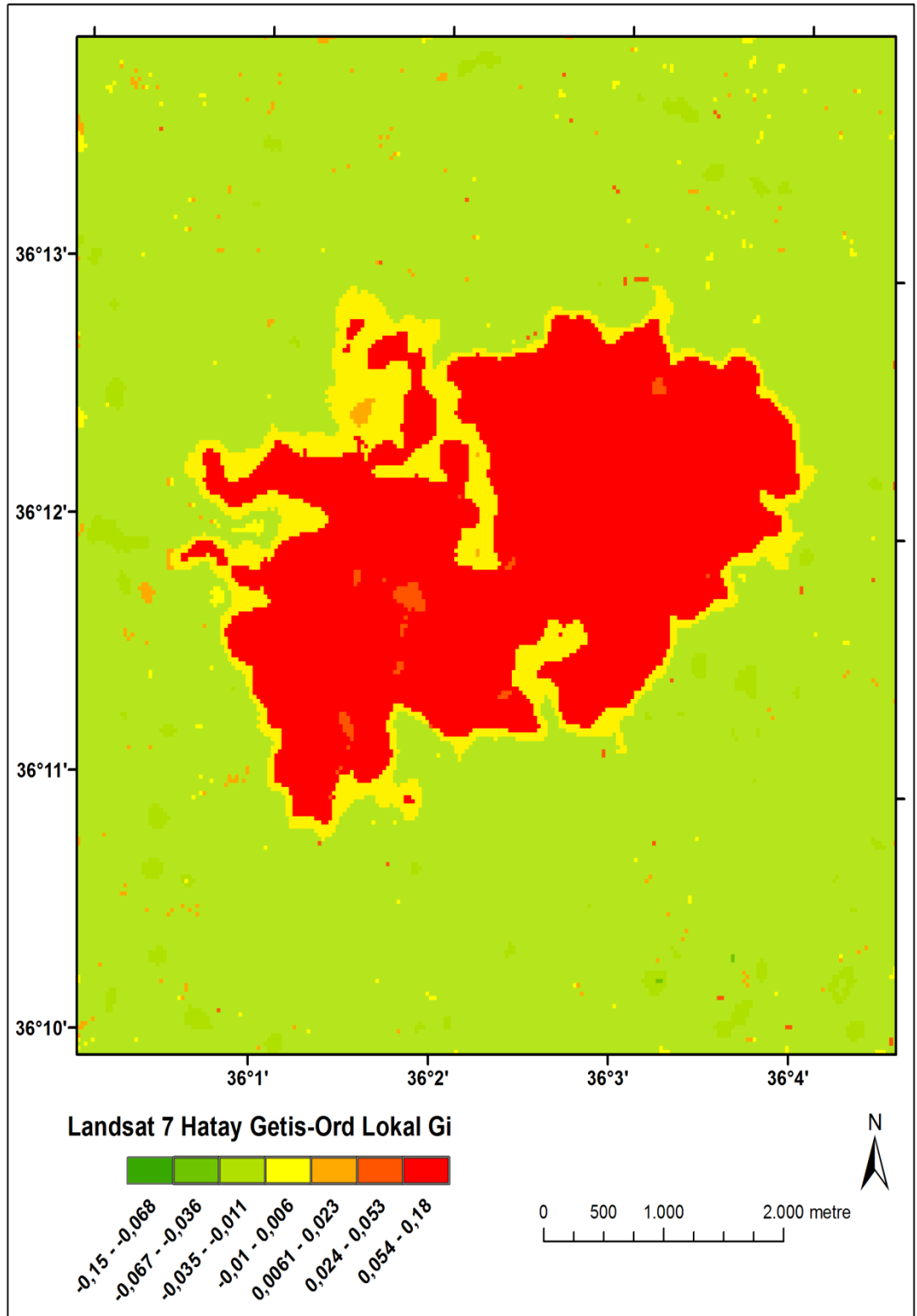
Şekil 4.19 : Hatay- Samandağ Yangını MODIS yanma şiddeti



Şekil 4.20 : Hatay - Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + yanma şiddeti.



Şekil 4.21 : Hatay - Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + Lokal Moran's I Yanma Şiddeti



Şekil 4.22 : Hatay - Samandağ Yangını Landsat 7 ETM + Getis-Ord Lokal Gi Yanma şiddeti

Sonuçlar kıyas elde edildiğinde, MODIS görüntülerinin mekânsal çözünürlüğünün Landsat 7 EM + görüntülerine göre düşük kalmasından dolayı yanan alan miktarı tespitinde yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Ek olarak, MODIS görüntülerinde bir pikselin tamamı yanmamış olmadığı durumlarda o pikseli tamamen yanmış olarak algılamasından kaynaklı olarak sorunlar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Getis-Ord lokal Gi tekniği kullanılarak yapılan tespitlerde OGM verilerine en yakın sonuçlar alınmıştır. Lokal Moran's I tekniği kullanımının ise yanan alan tespitinde zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Çizelge 4.1'de yanan alan miktarları karşılaştırma tablosu yer almaktadır.

Çizelge 4.1 : Yanan alan miktarları.

Yangınlar (ha)	Antalya- Taşagıl	Mersin- Gülnar	Hatay-Samandağ
Orman Genel Müd.	15 795	5037	988
Modis MOD09A (dNBR)	20 479	7812	1690
Landsat 7 ETM+ (dNBR)	16 996	5388	1162
Landsat 7 ETM+ (Lokal Moran's I)	12 212	4262	1045
Landsat 7 ETM+ (Getis-Ord Lokal Gi)	15 242	5271	1074

4.4 Orman Rehabilitasyonun İzlenmesi

Orman yangını olan bölgelerde, OGM yetkililerinden alınan bilgilere göre orman rehabilitasyon çalışmaları yapılmaktadır. Bu kapsamda; orman alt örtüsünün yandığı ve toprağın kimyasal yapısının değiştiği orman yangınlarında, ağaç tohumları toprağa dökülerek orman yeşermesi sağlanmaktadır.

4.4.1 Yangın sonrası süreçte NDVI görüntülerinin elde edilmesi

Bu çalışmada; orman yeşermesi incelenmesi Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. NDVI görüntüleri, maksimum yansıtım değerine sahip olan yakın kızıl ötesi bant (0.77-0.90 μm) ve maksimum absorbe değerine sahip olan kırmızı bant (0.63-0.69 μm) kullanılarak hesaplanmaktadır.

Orman yeşermesi gözlemleri yapılması için, en uygun zaman aralığı olan nisan-kasım ayları arasında görüntüler elde edilmiştir. Bu süreçte, çalışma kapsamında ele alınan yangınlar için, yılda iki defa alınan NDVI görüntüleri kullanılmıştır.

Antalya – Taşağıl yangını için, yangın öncesi ve sonrası süreçte NDVI görüntüleri kullanılarak orman yeşermesinin zamansal değişimini gösteren istatistikler Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

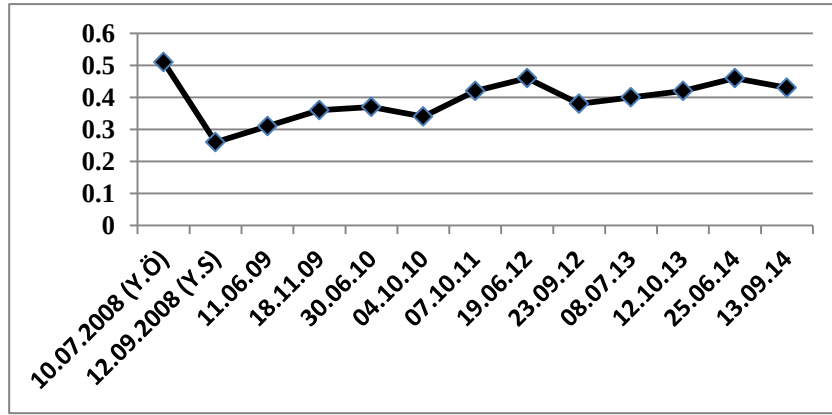
Çizelge 4.2 : Antalya – Taşağıl Yangını NDVI zamansal istatistikleri.

NDVI (Antalya-Taşağıl)				
Tarih	Ort.	Min.	Maks.	Std. Sapma
10 Temmuz 2008 (Yangın Öncesi)	0.51	-0.55	0.81	0.12
12 Eylül 2008	0.26	-0.20	0.75	0.10
11 Haziran 2009	0.31	-0.55	0.81	0.09
18 Kasım 2009	0,36	-0.45	0.99	0.13
30 Haziran 2010	0.37	-0.56	0.81	0.11
4 Ekim 2010	0.34	-0.49	0.80	0.10
7 Ekim 2011	0.42	-0.45	0.80	0.11

Çizelge 4.2 (devam) : Antalya – Taşagıl Yangını NDVI zamansal istatistikleri.

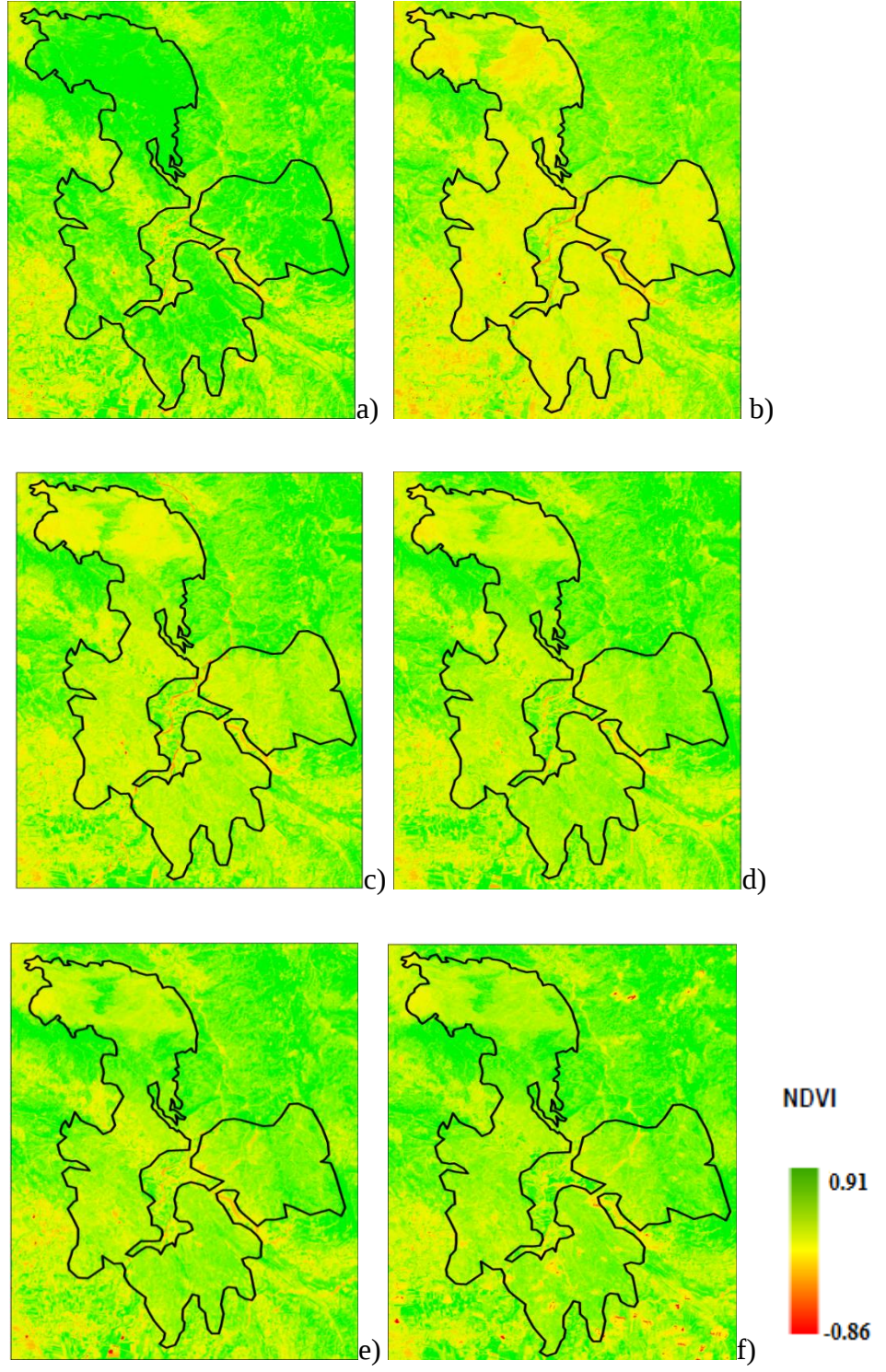
19 Haziran 2012	0.46	-0.55	0.84	0.11
23 Eylül 2012	0.38	-0.49	0.79	0.10
8 Temmuz 2013	0.40	-0.55	0.79	0.10
12 Ekim 2013	0.42	-0.33	0.81	0.12
25 Haziran 2014	0.46	-0.59	0.82	0.12
13 Eylül 2014	0.43	-0.52	0.84	0.12

Çizelge 4.3 : Antalya – Taşagıl Yangın Süreci Ortalama NDVI Değerleri



Yangın sonrası alınan ilk görüntülerde ciddi derecede vejetasyon kaybı olduğu ve NDVI değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. İlerleyen süreçte alınan görüntülerde, yeşermelerin başlamasıyla beraber NDVI değerlerinin arttıkları belirlenmiştir.

Şekil 4.23’de Antalya-Taşagıl yangını sürecinde elde edilen Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri yer almaktadır. (a) Antalya-Taşagıl Yangın Öncesi, (b) Antalya-Taşagıl Yangın Sonrası, (c) Antalya-Taşagıl (4 Ekim 2010), (d) Antalya-Taşagıl (23 Eylül 2012), (e) Antalya-Taşagıl (8 Temmuz 2013), (f) Antalya-Taşagıl (13 Eylül 2014).



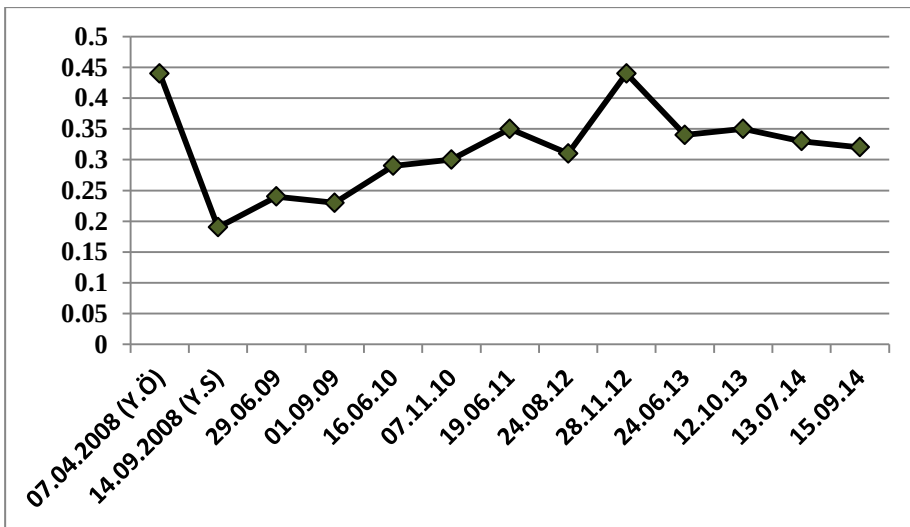
Şekil 4.23 : Antalya-Taşagil yangın süreci Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri

Mersin – Gülnar yangını için, yangın öncesi ve sonrası süreçte NDVI görüntüleri kullanılarak orman yeşermesinin zamansal değişimini gösteren istatistikler Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Mersin – Gülnar yangını NDVI zamansal istatistikleri.

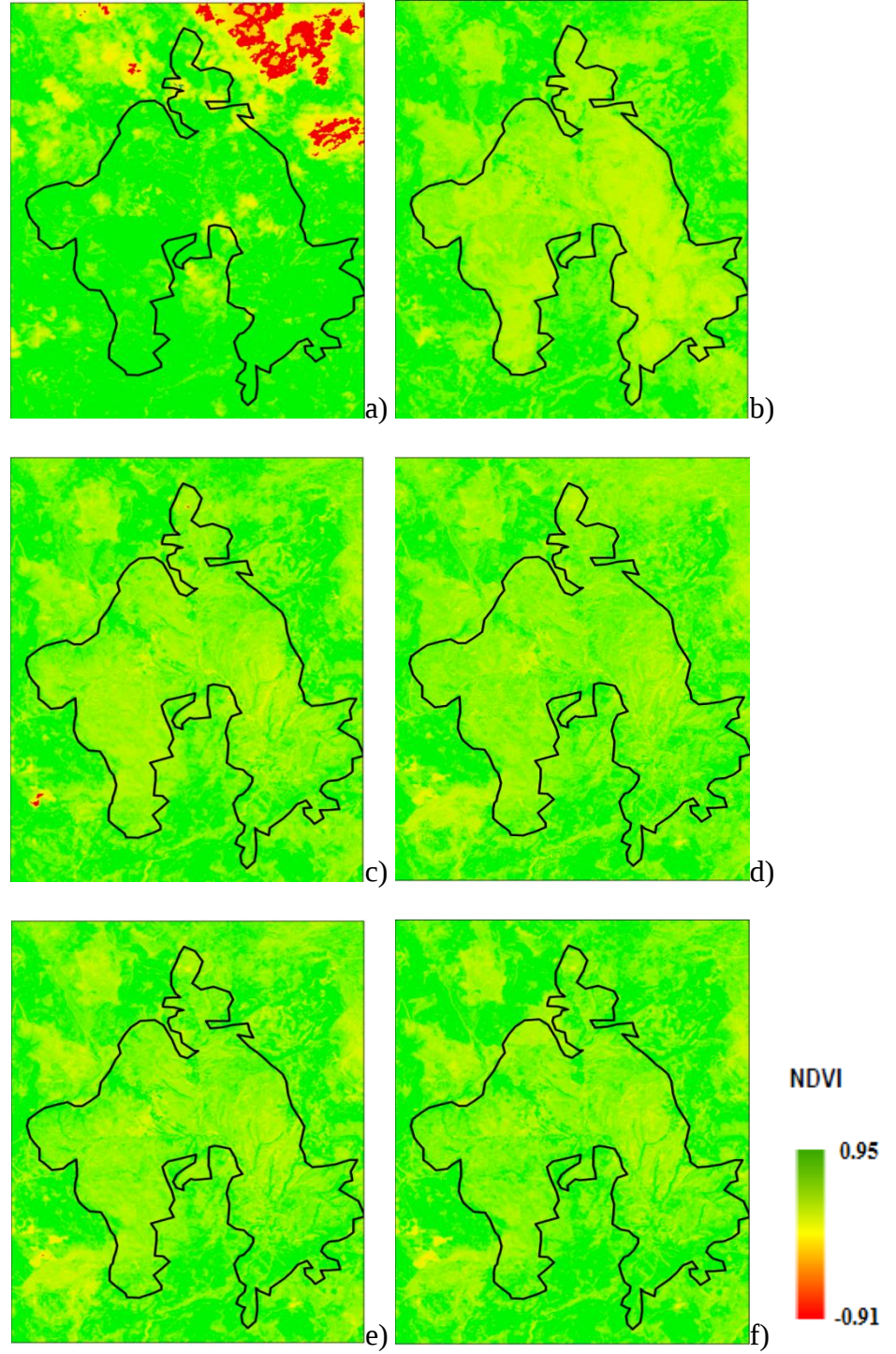
NDVI (Mersin-Gülnar)				
Tarih	Ort.	Min.	Maks.	Std. Sapma
7 Nisan 2008 (Yangın Öncesi)	0.44	-0.38	0.80	0.12
14 Eylül 2008	0.19	0.03	0.59	0.06
29 Haziran 2009	0.24	0.05	0.72	0.07
1 Eylül 2009	0.23	-0.52	0.69	0.06
16 Haziran 2010	0.29	-0.54	0.70	0.07
7 Kasım 2010	0.30	0.03	0.72	0.09
19 Haziran 2011	0.35	0.07	0.76	0.09
24 Ağustos 2012	0.31	0.11	0.75	0.08
28 Kasım 2012	0.44	0.05	0.88	0.11
24 Haziran 2013	0.34	0.09	0.77	0.08
12 Ekim 2013	0.35	0.10	0.76	0.10
13 Temmuz 2014	0.33	0.09	0.73	0.08
15 Eylül 2014	0.32	0.11	0.72	0.07

Çizelge 4.5 : Mersin – Gülnar Yangın Süreci Ortalama NDVI Değerleri.



Şekil 4.24’de Mersin-Gülnar yangını sürecinde elde edilen Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri yer almaktadır. (a) Mersin-Gülnar Yangın Öncesi, (b) Mersin-Gülnar

Yangın Sonrası, (c) Mersin-Gölnar (16 Haziran 2010), (d) Mersin-Gölnar (28 Kasım 2012), (e) Mersin-Gölnar (24 Haziran 2013), (f) Mersin-Gölnar (13 Temmuz 2014).



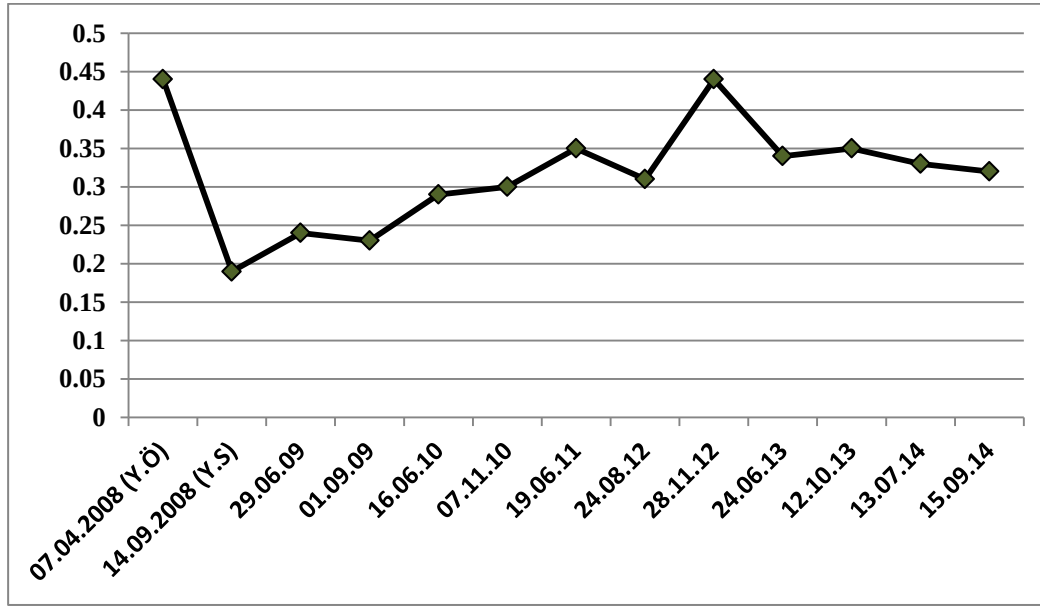
Şekil 4.24 : Mersin- Gölnar yangın süreci Landsat 7 ETM +NDVI görüntüleri.

Hatay – Samandağ yangını için, yangın öncesi ve sonrası süreçte NDVI görüntüleri kullanılarak orman yeşermesinin zamansal değişimini gösteren istatistikler Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

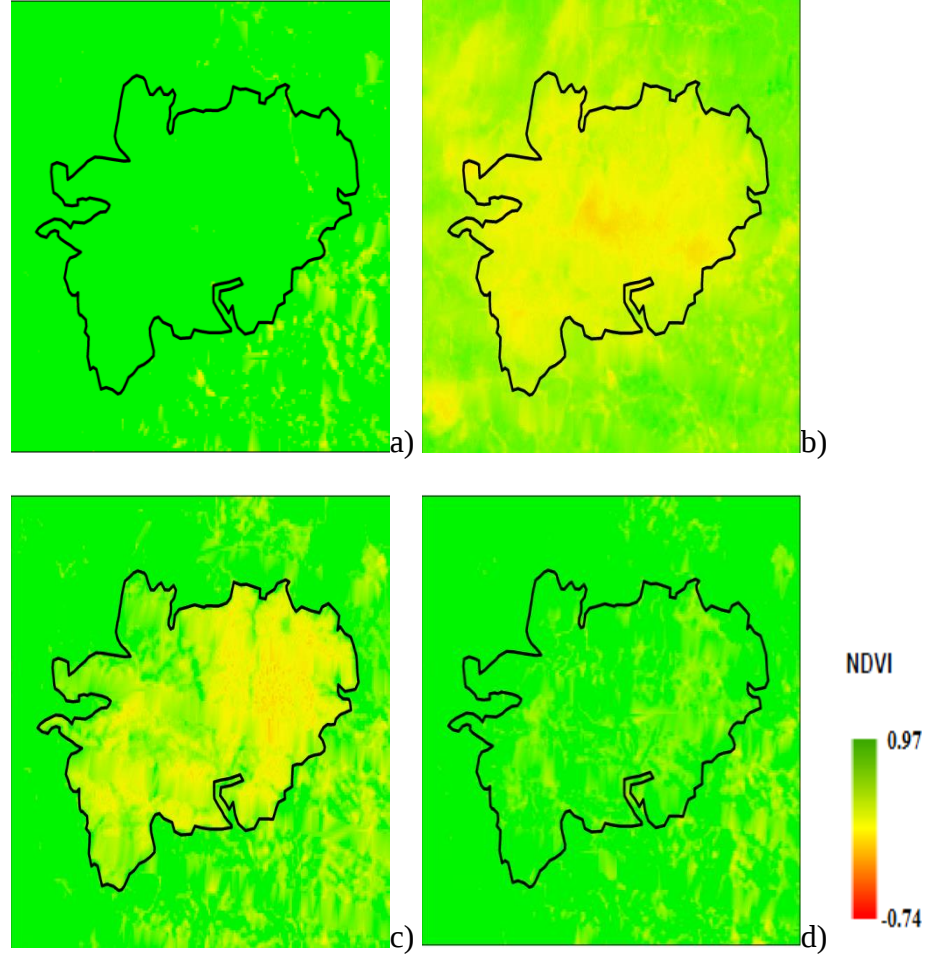
Çizelge 4.6 : Hatay – Samandağ yangını NDVI zamansal istatistikleri

NDVI (Hatay-Samandağ)				
Tarih	Ort.	Min.	Maks.	Std. Sapma
7 Haziran 2012 (Yangın Öncesi)	0.70	0.20	0.85	0.07
26 Ağustos 2012	0.27	0.04	0.77	0.12
7 Nisan 2013	0.29	0.14	0.61	0.06
16 Ekim 2013	0.38	0.11	0.77	0.10
29 Haziran 2014	0.47	0.21	0.75	0.08

Çizelge 4.7 : Hatay - Samandağ Yangın Süreci Ortalama NDVI Değerleri.



Şekil 4.25’de Hatay-Samandağ yangını için NDVI değerlerinin mekânsal dağılımları yangın öncesi ve yangın sonrası süreçte gösterilmiştir. (a) Hatay-Samandağ Yangın Öncesi, (b) Hatay-Samandağ Yangın Sonrası, (c) Hatay-Samandağ (7 Nisan 2013), (d) Hatay-Samandağ (29 Haziran 2014).



Şekil 4.25 : Hatay- Samandağ yangın süreci Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri.

Yangın sonrası ilk gözlemlerde, ormanların önemli derecede zarar gördükleri ve buna bağlı olarak NDVI değerlerinin ciddi oranda azaldıkları görülmektedir. Yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının etkisiyle, her yıl düzenli olarak NDVI değerlerinin arttığı ve orman yeşermesinin zamana bağlı değişimi yukarıda gösterilen şekillerde ifade edilmiştir.

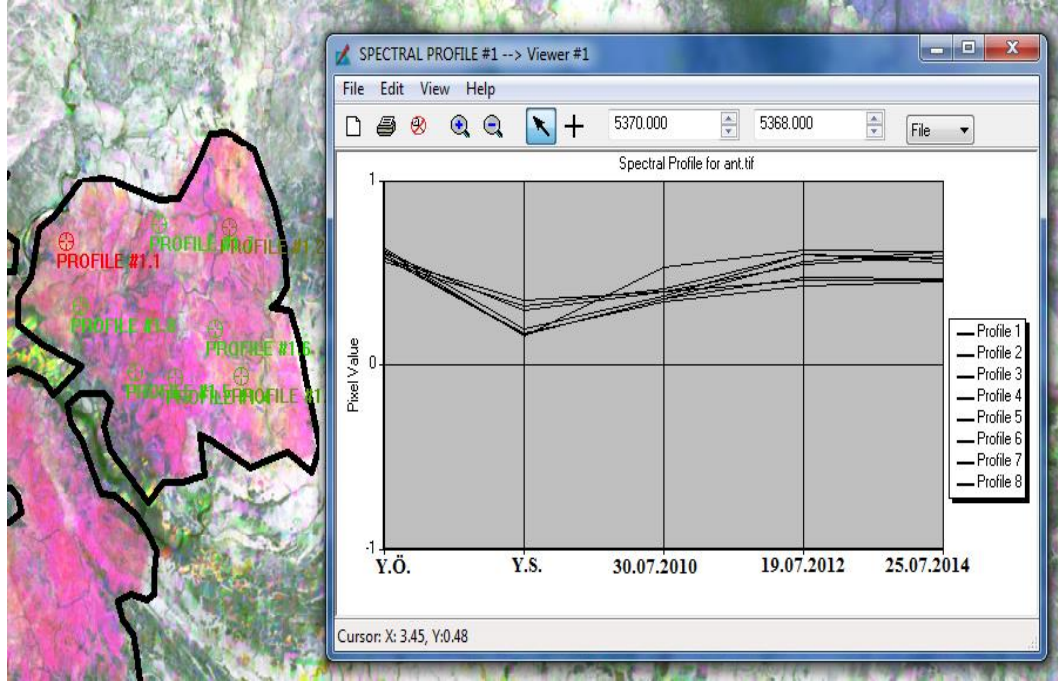
Ele alınan tüm yangınlarda, yangın sonrası yapılan orman rejenerasyon çalışmalarında büyük oranda başarılı sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir. Tüm yangınlarda, yanan ağaç türü olan kızılçamların yeniden tohum ekimi yapılmasıyla toprağa uyum sağladığı ve yeşermeye başladıkları tespit edilmiştir.

4.4.2 Çok zamanlı NDVI görüntüleri spektral profilleri elde edilmesi

Yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının, yangın sonrası süreçte ne derecede verimli olduğunu tespit etmek amacıyla yangın öncesi ve sonrası süreçte elde edilen NDVI görüntüleri bant birleştirme işlemi yardımıyla birleştirilerek çok zamanlı

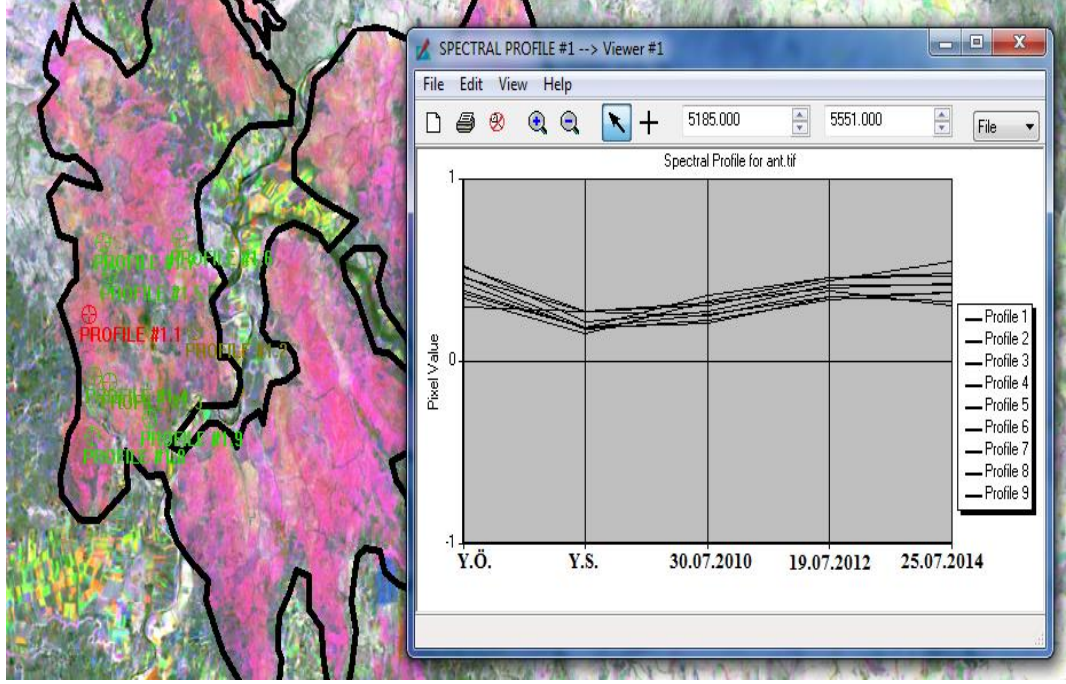
NDVI görüntüleri üç yangın içinde oluşturuldu. Daha sonra, yanan alanların farklı bölgelerinden alınan spektral profiller yardımıyla yapılan yeşerme çalışmalarının verimli ve verimsiz olduğu bölgeler saptandı.

Şekil 23’de Antalya-Taşagıl yangını doğu bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede yapılan rehabilitasyon çalışmalarının başarıya ulaştığı ve NDVI değerlerinin yangın öncesi değerlerine yakınsadığı görülmektedir.



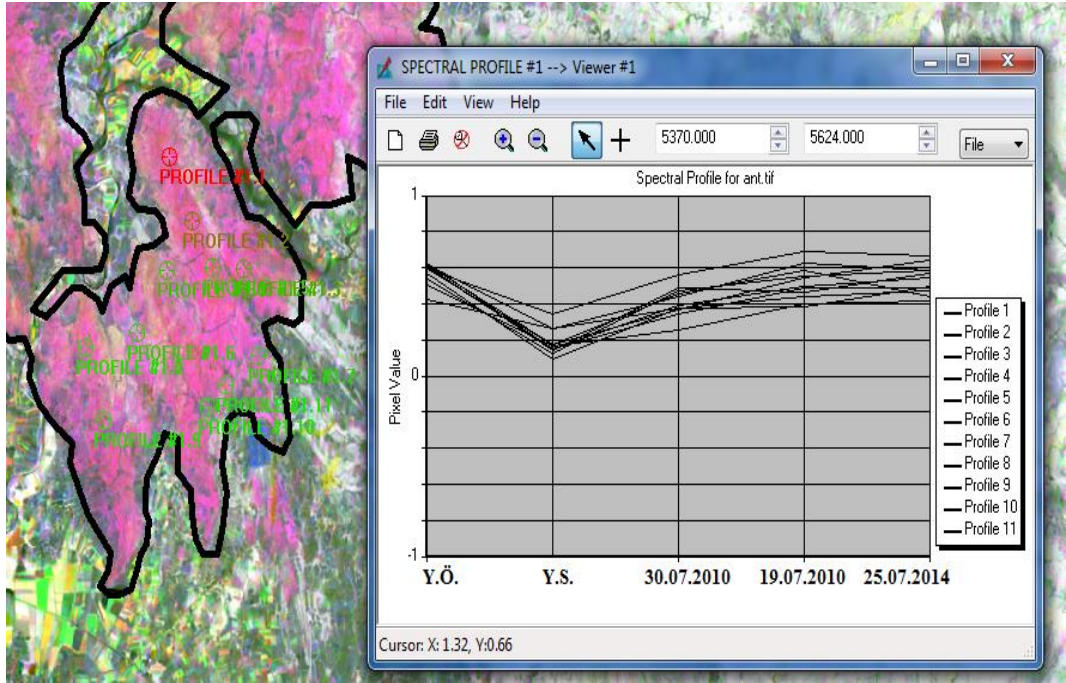
Şekil 4.26 : Antalya-Taşagıl yangını doğu bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 24’de Antalya-Taşagıl yangını batı bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede yapılan rehabilitasyon çalışmalarının orta bölümleri hariç sonuç vermeye başladığı görülmektedir.



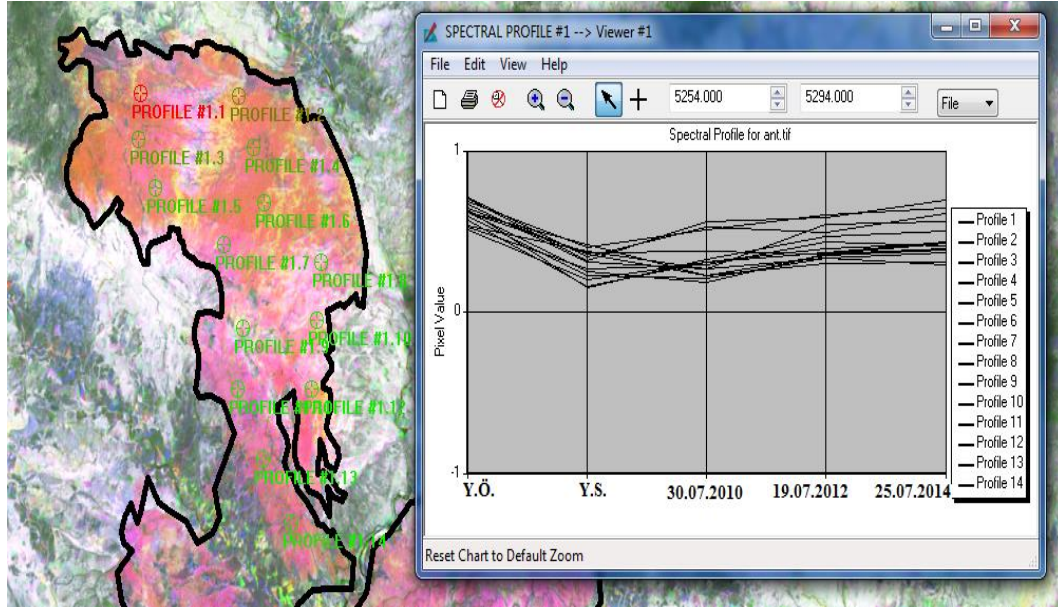
Şekil 4.27 : Antalya-Taşağıl yangını batı bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 25’de Antalya-Taşağıl yangını güney bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede yapılan rehabilitasyon çalışmalarının sonuç vermeye başladığı görülmektedir.



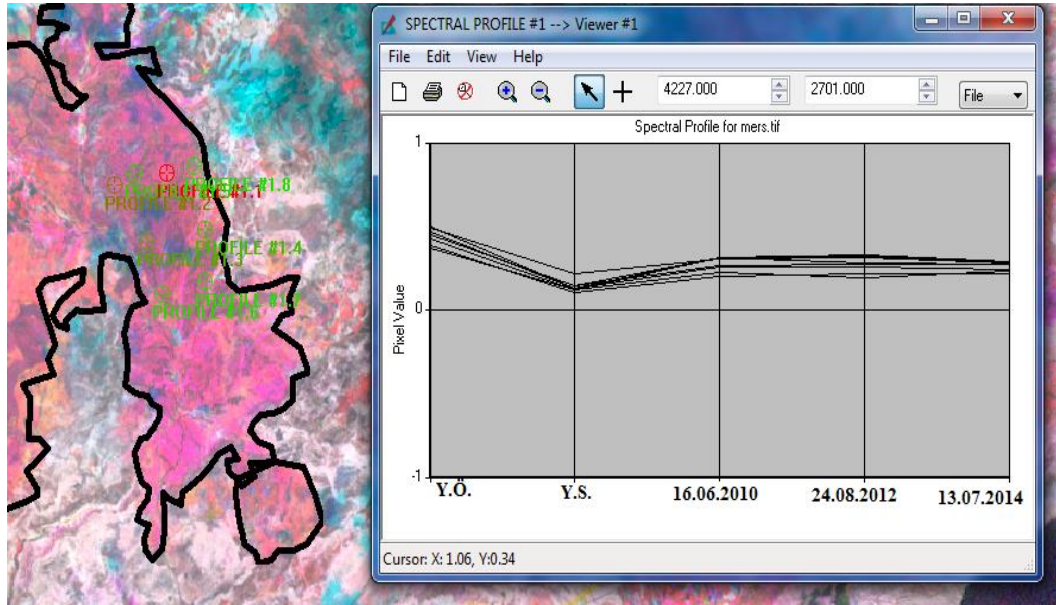
Şekil 4.28 : Antalya-Taşağıl yangını güney bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 26’da Antalya-Taşagıl yangını kuzey bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede yapılan rehabilitasyon çalışmalarının üst tararlarda zayıf kaldığı tespit edilmiştir.



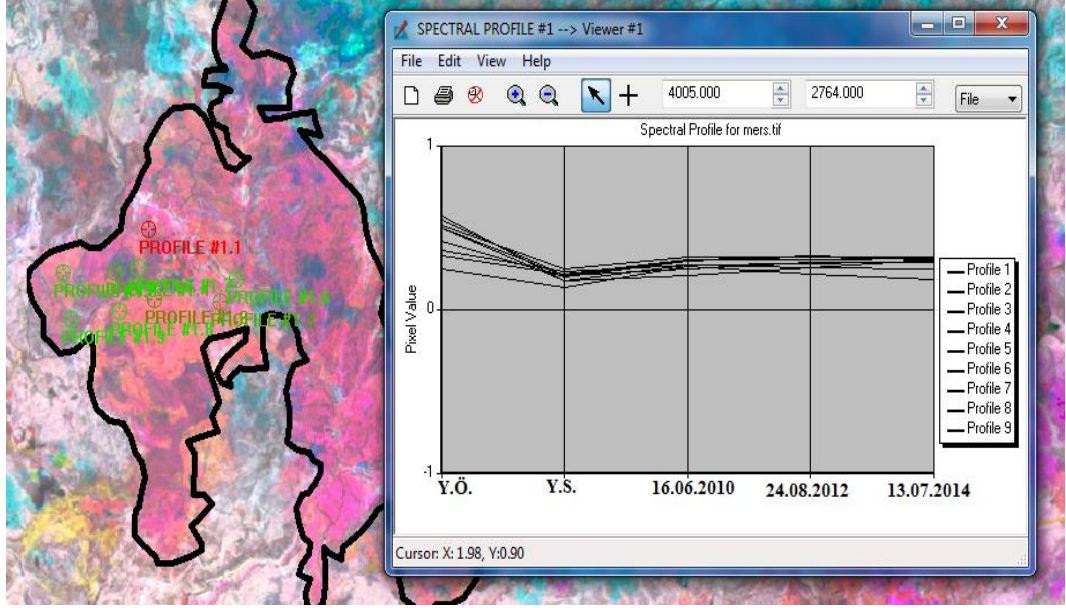
Şekil 4.29 : Antalya-Taşagıl yangını kuzey bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 27’de Mersin – Gülnar yangını doğu bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede yapılan rehabilitasyon çalışmalarının istenen sonucu veremediği ve yeşermenin zayıf kaldığı görülmüştür.



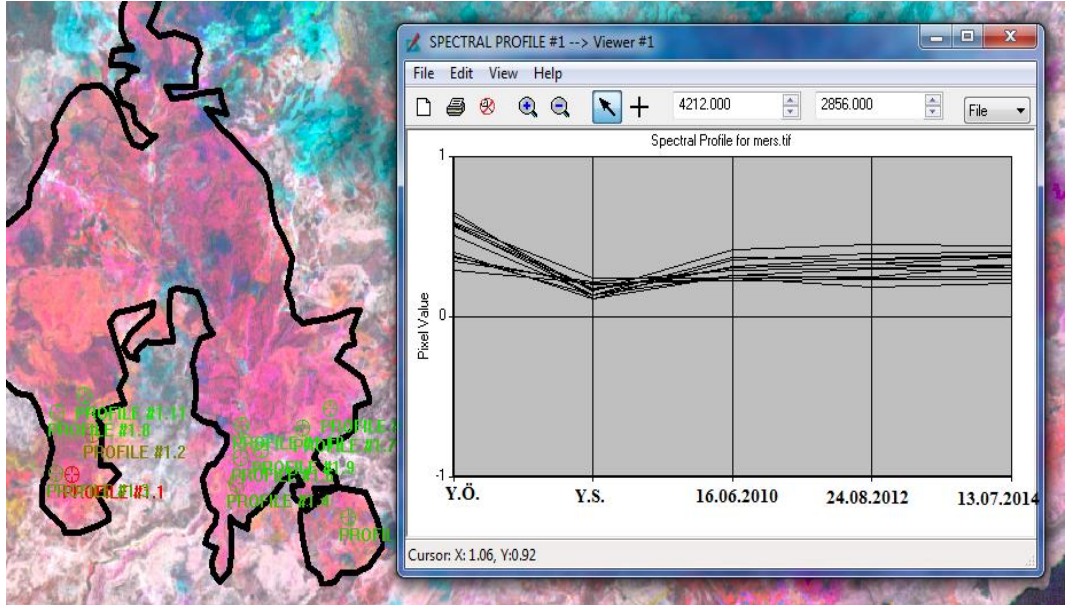
Şekil 4.30 : Mersin – Gülnar yangını doğu bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 28’de Mersin – Gülnar yangını batı bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede de yapılan rehabilitasyon çalışmalarının istenen sonucu veremediği ve yeşermenin zayıf kaldığı görülmüştür.



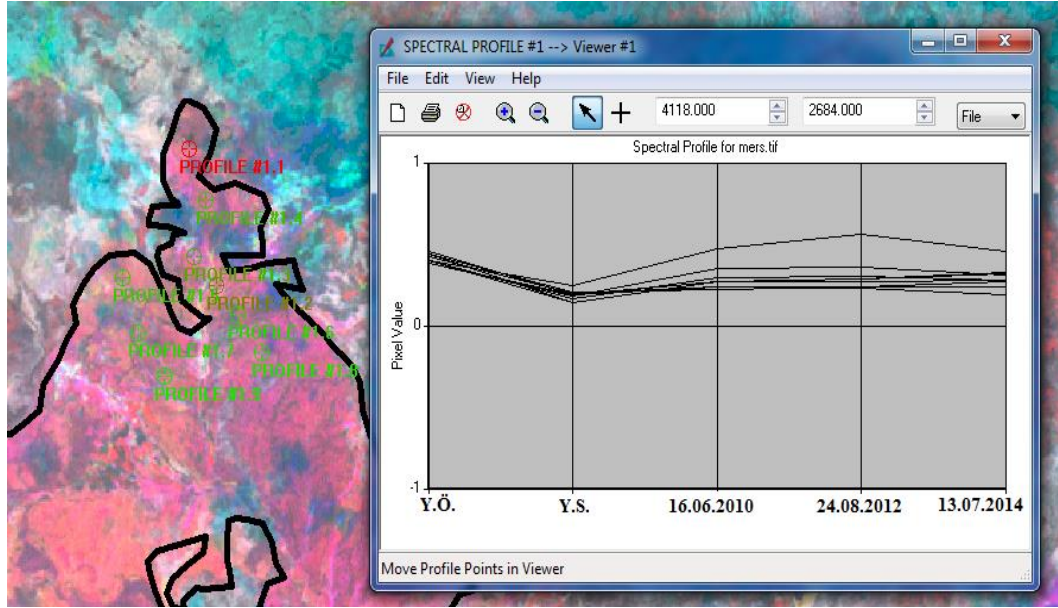
Şekil 4.31 : Mersin – Gülnar yangını batı bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 29’da Mersin – Gülnar yangını güney bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede de yapılan rehabilitasyon çalışmalarının alt kesimlerinde sonuç vermeye başladığı, geri kalan kısımlarda zayıf kaldığı tespit edilmiştir.



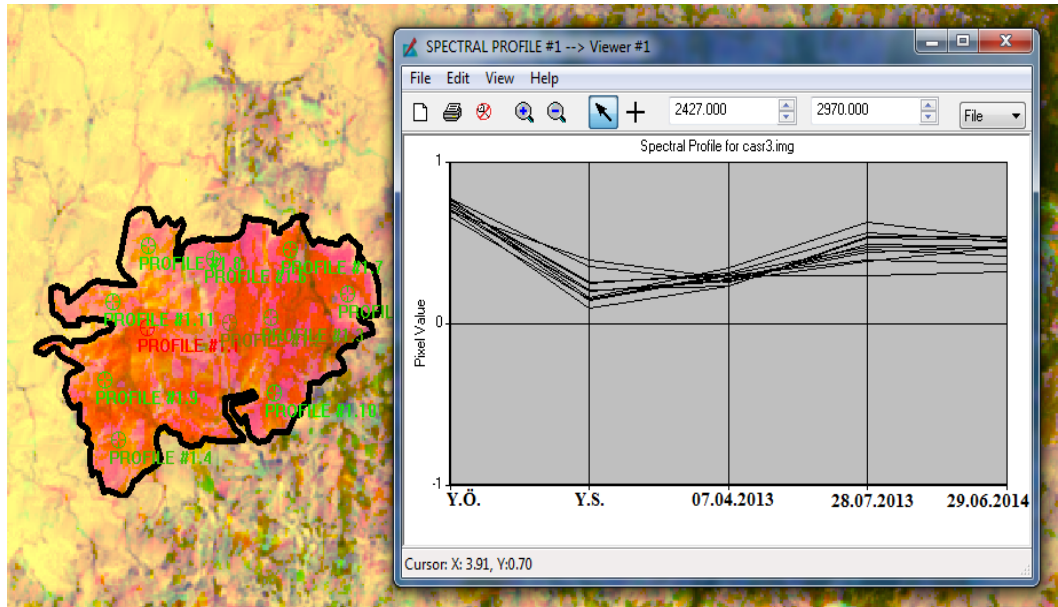
Şekil 4.32 : Mersin – Gülnar yangını güney bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 30’da Mersin – Gülnar yangını kuzey bölümünden alınan spektral profiller yer almaktadır. Bu bölgede de yapılan rehabilitasyon çalışmalarının istenen sonucu veremediği ve yeşermenin zayıf kaldığı görülmüştür.



Şekil 4.33 : Mersin – Gülnar yangını kuzey bölümü NDVI spektral profili.

Şekil 31’de Hatay – Samandağ yangını rehabilitasyon sürecinde alınan spektral profilleri yer almaktadır. Bu bölgede de yapılan rehabilitasyon çalışmalarında doğu ve batı bölümlerinde yeşermenin zayıf kaldığı, kuzey ve güney bölümlerinde ise yeşermenin sonuç vermeye başladığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.34 : Hatay – Samandağ yangını doğu bölümü NDVI spektral profili.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1 Sonuçlar

Doğal dengenin sağlanmasında hayati öneme sahip olan ormanlar, sağlamış olduğu ekolojik ve çevresel faydalar itibarıyla iyi korunmalıdırlar. Tüm Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de ormanlara verilen zararların başında orman yangınları gelmektedir. Özellikle orman yangınları çıkması için en uygun şartlara sahip olan Akdeniz bölgesinde, bu doğal tehdite karşı her an tetikte olunmalı ve gerekli önlemler alınarak yangın yönetimi ve yangın hasar tespiti belirleme işlemleri sistematik bir şekilde yapılmalıdır.

Bu çalışmada, ülkemizde Akdeniz bölgesinde meydana gelen ve en büyük orman yangınları arasında yer alan üç yangın ele alınarak, Uzaktan Algılama yöntemleri yardımıyla analiz edildi. İlk olarak meydana gelen orman yangınlarında, yanan alan ve yanma şiddeti tespiti Landsat 7 ETM + ve MODIS uydu görüntüsü indisleri ile mekansal otokorelasyon teknikleri kullanılarak gerçekleştirildi. Daha sonraki süreçte, ele alınan çok zamanlı Landsat 7 ETM + NDVI görüntüleri yardımıyla yanan alanlarda yapılan orman rehabilitasyon çalışmaları gözlemlendi.

5.1.1 Antalya – Taşağıl yangını

Ülkemizde son yirmi yıllık süreçte meydana gelen en büyük orman yangını olan Antalya-Taşağıl yangınında OGM verilerine göre 15 776 ha orman yok olmuştur. Çalışma kapsamında ele alınan bu yangında, MODIS dNBR görüntüsü sonucu 20 479 ha, Landsat 7 ETM + dNBR görüntüsü sonucu 16 996 ha, Landsat 7 ETM + lokal Moran’s I tekniği sonucu 12 212 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord lokal Gi tekniği sonucu 15 242 ha yanan alan tespiti yapılmıştır. OGM verilerine göre, en yakın sonucun Getis-Ord lokal Gi tekniği kullanımı sonucunda elde edildiği görüldü.

Landsat 7 ETM + 7-4-3 bant kombinasyonu ve MODIS 7-2-1 bant kombinasyonu kullanılarak, yanan alanın olduğu bölge tespit edilmiş ve OGM yangın sicil fişlerinde

belirtilen yangın çıkış koordinatlarıyla doğruluğu kıyas edilmiştir. Orman yanma şiddetinin, yanan alanın kuzey ve batı kısımlarında orta seviyede, doğu ve güney kısımlarında ise genel olarak yüksek derecede olduğu belirlenmiştir.

Yangın öncesinde alınan görüntüde, yanan alanın ortalama NDVI değerinin 0.51 olduğu ve yangın sonrasında alınan ilk görüntüde yanmanın etkisiyle beraber ortalama NDVI değerinin 0.26'ya düştüğü hesaplanmıştır. Yangın sonrası süreçte ise, yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının etkisiyle ortalama NDVI değerlerinin sistematik olarak arttığı ve 13 eylül 2014 tarihinde alınan görüntüde yanan alan ortalama NDVI değerinin 0.43 olduğu hesaplanmıştır.

Yapılan orman rehabilitasyon çalışmaları incelendiğinde, yanan alanın batı bölümü orta kesimi hariç genel olarak başarılı bir yeşerme süreci olduğu, doğu ve güney bölümlerinde yüksek yeşerme sağlandığı, kuzey üst bölümlerinde ise yeşermenin zayıf kaldığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenen bu yangında, uydu görüntüsü indisleriyle yapılan orman rehabilitasyon gözlemlerinde genel olarak başarılı sonuçlar alındığı tespit edilmiştir.

5.1.2 Mersin – Gülnar yangını

Ülkemizde gerçekleşen bir diğer büyük orman yangını olan Mersin-Gülnar yangınında ise OGM verilerine göre 5037 ha orman yok olmuştur. Çalışma kapsamında ele alınan bu yangında, MODIS dNBR görüntüsü sonucu 7812 ha, Landsat 7 ETM + dNBR görüntüsü sonucu 5388 ha, Landsat 7 ETM + lokal Moran's I tekniği sonucu 4262 ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord lokal Gi tekniği sonucu 5271 ha yanan alan tespiti yapılmıştır. OGM verilerine göre, en yakın sonucun Getis-Ord lokal Gi tekniği kullanımı sonucunda elde edildiği görüldü.

Landsat 7 ETM + 7-4-3 bant kombinasyonu ve MODIS 7-2-1 bant kombinasyonu aynı şekilde bu yangın içinde uygulanmış ve yanan alan tespiti yapılmıştır. Mersin-Gülnar yangının yanma şiddeti tematik haritasına baktığımızda, genel olarak yüksek derece yanma şiddetinde bir yangın olduğu gözükmemektedir. Özellikle, yanan alanın doğu tarafında kalan kuzey-güney hattının yangından ciddi derecede zarar gördüğü anlaşılmaktadır.

Yangın öncesinde alınan görüntüde, yanan alanın ortalama NDVI değerinin 0.44 olduğu ve yangın sonrasında alınan ilk görüntüde yanmanın etkisiyle beraber ortalama NDVI değerin 0.19'a düştüğü hesaplanmıştır. Yangın sonrası süreçte ise, yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının etkisiyle ortalama NDVI değerlerinin artmaya başladığı ve 13 temmuz 2014 tarihinde alınan görüntüde yanan alan ortalama NDVI değerin 0.30 olduğu hesaplanmıştır

Bu yangın için yapılan rehabilitasyon çalışmalarının istenen sonucu tam anlamıyla veremediği ve büyük bir kısmında orman yeşermesinin zayıf kaldığı tespit edilmiştir.

5.1.3 Hatay – Samandağ yangını

Çalışma kapsamında alınan son olarak ele alınan bu yangında, OGM verilerine göre 988 ha orman yok olmuştur. Çalışma kapsamında ele alınan bu yangında, MODIS dNBR görüntüsü sonucu 1690 ha, Landsat 7 ETM + dNBR görüntüsü sonucu 1162 ha, Landsat 7 ETM + lokal Moran's I tekniği sonucu 1045ha, Landsat 7 ETM + Getis-Ord lokal Gi tekniği sonucu 1074 ha yanan alan tespiti yapılmıştır. OGM verilerine göre, en yakın sonucun Getis-Ord lokal Gi tekniği kullanımı sonucunda elde edildiği görüldü.

Ele alınan diğer yangınlarda uygulanan Landsat 7 ETM + 7-4-3 bant kombinasyonu ve MODIS 7-2-1 bant kombinasyonu aynı şekilde bu yangın içinde uygulanmış ve yanan alan tespiti yapılmıştır. Yangının yanma şiddeti tematik haritasına baktığımızda, yüksek derecede yanma şiddetine sahip bir yangın olduğu görülmektedir. Yanan alanın kuzey üst kısımlarının orta derece yanma şiddetinde, geri kalan kısımlarının yüksek yanma şiddetinde olduğu görülmektedir.

Yangın öncesinde alınan görüntüde, yanan alanın ortalama NDVI değerin 0.70 olduğu ve yangın sonrasında alınan ilk görüntüde yanmanın etkisiyle beraber ortalama NDVI değerin 0.27'ye düştüğü hesaplanmıştır. Yangın sonrası süreçte ise, yapılan orman rehabilitasyon çalışmalarının etkisiyle ortalama NDVI değerlerinin artmaya başladığı ve 29 haziran 2014 tarihinde alınan görüntüde yanan alan ortalama NDVI değerin 0.47 olduğu hesaplanmıştır.

Bu yangın için yapılan rehabilitasyon çalışmalarının, yangının doğu ve batı bölümlerinde yeşermenin zayıf kaldığı, kuzey ve güney bölümlerinde ise yeşermenin sonuç vermeye başladığı tespit edildi.

5.2 Tartışma

İlk olarak, orman yanan alan tespitinde kullanılan Landsat 7 ETM + ve MODIS uydu görüntülerinin birbirlerine göre kıyası yapılmıştır. Bu kapsamda, ele alınan yangınlar için yanmış alan ve yanma şiddeti belirleme kapasiteleri yorumlanmıştır. İki uydu görüntüsü içinde, yangın öncesi ve yangın sonrası görüntüler kullanılarak aynı analizler yapılmıştır.

MODIS uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğünün düşük olması sebebiyle bazı problemlerle karşılaşmıştır: (i) yanan alanların gereğinden fazla büyük tahmin edilmesi, (ii) yanan alan dışında olan piksellerin yanmış alan olarak sınıflandırılması. Bu problemler, MODIS uydu görüntüsünün piksel büyüklüğünün fazla olması ve dolayısıyla bir pikselin tamamı yanmamış olmadığı durumlarda o pikseli yanmış olarak sınıflandırmasından kaynaklanmaktadır. MODIS uydu görüntülerinin, Antalya-Taşagıl yangını yanma şiddeti tespitinde büyük oranda Landsat 7 ETM + görüntüleriyle uyuşmasına rağmen, Mersin-Gülnar yangını ve Hatay-Taşagıl yangınları yanma şiddeti tespitinde yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Landsat uydu görüntüleri ise mekânsal çözünürlüğünün daha yüksek olması sebebiyle yanan alan tespiti ve yanma şiddeti tespitinde daha presizyonlu sonuçlar vermiştir. OGM tarafından hazırlanan sayısal verileriyle yapılan kıyaslamalarda da Landsat uydusu MODIS uydusuna göre daha doğru yanan alan miktarı tespiti yapmıştır.

Yanan alan karakteristiğini belirlemek için kullanılan dNBR indisinin uydu görüntüsüne uygulanması aşamasında, yangın yüzeyi çevre uzunluğunu belirten vektör verisinin olması büyük kolaylık sağlamaktadır. Bunun sebebi, görüntülerde ortaya çıkabilecek bulut etkisi ve diğer problemleri minimum seviyeye indirmektir. Fakat, OGM ile yapılan görüşmelerde yangın yüzeyi çevre uzunluğu verisine ulaşılamamıştır ve bu sebepten dolayı dNBR indisinin yanan alan olarak tespit ettiği alanlar sayısallaştırılarak yanan alan sınırları belirlenmiştir. Ayrıca, OGM'den elde ettiğimiz yangın sicil fişlerinde yanan alan miktarları sadece sayısal olarak belirtilmiştir. Dolayısıyla yanan alan tespitinin hangi yöntemlerle yapıldığı bilinmemektedir. Bu tip aksaklıklarla karşılaşılmasına rağmen, Landsat 7 ETM +

uydu görüntüleriyle yapılan analizler sonucunda OGM yanan alan miktarı verilerine yakın değerler elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Arıcak, B., Enez, K., Küçük, Ö., (2012). Uydu Görüntüsü Kullanarak Yangın Potansiyelinin Belirlenmesi, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 220
- Bilici, E, (2008). “Orman Yangın Emniyet Yolları ve Şeritleri ile Orman Yol Şebekelerin Entegrasyonu, Planlamaları ve Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma (Gelibolu Milli Parkı Örneği)” (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Coluzzi, R., Masini, N., Lanorte, A., Lasaponara R., 2010, On the Estimation of Fire Severity Using Satellite ASTER Data and Spatial Autocorrelation Statistics, *Computational Science and Its Applications-ICCSA*, pp. 361–373
- Ertuğrul M., (2005). Orman Yangınlarının Dünyadaki Ve Türkiye’deki Durumu, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 7 (7), 43-50.
- Escuin, S., Navarro, R., Fernández, P. (2008). Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images *International Journal of Remote Sensing*, 29 (4), pp. 1053-1073.
- Fox, L. III, Stuart, J. D., (1994). Detecting changes in forest condition following wildfire using image processing and GIS. ASPRS Technical Papers: 1994 ASPRS-ACSM Annual Convention, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Reno, Nevada, April 1994 (Maryland: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing), pp. 197–206
- Getis, A.; Ord J.K., 1994, The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics, *Geographical Analysis*, 24, pp. 189–206.
- Gitas, I., Desantis A., (2009). Remote Sensing of Burn Severity, *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystem*. In: E. Chuvieco (Ed.), 129, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg
- Gómez, I., Martín, I., (2008). Estudio Comparativo de Índices Espectrales para la Cartografía de Áreas Quemadas con Imágenes MODIS. *Revista de Teledetección*, Issue 29, pp. 15-24.
- Hall, R.J., Freeburn, J.T., De Groot, W.J., Pritchard, J.M., Lynham, T.J., Landry R., (2008). Remote Sensing of Burn Severity: Experience from Western Canada Boreal Fires, *International Journal of Wildland Fire*, 17 (4), pp. 476–489.

- Kandemir, E.**, (2010). “Uzaktan Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri ile Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar” (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, İzmir.
- Jensen, J. R.**, (1996). Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, United States of America.
- Lanorte, A., Danese, M., Lasaponara, R., Murgante B.**, (2013). Multiscale Mapping of Burn Area and Severity Using Multisensor Satellite Data and Spatial Autocorrelation Analysis, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 20, pp. 42–51.
- Lanorte, A., Lasaponara, R.; Lovullo, M.; Telesca, L.**, (2014). Fisher–Shannon information plane analysis of SPOT/Vegetation Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series to characterize vegetation recovery after fire disturbance. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 26, 441–446.
- Lasaponara, R., Lanorte A.**, (2006). Multispectral Fuel Type Characterization Based on Remote Sensing Data and Prometheus Model, *Forest Ecology and Management*, 234.
- Lasaponara, R., Lanorte A.**, (2007a). VHR QuickBird Data for Fuel Type Characterization in Fragmented Landscape, *Ecological Modelling*, 204, pp. 79–84.
- Lasaponara, R., Lanorte A.**, (2007b). Remotely Sensed Characterization of Forest Fuel Types by Using Satellite ASTER data, *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation*, 9, pp. 225–234.
- Moran, P.**, 1948, The Interpretation of Statistical Maps, *Journal of the Royal Statistical Society*, 10, pp. 243–251.
- Miller, J.D., Thode A.E.**, (2007). Quantifying Burn Severity in A Heterogeneous Landscape with A Relative Version of The Delta Normalized Burn Ratio (dNBR), *Remote Sensing of Environment*, 109, pp. 66–80.
- Oliva, P., Verdú, F.**, (2007). *Review of the use of several spectral indices and techniques to map burned area with MODIS images*, Alcalá de Henares: UNED.
- O'Sullivan, D.; Unwin D.**, 2002, Geographic Information Analysis, *John Wiley & Sons*, 432 p.
- Örmeci, C.**, Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, (1987)

- Özkan, C.**, (1998). “Uzaktan Algılama Verileriyle Orman Yangın Analiz” (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Pereira, J. Yotros**, (1999). *Spectral characterisation and discrimination of burnt areas*. Berlin: Springer-Verlag.
- Riaño, D., Chuvieco, E., Ustin, S., Zomer, R., Dennison, P., Roberts, D., Salas, J.** (2002). Assessment of vegetation regeneration after fire through multitemporal analysis of AVIRIS images in the Santa Monica Mountains *Remote Sensing of Environment*, 79 (1), pp. 60-71.
- Richards, G.**, (1995). A General Mathematical Framework for Modeling Two Dimensional Wildland Fire Spread, *International Journal of Wildland Fire*, 5 (2), pp. 63–72.
- Roy, D.P., Boschetti, L., Trigg S.N.**, (2006). Remote Sensing of Fire Severity: Assessing The Performance of The Normalized Burn Ratio, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3, pp. 112–116.
- Saroğlu E., Kaya Ş., Örmeci C.**, (2005). Farklı Çözünürlükteki Uydu Görüntülerinin Geometrik Dönüşümü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara, 11-15 Nisan 2005.
- Tekeli A. E., Sönmez Ğ., Erdi E., Arslan M, Çukurçayır M. L., Demir F.**, (2007). Orman yangınlarının uzaktan algılama teknikleri ile tespit çalışmaları, TMMOB Afet Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 5-7 Aralık 2007, 177-184, Ankara, Türkiye
- Tobler, W.R.**, 1970, A Computer Model Simulating Urban Growth in The Detroit region, *Economic Geography*, 46, pp. 234–240.
- Türkeş, M.; Altan, G.**, (2012). Çanakkale’nin 2008 yılı büyük orman yangınlarının meteorolojik ve hidroklimatolojik analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 10 (2), 195-218.
- Veraverbeke, S., Lhermitte, S., Verstraeten, W.W., Goossens, R.** (2010). The temporal dimension of differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) fire/burn severity studies: The case of the large 2007 Peloponnese wildfires in Greece *Remote Sensing of Environment*, 114 (11), pp. 2548-2563.
- Veraverbeke, S., Harris, S., Hook, S.** (2011). Evaluating spectral indices for burned area discrimination using MODIS/ASTER (MASTER) airborne simulator data *Remote Sensing of Environment*, 115 (10), pp. 2702-2709.
- Xiao, X., Braswell, B., Zhang, Q., Boles, S., Frolking, S., Moore III, B.** (2003). Sensitivity of vegetation indices to atmospheric aerosols:

Continental-scale observations in Northern Asia *Remote Sensing of Environment*, 84 (3), pp. 385-392.

Yavuz, M.; Sağlam B., (2011). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Orman Yangınlarında Kullanılması, *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş, 1254-1264.

Url-1<http://www.kalkinma.com.tr/data/file/raporlar/ESA/GA/2003-GA/GA-03-05-08_AKDENIZ_BOLGESI.PDF >, alındığı tarih: 13.11.2014.

Url-2<http://www.geography.humanity.ankara.edu.tr/ders_notu/adana_bol.pdf>, alındığı tarih: 13.11.2014.

Url-3<http://tr.wikipedia.org/wiki/Akdeniz_Bölgesi>, alındığı tarih: 17.11.2014.

Url-4<mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi.pdf>, alındığı tarih: 10.11.2014.

Url-5<<http://web.ogm.gov.tr/diger/yanginhareket/Sayfalar/ormanyanginlari.aspx>>, alındığı tarih: 10.11.2014.

Url-6<<http://web.ogm.gov.tr/diger/yanginhareket/Sayfalar/istatistiklerr.aspx>>, alındığı tarih: 10.11.2014.

Url-7< http://burnseverity.cr.usgs.gov/pdfs/LAv4_BR_CheatSheet.pdf >, alındığı tarih: 10.11.2014.

Url-8<http://igett.delmar.edu/Resources/Remote%20Sensing%20Technology%20Training/Landsat_bands-sm.pdf>, alındığı tarih: 7.10.2014

Url-9<<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/other-satellite-sensors/landsat/>>, alındığı tarih: 14.10.2014

Url-10<https://lpdaac.usgs.gov/products/modis_products_table/mod09a1>, alındığı tarih: 17.11.2014

Url-11<<http://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/OrmanHaritasi.aspx>>, alındığı tarih :18.9.2014

Url-12<<http://orbisgenel.ogm.gov.tr/website/public/genelorbis/>>, alındığı tarih: 18.11.2014

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Hasan TONBUL

Doğum Yeri ve Tarihi :, 05 Ocak 1988

E-Posta : tonbulh@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

Lisans : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik

Mühendisliği Bölümü

Yayın Listesi :

- Kavzoğlu T., Kaya Ş., Tonbul H., Mekânsal Otokorelasyon Teknikleri Kullanılarak MODIS Uydu Görüntüleri Üzerinden Yanmış Alan ve Yanma Şiddetinin Belirlenmesi. V. UZALCBS 2014. İstanbul. 14-17 Ekim 2014.
- Kaya Ş., Kavzoğlu T., Tonbul H., (2014). Detection of Burn Area and Severity with MODIS Satellite Images and Spatial Autocorrelation Techniques [Poster]. AGU Fall Meeting, San Fransisco. 15-17 Aralık 2014

