

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

WEB TABANLI GOOGLE EARTH ENGINE İLE NORMALİZE
EDİLMİŞ BİTKİ İNDEKSİ KULLANARAK ZAMAN SERİSİ ANALİZİ

Başak KAFES

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Programı

Danışman

Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI

Şubat, 2022

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**WEB TABANLI GOOGLE EARTH ENGINE İLE NORMALİZE EDİLMİŞ
BİTKİ İNDEKSİ KULLANARAK ZAMAN SERİSİ ANALİZİ**

Başak KAFES tarafından hazırlanan tez çalışması 18.02.2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Uğur ACAR, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Filiz BEKTAŞ BALÇIK, Üye

İstanbul Teknik Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Web Tabanlı Google Earth Engine ile Normalize Edilmiş Bitki İndeksi Kullanarak Zaman Serisi Analizi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Başak KAFES

İmza



Aileme

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans sürecim boyunca akademik ve manevi desteklerini esirgemeyen, akademik sürecimin her aşamasında beni yönlendirip bu alanda yetişmemi sağlayan kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI'ya ve yine yüksek lisans sürecimde her türlü desteği veren ve bana yol gösteren Öğr.Gör. Dr. Osman Salih YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.



Başak KAFES

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xvi
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Hipotez	6
2 UZAKTAN ALGILAMA VE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİM TESPİTİ	8
2.1 Uzaktan Algılama ve Görüntü İşleme	8
2.2 Landsat 7 Tarama Hattı Düzelticisi Hatası Düzeltme	9
2.3 Sınıflandırma	9
2.4 Değişim Tespiti	10
3 MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1 Çalışma Alanı.....	12
3.2 Kullanılan Uydu Platformlarının Özellikleri.....	14
3.3 Çalışmada Kullanılan İndeksler.....	15
3.4 NDVI Zaman Serisi Analizi.....	16
3.5 Rastgele Orman Algoritması	18
3.6 Sınıflandırma İşlemi.....	20
3.7 ArcMAP 10.8 Yazılımında Orman Alanlarının Hesaplanması.....	22
4 İĞNEADA LONGOZ ORMANLARI DEĞİŞİM TESPİTİ	23
4.1 İğneada Longoz Ormanlarının Çıkarımı	23
4.2 İğneada Longoz Ormanlarındaki Değişimlerin İzlenmesi	41
4.3 Tartışma.....	44

5 SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKÇA	48
A UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN FİLTRELENMESİ İLE NDVI, EVI VE MNDWI DEĞERLERİNİN HESAPLANMASINA DAİR KOD ÇIKTISI	51
B RANDOM FOREST ALGORİTMASI İLE SINIFLANDIRMA VE DOĞRULUK TESPİTİNE DAİR KOD ÇIKTISI	53
C ZAMAN SERİSİ ANALİZİNE DAİR KOD ÇIKTISI	55
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	57



SİMGE LİSTESİ

K	Arazi Örtüsü Sınıfları Temsili veriler
S_t	Doğru Sınıflandırılmış Toplam Piksel
t_N	En Büyük t Zamanı
t_0	En Küçük t Zamanı
$I(\cdot)$	Gösterge İşlevi
g	Gözlem
k	g Gözlemine Bağlı k Sınıfı
r	Hata Matrisindeki Satır Sayısı
S_{i+}	i Satırının Marjinal Toplamı
S_{+i}	i Sütunun Marjinal Toplamı
κ	Kappa İstatistiki Değeri
$h_K(x)$	Sınıflandırıcılar topluluğu
p_t	t Zamanındaki Skaler Piksel
N	Tüm Piksellerin Sayısı
$P_{X,Y}$	X, Y uzayındaki olasılık

KISALTMA LİSTESİ

API	Erişilebilir Uygulama Programlama Arabirimi (Accessible Application Programming Interface)
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
EVI	Geliştirilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (Enhanced Vegetation Index)
GEE	Google Earth Engine
HANTS	Zaman Serilerinin Harmonik Analizi (Harmonic Analysis of Time Series)
IDE	Etkileşimli geliştirme ortamı (Interactive Development Environment)
MMRI	Modüler Mangrov Tanıma İndeksi (Modular Mangrove Recognition)
MNDWI	Modifiye Edilmiş Normalize Fark Su indeksi (Modified Normalized Difference Water Index)
NASA	Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)
NDDI	Normalize Edilmiş Kuraklık İndeksi (Normalized Difference Drought Index)
NDSI	Normalize Edilmiş Toprak İndeksi (Normalized Difference Soil Index)
NDVI	Normalize Edilmiş Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index)
NIR	Yakın Kızılötesi (Near Infrared)
OLI	Operational Land Imager
RO	Rastgele Orman Algoritması
SLC	Tarama Hattı Düzelticisi (Scan Line Corrector)
SPEI	Standartlaştırılmış Yağış ve Buharlaşma İndeksi (Standardised Precipitation and Evaporation Index)
SPOT	Satellite pour l'Observation de la Terre
SWIR	Kısa dalga kızılötesi (Shortwave Infrared)
TM	Tematik Haritalayıcı (Thematic Mapper)

USGS

Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma (United States Geological Survey)



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Genel iş akış şeması	12
Şekil 3.2	Çalışma alanı haritası.....	13
Şekil 3.3	Random Forest sınıflandırıcısının eğitim ve sınıflandırma aşamaları: a) eğitim aşaması b) sınıflandırma aşaması (Belgiu ve Drăgut, 2016)	20
Şekil 3.4	Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı.....	21
Şekil 4.1	RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 23 Haziran 2000 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 10 Haziran 2001 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 15 Temmuz 2002 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 15 Mayıs 2003 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü	24
Şekil 4.2	RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 21 Ağustos 2004 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 05 Haziran 2005 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 23 Mayıs 2006 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 30 Ağustos 2007 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü	25
Şekil 4.3	RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 28 Mayıs 2008 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 31 Mayıs 2009 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 02 Mayıs 2010 tarihli Landsat- 7 (ETM+) görüntüsü d) 09 Ağustos 2011 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü.....	26
Şekil 4.4	RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 07 Mayıs 2012 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 06 Ağustos 2013 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü c) 08 Temmuz 2014 tarihli Landsat- 8 (OLI) görüntüsü d) 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü.....	27
Şekil 4.5	RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 11 Haziran 2016 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü b) 30 Haziran 2017 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü c) 30 Nisan 2018 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü d) 19 Mayıs 2019 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü	28
Şekil 4.6	RO algoritması ile sınıflandırılan 22 Haziran 2020 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü	29
Şekil 4.7	RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 23 Haziran 2000 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 21 Ağustos 2014 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 02 Mayıs 2010 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü	30
Şekil 4.8	RO algoritması ile sınıflandırılan 27 Temmuz 2021 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü	31

Şekil 4.9	21 yıllık NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği	41
Şekil 4.10	ArcMap 10.8 yazılımından elde edilen orman alanlarının grafiği	41
Şekil 4.11	Beş yıldan oluşan NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği.....	43
Şekil 4.12	Beş yıla dair İğneada Longoz Ormanları'na ait alanların grafiği	43



TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Landasat-7 (ETM+) ve Landsat-8 (OLI) görüntülerinin spektral ve geometrik çözünürlükleri	14
Tablo 3.2	İlk aşamada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri.....	17
Tablo 3.3	İkinci aşamada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri	18
Tablo 4.1	23 Haziran 2000 ve 10 Haziran 2001 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	32
Tablo 4.2	15 Temmuz 2002 ve 15 Mayıs 2003 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	32
Tablo 4.3	21 Ağustos 2004 ve 05 Haziran 2005 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	33
Tablo 4.4	23 Mayıs 2006 ve 30 Ağustos 2007 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	34
Tablo 4.5	28 Mayıs 2008 ve 31 Mayıs 2009 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	34
Tablo 4.6	02 Mayıs 2010 ve 09 Ağustos 2011 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	35
Tablo 4.7	07 Mayıs 2012 Landsat-7 (ETM+) ve 06 Ağustos 2013 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu	36
Tablo 4.8	08 Temmuz 2014 ve 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	36
Tablo 4.9	11 Haziran 2016 ve 30 Haziran 2017 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	37
Tablo 4.10	30 Nisan 2018 ve 19 Mayıs 2019 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	38
Tablo 4.11	22 Haziran 2020 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsünün kontrolü sınıflandırma doğruluğu.....	38
Tablo 4.12	21 yıllık görüntü koleksiyonunun genel doğruluk ve kapa istatistiki değerleri.....	39
Tablo 4.13	Beş uydu görüntüsünden oluşan 21 yıllık yıllık görüntü koleksiyonunun genel doğruluk ve kapa istatistiki değerleri	40
Tablo 4.14	İğneada Longoz Ormanları'na ait sınıf bazında doğruluk	41
Tablo 4.15	Çalışma alanındaki tüm orman alanının yıllara göre alan verileri (hektar)	42
Tablo 4.16	İğneada Longoz Ormanları'nın yıllara göre alan verileri (hektar) ...	43

Web Tabanlı Google Earth Engine ile Normalize Edilmiş Bitki İndeksi Kullanarak Zaman Serisi Analizi

Başak KAFES

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Füsun BALIK ŞANLI

Bu tez çalışmasında Kırklareli ili Demirköy ilçesine bağlı İğneada beldesinde bulunan Longoz Ormanları'nı ve çevre ormanları da içeren alanın uzun dönemli değişiminin incelenmesi, son 21 yıllık Landsat-7 (Enhanced Thematic Mapper Plus-ETM+) ve Landsat-8 (Operational Land Imager-OLI) uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İğneada Longoz Ormanları'nın ve çevresinin zamansal değişiminin incelenmesi için web tabanlı Google Earth Engine (GEE) ortamında uzaktan algılama (UA) teknikleri ile normalize edilmiş bitki indeksi (normalized difference vegetation index-NDVI) zaman serisi analizi yapılmıştır. Ayrıca bölgedeki ormanların alansal değişimini izlemek için rastgele orman (RO) algoritması ile 2000 ve 2021 yılları arasında 13 adet Landsat-7 (ETM+) ve 9 adet Landsat-8 (OLI) olmak üzere toplam 26 adet görüntü kontrollü sınıflandırılmıştır. Seçilen sınıflarda özellikle su, orman ve diğer bitki örtüsü ayrımını daha iyi gerçekleştirmek için, modifiye edilmiş normalize fark su indeksi (modified normalized difference water index-MNDWI), geliştirilmiş bitki örtüsü indeksi (enhanced vegetation index-EVI) ile NDVI kullanılmıştır. Sınıflandırma aşaması iki farklı ana aşama olarak ele alınmıştır. İlk aşamada yapılan sınıflandırma için

Çalışma alanı yedi sınıfa blnmştir. Bu sınıflandırma aşamasında ormanlar bir bütün olarak ele alınmış ve longoz, diğer orman alanları ayırımı yapılmamıştır. İkinici sınıflandırma aşamasında ise çalışma alanı dokuz sınıfa bölünmüş ve alanda bulunan longoz ile orman ayırımı yapılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarına göre ilk sınıflandırma aşamasında, genel doğruluk minimum %79,97 ve maksimum %90,63 olarak elde edilmiştir. Sınıflandırmaya ait genel olarak doğruluk değerleri ise yaklaşık %85 civarındadır. Kappa istatistiki değerleri ise minimum 0,721 ve maksimum 0,877 olarak elde edilmiştir. Kappa istatistikinin genel olarak değerleri ise 0.81 civarındadır. İkinici sınıflandırma aşamasında ise genel doğruluk minimum %75,92 ve maksimum %90,04 olarak elde edilmiştir. Genel doğruluk ortalama %80 civarındadır. Kappa istatistiki değerleri ise minimum 0.649 ve maksimum 0.866 çıkmıştır. Kappa istatistiki değerleri yaklaşık olarak 0.78 civarındadır. Ayrıca alışma alanı kapsamında bulunan Mert, Saka ve Hamam gllerine dair alan değerini de izlenmiştir. GEE'de longoz ormanlarının 21 yıllık NDVI zaman serisi analizi ile Rastgele Orman algoritmasıyla yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen orman alanlarının değerleri birbirini destekler sonuç ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Normalize edilmiş bitki indeksi (NDVI), Google Earth Engine (GEE), zaman serisi analizi, İğneada Longoz Ormanları, uzaktan algılama.

Time Series Analysis Using Normalized Vegetation Index with Web Based Google Earth Engine

Başak KAFES

Department of Geomatic Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI

In this thesis study, the long-term change of the area, including the Longoz Forests and the surrounding forests, in İğneada town of Demirköy district of Kırklareli province was investigated by using Landsat-7 (Enhanced Thematic Mapper Plus-ETM+) and Landsat-8 (Operational Land Imager-OLI) satellite images of the last 21 years. In order to examine the temporal variation of İğneada Longos Forests and its surroundings, a normalized difference vegetation index (NDVI) time series analysis was performed with remote sensing (RS) techniques in the web-based Google Earth Engine (GEE) environment. In addition, the spatial changes of the forests in the region were monitored by the supervised classification of five satellite images between 2000-2021 and 21 satellite images between 2000-2020 with the random forest (RO) algorithm. Modified normalized difference water index, enhanced vegetation index (EVI) and NDVI were used in order to better differentiate water, forest and vegetation in selected classes. The classification stage is handled as two different main stages. For the classification made in the first stage, the study area is divided into seven classes. At this classification stage, forests were considered as a whole and no distinction was made between longos and other forest areas. In the second classification stage, the study area was

divided into nine classes and a distinction was made between the longos and forest in the area. According to the classification results, in the first classification stage, the overall accuracy was obtained as a minimum of 79.97% and a maximum of 90.63%. In general, the accuracy values of the classification are around 85%. Kappa statistical value was obtained as a minimum of 0.721 and a maximum of 0.877. Kappa statistics are generally around 0.81. In the second classification stage, the overall accuracy was obtained as a minimum of 75.92% and a maximum of 90.04%. The overall accuracy averages around 80%. Kappa statistical value was minimum 0.649 and maximum 0.866. Kappa statistical value is approximately 0.78. In addition, the area changes of Mert, Saka and Hamam lakes, which are within the scope of the study area, was also observed.

Keywords: Normalized vegetation index (NDVI), Google Earth Engine (GEE), time series analysis, Igneada Longos Forests, remote sensing.

Longoz ormanlık alanları; genelde yağış miktarının fazla olduğu ilkbahar-kış mevsiminde tabanı sularla kaplanan ormanlık alandır. Longoz ormanları aynı zamanda su basar ve mangrov ormanları olarak da anılmaktadır. Çalışma alanının bulunduğu İğneada bölgesine Yıldız Dağlarından akan derelerin taşıdığı alüvyonların birikmesiyle İğneada Longoz Ormanları oluşmuştur. İğneada Longoz Ormanları 2007 yılında Milli Park olarak tescil edilerek Türkiye'nin 39. Milli Parkı olmuştur ve I. ve II. Derece Doğal Sit Alanı olarak koruma altındadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020). İğneada Longoz Ormanları üç ayrı kısımdan oluşmaktadır. Güney kısımda Saka, Mert, Hamam, Deniz, Pedina Gölü, Bulanık Deresi ve bunlarında etrafında longoz ormanları ve yaprak döken ormanlar bulunmaktadır. Kuzey kısmı ise Erikli Gölü ve longoz ormanlarından meydana gelmektedir. Erikli, Saka ve Mert Göllerinin önlerinde bulunan kumul engellerinden dolayı göllerin denizle bağlantıları kesilir ve ilbaharda fazla yağışla beraber bu göllerdeki sular taşarak araziye kaplarlar (Bozkaya, 2013). Bu taşkın alanlar, su basar alanlarını ve birbirinden farklı deniz, göl ve orman ekosistemlerini oluştururlar. Lagün göllerinin yağışlı dönemlerde tuz oranları değişmekle birlikte suları acı tuzludur. İğneada Longoz Ormanları kış ve ilkbahar mevsimlerinde sularla kaplı, yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise su çekilse de taban kısmında yine suyla kaplıdır. Artan mekânsal ve zamansal çözünürlükler ile değişimlerin tespitini ve izlemesini daha da kolaylaştıran UA teknolojilerindeki ve veri erişimindeki gelişmeler sayesinde, küresel ölçeklerde longoz orman dinamikleri hakkındaki bilgiler 2000 yılından bu yana önemli ölçüde artmıştır (Friess vd., 2019).

Büyük veri hacmine sahip uzaktan UA verilerinin işlenmesinde ciddi katkılar sağlayan GEE, akademik amaçla kullanılan, kâr amacı gütmeyen, kullanıcılar için coğrafi veri kümelerinin bilimsel analizi ve görselleştirilmesi için geliştirilmiş bir platformdur. GEE Landsat, Sentinel ve MODIS gibi birçok ücretsiz uydu

platformuna eş zamanlı erişebilmenin yanında kendisi ile entegre çalışan destek vektör makineleri (DVM) (support vector machine-SVM), rastgele orman (RO) (random forest-RF), karar ağaçları gibi birçok algoritma ve kendine özgü kod kütüphanesi bulunmaktadır (Amani vd., 2020). GEE, yüksek performanslı, özünde paralel bir hesaplama hizmetiyle birlikte konumlandırılan, çok petabaytlık, analize hazır bir veri kataloğundan oluşur. İnternet üzerinden erişilebilir uygulama programlama arabirimi (Accessible Application Programming Interface - API) ve sonuçların hızlı prototiplenmesini ve görselleştirilmesini sağlayan ilişkili bir web tabanlı etkileşimli geliştirme ortamı (Interactive Development Environment - IDE) aracılığıyla erişilir ve kontrol edilir (Gorelick vd., 2017). API'ler ile Earth Engine hizmetine bağlanır ve JavaScript, Python için istemci kitaplıkları, karmaşık coğrafi analizleri Earth Engine isteklerine dönüştürür. Veya REST API kullanarak doğrudan Earth Engine sunucularına bağlantı sağlanabilir. Özellikle çok fazla veri ile çalışıldığında GEE hız ve zaman tasarrufu sağlar. Platformun kendisinde bulunan veri koleksiyonları sayesinde görüntüler doğrudan analiz edilebilir. Uydu görüntülerinin analizi için GEE kendi içerisinde algoritmalar bulundurmaktadır. Bu algoritmalar sayesinde en çok benzerlik gibi konvansiyonel ve derin öğrenme, makine öğrenmesi gibi de modern yöntemlerle uydu görüntülerinin sınıflandırma işlemi yapılabilmektedir.

1.1 Literatür Özeti

Dünya'da ve Türkiye'de longoz ormanlarının izlenmesi ve değişim tespitine dair birçok araştırma yapılmıştır. Ekolojik olarak çok büyük öneme sahip olan longoz ormanları için özellikle değişim tespiti ve geleceğe dair modelleme çalışmaları bulunmaktadır. UA yöntemleri sayesinde longoz ormanlarının takibine dair farkındalık artmıştır. Bunting vd. (2018) yaptıkları çalışmada 2010 yılına ait yaklaşık 137.600 m² alana sahip longoz ormanlarının küresel olarak haritasını üretmişlerdir. Yirmi birinci yüzyılın başlarındaki küresel longoz kayıp oranları, yirminci yüzyıl için bildirilenlerden daha düşüktür (Friess vd., 2019). Literatüre bakıldığında son yıllarda Türkiye (Bozkaya, 2013), (Toker, 2018), (Gencal vd., 2018), (Arekhi vd., 2019), Avusturalya (Wen ve Saintilan, 2015), Çin (Li vd., 2019), Hindistan (Parida ve Kumar, 2020), Endonezya (Cipta vd., 2021) ve

Brezilya'da (Diniz vd., 2019) bulunan longoz ormanlarına dair UA çalışmalarına yer verildiği görülmektedir.

Bozkaya'nın "İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi" yüksek lisans tez çalışmasında Landsat 5 TM, Ikonos, Aster (Level 3A) uydu görüntülerini ve Harita Genel Komutanlığı'ndan elde edilen hava fotoğrafları ile UA, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve Markov Zincir modelleme yöntemlerini kullanarak 1984, 1990, 2000 ve 2010 yıllarına ait longoz orman alanlarının değişimini tespit edilmiş ve 2030 yılına dair tahminler yapılmıştır. Longoz ormanları, Hücresel Özişleme Tabanlı Markov modelinde artarken Stokastik Markov ve Çok katmanlı Markov modellerinde azaldığı sonucuna ulaşılmıştır (Bozkaya, 2013).

Toker'in yüksek lisans tez çalışmasında İğneada'nın zamansal değişim tespiti analizi için 1987'den 2007'ye ve 2007'den 2017'ye iki dönem olmak üzere sırasıyla beş yıllık ve iki yıllık zaman aralıklarıyla Landsat ve Sentinel uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri olarak ISODATA, K-ortalamar ve maksimum olasılık ve karar destek makineleri kullanılmıştır. 2015'ten 2017'ye kadar olan zamanda longoz ormanlarının azaldığı gözlemlenmiştir. Milli park ilan edilene kadar bölgenin çeşitli baskılara (yani yasadışı ağaç kesimi, kirlilik vb.) maruz kaldığı ve milli park ilan edildikten sonra genel bir iyileşme ve toparlanma olduğu görülmekle birlikte alanın kesin dinamiklerinin yeterince korunamadığı sonucuna ulaşılmıştır (Toker, 2018).

Gencal vd. tarafından Türkiye'nin Bursa ilinde bulunan bir diğer longoz ormanı olan Karacabey Longoz Ormanları'nın değişim tespitine dair çalışma yapılmıştır. 2010 ve 2017 yılları için sırasıyla Landsat-5 (Thematic Mapper-TM) ve Landsat-8 (OLI) uydu görüntülerinin bant seçimi, sınıflandırma, doğruluk analizi gibi işlemleri ERDAS 9.2, ArcGIS 10.4.1 ve ENVI yazılımlarında yapılmıştır. 2000 ve 2017 sınıflandırma görüntülerini karşılaştırmak için değişiklik algılama yöntemi kullanılmıştır. Çalışma alanına ait arazi kullanım haritaları, 17 yıllık dönem boyunca arazi kullanımının mekânsal ve zamansal değişimlerini değerlendirmek için kullanılmıştır. 2000-2017 yılları arasında su basar orman, su ve diğer

arazilerin alansal dağılımının arttığı, orman ve bataklık azaldığı tespit edilmiştir (Gencal vd., 2018).

İğneada Longoz Ormanları'na dair yapılan çalışmalardan bir diğeri ise Arekhi vd. tarafından yapılmıştır. Çalışma dört mevsim boyunca Sentinel-2A ve Landsat-8 (OLI) verilerinin spektral tutarlılığını test etme amacını taşımaktadır. Sentinel-2A ve Landsat-8 (OLI) uydu görüntülerinin beş bandına ek olarak NDVI, EVI ve NDWI indeksleri kullanılmıştır. Spektral tutarlılık Pearson korelasyon katsayısı kullanılarak çapraz kalibrasyon analiziyle yorumlanmış ve mekânsal tutarlılık da değerlendirilmiştir. Neredeyse tüm mevsimsel veri kümelerinde Landsat-8 (OLI) ve Sentinel-2A'dan çıkarılan bitki indeksleri arasında yüksek bir korelasyon olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Landsat-8 OLI ve Sentinel-2A sensörlerine ait verilerin, zaman serisi analizi ve fenolojik izleme için birbirinin bütünleyeni olarak yani birlikte kullanılabileceği gösterilmiştir (Arekhi vd., 2019).

Wen vd. tarafından Avustralya'da bulunan Yanga Ulusal Parkı'nda su basar ormanlarının kuraklıktaki hafifletici etkisi değerlendirilmiştir. Kurak-yaş dönem olan 2000-2013 seçilerek MODIS ile NDVI analizi BFAST (Breaks in Additive Season and Trend) ve Vektör Otoregresyon (Vector Autoregression) algoritmaları ile gerçekleştirilmiştir. 1900 ve 2013 uzun vadeli arasında standartlaştırılmış yağış ve buharlaşma indeksi (Standardised Precipitation and Evaporation Index–SPEI) hesaplanmıştır. Su basan kısımlar ve susuz kısımlar arasında ekosistem kararlılığı ve esnekliği açısından önemli bir fark bulunamamıştır. Uzun vadeli kuraklık indeksi ile NDVI anomalisi arasındaki son derece anlamlı ilişki, iklim fazının yarı kurak longoz ormanlarında gölgelik durumunu zorlayan ana unsur olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Wen ve Saintilan, 2015).

Li vd. tarafından Çin'de bulunan Fujian Zhangjiangkou Ulusal Mangrov Doğa Koruma Alanı'nda (Fujian Zhangjiangkou National Mangrove Nature Reserve-FZNNR) mangrov türlerinin fenolojik yörüngelerini temsil etmek için bir Sentinel-2 NDVI zaman serisi üretilmiştir. Yeterli ve doğru eğitim ve test örnekleri almak için Aralık 2018'de zemin etütleri ve insansız hava aracı uçuşları yapılmıştır. GEE'de NDVI zaman serisi analizinde atmosferik etkilerden ve diğer veri eksikliklerinden kaynaklı sapmaları düzeltmek için HANTS (Zaman serilerinin

harmonik analizi- harmonic analysis of time series) algoritması uygulanmış ve zaman serisi analizi yapılmıştır. Mangrov türlerini sınıflandırmak için rastgele orman sınıflandırma algoritması GEE'de uygulanmıştır. Sonuç olarak Zhangjiang halisinde, farklı mangrov türlerinin fenolojik yörüngelerinin (NDVI zaman serileri) büyük farklılıklar gösterdiği, sınıflandırma haritasının genel doğruluğunun ve Kappa güveninin sırasıyla %84 ve 0,84 olduğu, kış sonu ve ilkbahar başındaki ayların mangrov türlerinin haritalanmasında kritik rol oynadığı bulunmuştur (Li vd., 2019).

Parida ve Kumar (2020) Hindistan'da bulunan Odisha sahili boyunca uzanan longoz ormanlarının 19 yıllık değişimini incelemiştir. Bu çalışmada 2009 ve 2019 yılları için sırasıyla Landsat-5 ve Sentinel-2A uydu verilerini kullanarak GEE'de karar destek makine algoritması ile longoz ormanlarını sınıflandırmışlardır. Landsat-5 ve Sentinel-2A'nın mavi, yeşil, kırmızı, NIR, SWIR-1 ve SWIR-2 spektral bantları mekânsal-zamansal analiz ve longoz ormanlarındaki değişiklikler için kullanılmıştır. Longoz ormanlarının 222,43 km²'den (2009) 252,47 km²'ye (2019) arttığı sonucuna ulaşılmıştır .

Cipta vd. (2021), Endonezya'da bulunan Bangka Belitung Takımadaları'ndaki mangrov ekosistemindeki 1990 – 2000 yıllarında meydana gelen zamansal değişimi incelemişlerdir. GEE platformunda NDVI, EVI ve MSAVI (Modifiye edilmiş toprak bazlı bitki indeksi- Modified, Soil-Adjusted Vegetation Index) indeksleri kullanılarak uydu görüntülerini sınıflandırılmıştır. 1990 ve 2010 yılları için Landsat-5, 2000 yılı için Landsat-7 ve 2020 için Landsat-8 uydu görüntüleri kullanılmış ve GEE'de Rastgele Orman algoritması ile sınıflandırma yapılmıştır. Sonuç olarak; 2020 yılında elde edilen en yüksek alanın 119.91 hektar ve arazi örtüsü sınıflandırma doğruluğunun %99,09, en düşük alanın %98,98'lik bir arazi örtüsü sınıflandırma doğruluğu ile 2000 yılında 70,88 hektar olduğu ortaya çıkmıştır.

Diniz vd. (2019) 1985'ten 2018'e kadar kıta ölçeğinde Brezilya mangrov ormanlarının analizini yapmışlardır. Analiz için Landsat uydu görüntüleri, NDVI, EVI, NDWI, MNDWI, Normalize Edilmiş Toprak İndeksi (NDSI-Normalized Difference Soil Index) kullanılmıştır. Normalize Edilmiş Kuraklık İndeksinden

(NDDI-Normalized Difference Drought Index) yola çıkarak önerilen Modüler Mangrov Tanıma İndeksi (Modular Mangrove Recognition Index-MMRI) türetilmiştir. Güvenirliğinden dolayı RO algoritması seçilerek çalışma alanı mangrov (Mg) ve mangrov olmayan (N-Mg) olmak üzere ikiye bölünmüştür. Aynı karşılaştırıldığında, 1985'ten 1998'e ve 1999'dan 2018'e kadar olan dönemler, farklı mangrov alanı eğilimleri gösterdiği ortaya çıkmıştır. 1985'ten 1998'e kadar olan ilk dönem, Brezilya mangrovlarının yenilenmesinden çok Landsat verilerinin düzensiz dağılımıyla ilgili gibi görünen bir yükseliş eğilimi göstermiştir. 1999'dan 2018'e kadar olan ikinci dönemde, mangrov ormanının %2'sine ulaşan bir mangrov alanı kaybı eğilimi kaydedilmiştir. Geliştirilen spektral indeks olan MMRI'nin güvenilir olduğu tespit edilmiş ve mangrov ve mangrov olmayan sınıflar arasındaki spektral ayrılabilirliğin artırılmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Su basar ormanları diğer adıyla longoz ormanları, su seviyesinin toprak yüzeyinde ya da yüzeye yakın bir şekilde bulunduğu ve alanın sürekli olarak ya da dönem dönem sığ bir su örtüsüyle kaplı olduğu ormanları ifade etmektedir. Su basar ormanları dünyada ve Türkiye'de ekolojik olarak korunan ekosistemlerdendir. Türkiye'de dört adet büyük su basar ormanı bulunmaktadır. Çalışma alanı olarak seçilen İğneada Longoz Ormanları da Türkiye'de nadir bulunan su basar ormanlarından birisidir. Kırklareli ilinde bulunan Longoz Ormanları 2007 yılında Bakanlar Kurulu kararı ile Milli Park olarak tescil edilmiştir. İğneada Longoz ormanları zengin biyoçeşitliliğe ve endemik türlere ev sahipliği yapmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı UA tekniklerinden faydalanarak önemli ekosisteme sahip olan İğneada su basar ormanlarının ve çevre alanının 21 yıllık zamansal değişiminin GEE platformunda bulut ortamında incelenmesi ve değişimin belirlenmesinde bu platformun sağladığı avantajların gösterilmesidir. Orman alanlarının uzun süreli değişimi ortaya çıkarılmış ve risk oluşturabilecek durumların değerlendirilebilmesi için bir bilgi olarak sunulmuştur.

1.3 Hipotez

Orman alanlarının uzun süreli zamansal değişimi UA teknolojileri ile incelenebilir. Uydulardan elde edilen UA verilerinin değerlendirilmesi ile risk altında olan

orman b6lgeleri tespit edilebilir. Kırklareli sınırları içerisinde yer alan İğneada Longoz Ormanı'nı da içine alan orman alanlarının tamamının değişim tespiti için aşağıdaki hipotezler 6ng6r6lebilir:

- Su basar ormanları alan değişiminin doğru tespiti ve mevsimsel etkileri azaltmak için zeminde bulunan su seviyesinin benzer ve ağaçların yeşil olduğu mevsim dikkate alınmalıdır.
- Su basar ormanları alan değişiminde, NDVI zaman serisi analiziyle elde edilen sonuçlar ve RO sınıflandırma algoritması sonucu elde edilen alan değerleri birbiriyle uyumlu sonuçlar vermesi beklenir.
- İğneada longoz ormanlarını da kapsayan orman alanları ile, longoz ormanlarının g6sterdikleri spektral eğilim birbirine benzerdir.
- GEE platformu b6y6k veriler kullanılarak gerçekleştirilecek zamansal değişim analizleri için en uygun platformdur.

UZAKTAN ALGILAMA VE ARAZİ ÖRTÜSÜ DEĞİŞİM TESPİTİ

Bu bölümde uzaktan algılamada görüntü işleme ve değişim tespitine dair bilgiler işlenmiştir.

2.1 Uzaktan Algılama ve Görüntü İşleme

UA, alanla fiziksel temasta olmayan bir cihaz kullanarak gerçekleşen bir olay, alan veya nesne hakkında bilgi elde etme ve analiz etme bilimidir (Jog ve Dixit, 2016). Arazi ile doğrudan temas olmadığı için optik, mikrodalga gibi sinyaller yardımıyla görüntü işleme gerçekleştirilir. UA tekniği 1950'lerde Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin uydu ve uzay çalışmaları ile başlamış, 1970'lerin sonları itibariyle keşif amaçlı fırlatılan Landsat ve SPOT çevre gözlem uydularından elde edilen görüntüler ile sağlanan başarılar UA teknolojilerindeki gelişmeleri ivmelendirmiştir. Elektromanyetik spektrumun çeşitli aralıklarında algılama yapan pasif ve aktif sistemlerle elde edilen veriler sayesinde tarım, orman, çevre, su yönetimi, savunma, istihbarat, madencilik, afet yönetimi, yeraltı ve yerüstü kaynakların yönetilmesi, kentsel planlama vb. birçok alanda mekâna dayalı araştırmalar, tespitler ve ileriye dönük kestirimler UA teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Sayısal görüntü işleme, sayısal görüntülerin bilgisayar ortamında işlenmesidir ve ön işleme, iyileştirme ve sınıflandırmayı içerir. Ön işleme, görüntü radyometrisini kalibre etmek, geometrik bozulmaları düzeltmek ve gürültüyü gidermek için ham verilerin işlenmesinde yapılması gereken ilk işlemleri ifade eder. Düzeltilen görüntüler daha sonra iyileştirme veya sınıflandırma işlemine veya her ikisine birden gönderilir (Schowengerdt, 1983).

2.2 Landsat 7 Tarama Hattı Düzelticisi Hatası Düzeltme

31 Mayıs 2003 tarihinde, uydu görüntülerinde, uydunun ileriye doğru hareketinden kaynaklanan hataları düzelteren Tarama Hattı Düzelticisi'nde arıza meydana gelmiştir. Bu tarihten itibaren uydu görüntülerine ait verilerde yaklaşık %22'lik veri kaybı vardır (https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con, 09.10.2021)

Veri kaybına rağmen Landsat 7'ye ait uydu görüntüleri radyometrik ve geometrik düzeltmelerle kullanılabilir. USGS adresinden indirilen her Landsat 7 uydu görüntüleri kompozitlerinin içerisinde radyometrik ve geometrik düzeltmeler içeren boşluk maskesi (gap mask) dosyası bulunmaktadır. Bu dosyalar uydu görüntülerinde yer alan boş piksellerin konumlarını gösterir ve boş pikselleri düzeltmek için kaynak verileri sağlar. Boşluk maskeleri, veri erişimini ve görüntülemeyi basitleştirmek için ilgili görüntü bant dosyalarıyla aynı boyutlara sahip 8 bitlik görüntülerdir. Boşluk maskesi, veri olmayan kısımları temsil etmek için 0 kodunu ve düzeltilmiş her piksel için kaynak görüntüyü tanımlamak için 1'den 6'ya kadar olan kodları kullanır. Kod 1, birincil çerçeveye atıfta bulunur ve 2'den 6'ya kadar olan kodlar, MTL dosyasında belirtildiği gibi boşluk doldurma ürününde kullanılan doldurma çerçevelerine atıfta bulunur. (Johnson ve Goetz, 2013)

2.3 Sınıflandırma

UA görüntülerinin arazi örtüsü sınıflandırması, genel örüntü tanıma kategorisine giren bir görevdir (Dunning ve Friedman, 2014). Görüntü sınıflandırma kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak ikiye ayrılabilir. Piksel etiketlemeye yönelik kontrollü sınıflandırma, kullanıcının önceden tanımlanmış sayıda sınıf için temsili eğitim verilerini seçmesini gerektirir. Sınıflandırma performansı, kullanıcının hedef sınıf dağılımını ne kadar iyi modelleyebildiğine büyük ölçüde bağlıdır (Jog ve Dixit, 2016).

Kontrollü sınıflandırmada, görev genellikle olasılık dağılımlarının modellenmesi olarak görülebilir. Bir sahnede mevcut olduğu varsayılan K arazi örtüsü sınıfları

için temsili verilere dayanarak, g gözlemine bağlı olarak k sınıfı için a soncul (posteriori) olasılıkları “öğrenilir” veya yaklaşık olarak tahmin edilir.

$$\text{Pr}(k | g), k = 1 \dots K \quad (2.1)$$

Bu genelde sınıflandırmaya dair adımların eğitim aşaması olarak adlandırılır. Daha sonra bu olasılıklar, genelleme aşaması olarak adlandırılan adımda görüntüdeki tüm pikselleri sınıflandırmak için kullanılır (Dunning ve Friedman, 2014). Bu tez çalışmasında kontrollü sınıflandırma algoritması olan Rastgele Orman algoritması kullanılmıştır.

2.4 Değişim Tespiti

Değişim tespiti, bir nesnenin veya olgunun durumundaki farklılıkları, onu farklı zamanlarda gözlemleyerek belirleme sürecidir. Değişim tespiti, arazi kullanımı değişikliği analizi, değişen ekim süreçlerinin izlenmesi, orman alanlarının azalmasının değerlendirilmesi, bitki örtüsü fenolojisindeki değişikliklerin incelenmesi, mera üretimindeki mevsimsel değişiklikler, hasar değerlendirmesi, mahsul stresi tespiti, afet izleme, kar erimesinin ölçülmesi, termal özelliklerin gündüz/gece analizi ve diğer çevresel değişikliklerin izlenmesi gibi çeşitli uygulamalarda faydalıdır (Singh, 1989).

Çok bantlı görüntü verilerinin birçok değişim tespiti algılama vardır. Üç kategoride sınıflandırılabilirler; spektral karakteristik analiz, spektral değişikliklerin vektörel analizi ve zaman serisi analizi. Spektral karakteristik analizin amacı, farklı UA görüntülerinin spektral sınıflandırma ve hesaplanmasına dayalı değişikliklerin dağılımını ve karakteristiğini sağlamaktır. Zaman serisi analizi yönteminin amacı ise sürekli gözlem verilerinin değişim sürecini ve eğilimini analiz etmektir (Shaoqing ve Lu, 2009).

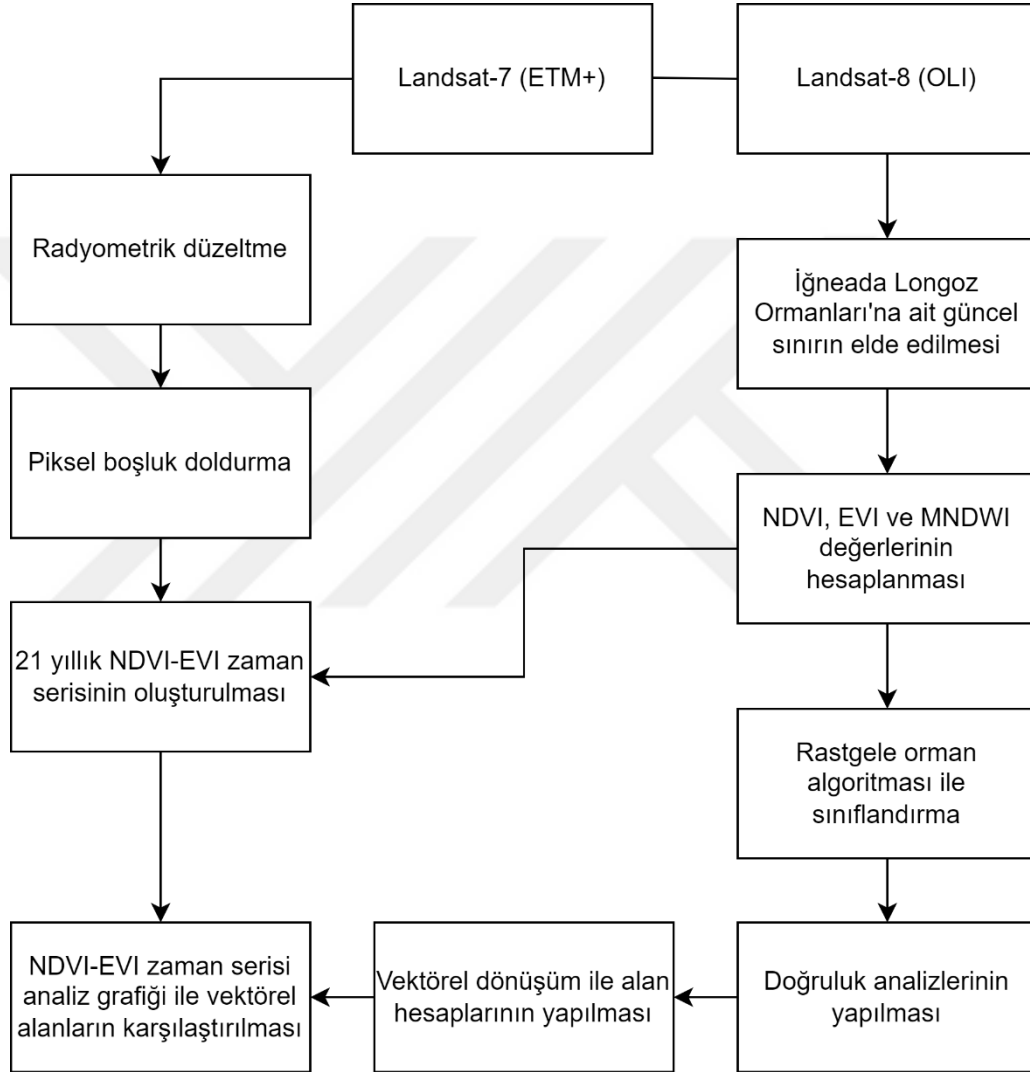
Bu tez çalışmasında yukarıda bahsedilenler arasından iki adet değişim tespiti yöntemi kullanılmıştır. Bunlar; spektral karakteristik analiz ve zaman serisi analizidir.

Bu tez çalışması toplamda iki ana bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde longoz ormanları ve çevre ormanlar tek bir orman olarak kabul edilmiş ve çalışma bu doğrultuda yürütülmüştür (Şekil 3.1). Bu amaçla Landsat 7 (ETM+) ve Landsat 8 (OLI) olmak üzere iki ayrı optik algılama yapan uydu sensörlerinden elde edilen veriler kullanılmıştır.

İlk bölüm toplam on adımdan oluşmaktadır. İlk adımda 2000 ve 2020 yılları arasında 21 yıllık sürece ait her bir sene için uydu görüntüsü seçilmiştir. İkinci ve üçüncü adımda QGIS 3.16.0 programında Landsat 7 (ETM+) sensörüne ait 2004 ve 2012 yılları arasındaki uydu görüntülerine radyometrik düzeltme ve piksel doldurma işlemleri yapılmıştır. Dördüncü adımda 2020 yılı İğneada meşcere haritasından güncel İğneada Longoz Ormanları'nın sınırları elde edilmiştir. Beşinci adımda her bir görüntünün NDVI, EVI ve MNDWI değerleri hesaplanmıştır. Altıncı adımda uydu görüntülerinden koleksiyon oluşturulmuş ve NDVI zaman serisi analizi yapılmıştır. Yedinci adımda her görüntü tek tek Rastgele Orman Algoritması ile kontrollü olarak sınıflandırılmıştır. Sekizinci adımda her bir görüntüye ait doğruluk analizleri yapılmıştır. Dokuzuncu adımda sınıflandırılmış görüntüler ArcMAP 10.8 yazılımına aktarılarak vektörel dönüşüm yapılmış ve her bir görüntünün alanları hesaplanmıştır. Son olarak onuncu adımda vektörel verilerden elde edilen orman alanları ve NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği karşılaştırılmıştır. İkinci bölümde ise longoz ormanları ile çevre ormanlarının birbirinden ayırt edilmesi amaçlanmıştır. 2000 ve 2021 yılları arasında beş adet uydu görüntüsü seçilerek ilk bölümdeki adımlar tekrarlanmıştır. Longoz ormanları ve çevre ormanların birbirinden ayırt edilebilmesi için ağaç cinslerinden ziyade güncel meşcere haritası dikkate alınarak sınıflandırma çalışmaları buna göre yürütülmüştür.

GEE platformu kendi içerisinde geometrik ve radyometrik olarak düzeltilmiş uydu görüntüleri içerdiği için bu aşamalar yapılmamıştır. Ancak Landsat 7'de 2003

yılında meydana gelen Tarama Hattı Düzelticisi (Scan Line Corrector-SLC) hatası nedeniyle verilerde boşluklar mevcuttur. Bu piksel boşluklarının yüksek doğruluklu olarak tamamlanması için görüntüler “USGS Earth Explorer” adresinden 2004-2012 yılları arasındaki Landsat 7 uydu görüntüleri indirilip QGIS 3.16.0 programında uydu görüntülerine ait hatalar giderilmiştir.

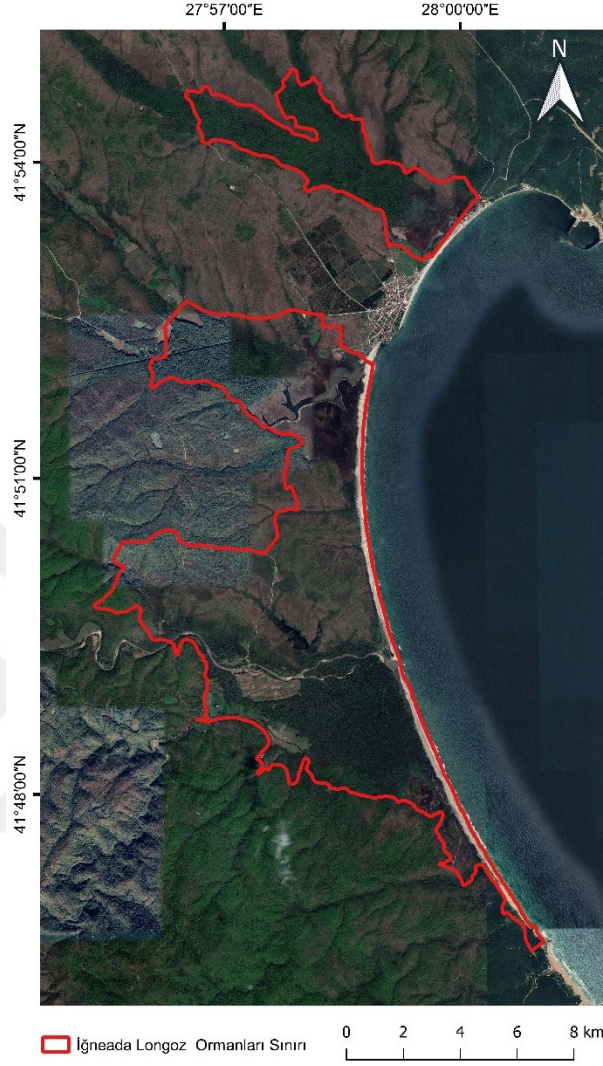


Şekil 3.1 Genel iş akış şeması

3.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma Türkiye'nin kuzey batısında Kırklareli ili Demirköy ilçesine sınırlarında bulunan İğneada Longoz Ormanları'nda gerçekleştirilmiştir. İğneada Longoz Ormanları'nın sınırları 2020 yılına ait güncel meşcere haritasından alınmıştır.

İğneada Longoz Ormanları Karadeniz kıyısında bulunur ve kuzeyden Yıldız dağları ile çevrelenmiştir. Seçilen çalışma alanı 16829,671 m²'dir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Çalışma alanı haritası

İğneada Longoz Ormanları sahip olduğu ekosistemiyle zengin biyolojik çeşitlilik sağlar. İğneada Longoz ormanları yaprak döken meşe, gürgen, kızılâğaç, kayın vb. karışık ağaç türlerinden oluşmaktadır. Milli park içerisinde 472 farklı bitki türü bulundurur ve çok sayıda kuşun göç yoludur (<http://igneada.tabiat.gov.tr/>, 01.12.2021). Longoz ormanları yanlış kullanımlar (su ürünleri yetiştiriciliği, kentleşme, tarım, orman ürünleri) nedeniyle gittikçe yok olmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği yirminci yüzyılın ikinci yarısında longoz ormanlarının yok olmasının önde gelen sebeplerinden biridir (Friess vd., 2019). Longoz ormanlarının etrafındaki topraklar verimli olduğundan, bilinçsiz tarım ve ağaç kesimi orman

alanlarının azalmasında büyük rol oynamaktadır. Longoz ormanları zengin ekosistemi ve biyoçeşitliliği ile korunması ve sürdürülebilirliği sağlanması gereken orman alanlarından biridir. Bu nedenle longoz ormanlarında yapılan çalışmalar önem arz etmektedir.

3.2 Kullanılan Uydu Platformlarının Özellikleri

Bu tez çalışmasında Landsat-7 (ETM+) ve Landsat-8 (OLI) görüntüleri kullanılmıştır. İkisi de Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma (United States Geological Survey-USGS) ile Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (National Aeronautics and Space Administration-NASA) iş birliği kapsamında geliştirilmişlerdir. Görüntülere ait spektral ve geometrik çözünürlük bilgileri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Landsat-7 (ETM+) ve Landsat-8 (OLI) görüntülerinin spektral ve geometrik çözünürlükleri

Landsat-7 (ETM+)			Landsat-8 (OLI)		
Bant	Dalga boyu (μm)	Geometrik çözünürlük (m)	Bant	Dalga boyu (μm)	Geometrik çözünürlük (m)
B1 (Blue)	0,45 – 0,52	30	B2(Blue)	0,45 – 0,51	30
B2 (Green)	0,52 – 0,60	30	B3 (Green)	0,53 – 0,59	30
B3 (Red)	0,63 – 0,69	30	B4(Red)	0,64 – 0,67	30
B4 (NIR)	0,77 – 0,90	30	B5(NIR)	0,85 – 0,88	30
B5 (SWIR)	1,55 – 1,75	30	B6(SWIR 1)	1,57 – 1,65	30

Gelişmiş Tematik Eşleştirici sensörü taşıyan Landsat-7, 15 Nisan 1999 tarihinde Delta-2 roketiyle fırlatılmıştır. Tarama Hattı Düzelticisi'nde meydana gelen hata

nedeniyle Haziran 2003'ten beri uydu görüntüleri eksik veriler bulundurmaktadır. Landsat 7 uydusu, 705 km yüksekliktedir ve uydunun zamansal çözünürlüğü 16 gündür. Pankromatik ve termal bant dahil olmak üzere 8 adet spektral banta sahiptir. Landsat 8 uydusu Atlas-V roketiyle 11 Şubat 2013 tarihinde fırlatılmıştır. Landsat-7 uydusu gibi Landsat-8 uydusu da yaklaşık 705 km yükseklikten 16 günlük zamansal çözünürlük ile tarama yapar. Uydu, Operasyonel Arazi Görüntüleyici ve Termal Kızılötesi sensörlerini taşımaktadır. Pankromatik bant dahil olmak üzere 9 spektral banta sahiptir.

Çalışmada Landsat-7 uydu görüntüleri eksik verilere sahip olduğundan 2000 – 2013 yılları arasında Landsat-7, 2014 – 2020 yılları arasında ise Landsat-8'e ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. GEE içerisinde radyometrik ve geometrik olarak düzeltilmiş görüntü koleksiyonları barındırır. Veri eksiklerinin bulunmadığı yıllarda bu koleksiyonlardan (USGS Landsat 7 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance, USGS Landsat 8 Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance) görüntüler elde edilmiştir. Veri eksikliklerinin olduğu 2004 ve 2013 yılları arasındaki uydu görüntülerinin radyometrik olarak düzeltilmesi işlemi QGIS 3.16.0 yazılımında yapılmış ve ardından düzeltilmiş görüntüler GEE ortamına aktarılmıştır. Ağaçların yeşil olduğu ve longoz ormanlarının su seviyesinin yükseldiği mevsim göz önünde bulundurularak her yıl için uydu görüntüleri, mart ve eylül arasındaki aylardan bulutsuz uydu görüntüleri seçildi.

3.3 Çalışmada Kullanılan İndeksler

Çalışmada ana amaç longoz ormanlarının değişiminin tespiti olduğu için zaman serisi analizinde ve sınıflandırmada orman alanlarının çıkarımı için NDVI ve EVI indeksleri birlikte kullanılmıştır. Aynı zamanda çalışma alanında deniz, dere ve göller bulunması nedeniyle su kütlesi çıkarma indeksi olarak MNDWI kullanılmıştır. Sınıflandırma aşamasında bu indeksler bant olarak görüntü kompozitlerine eklenmiştir. NDVI Rouse vd. (1974) tarafından geliştirilmiştir NDVI, yakın kızılötesi ve görünür yansıma değerlerinin farkıdır. NDVI -1.0 ile +1.0 aralığında hesaplanmış değerler üretir; burada pozitif değerler yeşil bitki örtüsünü gösterir ve negatif değerler su, çorak arazi, buz, kar veya bulutlar gibi bitki örtüsü olmayan yüzey özelliklerini gösterir (Eidenshink, 1992). Sonuç +1'e yaklaştıkça

yeşil bitki örtüsünün varlığı da artmaktadır. NDVI değerleri Eşitlik (3.1) kullanılarak hesaplanmıştır. Geliştirilmiş bitki örtüsü indeksi (EVI), yüksek biyokütle bölgelerinde gelişmiş hassasiyet ile bitki örtüsü sinyalini optimize etmek ve gölgelik arka plan sinyalinin ayrılması ve atmosfer etkilerinin azaltılması yoluyla iyileştirilmiş bitki örtüsü izlemesi için geliştirildi (Huete vd., 2002). Bu çalışmada EVI değerleri Eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Hanqiu Xu 2005 (Xu, 2006) yılında su alanlarının çıkarımı için kullanılan normalize edilmiş su indeksi (Normalized Difference Water Index-NDWI) yerine modifiye edilmiş normalize fark su indeksini (MNDWI) önermektedir. Yerleşim yerlerindeki yansıma değerleri ile su kütlelerinden yansıma değerleri birbiriyle karışmaktaydı ve bunu önlemek için NDWI eşitliğinde yakın kızılötesi (near infrared-NIR) bandı yerine orta kızılötesi (middle infrared-MIR) kullanılarak MNDWI elde edilmiştir. MNDWI Eşitlik (3.3) ile hesaplanmıştır.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3.1)$$

$$EVI = 2 \times \frac{NIR - RED}{NIR + 6 \times RED - 7.5 \times BLUE + 1} \quad (3.2)$$

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR} \quad (3.3)$$

3.4 NDVI Zaman Serisi Analizi

UA verilerinin zaman serileri, arazi örtüsü değişikliklerinin her zaman ilerleyici ve kademeli bir şekilde meydana gelmediğini, ancak hızlı ve ani değişim dönemleri gösterebileceğini ve ardından ya ekosistemlerin hızlı bir şekilde iyileşmesini ya da dengesiz bir yörüngeyi gösterebileceğini ortaya koymaktadır (Lambin vd., 2003). NDVI zaman serisi analizi, zorlu, uzun vadeli bitki örtüsü değişikliklerinin izlenmesi için uygundur. Uzun dönemler boyunca ortalama eğilime ek olarak, bitki örtüsü dinamiklerinin yıllar arası değişimleri, kuraklık gibi meteorolojik durumlarda da bitki örtüsünün tepkisi hakkında anlamlı bilgiler içerebilir (Martínez ve Gilabert, 2009).

GEE’de bulunan zaman serileri, görüntü kompozitleri olarak temsil edilir. Bu temsil, zaman serisi analizini çeşitli açılardan zorlaştırabilir. Çünkü her pikselde farklı bir zaman serisi vardır, zaman serisinin boyutu piksellere göre değişmektedir ve eksik veriler herhangi bir zamanda herhangi bir pikselde oluşabilir

(<https://docs.google.com/document/d/1mNIRB90jwLuASO1JYas1kuOXCLbOoy1Z4NIV1qIXM10/edit#>, 20.12.2021). Zaman serisi için temel gösterim Eşitlik (3.4)’te verilmektedir.

$$p_t; t = t_0 \dots t_N \quad (3.4)$$

Burada p_t , t zamanında verilen bir skaler pikseldir. t_0 en küçük, t_N ise seride bulunan en büyük t zamanıdır.

GEE’de zaman serisi analizinde yer alan zorlukları çözmek için, NDVI – EVI zaman serisi analizi yapılmış ve veri kaybını önlemek adına radyometrik düzeltmeler gerçekleştirilmiştir. Zaman serisi analizi 2000 ve 2020 yıllarındaki yılları kapsayacak şekilde her yılı içeren 21 yıllık uydu görüntüsü koleksiyonundan oluşturulmuştur. İkinci zaman serisi analizi olarak da 21 yıllık süre içerisinde yaklaşık beş yıl aralıklarla alınmış beş adet uydu görüntüsü kullanılmıştır. Zaman serisi analizi ve sınıflandırma işleminde kullanılan uydu görüntülerine ait bilgiler Tablo 3.2’ ve 3.3’te gösterilmiştir.

Tablo 3.2 İlk aşamada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri

Landsat-7 (ETM+)		Landsat-8 (OLI)	
Sayı	Tarih	Sayı	Tarih
LS07_01	23.06.2000	LS08_01	06.08.2013
LS07_02	10.06.2001	LS08_02	08.07.2014
LS07_03	15.07.2002	LS08_03	27.07.2015
LS07_04	15.05.2003	LS08_04	11.06.2016
LS07_05	21.08.2004	LS08_05	30.06.2017

Tablo 3.2 İlk aşamada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri (devamı)

LS07_06	05.06.2005	LS08_06	30.04.2018
LS07_07	23.05.2006	LS08_07	19.05.2019
LS07_08	30.08.2007	LS08_08	22.06.2020
LS07_09	28.05.2008		
LS07_10	31.05.2009		
LS07_11	02.05.2010		
LS07_12	09.08.2011		
LS07_13	07.05.2012		

Tablo 3.3 İkinci aşamada kullanılan uydu görüntüleri ve tarihleri

Landsat-7 (ETM+)		Landsat-8 (OLI)	
Sayı	Tarih	Sayı	Tarih
LS07_01	23.06.2000	LS08_03	27.07.2015
LS07_05	21.08.2004	LS08_09	27.07.2021
LS07_11	02.05.2010		

3.5 Rastgele Orman Algoritması

Rastgele ormanlar, her ağacın bağımsız olarak örneklenen rastgele bir vektörün değerlerine bağlı olduğu ve ormandaki tüm ağaçlar için aynı dağılıma sahip olduğu, karar ağaçlarının bir kombinasyonudur. Ormanlar için genelleme hatası, ormandaki ağaç sayısı arttıkça bir sınıra yakınsar. Bir ağaç sınıflandırıcı ormanın genelleme hatası, ormandaki tek tek ağaçların gücüne ve aralarındaki korelasyona bağlıdır (Breiman, 2001). Breiman (2001) Rastgele Orman algoritmasını aşağıdaki denklemlerle açıklamıştır.

Bir $h_1(x), h_2(x), \dots, h_K(x)$ sınıflandırıcılar topluluğu verildiğinde ve Y, X rastgele vektörünün dağılımından rasgele çizilen eğitim kümesiyle, marj fonksiyonu Eşitlik (3.5) ile tanımlanır.

$$mg(X, Y) = av_k I(h_K(X) = Y) - \max_{f \neq Y} av_k I(h_K(X) = f) \quad (3.5)$$

Burada $I(\cdot)$ gösterge işlevidir. Marj, sağ sınıf için X, Y 'deki ortalama karar sayısının diğer herhangi bir sınıf için ortalama kararı ne ölçüde aştığını ölçer. Marj ne kadar büyük olursa, sınıflandırmada o kadar fazla güven olur. Genelleme hatası Eşitlik (3.6) ile verilir.

$$PE^* = P_{X,Y}(mg(X, Y) < 0) \quad (3.6)$$

Burada X, Y alt simgeleri, olasılığın X, Y uzayının üzerinde olduğunu gösterir. Rastgele ormanlarda Eşitlik (3.7)'deki gibi ifade edilir.

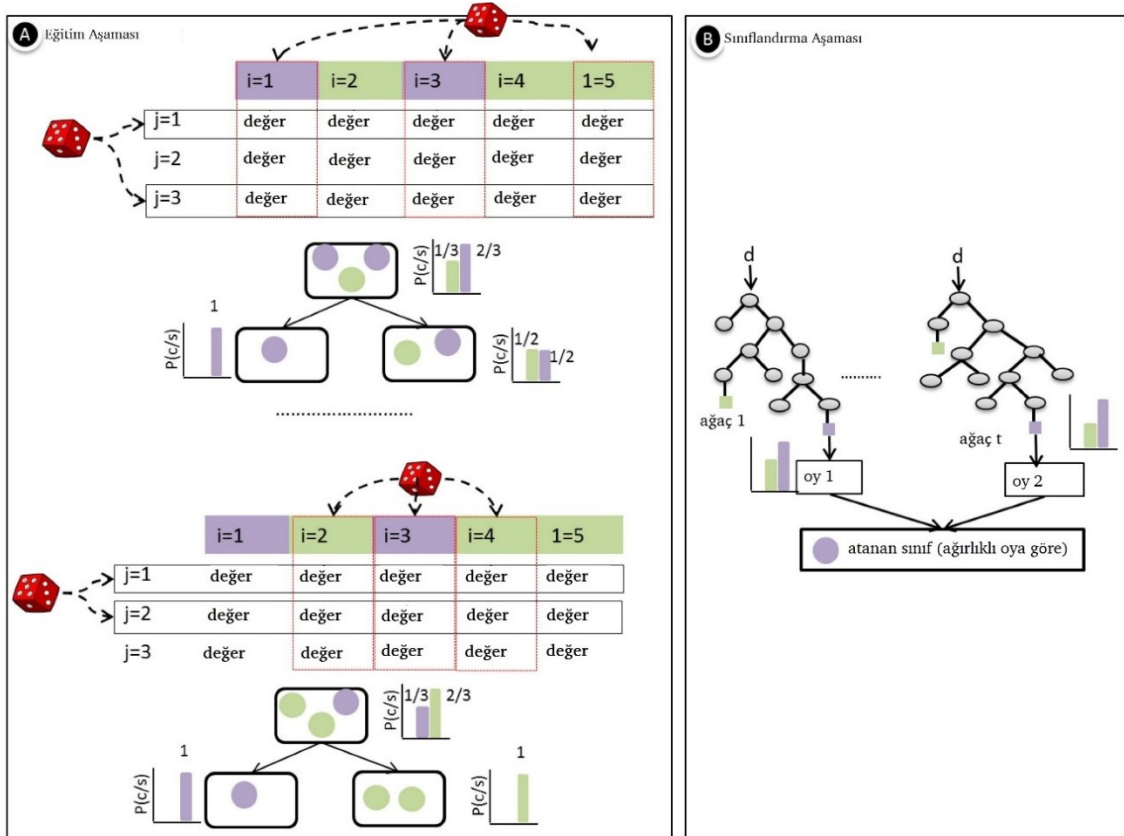
$$h_K(X) = h(X, \Theta_K) \quad (3.7)$$

Çok sayıda ağaç için, Güçlü Büyük Sayılar Yasası (Strong Law of Large Numbers) ve ağaç yapısından Eşitlik (3.8) elde edilir. Ağaç sayısı arttıkça, neredeyse kesin olarak tüm diziler Θ_1, \dots, PE 'ye yakınsar.

$$P_{X,Y} = (P_{\Theta}(h(X, \Theta) = j) < 0) \quad (3.8)$$

Ağaçlar, değiştirme (bir torbalama yaklaşımı) yoluyla eğitim örneklerinin bir alt kümesi çizilerek oluşturulur (Belgiu ve Drăgut, 2016). Bu, aynı örneğin birkaç kez seçilebileceği, diğerlerinin ise hiç seçilmeyebileceği anlamına gelir (Şekil 3.3). Örneklerin (torba içindeki değerler örnekler olarak adlandırılır) yaklaşık üçte ikisi ağaçları eğitmek için, kalan üçte biri ise (torba dışı örnekler) elde edilen RO modelinin ne kadar iyi performans gösterdiğini tahmin etmek için dahili bir çapraz doğrulama tekniğinde kullanılır (Breiman, 2001). Bu hata tahmini, torba dışı (out of bag-OOB) hatası olarak bilinir. Her karar ağacı, herhangi bir budama olmaksızın bağımsız olarak üretilir ve her düğüm, rastgele seçilen, kullanıcı tanımlı özellik sayısı (Mtry) kullanılarak bölünür. Algoritma, ormanı kullanıcı tanımlı bir ağaç sayısına kadar büyütür, yüksek varyansa ve düşük sapmaya sahip ağaçlar oluşturur (Breiman, 2001). Nihai sınıflandırma kararı, üretilen tüm ağaçlar tarafından hesaplanan sınıf atama olasılıklarının ortalaması alınarak

alınır. Böylece yeni bir etiketlenmemiş veri girişi, toplulukta oluşturulan tüm karar ağaçlarına karşı değerlendirilir ve her ağaç bir sınıf üyeliği için oy verir (Belgiu and Drăgut, 2016). En fazla oyu alan üyelik sınıfı, sonunda seçilen üye olacaktır (Şekil 3.3).



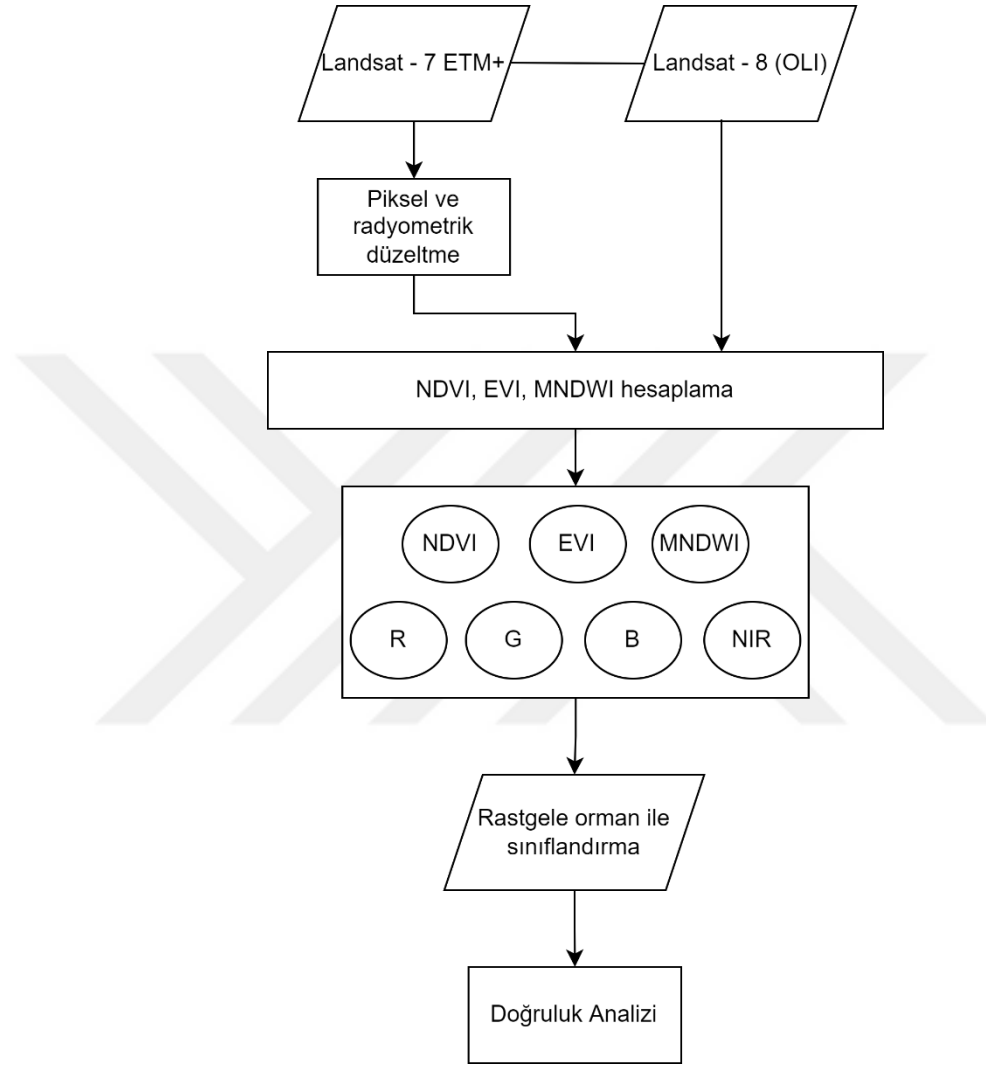
Şekil 3.3 Random Forest sınıflandırıcısının eğitim ve sınıflandırma aşamaları: a) eğitim aşaması b) sınıflandırma aşaması (Belgiu ve Drăgut, 2016)

Burada i örnekleri, j değişkenleri, p olasılığı, c sınıfı, s veriyi, t ağaç sayısını, d sınıflandırılacak yeni verileri ve değer, j değişkeninin sahip olabileceği farklı değerleri ifade eder.

3.6 Sınıflandırma İşlemi

İğneada Longoz Ormanları'nın değişimini yüksek doğrulukla tespit edebilmek için 21 yıllık uydu görüntüleri koleksiyonu, zaman serisi analizi ve sınıflandırma yöntemleri kullanıldı. Kullanılan tüm görüntülerin sınıflandırma işlemi GEE platformunda gerçekleştirildi. Kontrollü sınıflandırma algoritması olarak Rastgele Orman algoritması kullanıldı. Ayrıca sınıflandırma doğruluğunu arttırmak için Landsat-7 ve Landsat-8'de bulunan kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi

bantlarına ek olarak NDVI, EVI ve MNDWI değerleri de bant olarak eklenerek sınıflandırma işlemi yapıldı. Çalışmada yapılan sınıflandırma işlemlerine dair iş akışı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Sınıflandırma işlemi iş akış diyagramı

Çalışma alanı ilk sınıflandırma aşaması için orman, deniz, kumsal, yerleşim yeri, tarım arazisi, göl ve yol sınıfları olmak üzere yedi ayrı sınıfa bölünmüştür. Göl ve denizin yansımaya değerleri farklı olduğu için iki farklı sınıf olarak ele alınmışlardır. İkinci sınıflandırma aşaması içinse çalışma alanı longoz, orman, tarım arazileri, göl, çıplak arazi, yerleşim yeri, kumsal, deniz ve sazlık olmak üzere dokuz sınıfa bölünmüştür. Sınıflandırılan görüntülerin doğruluk analizleri; üretici doğruluğu (ÜD), kullanıcı doğruluğu (KD), genel doğruluk (TD) ve Kappa istatistik analizleri

ile yapıldı. Üretici doğruluğu; her bir sınıf için, kendi içinde doğru sınıflandırılan piksel sayısının bu sınıf için belirlenen veri setindeki piksel sayısına bölünmesiyle bulunur (Eşitlik (3.9)). Kullanıcı doğruluğu; her bir sınıf içerisinde doğru sınıflandırılmış piksel sayısının, sınıflandırılan toplam piksel sayısına bölünmesiyle bulunur (Eşitlik (3.10)). Genel doğruluk; doğru olarak sınıflandırılan toplam piksel sayısının, toplam referans piksel sayısına bölünmesiyle bulunur (3.11). Kappa (κ) istatistik değeri, referans verilerle otomatik sınıflandırılmış veriler arasındaki gerçek uyum ile referans verilerle rastgele sınıflandırılmış veriler arasındaki uyumu gösterir. İstatistik sonucunda 0 ile 1 arasında bir değer elde edilir. Sonuç 1'e yaklaştıkça sınıflandırma doğruluğuna işaret edilir (Eşitlik (3.12)).

$$UD = \frac{S_i}{S_{i+}} \times 100 \quad (3.9)$$

$$KD = \frac{S_i}{S_{+i}} \times 100 \quad (3.10)$$

$$TD = \frac{S_t}{N} \quad (3.11)$$

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r S_{ii} - \sum_{i=1}^r (S_{i+} \times S_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (S_{i+} \times S_{+i})} \quad (3.12)$$

Eşitliklerde; S_t doğru olarak sınıflandırılmış toplam pikselleri gösterir. Doğruluk analizinde kullanılan tüm piksellerin sayısı N 'dir. r , hata matrisindeki satır sayısıdır. S_{ii} i . satır ve i . sütunundaki gözlemdir. S_{i+} i satırının marjinal toplamıdır. S_{+i} i sütunun marjinal toplamıdır (Yılmaz, 2021).

3.7 ArcMAP 10.8 Yazılımında Orman Alanlarının Hesaplanması

ArcMap 10.8 yazılımına GEE'den indirilen uydu görüntüleri aktarıldı ve "reclassification" işlemi yapıldı. Raster formatında olan uydu görüntülerinin her biri vektör formatına dönüştürülerek görüntülerde meydana gelen gürültülü veriler kontrollü bir şekilde temizlendi. Ardından yedi sınıfa ait alanlar her görüntüden teker teker tablolar halinde çekildi. Longoz ormanlarının alanları grafiğe dökülerek NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği ile karşılaştırıldı.

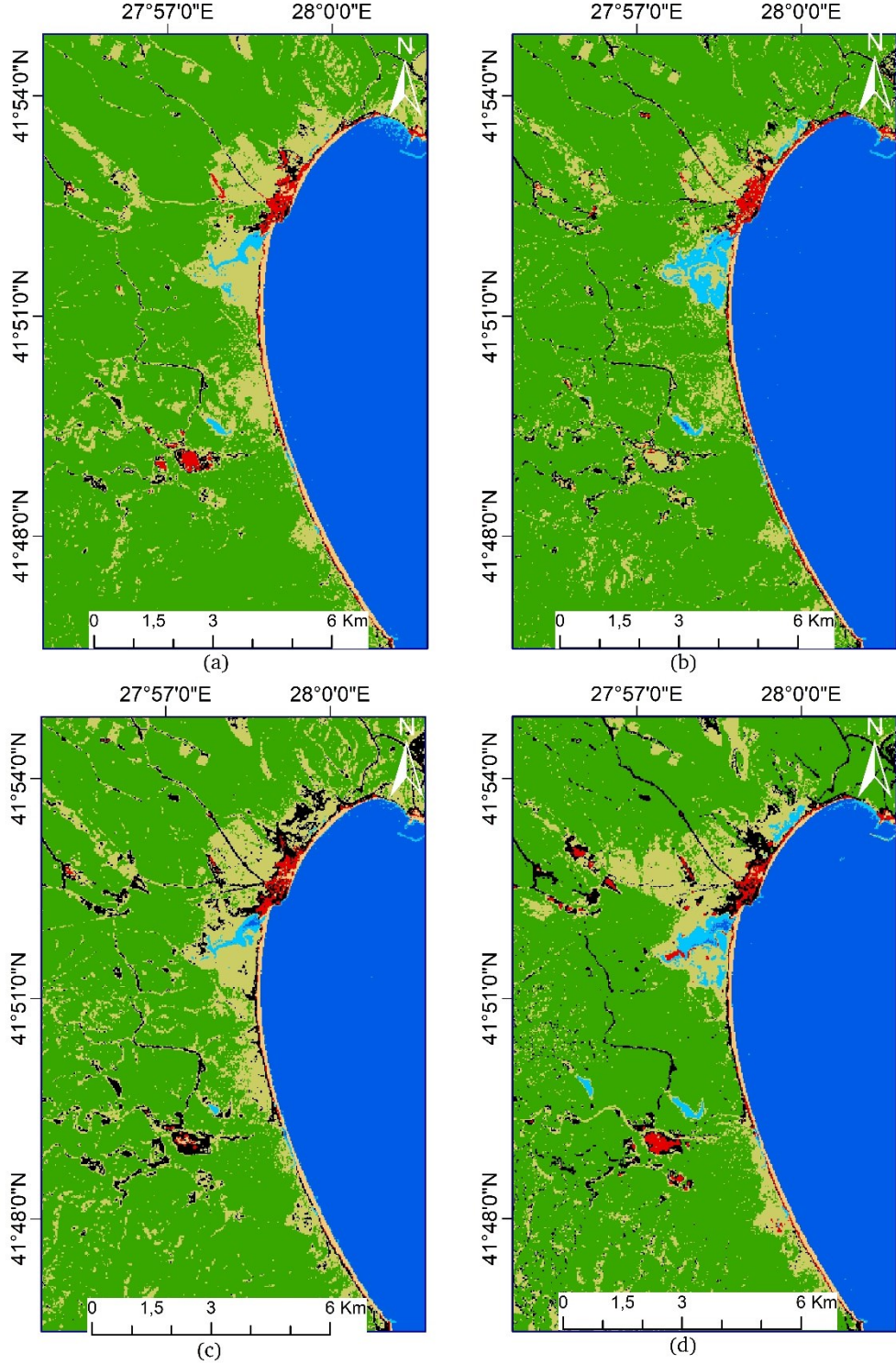
4

İĞNEADA LONGOZ ORMANLARI DEĞİŞİM TESPİTİ

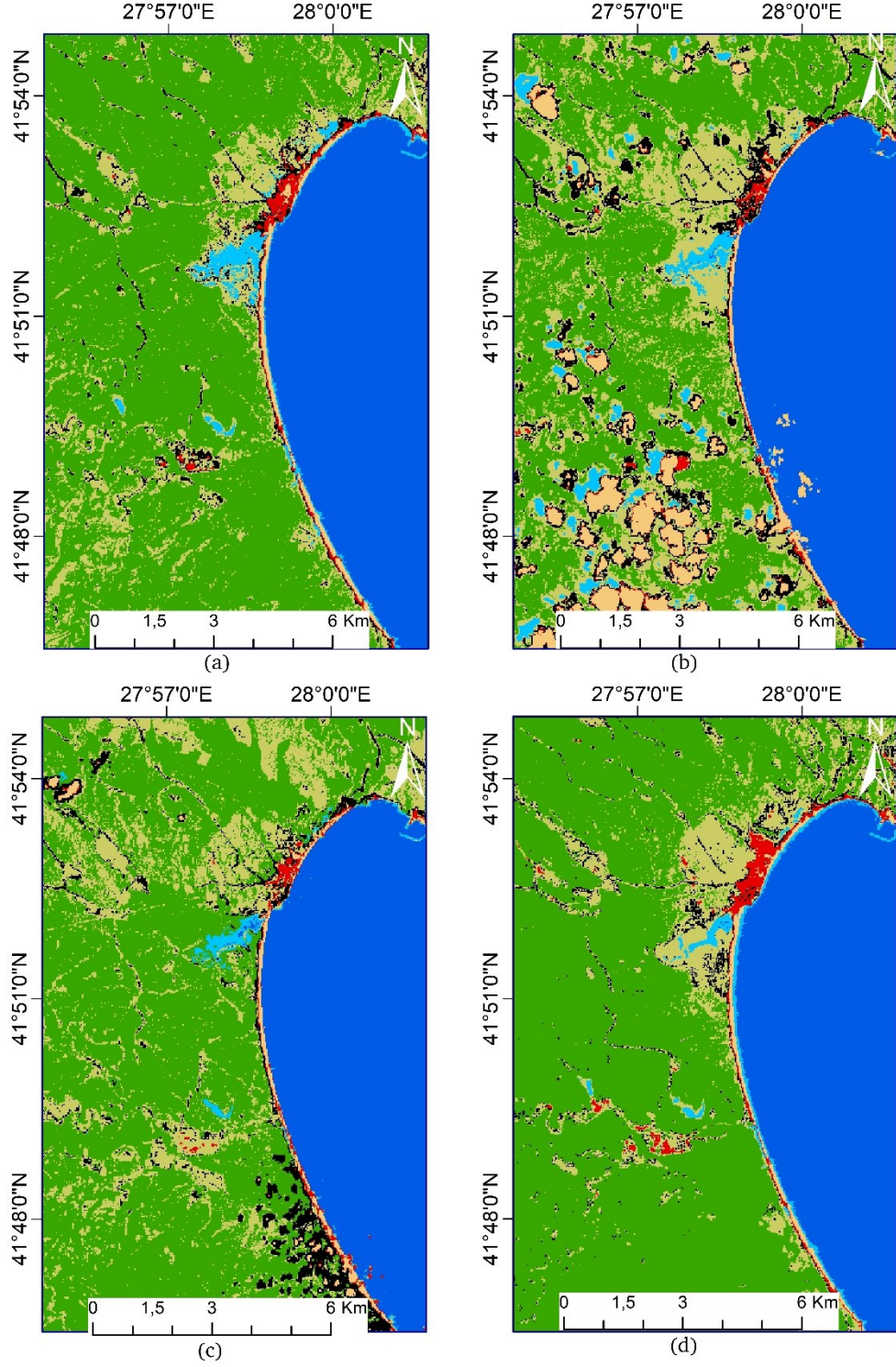
Bu bölümde, İğneada Longoz Ormanları'nın değişimini tespit etmek için 21 yıllık uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve zaman serisi analizine dair sonuçları açıklanmıştır.

4.1 İğneada Longoz Ormanlarının Çıkarımı

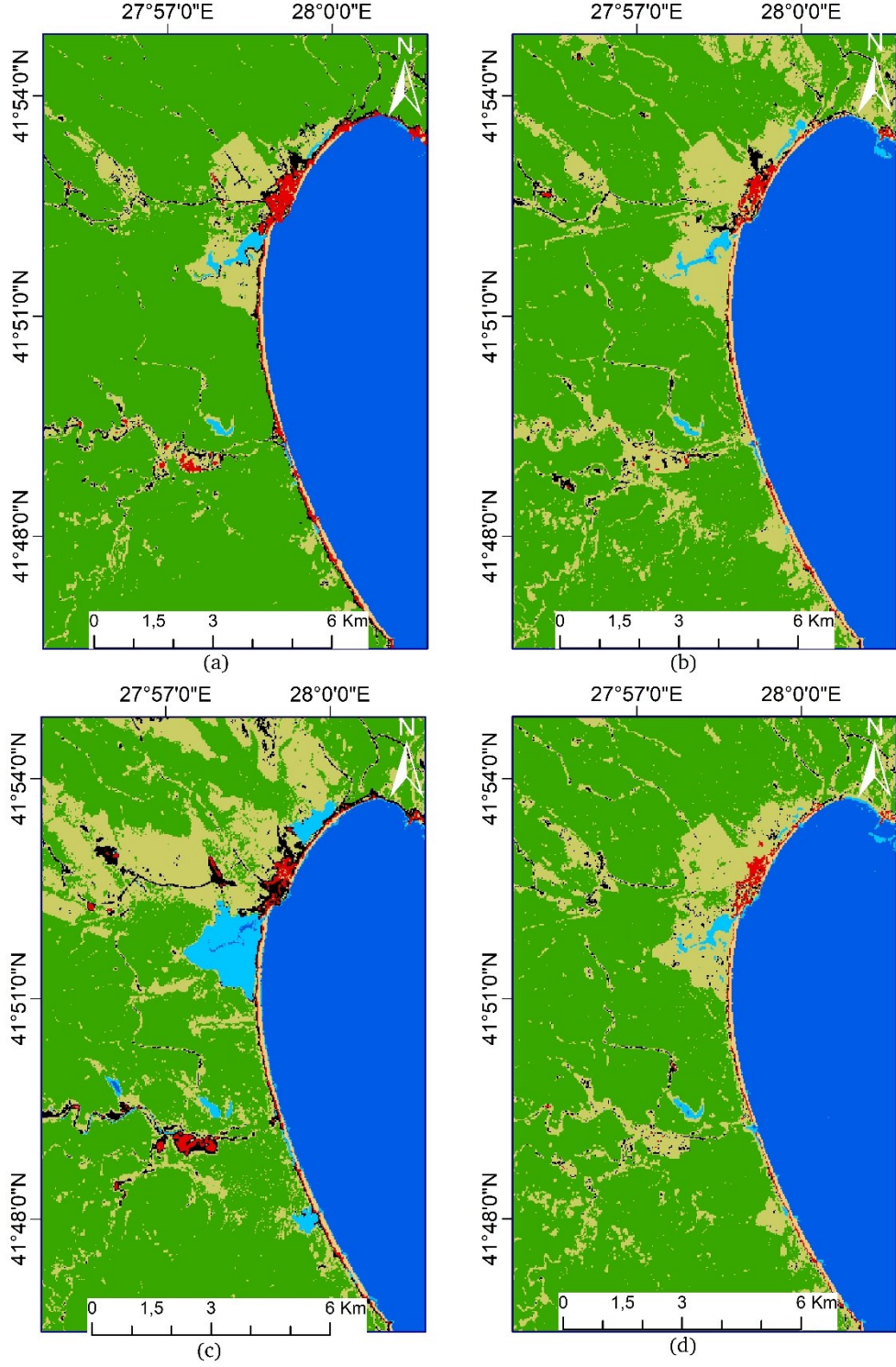
İğneada Longoz Ormanları'nı da içeren orman alanları ve İğneada Longoz Ormanları ile çevre ormanların ayırt edildiği değişim tespiti çalışmasında Landsat-7 (ETM+) ve Landsat-8 (OLI) görüntüleri piksel tabanlı, kontrollü Rastgele Orman algoritması ile sınıflandırıldı. Orman alanlarının çıkarımını desteklemek için NDVI ve EVI, su alanlarının çıkarımını desteklemek için MNDWI bant olarak görüntülere eklendi. Sınıflandırılan ilk aşamaya ait 21 adet ve ikinci aşamaya ait 5 adet olmak üzere toplam 26 adet görüntünün doğruluk analizleri yapıldı. Sınıflandırma analizinde kontroller için Google Earth Pro yazılımı kullanıldı. Sınıflandırılan görüntüler Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te dördü gruplar halinde gösterilmiştir. Şekil 4.6'da görüldüğü üzere 2020 yılına ait sınıflandırılan görüntü bulunmaktadır. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de ise 2000, 2004, 2010, 2015 ve 2021 yıllarına ait sınıflandırılan uydu görüntüleri bulunmaktadır. İkinci sınıflandırma aşamasında longoz ormanlarının ayrımı için 2020 yılı yerine 2021 yılı kullanılmıştır. 2020 yılına ait görüntülerde atmosferik koşullardan dolayı sınıflandırma doğruluğunun düşmesi nedeniyle 2020 yılına ait görüntü kullanılmamıştır. Aynı zamanda çalışmanın güncelliğini sağlamak adına 2021 yılına ait uydu görüntüsü ile sınıflandırma yapılmıştır.



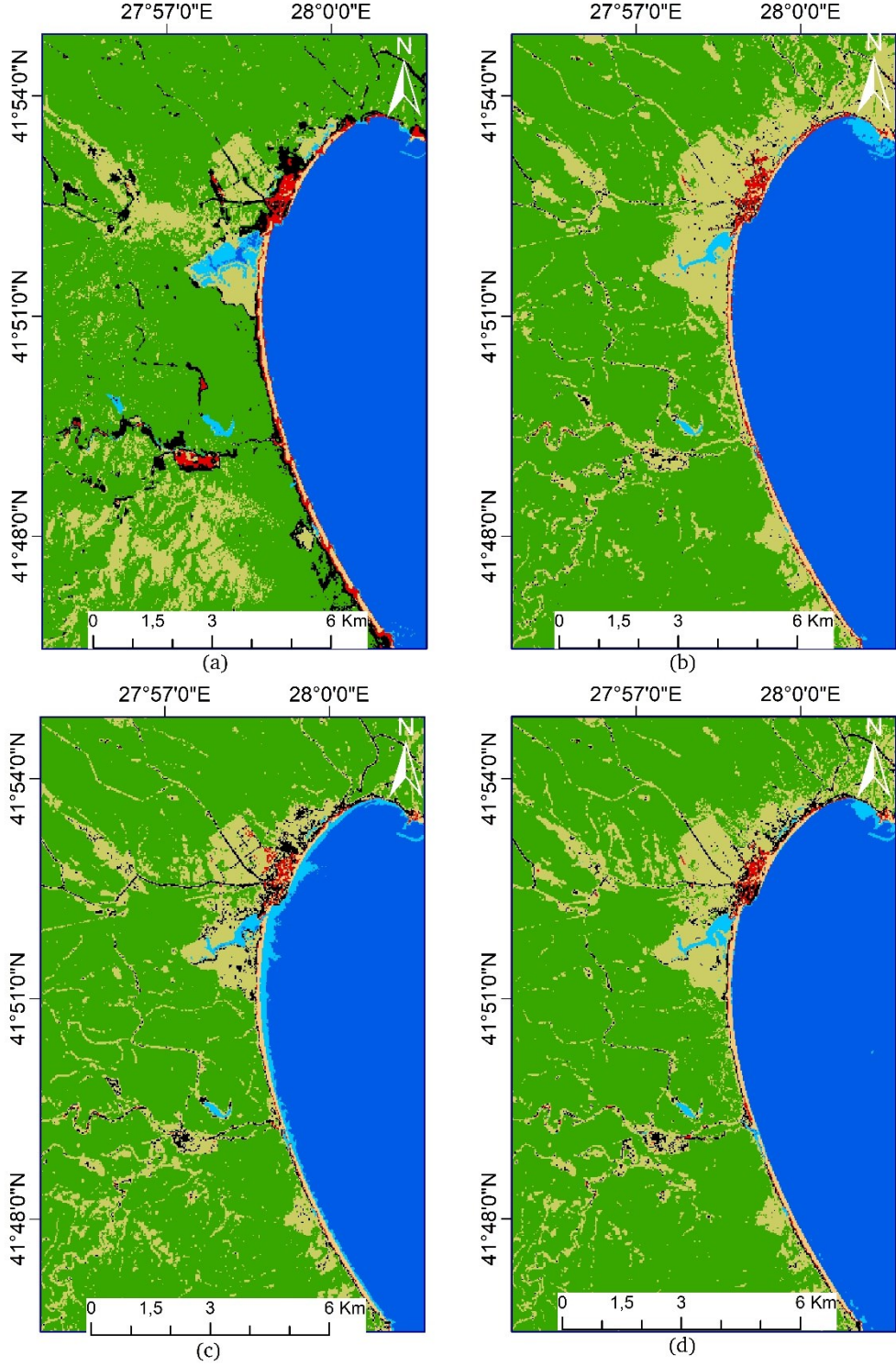
Şekil 4.1 RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 23 Haziran 2000 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 10 Haziran 2001 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 15 Temmuz 2002 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 15 Mayıs 2003 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü



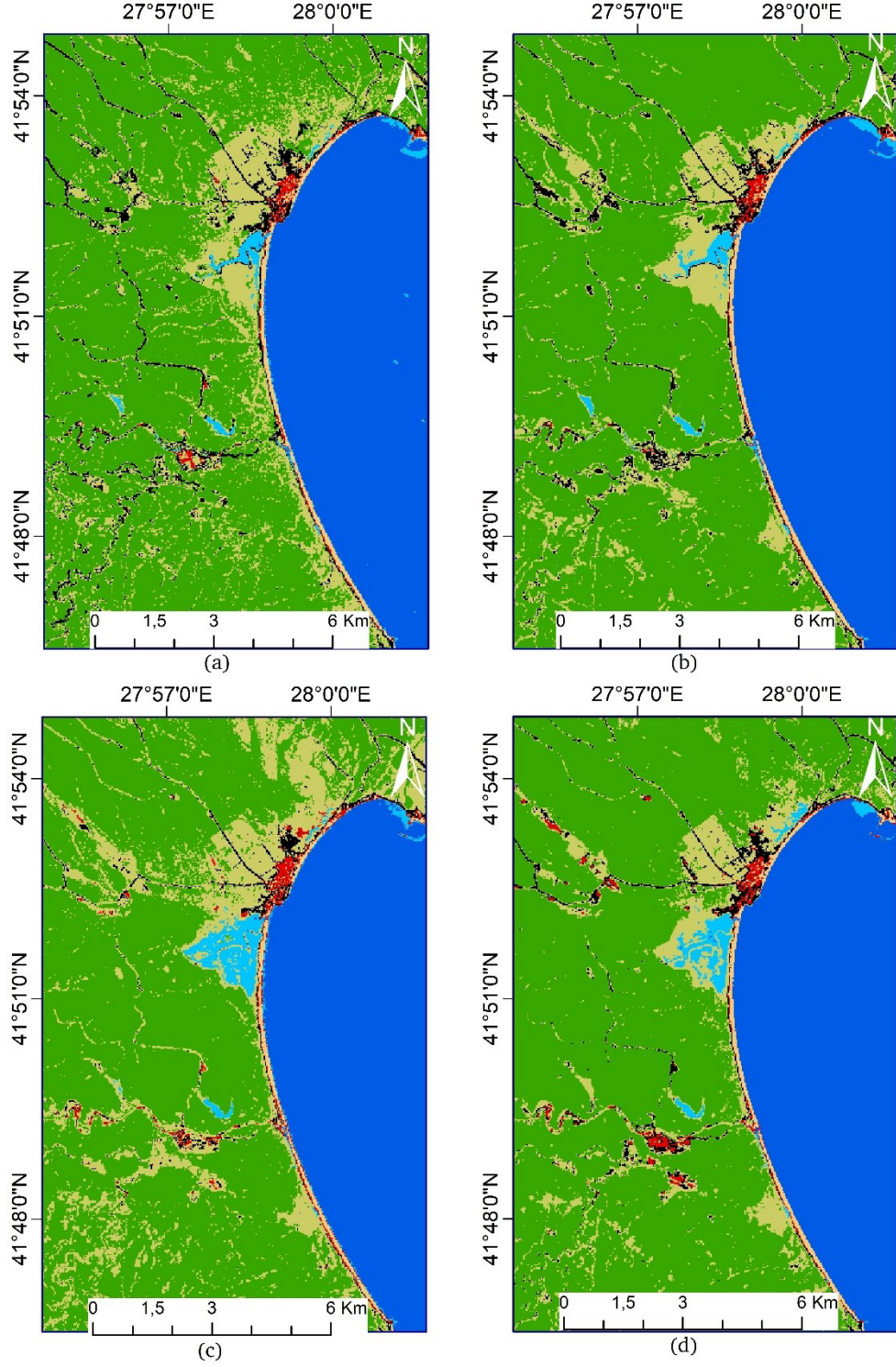
Şekil 4.2 RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 21 Ağustos 2004 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 05 Haziran 2005 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 23 Mayıs 2006 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 30 Ağustos 2007 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü



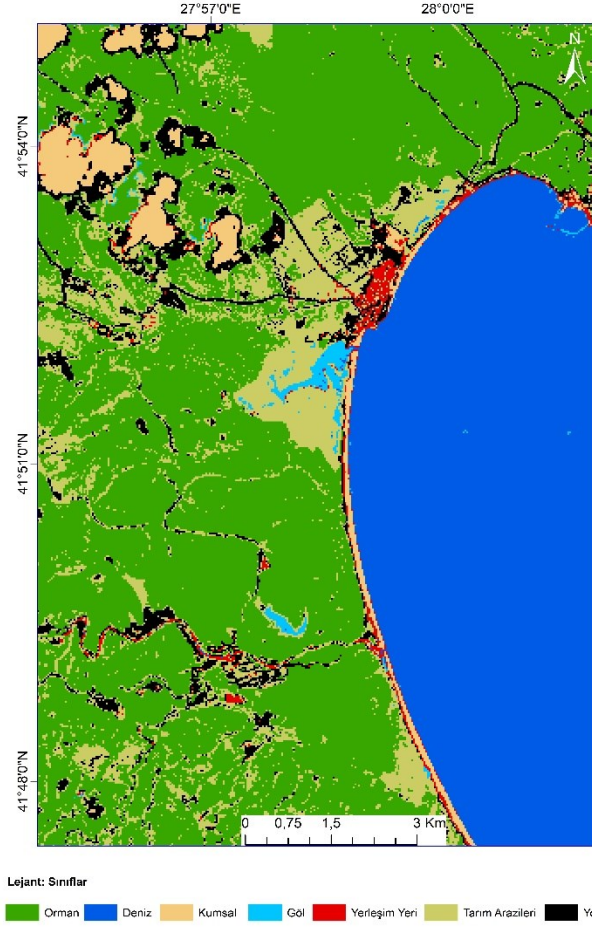
Şekil 4.3 RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 28 Mayıs 2008 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 31 Mayıs 2009 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 02 Mayıs 2010 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 09 Ağustos 2011 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü



Şekil 4.4 RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 07 Mayıs 2012 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 06 Ağustos 2013 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü c) 08 Temmuz 2014 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü d) 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü

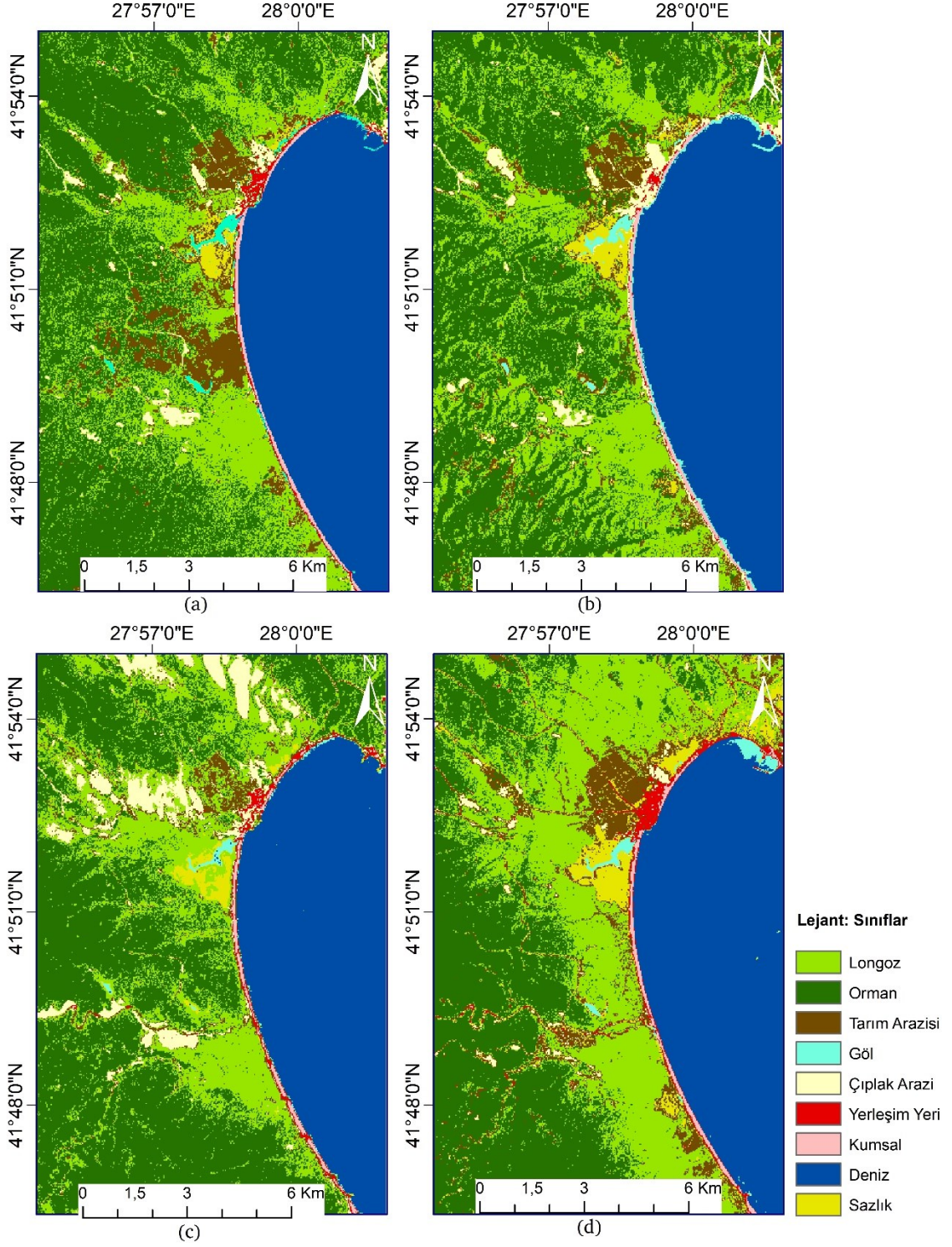


Şekil 4.5 RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 11 Haziran 2016 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü b) 30 Haziran 2017 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü c) 30 Nisan 2018 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü d) 19 Mayıs 2019 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü

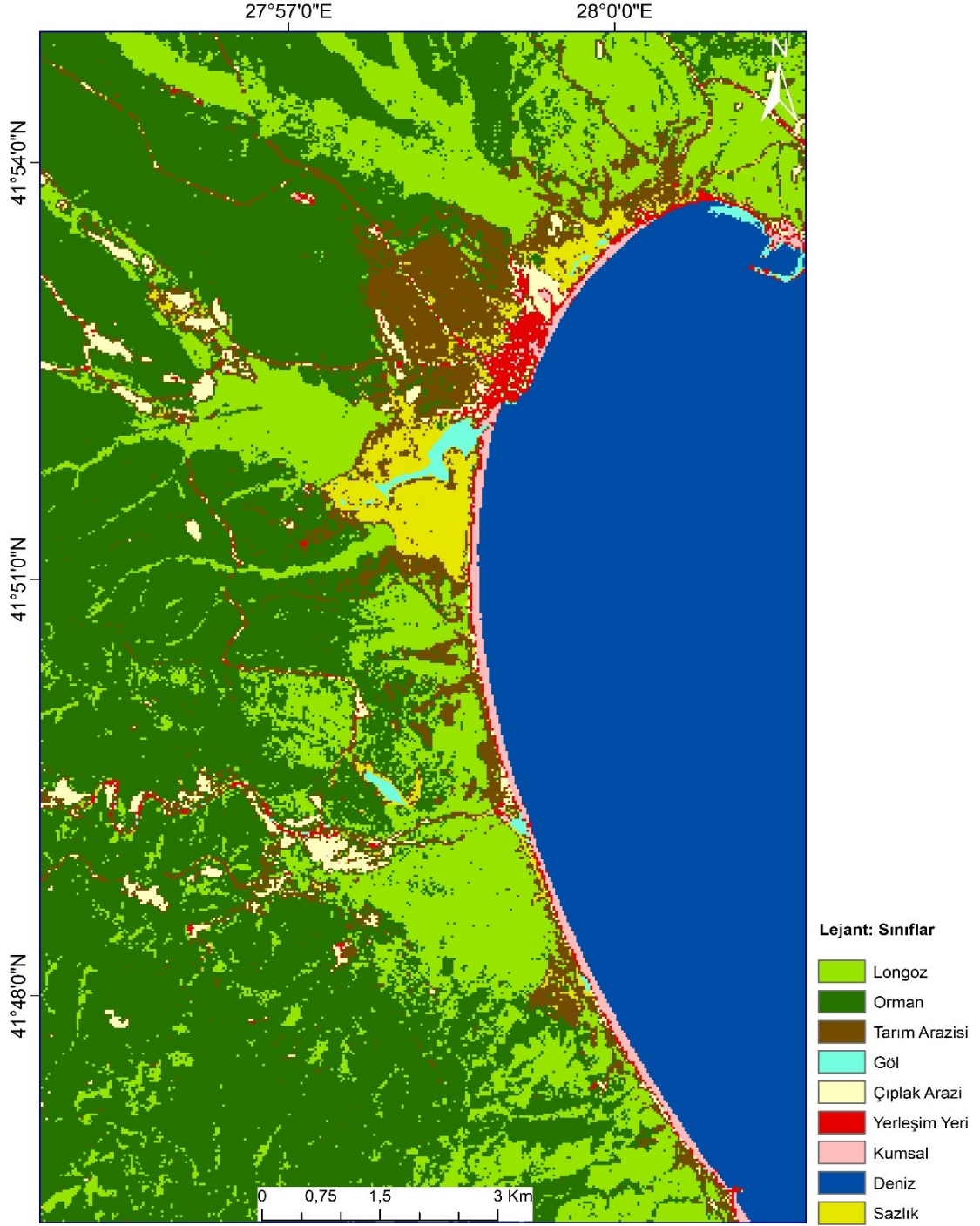


Şekil 4.6 RO algoritması ile sınıflandırılan 22 Haziran 2020 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü

2005 yılı ve 2020 yılına ait uydu görüntülerinde atmosferik koşullardan dolayı sınıflandırma işleminde alanlar birbirine karışmıştır. GEE'de atmosferik koşullar için düzeltme işlemi zamansal görüntü kompozitleri ile denenmiştir ancak bu işlem sınıflandırma doğruluğunu etkilediği için bu aşama geçilmiştir. Bu yıllara ait veri gürültüleri giderilmeye çalışılsa da kumsal alanları ve orman alanları birbirine karışmıştır.



Şekil 4.7 RO algoritması ile sınıflandırılan uydu görüntülerinin sonuçları: a) 23 Haziran 2000 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü b) 21 Ağustos 2014 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü c) 02 Mayıs 2010 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntüsü d) 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsü



Longoz ormanları ile çevre ormanların birbirinden ayırt edilmesi için T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan elde edilen meşcere haritası kullanılarak sınıflandırılma yapılmıştır. Meşcere haritası güncel İğneada Longoz Ormanları sınırını gösterdiği için sınıflandırma işleminde en doğru sonuç 2021 yılına ait uydu görüntüsünden elde edilmiştir. İlk bölümde yer alan sınıflandırma işleminden farklı olarak yol

sınıfı çıkarılmış, sazlık ve çıplak arazi sınıfları çalışmaya eklenmiştir. Bu değişiklik çalışma alanının daha iyi temsili olduğu için gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamaya ait sınıflandırmaların doğruluklarına ilişkin üretici ve kullanıcı doğrulukları verilmiştir.

Tablo 4.1 23 Haziran 2000 ve 10 Haziran 2001 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	23.06.2000 Landsat 7 (ETM+)		10.06.2001 Landsat 7 (ETM+)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	99,18	92,31	88,78	95,70
Deniz	95,21	99,81	97,57	96,78
Kumsal	88,83	96,05	75,19	98,16
Göl	96,45	62,96	84,69	90,22
Yerleşim Yeri	77,09	61,20	74,71	66,10
Tarım Arazileri	74,86	71,38	78,81	53,88
Yol	35,95	65,99	71,73	77,74

Tablo 4.2 15 Temmuz 2002 ve 15 Mayıs 2003 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	15.07.2002 Landsat 7 (ETM+)		15.05.2003 Landsat 7 (ETM+)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	85,34	97,96	76,50	91,62

Tablo 4.2 15 Temmuz 2002 ve 15 Mayıs 2003 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu (devamı)

Deniz	99,11	98,32	97,55	94,18
Kumsal	90,11	93,26	84,80	94,13
Göl	74,20	85,02	81,12	88,82
Yerleşim Yeri	64,00	83,96	57,11	76,76
Tarım Arazileri	88,43	47,31	68,28	41,39
Yol	75,33	75,08	92,82	57,34

Tablo 4.3 21 Ağustos 2004 ve 05 Haziran 2005 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	21.08.2004 Landsat 7 (ETM+)		05.06.2005 Landsat 7 (ETM+)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	84,68	91,41	82,11	96,72
Deniz	97,06	99,95	99,75	98,87
Kumsal	85,38	91,07	77,97	97,30
Göl	92,25	55,04	93,05	65,90
Yerleşim Yeri	78,33	71,84	45,38	54,78
Tarım Arazileri	74,36	56,79	91,00	59,82
Yol	55,58	75,64	65,83	59,22

Tablo 4.4 23 Mayıs 2006 ve 30 Ağustos 2007 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	23.06.2006 Landsat 7 (ETM+)		30.08.2007 Landsat 7 (ETM+)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	93,23	92,01	93,91	98,21
Deniz	98,46	96,15	89,80	99,17
Kumsal	76,58	96,63	77,94	96,18
Göl	75,79	89,26	94,36	59,20
Yerleşim Yeri	53,09	59,57	88,25	73,11
Tarım Arazileri	77,67	63,81	90,55	71,00
Yol	61,44	74,50	42,83	62,85

Tablo 4.5 28 Mayıs 2008 ve 31 Mayıs 2009 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	28.05.2008 Landsat 7 (ETM+)		31.05.2009 Landsat 7 (ETM+)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	93,01	96,57	93,62	95,45
Deniz	99,83	99,83	99,46	98,34
Kumsal	78,51	97,78	71,86	98,46
Göl	98,65	100,00	90,18	94,98

Tablo 4.5 28 Mayıs 2008 ve 31 Mayıs 2009 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu (devamı)

Yerleşim Yeri	91,67	63,82	63,17	55,19
Tarım Arazileri	91,10	68,61	87,47	70,54
Yol	41,61	88,15	27,20	50,17

Tablo 4.6 02 Mayıs 2010 ve 09 Ağustos 2011 tarihli Landsat-7 (ETM+) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	02.05.2010 Landsat 7 (ETM+)		09.08.2011 Landsat 7 (ETM+)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	93,42	92,65	92,98	94,06
Deniz	97,29	93,60	94,10	99,42
Kumsal	82,31	97,00	80,16	96,59
Göl	71,94	81,63	95,38	73,81
Yerleşim Yeri	67,52	52,86	75,16	61,31
Tarım Arazileri	58,12	53,40	91,55	64,25
Yol	51,33	59,64	28,69	89,78

Tablo 4.7 07 Mayıs 2012 Landsat-7 (ETM+) ve 06 Ağustos 2013 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	07.05.2012 Landsat 7 (ETM+)		06.08.2013 Landsat 8 (OLI)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	80,33	93,57	92,46	96,86
Deniz	98,01	95,24	91,30	99,86
Kumsal	77,94	96,69	84,93	91,95
Göl	67,43	84,28	99,14	52,37
Yerleşim Yeri	72,17	52,12	58,41	67,91
Tarım Arazileri	82,14	54,39	93,27	68,19
Yol	77,54	55,97	27,46	54,93

Tablo 4.8 08 Temmuz 2014 ve 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	08.07.2014 Landsat 8 (OLI)		27.07.2015 Landsat 8 (OLI)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	91,47	94,70	93,65	93,32
Deniz	87,39	99,53	93,00	100,00
Kumsal	92,48	92,89	88,53	93,92
Göl	92,48	36,05	100,0	65,28

Tablo 4.8 08 Temmuz 2014 ve 27 Temmuz 2015 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu (devamı)

Yerleşim Yeri	53,39	56,78	62,64	61,76
Tarım Arazileri	84,15	67,15	88,89	73,77
Yol	60,51	87,96	33,98	64,09

Tablo 4.9 11 Haziran 2016 ve 30 Haziran 2017 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	11.06.2016 Landsat 8 (OLI)		30.06.2017 Landsat 8 (OLI)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	91,27	93,08	94,68	89,64
Deniz	95,95	99,49	93,50	99,38
Kumsal	88,01	91,73	85,41	97,13
Göl	97,69	84,43	96,49	72,91
Yerleşim Yeri	50,00	66,50	61,92	61,46
Tarım Arazileri	90,07	81,74	85,11	65,30
Yol	73,60	68,70	48,59	77,43

Tablo 4.10 30 Nisan 2018 ve 19 Mayıs 2019 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntülerinin kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	30.04.2018 Landsat 8 (OLI)		19.05.2019 Landsat 8 (OLI)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	90,93	87,95	87,00	92,24
Deniz	97,28	99,91	95,12	99,29
Kumsal	81,41	96,42	85,83	92,57
Göl	99,21	74,45	96,92	71,78
Yerleşim Yeri	68,38	52,14	63,71	61,26
Tarım Arazileri	76,80	72,18	82,91	71,17
Yol	59,07	82,72	62,29	73,57

Tablo 4.11 22 Haziran 2020 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsünün kontrolü sınıflandırma doğruluğu

Sınıflar	22.06.2020 Landsat 8 (OLI)	
	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Orman	88,78	94,23
Deniz	99,00	99,35
Kumsal	77,55	95,15
Göl	95,87	94,97
Yerleşim Yeri	70,14	57,30

Tablo 4.11 22 Haziran 2020 tarihli Landsat-8 (OLI) görüntüsünün kontrolü sınıflandırma doğruluğu (devamı)

Tarım Arazileri	84,94	70,08
Yol	75,21	77,88

Tablolardaki verilere göre orman alanlarına dair üretici doğruluğunun %99,18 ile en yüksek olduğu yıl 2000 yılıyken en düşük olduğu yıl %76,50 ile 2003 yılıdır. Kullanıcı doğruluğunun en yüksek yıl olduğu yıl ise %98,21 ile 2007, en düşük olduğu yıl, %87,95 ile 2018 yılıdır.

Tablo 4.12 21 yıllık görüntü koleksiyonunun genel doğruluk ve kappa istatistik değeri

Görüntü Tarihi	Genel Doğruluk (%)	Kappa
23.06.2000	88,17	0,846
10.06.2001	85,99	0,785
15.07.2002	87,99	0,831
15.05.2003	79,97	0,721
21.08.2004	84,72	0,798
05.06.2005	83,33	0,784
23.05.2006	85,68	0,808
30.08.2007	88,69	0,840
28.05.2008	90,63	0,877
31.05.2009	86,25	0,822
02.05.2010	84,99	0,782
09.08.2011	85,33	0,817

Tablo 4.12 21 yıllık görüntü koleksiyonunun genel doğruluk ve kappa istatistiki değerleri (devamı)

07.05.2012	83,12	0,780
06.08.2013	86,92	0,829
08.07.2014	85,91	0,814
27.07.2015	86,83	0,835
11.06.2016	87,72	0,851
30.06.2017	84,89	0,816
30.04.2018	85,12	0,817
19.05.2019	85,37	0,820
22.06.2020	86,82	0,839

Genel doğruluk en düşük %79,97 (2003) en yüksek ise %90,63'tür (2008). Kappa istatistiki değerinde ise en düşük değer 0,7213 (2003) ve en yüksek değer 0,8768'dir (2008).

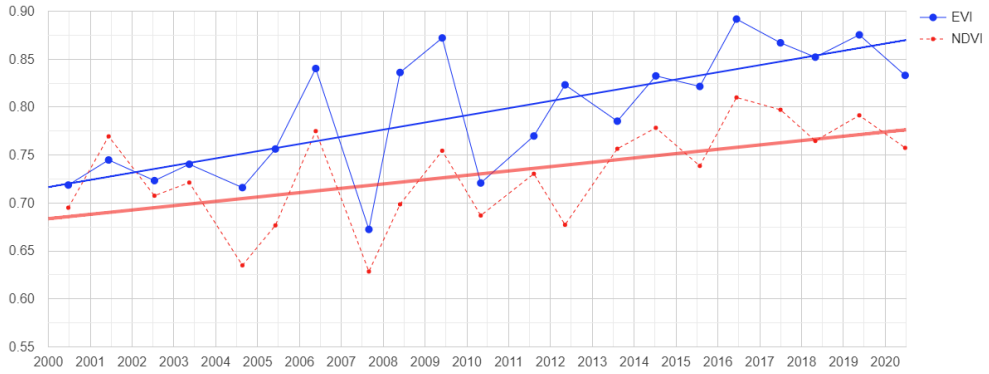
Tablo 4.13 Beş uydu görüntüsünden oluşan 21 yıllık yıllık görüntü koleksiyonunun genel doğruluk ve kappa istatistiki değerleri

Görüntü Tarihi	Genel Doğruluk (%)	Kappa
23.06.2000	81,46	0,750
21.08.2004	75,92	0,649
02.05.2010	84,14	0,783
27.07.2015	89,88	0,863
27.07.2021	90,04	0,866

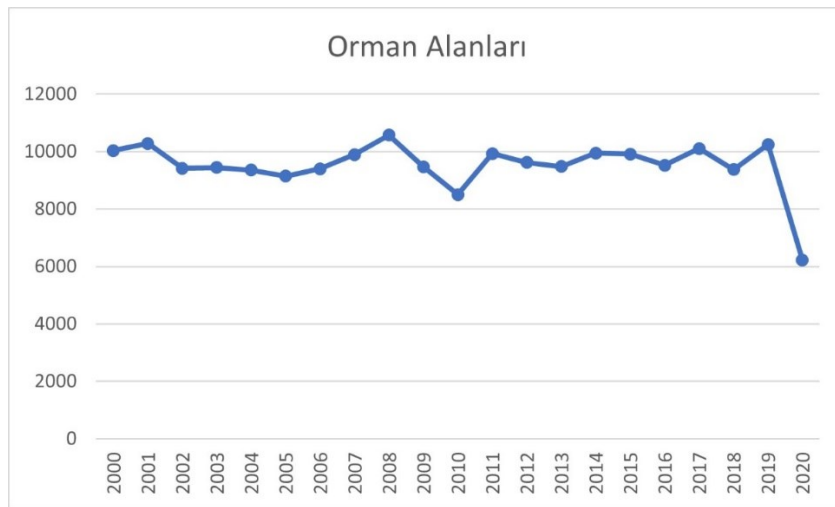
Tablo 4.14 İğneada Longoz Ormanları'na ait sınıf bazında doğruluk

Görüntü Tarihi	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
23.06.2000	66,11	84,08
21.08.2004	70,64	64,81
02.05.2010	64,03	70,96
27.07.2015	86,52	85,74
27.07.2021	80,83	88,90

4.2 İğneada Longoz Ormanlarındaki Değişimlerin İzlenmesi



Şekil 4.9 21 yıllık NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği



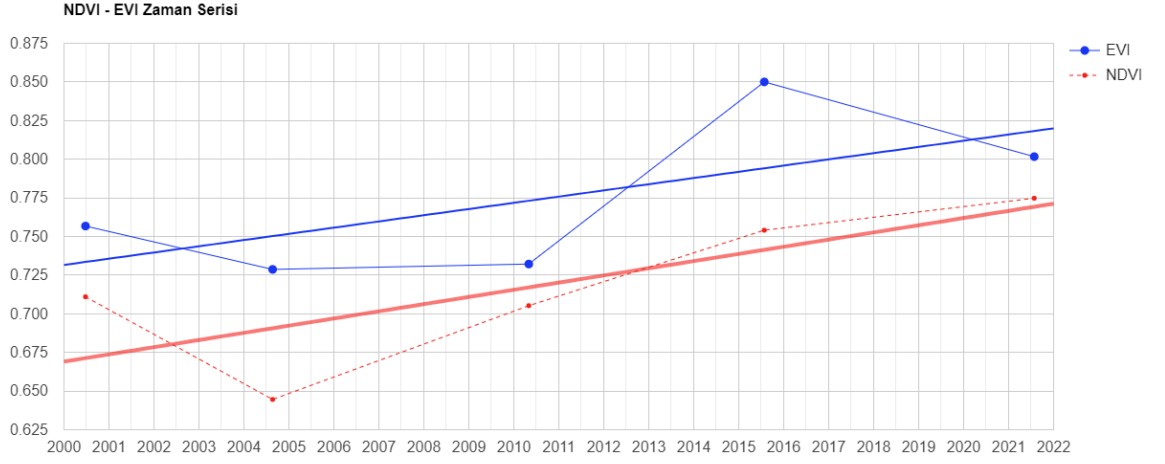
Şekil 4.10 ArcMap 10.8 yazılımından elde edilen orman alanlarının grafiği

Grafiklerden görüldüğü üzere NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği ile ArcMap yazılımından elde edilmiş orman alanlarının grafiği benzer dağılım göstermektedir. 2020 yılında uygunsuz atmosferik koşullar nedeniyle orman alanlarındaki düşüş göz ardı edilebilir.

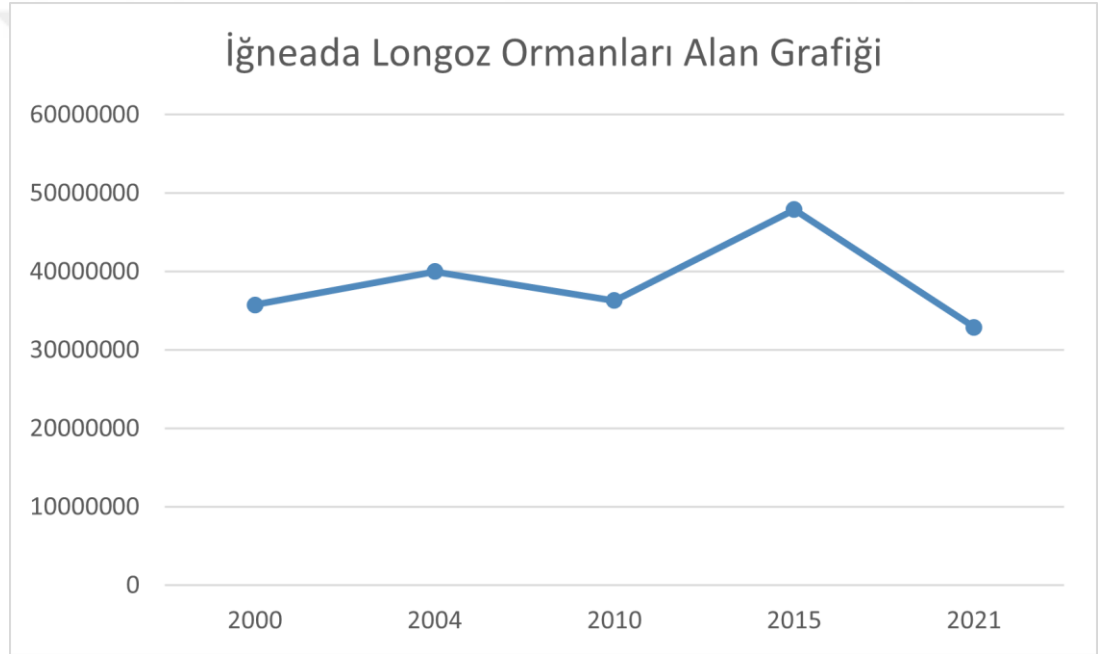
Tablo 4.15 Çalışma alanındaki tüm orman alanının yıllara göre alan verileri
(hektar)

Tarih	Orman Alanı	Tarih	Orman Alanı
2000	10.032,84	2011	9.926,55
2001	10.279,18	2012	9.619,65
2002	9.418,05	2013	9.482,22
2003	9.445,45	2014	9.949,50
2004	9.356,58	2015	9.912,78
2005	9.147,69	2016	9.522,00
2006	9.403,16	2017	10.103,04
2007	9.896,31	2018	9.376,02
2008	10.578,61	2019	10.251,81
2009	9.472,41	2020	6.229,89
2010	8.505,99		

Tablo 4.15'e göre İğneada Longoz Ormanları'nda ani bir alan değişimi meydana gelmemiştir. Orman alanlarındaki artış ve azalış mevsimsel etkiye göre değerlendirilebilir.



Şekil 4.11 Beş yıldan oluşan NDVI-EVI zaman serisi analiz grafiği



Şekil 4.12 Beş yıla dair İğneada Longoz Ormanları'na ait alanların grafiği

Tablo 4.16 İğneada Longoz Ormanları'nın yıllara göre alan verileri (hektar)

Tarih	İğneada Longoz Ormanları'nın Alanı	Orman Alanı
2000	3575,79	7067,34
2004	4003,02	6788,70
2010	3629,61	7014,69

Tablo 4.16 İğneada Longoz Ormanları'nın yıllara göre alan verileri (hektar)
(devamı)

2015	4790,61	5303,97
2021	3290,94	7150,14

Çalışmanın tüm orman alanlarının alansal grafiği ve NDVI-EVI grafiği aşamasındaki sonucu ile çalışmanın orman alanları ve longoz ormanları olarak ayırt edilen aşamasındaki alansal grafik ve NDVI-EVI grafiği benzerdir. Alan grafikleri ve NDVI-EVI zaman serisi analizi sonucu elde edilen grafikler doğrusal bir sonuç vermektedir.

4.3 Tartışma

Bu tez çalışmasında İğneada Longoz Ormanları'nın uzun süreli zamansal analizi yapılmıştır. Türkiye'de ve dünyada UA yöntemleri ile longoz ormanlarına dair çeşitli çalışmalar yapılmıştır. GEE'nin petabaytlık verileri daha kısa sürede işleme imkânı sunması ve algoritmaları kendi içerisinde barındırmasından dolayı son zamanlarda GEE ile longoz ormanlarının analizine dair yapılan çalışmalar da çoğalmıştır.

Türkiye'de, Bozkaya (Bozkaya, 2013) İğneada Longoz Ormanları'nın zamansal değerlendirmesi ve geleceğe yönelik modellenmesi çalışmasını gerçekleştirmiştir. Toker (Toker, 2018) İğneada için 1987'den 2017'ye olacak şekilde değişim tespiti çalışması yapmıştır. Bozkaya ve Toker'in elde ettiği sonuçlarla bu tez çalışmasında ortaya çıkan değerler uyumludur. Üç çalışmada da İğneada Longoz Ormanları'nın azaldığı ortaya çıkmıştır. Gencal vd. (2018) 2010 ve 2017 yılları için Türkiye'nin Bursa ilinde bulunan Karacabey Longoz Ormanları'nın değişim tespitine dair çalışma yapılmıştır. Arekhi vd. (2019) İğneada için Landsat-8 ve Sentinel-2A verilerini kullanarak zaman serisi analizi yapmışlardır.

Zaman serisi analizi ve sınıflandırma yöntemleri UA ile orman alanlarının tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında orman sınıfına ait NDVI-EVI zaman serisi grafiğine göre NDVI için minimum 0,629, maksimum 0,810, EVI için minimum 0,672, maksimum 0,892 değerleri elde edilmiştir. NDVI ve EVI

değerlerinin minimum ve maksimum olduğu yıllar aynı yıllardır. Burada analiz için uydu görüntülerinin seçildiği ayların önemi vardır. Longoz ormanlarına ait NDVI-EVI zaman serisi grafiğine göre ise NDVI için minimum 0,645, maksimum 0,775, EVI için minimum 0,729, maksimum 0,850 değerleri elde edilmiştir. NDVI ve EVI birbirleriyle eş değer sonuç ortaya çıkarmıştır.

Sınıflandırılan uydu görüntüleri ArcMAP 10.8 yazılımında raster-vektör dönüşümü gerçekleştirilerek orman alanları hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda toplam orman alanları 10.578,61 hektar ile 6.229,89 hektar arasında değişirken longoz orman alanlarının değişimi 3290,94 hektar ile 4790,61 hektar arasında olduğu görülmüştür. 6.229,89 hektar ilgili çalışma alanındaki tüm ormanın alanıdır ve 2020 yılına aittir. 2020 yılında uydu görüntülerinde atmosferik koşullar optimum düzeyde değildir. Bu nedenle bu yılda elde edilen orman alanı değeri göz ardı edilmelidir. İlk aşamada yapılan sınıflandırmada, hata matrislerine göre birbiriyle en çok karışan sınıflar kumsal-yerleşim yeri ve yollarım arazileri ikilileridir. Kumsal alanların ve yolların çıkarımları için uydu görüntülerinin çözünürlüğü yer yer yetersiz kalmıştır. Buna göre sınıflandırma doğruluklarında doğruluğu en az çıkan sınıflar da yol ve şehir sınıfları olmuştur. Üretici doğruluğunda 2000 yılında %35,95 ile yol sınıfı en düşük doğruluğa sahipken onu 2002 yılında %64,00 ile yerleşim yeri sınıfı takip etmektedir. İkinci aşamada yapılan sınıflandırma doğruluklarına bakıldığında longoz ormanlarına ait üretici doğruluğu minimum %66,11, maksimum %86,52 olarak çıkmıştır. Longoz ormanlarına ait kullanıcı doğruluğu ise minimum %64,81 çıkarken maksimum %88,90 çıkmıştır.

5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın birinci kısmında Landsat-7 uydu görüntülerinde radyometrik düzeltme yapılmıştır. İkinci adımında Landsat-7 uydu görüntülerine dair veri boşlukları düzeltilmiştir. Üçüncü adımda İğneada Longoz Ormanları'na dair güncel sınır çıkarılmıştır. Çalışmanın dördüncü kısmında diğer kısımlarda kullanılmak üzere NDVI, EVI ve MNDWI indeksleri hesaplanmıştır. Beşinci adımda NDVI-EVI zaman serisi oluşturulmuş ve altıncı adımda Rastgele Orman algoritması ile uydu görüntüleri tek tek sınıflandırılmıştır. Yedinci adımda doğruluk analizleri yapılmış ve ardından sekizinci adımda raster verilerden vektörel verilere dönüşüm yapılarak sınıfların alanları hesaplanmıştır. Dokuzuncu adımda ise NDVI-EVI zaman serisi ile orman sınıfına ait alanların karşılaştırılması yapılmıştır. NDVI ve EVI ile desteklendiğinde RO algoritması yüksek doğruluklu sınıflandırma değerleri üretmektedir. 21 yıllık uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve analizi GEE sayesinde pratik bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

GEE ile uydu görüntüleri çok kısa sürede hızlı ve etkili olarak işlenip değerlendirilebilmektedir. Yapılan çalışma sonucuna göre son 21 yılda İğneada Longoz Orman alanlarında çarpıcı bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. Sınıflandırma sonuçlarına göre 2019 yılındaki orman alanları 2000 yılına göre %2,1825 azalmıştır. 21 yıllık NDVI zaman serisi grafiği incelendiğinde de 2000 ve 2018 yıllarına ait NDVI değerlerinin 0.50'den yüksek ve birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir. Orman alanlarındaki NDVI değerlerinin değişimi mevsimsel olarak değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışması ile;

- İğneada Longoz Ormanları'nı ve çevresindeki ormanları kapsayan çok yıllı, yıl bazında değişim analizi tespit edilmiştir.
- Orman alanlarının yanı sıra, longoz ormanları sınırlarında bulunan göllerin de alan değişimleri incelenmiştir.

- GEE platformunda yapılan NDVI-EVI zaman serisi analizi ile RO algoritması sonucu sınıflandırılan görüntülerin orman alanları karşılaştırıldığında, sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu ve birbirlerini desteklediği görülmüştür. GEE platformunda, ekstrem bir durum olmadığı sürece orman alanlarının değişiminin incelenmesi için NDVI zaman serisi analizinin yeterli olacağı görülmüştür.

Çalışma kapsamında bulunabilecek öneriler aşağıda belirtilmiştir:

- Landsat-7 yerine Sentinel uydu görüntüleri ile çalışma yapılarak güncel değişim tespiti çıkarılabilir.
- Yıllara göre mevsimsel etkilere göre çeşitli veriler (kuraklık, yağış) çalışmaya dahil edilebilir.
- Literatür özetinde bahsedilen (Diniz vd., 2019) Modüler Mangrov Tanıma İndeksi bu çalışma kapsamında uygulanabilir.
- Farklı indeksler ve algoritmalar orman alanlarının tespitini desteklemek için kullanılabilir.

- Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S. A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. Mohammad Moghaddam, S. H. A., Mahdavi, S., Ghahremanloo, M., Parsian, S., Wu, Q., And, & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine Cloud Computing Platform for Remote Sensing Big Data Applications: A Comprehensive Review.pdf. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5326–5350.
- Arekhi, M., Goksel, C., Sanli, F. B., & Senel, G. (2019). Comparative evaluation of the spectral and spatial consistency of Sentinel-2 and Landsat-8 OLI data for Igneada longos forest. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi8020056>
- Belgiu, M., & Drăgut, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>
- Bozkaya, A. G. (2013). *İğneada Koruma Alanının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Zamansal Değerlendirilmesi ve Geleceğe Yönelik Modellenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Breiman, L. (2001). Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cipta, I. M., Sobarman, F. A., Sanjaya, H., & Darminto, M. R. (2021). *Analysis of Mangrove Forest Change from Multi- Temporal Landsat Imagery Using Google Earth Engine Application (Case Study : Belitung Archipelago 1990 - 2020)*. 90–95.
- Diniz, C., Cortinhas, L., Nerino, G., Rodrigues, J., Sadeck, L., Adami, M., & Souza-Filho, P. W. M. (2019). Brazilian Mangrove Status : Three Decades of Satellite Data Analysis. *Remote Sensing*, 11(808). <https://doi.org/10.3390/rs11070808>
- Dunning, T., & Friedman, E. (2014). IMAGE ANALYSIS , in REMOTE SENSING. In *Machine Learning*.
- Eidenshink, J. C. (1992). The 1990 conterminous US AVHRR data set. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58(6), 809–813.
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., & Primavera, J. (2019). *The State of the World ' s Mangrove Forests : Past , Present , and Future*.
- Gencal, B., Taş, İ., & Akay, A. E. (2018). Spatiotemporal Change Detection of the Linden Forests in Bursa, Turkey. *European Journal of Forest Engineering*, 4(2), 50–55. <https://doi.org/10.33904/ejfe.495088>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, *83*(1–2). [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- Jog, S., & Dixit, M. (2016). Supervised classification of satellite images. *Conference on Advances in Signal Processing, CASP 2016, X*, 93–98. <https://doi.org/10.1109/CASP.2016.7746144>
- Johnson, L., & Goetz, A. (2013). *Landsat 7 (L7) Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) Level 1 (L1) Data Format control Book (DFCB), LS-DFCB-04 Version 16.0*. 7(February), 40.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, *28*, 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Li, H., Jia, M., Zhang, R., Ren, Y., & Xin, W. (2019). Incorporating the Plant Phenological Trajectory into Mangrove Species Mapping with Dense Time Series Sentinel-2 Imagery and the Google Earth Engine Platform. *Remote Sensing*, *11*(21). <https://doi.org/10.3390/rs11212479>
- Martínez, B., & Gilabert, M. A. (2009). Vegetation dynamics from NDVI time series analysis using the wavelet transform. *Remote Sensing of Environment*, *113*(9), 1823–1842. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.04.016>
- Parida, B. R., & Kumar, P. (2020). Mapping and dynamic analysis of mangrove forest during 2009 – 2019 using landsat – 5 and sentinel – 2 satellite data along Odisha Coast. *Tropical Ecology*, *61*(4), 538–549. <https://doi.org/10.1007/s42965-020-00112-7>
- Schowengerdt, R. (1983). *Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing*. 249.
- Shaoqing, Z., & Lu, X. (2009). The comparative study of three methods of remote sensing image change detection. *2009 17th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2009*, 1595–1598. <https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2009.5293490>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2020). 2020 Faalitet Raporu
- Toker, M. (2018). *Landsat ve Sentinel Uydu Görüntüleri Kullanılarak Zamansal Değişim Tespiti Analizi: Bir Vaka Çalışması - İğneada Taşkın Ormanı Milli Parkı*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Wen, L., & Saintilan, N. (2015). Climate phase drives canopy condition in a large semi-arid floodplain forest. *Journal of Environmental Management*, *159*, 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.027>
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, *27*(14), 3025–3033. <https://doi.org/10.1080/01431160600589179>

Yılmaz, O. salih. (2021). *UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ YARDIMIYLA YÜZEN FOTOVOLTAİK GÜÇ SANTRALLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: DEMİRKÖPRÜ BARAJI ÖRNEĞİ*. Yildiz Technical University.

Url-1 <<http://igneada.tabiat.gov.tr/>>, alındığı tarih: 01.12.2021.

Url-2 <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con>, alındığı tarih: 18.11.2021.

Url-3

<<https://docs.google.com/document/d/1mNIRB90jwLuASO1JYas1kuOXCLbOoy1Z4NIV1qIXM10/edit#>>, alındığı tarih: 20.12.2021.



A

UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN FİLTRELENMESİ İLE NDVI, EVI VE MNDWI DEĞERLERİNİN HESAPLANMASINA DAİR KOD ÇIKTISI

```
var image2000 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C01/T1_TOA')
    .filterBounds(roi)
    .filterDate('2000-06-20', '2000-06-25')
    .sort('CLOUD_COVER')
    .map(addNdvi)
    .map(addEvi)
    .map(addMNdwi)
    .first();

function addNdvi(image2000) {
var ndvi = image2000.normalizedDifference(['B4', 'B3']).rename('NDVI');
return image2000.addBands(ndvi);
}

var palette = ['FFFFFF', 'CE7E45', 'DF923D', 'F1B555', 'FCD163', '99B718',
    '74A901', '66A000', '529400', '3E8601', '207401', '056201',
    '004C00', '023B01', '012E01', '011D01', '011301'];

Map.addLayer(image2000,{bands: ['NDVI'], palette: palette},'NDVI');
Map.centerObject(image2000);
```

```

function addEvi(image2000)
{
var evi = image2000.expression(
  '2.5 * ((NIR - RED) / (NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1))',
  {
    'NIR': image2000.select('B4'),
    'RED': image2000.select('B3'),
    'BLUE': image2000.select('B1')
  })
  .rename('EVI'); return image2000.addBands(evi);}

Map.addLayer(image2000, {bands: ['EVI'], min: -1, max: 1, palette: ['FF0000',
'00FF00']},'EVI')

function addMNdwi(img) {
var mndwi = img.normalizedDifference(['B2', 'B5']).rename('MNDWI');
return img.addBands(mndwi);
}

Map.addLayer(clip_image,{bands: ['MNDWI']},'MNDWI');

```



```

Map.addLayer(classified,{min: 1, max: 7, palette:
['0a821b','4720ff','8b8576','5eb1ff','ff3d18','ffc358','f0f0f0']},'classification');

var valNames =
vForest.merge(vSea).merge(vBeach).merge(vLake).merge(vCity).merge(vAgricu
lture).merge(vRoad);

var validation = classified.sampleRegions({
  collection: valNames,
  properties: ['Landcover'],
  scale: 30,
});
print(validation);

var testAccuracy = validation.errorMatrix('Landcover', 'classification');
print('Validation error matrix: ', testAccuracy);

print('Validation overall accuracy: ', testAccuracy.accuracy());
print('Producers accuracy: ', testAccuracy.producersAccuracy());
print('consumers accuracy: ', testAccuracy.consumersAccuracy());
print('Kappa: ', testAccuracy.kappa());

```

ZAMAN SERİSİ ANALİZİNE DAİR KOD ÇIKTISI

```
var image= ee.ImageCollection(imageCollection)

var image2000 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C01/T1_TOA')
    .filterBounds(roi)
    .filterDate('2000-06-20', '2000-06-25')
    .sort('CLOUD_COVER')
    .first();
print(image)

var clip_image= image2000.clip(igneadasinir);
Map.addLayer(clip_image, {bands: ['B3', 'B2', 'B1'],min:0, max: 0.3}, 'True
colour image');
Map.addLayer(roi)
Map.addLayer(igneadasinir)

var Chart = ui.Chart.image.series(image.select('NDVI','EVI'), roi)
    .setChartType('ScatterChart')
    .setOptions({
        title: 'NDVI - EVI time series',
        trendlines: {
            0: {color: '#1936F3'},
```

```
1: {color: '#F32019', lineWidth: 4, opacity: 0.6}
},
series: {
0: {lineWidth: 1, color: '#1936F3', pointsize:2},
1: {lineWidth: 1, color: '#F32019', pointSize:3, lineDashStyle: [4, 4]}
}
});
print(Chart);
```



Konferans Bildirileri

- [1] B. Kafes, O. S. Yılmaz, F. B. Şanlı, “Longoz Ormanlarının On Yıllık Değişiminin Google Earth Engine (GEE) Kullanılarak NDVI Zaman Serileri Analizi ile İncelenmesi”, 2. Uluslararası Bakü Bilimsel Araştırmalar Konferansı, 2021, pp. 287-292

