T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA TABANLI NÜFUS ANALİZİ: KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ ÖRNEĞİ

İrem TEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Programı

Danışman

Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI

Eş Danışman

Doç. Dr. Dilek Eren AKYÜZ

Haziran, 2025

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZAKTAN ALGILAMA TABANLI NÜFUS ANALİZİ: KUZEY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİ ÖRNEĞİ

İrem TEK tarafından hazırlanan tez çalışması 24.06.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Doç. Dr. Dilek Eren AKYÜZ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Eş Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Fusun Balık ŞANLI, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Bülent BAYRAM, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Uzaktan Algılama Tabanlı Nüfus Analizi: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Örneği" 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.

İrem TEK

İmza



Aileme

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi birikimleri, deneyimleri ve rehberlikleriyle bana yol gösteren, her aşamada desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI'ya ve kıymetli eş danışmanım Sayın Doç. Dr. Dilek Eren AKYÜZ'e, tez sürecinde yardımlarıyla yol gösteren Doç. Dr. Osman Salih YILMAZ'a,

Her daim yanımda hissettiğim, varlıklarıyla bana güç veren, beni her zaman destekleyen sevgili aileme,

Yüksek lisans sürecimin her aşamasında hep yanımda olan ve beni destekleyen değerli arkadaşım Sena Varbil'e teşekkür ederim.

İrem TEK

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ viii
KISALTMA LİSTESİ ix
ŞEKİL LİSTESİ xi
TABLO LİSTESİ xiii
ÖZET xvi
ABSTRACT xviii
1 GİRİŞ 1
1.1 Literatür Taraması 2
1.2 Araştırmanın Amacı 5
1.3 Araştırmanın Hipotezi 6
2 ÇALIŞMA ALANI 7
2.1 Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti 7
2.1.1 Jeomorfolojik Yapı 8
2.1.2 İklim ve Özellikleri 8
2.2 Nüfus Yapısı ve Değişimi 8
2.2.1 Yıllara Göre Gelen Yolcu Sayısı 9
2.2.2 Yıllara Göre Yatak Kapasitesi 10
2.2.3 İlçe Turistik Konaklama Kapasitesinin Değerlendirilmesi 10
2.2.4 Turizm Verileri ve Gece Işık Yoğunluğu Arasındaki İlişki 11
2.3 Yüzey Suları: Hidrolojik Durum ve Çevresel Etkiler 12
2.3.1 Akarsular 12
2.3.2 Baraj ve Göller 12
2.3.3 Yeraltı Suyu 13
2.3.4 Su Kullanımı ve Su Kaynaklarının Durumu 13
2.3.5 KKTC Su Temin Projesi ve Sürdürülebilirliği 14

3 MATERYAL VE YÖNTEM **15**
3.1 Google Earth Engine (GEE) 17
3.2 Rastgele Orman (RO) Algoritması 18
3.3 Kullanılan İndeksler 19
3.3.1 Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) 19
3.3.2 Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) 19
3.3.3 Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) 20
3.3.4 Yapılaşmış Alan İndeksi (BU) 20
3.4 Kullanılan Uydu Platform ve Özellikleri 20
3.4.1 Landsat 8 20
3.4.2 VIIRS Sensörü 21
3.5 Sınıflandırma Modelinin Doğruluk Değerlendirmesi 22
4 BULGULAR **24**
4.1 Rastgele Orman Yöntemi Kullanılarak NDVI, NDWI, NDBI, BU İndekslerine Dayalı Arazi Sınıflandırması 25
4.1.1 Girne İlçesi 25
4.1.2 Lefkoşa İlçesi 30
4.1.3 Güzelyurt İlçesi 34
4.1.4 Lefke İlçesi 39
4.1.5 İskele İlçesi 43
4.1.6 Gazimağusa İlçesi 47
4.2 Sınıflara Ait Alan Yüzdelikleri 52
4.2.1 Yıl ve İlçelere Göre Gece Işığı Değişim Haritaları 54
4.3 İlçelere Göre Gece Işık Yoğunluğu 57
4.4 KKTC Geneli AK/AÖ Haritaları 59
4.5 İlçelere Göre Kentsel Büyüme Artış Yüzdeleri ve Ortalamaya Göre Kıyas Tablosu 60
4.6 RO Sınıflandırması ile Elde Edilen Arazi Kullanım Sınıfları ve Gece Işığı Verisi Arasındaki Pearson Korelasyon Matrisi 62
4.7 Nüfus Gelişimi ve Projeksiyonları: Mevcut Verilere Dayalı Bir Analiz ... 67
5 SONUÇ **69**
KAYNAKÇA **71**

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **75**

SİMGE LİSTESİ

F1-Skor	Harmonik Ortalama Değeri
κ	Kappa Katsayısı
m	Metre
Mm^3	Milyon Metreküp
nm	Nanometre
nW	nanowatt
cm	Santimetre

KISALTMA LİSTESİ

AK/AÖ	Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü (Land Cover/Land Use)
API	Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface)
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSİ	Devlet Su İşleri
GEE	Google Earth Engine
GD	Genel Doğruluk
IDE	Entegre Geliştirme Ortamı (Integrated Development Environment)
KD	Kullanıcı Doğruluğu
KKTC	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
LST	Arazi Yüzey Sıcaklığı (Land Surface Temperature)
MNDWI	Değiştirilmiş Normalize Edilmiş Su Fark İndeksi (Modified Normalized Difference Water Index)
NDBI	Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (Normalized Difference Built-up Index)
NOAA	Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (National Oceanic and Atmospheric Administration
NTL	Gece Işığı (Nighttime Light)
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index)
NTL	Gece Işığı (Nighttime Light)
NDWI	Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (Normalized Difference Water Index)
POI	İlgi Noktaları (Point of Interest)
RO	Rastgele Orman (Random Forest)
SUHI	Yüzey Kentsel Isı Adası (Surface Urban Heat Island)
TDS	Toplam Çözünmüş Katı Maddeler (Total Dissolved Solids)
UHS	Kentsel Isı Stresi (Urban Heat Stress)
USGS	Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Kurumu (United States Geological Survey)
ÜD	Üretici Doğruluğu

VIIRS	Görünür Kızılötesi Görüntüleme Radyometresi (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 KKTC Siyasi Haritası **7**
Şekil 2.2 KKTC 2011 ve 2023 Yıllarına Ait Nüfus Piramitleri [19] **9**
Şekil 2.3 Geçitköy Barajı (Fotoğraf: İrem Tek,2025) **14**
Şekil 3.1 Temel İş Akış Şeması **16**
Şekil 3.2 Çalışmada Kullanılan Veri Türleri ve Kaynakları **17**
Şekil 3.3 GEE Arayüzü [33] **18**
Şekil 3.4 Rastgele Orman Akış Şeması [35] **18**
Şekil 4.1 2015 Yılı Girne RO Sınıflandırma Görüntüsü **26**
Şekil 4.2 2019 Yılı Girne RO Sınıflandırma Görüntüsü **27**
Şekil 4.3 2023 Yılı Girne RO Sınıflandırma Görüntüsü **29**
Şekil 4.4 2015 Yılı Lefkoşa RO Sınıflandırma Görüntüsü **30**
Şekil 4.5 2019 Yılı Lefkoşa RO Sınıflandırma Görüntüsü **32**
Şekil 4.6 2023 Yılı Lefkoşa RO Sınıflandırma Görüntüsü **33**
Şekil 4.7 2015 Yılı Güzelyurt RO Sınıflandırma Görüntüsü **35**
Şekil 4.8 2019 Yılı Güzelyurt RO Sınıflandırma Görüntüsü **36**
Şekil 4.9 2023 Yılı Güzelyurt RO Sınıflandırma Görüntüsü **38**
Şekil 4.10 2015 Yılı Lefke RO Sınıflandırma Görüntüsü **39**
Şekil 4.11 2019 Yılı Lefke RO Sınıflandırma Görüntüsü **41**
Şekil 4.12 2023 Yılı Lefke RO Sınıflandırma Görüntüsü **42**
Şekil 4.13 2015 Yılı İskele RO Sınıflandırma Görüntüsü **43**
Şekil 4.14 2019 Yılı İskele RO Sınıflandırma Görüntüsü **45**
Şekil 4.15 2023 Yılı İskele RO Sınıflandırma Görüntüsü **46**
Şekil 4.16 2015 Yılı Gazimağusa RO Sınıflandırma Görüntüsü **47**
Şekil 4.17 2019 Yılı Gazimağusa RO Sınıflandırma Görüntüsü **49**
Şekil 4.18 2023 Yılı Gazimağusa RO Sınıflandırma Görüntüsü **51**
Şekil 4.19 Girne İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası **54**
Şekil 4.20 Lefkoşa İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası **55**
Şekil 4.21 Güzelyurt İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası **55**
Şekil 4.22 Lefke İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası **56**
Şekil 4.23 İskele İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası **56**
Şekil 4.24 Gazimağusa İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası **57**

Şekil 4.25 2015 yılına Ait KKTC AK/AÖ Haritası.....**59**
Şekil 4.26 2019 yılına Ait KKTC AK/AÖ Haritası.....**59**
Şekil 4.27 2023 yılına Ait KKTC AK/AÖ Haritası.....**59**

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Gelen Yolcu Sayısı (Kaynak: KKTC Turizm Planlama Dairesi) **10**

Tablo 2.2 Yatak Kapasitesi (Kaynak: KKTC Turizm Planlama Dairesi) **10**

Tablo 2.3 İlçelere Göre Tesis ve Yatak Sayıları Kaynak: KKTC Turizm Planlama Dairesi **11**

Tablo 3.1 Landsat 8 Bant Özellikleri **21**

Tablo 4.1 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **26**

Tablo 4.2 2015 Yılı Girne İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **26**

Tablo 4.3 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **27**

Tablo 4.4 2019 Yılı Girne İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **28**

Tablo 4.5 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **29**

Tablo 4.6 2023 Yılı Girne İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **29**

Tablo 4.7 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **30**

Tablo 4.8 2015 Yılı Lefkoşa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **31**

Tablo 4.9 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **32**

Tablo 4.10 2019 Yılı Lefkoşa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **32**

Tablo 4.11 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **33**

Tablo 4.12 2023 Yılı Lefkoşa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **34**

Tablo 4.13 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **35**

Tablo 4.14 2015 Yılı Güzelyurt İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **35**

Tablo 4.15 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **36**

Tablo 4.16 2019 Yılı Güzelyurt İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **37**

Tablo 4.17 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **38**

Tablo 4.18 2023 Yılı Güzelyurt İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **38**

Tablo 4.19 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **39**

Tablo 4.20 2015 Yılı Lefke İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **40**

Tablo 4.21 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **41**

Tablo 4.22 2019 Yılı Lefke İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **41**

Tablo 4.23 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **42**

Tablo 4.24 2023 Yılı Lefke İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **43**

Tablo 4.25 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **44**

Tablo 4.26 2015 Yılı İskele İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **44**

Tablo 4.27 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **45**

Tablo 4.28 2019 Yılı İskele İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **45**

Tablo 4.29 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **46**

Tablo 4.30 2023 Yılı İskele İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **47**

Tablo 4.31 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **48**

Tablo 4.32 2015 Yılı Gazimağusa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **48**

Tablo 4.33 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **49**

Tablo 4.34 2019 Yılı Gazimağusa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **50**

Tablo 4.35 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi **51**

Tablo 4.36 2023 Yılı Gazimağusa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri **51**

Tablo 4.37 Arazi Kullanım Sınıflarının İlçelere ve Yıllara Göre Oransal Dağılımı **52**

Tablo 4.38 2015, 2019 ve 2023 Yıllarına Ait KKTC İlçelerinin Gece Işık Yoğunluğu Değerleri **58**

Tablo 4.39 Kentsel Alan Sınıfının Yüzde Artışı Ortalaması **60**

Tablo 4.40 İlçe ve Yıllara Ait Kentsel Alan Sınıfı Değişim Hesabı **61**

Tablo 4.41 Arazi Sınıflandırması ve Gece Işık Yoğunluğu Korelasyon Matrisi **62**

Tablo 4.42 KKTC Nüfus Projeksiyonu **68**

ÖZET

Uzaktan Algılama Tabanlı Nüfus Analizi: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Örneği

İrem TEK

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI

Eş-Danışman: Doç. Dr. Dilek Eren AKYÜZ

Bu çalışmada, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ndeki (KKTC) arazi kullanım değişimleri ile gece ışığı verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Uzaktan algılama ve makine öğrenimi tekniklerinin entegre edildiği bu araştırmada, Google Earth Engine (GEE) platformu kullanılarak Landsat 8 uydu görüntülerinden türetilen Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü (NDVI), Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Yapılaşmış Alan İndeksi (BU) kullanılarak orman, su, kentsel alan, boş arazi, tarım olmak üzere 5 sınıf belirlenmiş ve Rastgele Orman (RO) algoritmasıyla sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmanın doğruluk değerlendirmeli için genel doğruluk (GD), üretici doğruluğu (ÜD), kullanıcı doğruluğu (KD), kappa katsayısı (κ) ve F1-Skor değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, Görünür Kızılötesi Görüntüleme Radyometresi (VIIRS) uydu verileri kullanılarak 2015, 2019 ve 2023 yıllarının her yılın 1 Haziran-31 Ağustos aylarına ait gece ışığı değişim haritaları oluşturulmuş ve bu verilerin ortalamaları GEE platformunda hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, arazi sınıflarının kapladığı alanlar ile gece ışığı yoğunlukları arasındaki ilişkiyi ortaya

koyan karşılaştırmalı tablolar ve korelasyon analizleri ile desteklenmiştir. Özellikle kentsel alanların gece ışığı verileriyle olan ilişkisi, altı ilçe bazında korelasyon matrisleri ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, gece ışığı yoğunluğunun nüfus artışı ve kentsel yayılımla doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, KKTC'nin kentsel planlama ve nüfus tahmini gibi alanlarda karar vericilere önemli veriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Google Earth Engine, VIIRS, rastgele orman, nüfus

ABSTRACT

Remote Sensing Based Population Analysis: A Case Study of The Turkish Republic Of Northern Cyprus

Irem TEK

Department of Geomatics Engineering
Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI

Co-supervisor: Assoc. Prof. Dr. Dilek Eren AKYÜZ

This study investigates the relationship between land use/land cover (LULC) changes and nighttime light data in the Turkish Republic of Northern Cyprus (TRNC). Integrating remote sensing and machine learning techniques, the research utilizes the Google Earth Engine (GEE) platform to classify five land cover classes forest, water, urban areas, bare land, and agriculture based on indices derived from Landsat 8 satellite imagery: Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Water Index (NDWI), Normalized Difference Built-up Index (NDBI), and Built-up Index (BU). The classification was performed using the Random Forest (RF) algorithm. To assess classification accuracy, Overall Accuracy (OA), Producer's Accuracy (PA), User's Accuracy (UA), Kappa Coefficient (κ), and F1-Score metrics were calculated. Additionally, nighttime light change maps for the years 2015, 2019, and 2023 were generated using data from the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) for the period between June 1 and August 31 of each year, and average values were computed via the GEE platform. The findings were supported by comparative tables and correlation analyses that reveal the relationship between land cover class extents and nighttime

light intensities. In particular, the relationship between urban areas and nighttime light data was evaluated through correlation matrices at the district level. The results demonstrate that nighttime light intensity is directly associated with population growth and urban expansion. These findings provide valuable insights for policymakers in the areas of urban planning and population estimation in TRNC.

Keywords: Google Earth Engine, VIIRS, random forest, population

1
GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği, nüfus artışı, kentleşme ve sürdürülebilir kaynak kullanımı, özellikle yarı kurak bölgelerde çevresel dengeyi ve toplumsal yaşamı ciddi biçimde etkilemektedir. KKTC'de 2011 yılından itibaren kapsamlı bir nüfus sayımının yapılmamış olması, mevcut demografik yapıya ilişkin güncel verilerin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu durum, kentleşme dinamiklerinin doğru analiz edilmesini zorlaştırmakta; dolayısıyla kentsel planlamadan altyapı projelerine, kamu hizmetlerinin dağıtımından uzun vadeli kalkınma politikalarının tasarlanmasına kadar birçok alanda karar alma süreçlerini belirsiz ve riskli hale getirmektedir. Bu çalışma, KKTC'de arazi kullanım değişimleri ile gece ışığı verileri arasındaki ilişkiyi inceleyerek, nüfus yoğunluğu ve tahmini için bir metodoloji sunmayı amaçlamaktadır.

Son yıllarda, GEE gibi bulut tabanlı platformlar ve uzaktan algılama teknolojileri, çevresel izleme çalışmalarında devrim niteliğinde imkanlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, GEE platformunda RO algoritması kullanılarak orman, su, kentsel alan, boş arazi ve tarım olmak üzere beş ana arazi sınıfı belirlenmiş ve sınıflandırma doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, VIIRS uydu verileri kullanılarak 2015, 2019 ve 2023 yıllarının yaz aylarına (1 Haziran-31 Ağustos) ait gece ışığı değişim haritaları oluşturulmuş ve gece ışık yoğunluğunun ortalamaları hesaplanmıştır.

Elde edilen bulgular, arazi sınıflarının kapladığı alanlar ile gece ışığı yoğunlukları arasındaki ilişkiyi ortaya koyan karşılaştırmalı tablolar ve korelasyon analizleri ile desteklenmiştir. Özellikle altı ilçe bazında yapılan analizlerde, arazi kullanım sınıflarının gece ışığı verileriyle olan ilişkisi korelasyon matrisleri ile

değerlendirilmiştir. Sonuçlar, gece ışığı yoğunluğunun nüfus artışı ve kentsel yayılımla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

Gece ışığı verilerinin nüfus tahmininde kullanılması, resmi istatistiklerin bulunmadığı durumlarda alternatif bir yöntem sunmaktadır. Elde edilen bulgular, gelecekteki kaynak yönetimi politikalarının şekillendirilmesinde karar vericilere yol gösterici olacaktır.

Bu çalışma, KKTC bağlamında literatüre önemli ve özgün katkılar sunmaktadır. Gece ışığı verileri kullanılarak KKTC'de nüfus yoğunluğu ile ilgili mekânsal analizlere katkı sağlanmıştır. RO algoritmasıyla elde edilen yüksek doğruluklu arazi sınıflandırma sonuçları ile gece ışığı verilerinin entegre edilmesi sayesinde; kentsel yayılım ve nüfus dinamiği arasındaki karmaşık ilişkilerin uzaktan algılama yöntemleriyle çok boyutlu olarak analiz edilmesi ve elde edilen sonuçlar arasındaki ilişkilerin ortaya konması amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle resmi veri eksikliğinin yaşandığı bölgelerde, çevresel ve kentsel planlama süreçlerine katkı sağlayacak yenilikçi bir çerçeve oluşturmaktadır.

1.1 Literatür Taraması

Uzaktan algılama, uzak mesafedeki nesnelerin ve çevrelerinin fiziksel özelliklerini, yansıtılan ve yayılan enerjiyi kullanarak ölçme yöntemidir. Bu bağlamda, uzaktan algılama temel bir veri kaynağı, bir bilim dalı ve bir araç olarak değerlendirilmektedir [1]. Spektral, mekânsal, zamansal ve polarizasyon imzaları, sensör ve hedefin temel özellikleri olup, hedefin ayırt edilmesini sağlayan önemli faktörlerdir [2]. Günümüzde uzaktan algılama teknolojileri, çevresel değişimlerin izlenmesi ve sürdürülebilir yönetimde önemli bir araçtır. Büyük hacimli uydu verilerinin işlenmesinde, bulut tabanlı platformlar mekânsal ve zamansal analizleri hızlandırmaktadır. Google tarafından 2005'te geliştirilen GEE, geniş veri seti ve kullanıcı dostu arayüzüyle coğrafi verilerin görselleştirilmesi ve analizinde etkili bir araçtır [3]. 2008 yılında Landsat serisinin ücretsiz olarak erişime sunulmasının ardından, Google tüm veri setlerini arşivlemiş ve bunları açık kaynak kullanımı için bulut bilişim motoruna bağlamıştır. Mevcut veri arşivi, diğer uydulardan alınan verilerin yanı sıra Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı vektör veri setleri, sosyal, demografik, hava durumu, dijital yükseklik modelleri ve iklim verisi katmanlarını da içermektedir [4]. GEE, farklı alanlarda görselleştirme, tespit ve analiz

yapılabilmesine olanak tanır. GEE, NTL verileri, su yüzeyi alanları, arazi sınıflandırması, sosyo-ekonomik veriler ve diğer coğrafi veri setleri gibi analizlere uygun hazır uydu ürünlerinin kapsamlı bir koleksiyonunu sunmaktadır.

Deng vd**.** çalışmasında Yangtze Nehri Havzası'ndaki yüzey su kütlelerinin 1984-2018 yılları arasındaki değişimi, 75.593 adet Landsat uydu görüntüsüyle Google Earth Engine platformunda detaylı bir şekilde incelenmiştir [5]**.** Çalışmada, kalıcı su kütlelerinde artış gözlenirken, mevsimlik su kütlelerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, iklim değişikliği ve Üç Boğaz Barajı gibi insan faaliyetlerinin havzadaki su kaynakları üzerindeki önemli etkilerini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, su yönetimi planlarının oluşturulması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Pande vd. [6] Hindistan'daki Shrirampur bölgesinin 2014-2020 yılları arasındaki arazi kullanımı ve arazi örtüsü (LULC) değişikliklerini analiz etmek için GEE ve RO makine öğrenimi modellerini kullanmıştır. Landsat-8 uydu görüntüleri ile RO-50 ve RO-100 ağaç modelleri karşılaştırılmış ve RO- 100 modeli %99 eğitim doğruluğu ve %79 doğrulama doğruluğu ile daha başarılı bulunmuştur. Sonuçlara göre tarım arazileri (%84) büyük ölçüde sabit kalırken, yapılaşmış alanlar azalmış (%6'dan %4'e), su kütleleri ise artmıştır (%3'ten %5'e). Çalışma, GEE ve makine öğrenimi modellerinin arazi değişim analizlerinde güçlü bir yaklaşım sunduğunu ve gelecekte doğruluğun artırılması için saha verisi ve ek uzaktan algılama indekslerinin entegre edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Sreekanth vd [7], Hindistan'ın Telangana bölgesindeki yüzey suyu değişimlerini analiz etmek amacıyla GEE ve Landsat-8 uydu görüntülerini kullanarak yapay öğrenme modelleriyle zaman serisi su haritalaması gerçekleştirmiştir. NDVI, NDWI ve mNDWI indeksleriyle yüzey suyu alanları belirlenmiş, RO makine öğrenimi algoritması kullanılarak doğruluk artırılmıştır. 2013-2019 yılları arasındaki analizlerde, özellikle 2015 sonrası su alanlarında ve yeraltı su seviyelerinde önemli bir artış tespit edilmiş, bunun büyük ölçüde Telangana Hükümeti'nin su koruma projelerinden kaynaklandığı hipotez edilmiştir. Çalışma, GEE tabanlı uzaktan algılama tekniklerinin su kaynaklarını hızlı ve etkili bir şekilde haritalamak için güçlü bir yöntem sunduğunu ve bu yöntemin tarımsal planlama, su yönetimi ve doğal afet risk değerlendirmelerinde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Wang vd. [8]. Çin anakarasındaki nüfus yoğunluğunu yüksek hassasiyetle haritalamak için NPP/VIIRS uydu görüntüleri, ilgi noktaları (POI) ve RO makine öğrenimi modeli kullanmıştır. 100m x 100m çözünürlüğünde nüfus yoğunluğu verisi üretmek amacıyla topoğrafya (yükseklik, eğim), arazi örtüsü, yol verileri ve 28.505 kasaba seviyesinde nüfus sayımı verileri modellenmiştir. Sonuçlara göre, POI verileri (%49) ve NPP/VIIRS gece ışık verileri (%14) en önemli faktörler olarak belirlenmiş, bu kombinasyonun nüfus yoğunluğunu tahmin etmede diğer doğal faktörlerden daha etkili olduğu görülmüştür. Çalışma, POI ve uydu tabanlı gece ışık verilerinin nüfus tahmininde güçlü bir yöntem sunduğunu ve bu modelin ekonomik, demografik ve afet risk analizlerinde de uygulanabileceğini göstermektedir.

Zheng vd. yaptıkları bu çalışmada NTL verilerini kullanarak 1992 ile 2022 yılları arasında yayımlanan 688 hakemli makaleyi analiz ederek, NTL verilerinin kentleşmenin izlenmesi, sosyoekonomik göstergelerin haritalanması, insan faaliyetlerinin değerlendirilmesi ve ışık kirliliğinin belirlenmesi gibi farklı alanlarda yaygın şekilde kullanıldığını ortaya koymuşlardır. Çalışmada, özellikle veri ölçeği ve uyumluluğu gibi teknik zorluklara, küresel güney ülkelerinde yapılan çalışmaların yetersizliğine ve yeni veri kaynaklarının entegrasyonu gerekliliğine dikkat çekilmiştir. Gelecekte yüksek çözünürlüklü ve çok kaynaklı NTL verilerinin kullanımıyla kentleşme ve insan faaliyetlerine dair daha kapsamlı analizlerin yapılabileceğini vurgulanmaktadır [9].

García vd. KKTC'de 1985-2020 yılları arasında arazi kullanımı/arazi örtüsü (AK/AÖ) değişikliklerinin kara yüzey sıcaklığı (LST) ve yüzey kentsel ısı adası (SUHI) üzerindeki etkilerini incelemektedir. Uydu görüntüleri kullanılarak bu değişkenlerin zaman içindeki değişimi analiz edilmiş ve kentsel sıcak noktaların (UHS) yayılımı ile termal konfor seviyesi değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışma, özellikle kentleşmenin ısı adası etkisini nasıl artırdığını ve çevresel kaliteyi nasıl etkilediğini anlamayı hedeflemiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgulara göre LST 6,62°C artmış, SUHI etkisi belirginleşmiştir. Kentleşme artarken, yeşil alanlar ve su yüzeyleri azalmış, bu da sıcaklık artışına yol açmıştır. Özellikle Lefkoşa ve Gazimağusa'da ısı adası etkisi daha güçlü hissedilmektedir. İstatistiksel analizler, LST'nin NDVI ve NDWI ile negatif, UI ve NDBI ile pozitif ilişkili olduğunu göstermektedir. Yapılaşma ve sert yüzeyler sıcaklığı artırırken, yeşil

alanlar ve su yüzeyleri sıcaklığı düşürmektedir. Bu çalışma, KKTC'de iklim değişikliğine duyarlı kent planlaması için önemli veriler sunmaktadır [10].

Esendağlı ve Selim çalışmalarında Kuzey Kıbrıs'ta bulunan Lefkoşa, Girne, Gazimağusa ve Lapta bölgelerindeki 2013-2021 yılları arasındaki AK/AÖ değişimini uzaktan algılama ve CBS kullanarak analiz etmiş ve 2050 yılı için AK/AÖ projeksiyon oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda AK/AÖ değişimi Girne'de %65,59, Lapta'da %33,60, Lefkoşa'da %66,87 ve Gazimağusa'da %83,50 oranında bir artış gözlemlenmiştir [11].

1.2 Araştırmanın Amacı

Bu araştırma, KKTC'de uzaktan algılama verileri kullanılarak arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişimleri ve gece ışığı yoğunlukları arasındaki ilişkileri incelemek; bu ilişkiler üzerinden nüfus hareketlerinin kentsel yayılım üzerindeki olası etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. GEE platformunda AK/AÖ haritaları RO sınıflandırması kullanılarak oluşturulmuş, detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Nüfus değişimlerinin belirlenmesi için Suomi NPP uydusunun VIIRS sensöründen yararlanılmış, arazi örtüsü sınıflandırması için Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi, makine öğrenme tabanlı Rastgele Orman algoritmasıyla gerçekleştirilmiş, ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak arazi değişimleri zamansal ve mekânsal olarak değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, 2015,2019 ve 2023 yıllarının Haziran 1-Ağustos 31 tarihleri için analizler yapılmıştır. Bu çalışma, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde özellikle planlı kentleşme, nüfus politikaları, su kullanımının sürdürülebilir yönetimi ve çevresel denge politikalarının şekillendirilmesine bilimsel bir katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Elde edilen veriler, yalnızca mevcut durumu analiz etmekle kalmayıp; geleceğe dönük stratejik planlama ve kaynak yönetimi açısından da karar vericilere yol gösterici olacaktır. Ayrıca, uzaktan algılama teknolojilerinin ve makine öğrenmesi tabanlı analiz yöntemlerinin entegre kullanımıyla, veri eksikliği yaşanan bölgelerde dahi güvenilir mekânsal bilgi üretilebilecektir.

1.3 Araştırmanın Hipotezi

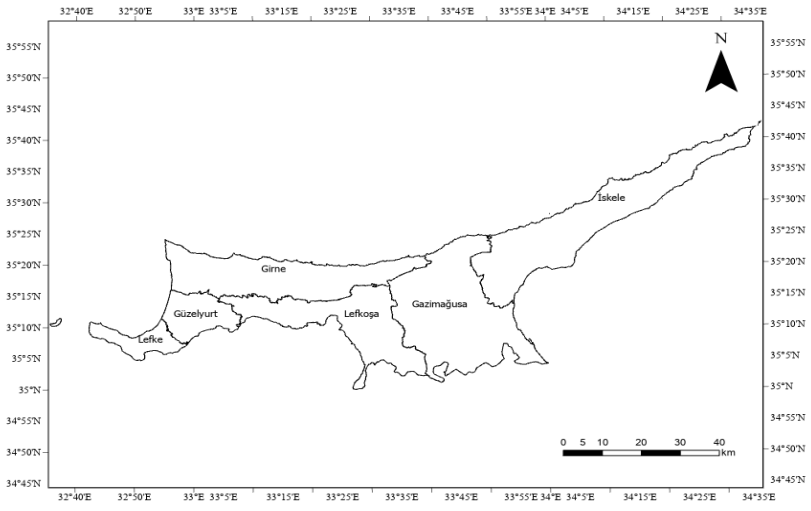
Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde nüfus artışı ve kentsel yayılma, mekânsal yapı üzerinde önemli değişimlere neden olmakta; bu durum bölgesel planlama ve sürdürülebilir kalkınma açısından dikkate alınması gereken bir unsur oluşturmaktadır. Nüfus verilerinin eksikliği nedeniyle gece ışığı verileri, nüfus dinamiklerini anlamak için bir gösterge olarak kullanılabilir. Gece ışığı verileri ile nüfus değişimlerinin tahmin edilmesi, arazi sınıflandırması ile bu değişimlerin mekânsal dağılımlarının belirlenmesi ve analiz edilmesi beklenmektedir. Nüfus artışı ve arazi sınıflandırması üzerindeki etkilerin incelenmesi kapsamında aşağıdaki hipotezler öngörülebilir. Nüfus verilerinin kesin olarak bilinmediği alanlarda gece ışığı verileri kullanılarak nüfus yoğunluğu tahmini yapılabilmektedir. GEE platformu kullanılarak, uzaktan algılama yöntemleriyle geniş alanlarda arazi sınıflandırması gerçekleştirilebilmekte, gece ışıkları kullanılarak nüfus yoğunluğu ve dağılımı hakkında bilgi edilebilmektedir.

2
ÇALIŞMA ALANI

2.1 Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti

Kıbrıs, Akdeniz'de Sicilya ve Sardinya'nın ardından üçüncü büyük ada konumundadır. Ada, 34º33'-35º42' kuzey enlemleri ile 32º16'- 34º36' doğu boylamları arasında yer almaktadır[12].

Kuzey Kıbrıs, Kıbrıs Adası'nın yaklaşık üçte birini kapsamakta olup, toplam yüzölçümü 3355 km²'dir. Bölgenin coğrafi yapısı; kuzey kıyı şeridi, Girne Dağları, Mesarya Ovası ve Karpaz Yarımadası gibi temel morfolojik birimlerden oluşmaktadır [13]. Coğrafi ve jeopolitik açıdan stratejik bir öneme sahip olan bu bölge, bölgesel dinamikler açısından dikkate değer bir konumda yer almaktadır. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, idari olarak altı ilçeye bölünmüştür. Bunlar; Lefkoşa, Girne, Gazimağusa, Lefke, Güzelyurt ve İskele'dir.



Şekil 2.1 KKTC Siyasi Haritası

2.1.1 Jeomorfolojik Yapı

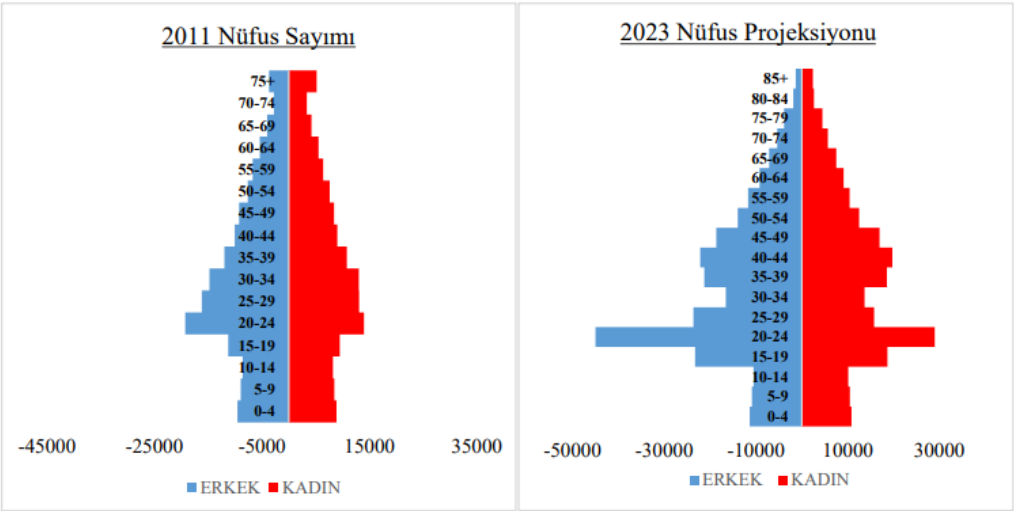
Kıbrıs Adası, jeomorfolojik olarak üç temel morfolojik birimden oluşmaktadır. Adanın kuzeyinde, kıyı şeridine paralel uzanan Beşparmak Dağları yer alırken; güney kesiminde ise Trodos (Karlı) Dağları bulunmaktadır. Bu iki dağlık yapı arasında, Güzelyurt'tan Gazimağusa'ya kadar uzanan geniş ve düz bir alan olan Mesarya Ovası bulunmaktadır. Kıbrıs'taki dağlık alanlar, Miyosen döneminde meydana gelen tektonik kıvrılmalar sonucu deniz yüzeyine yükselmiş ve başlangıçta anakara ile bağlantılıyken, zaman içerisinde gerçekleşen tektonik çöküntülerle karasal bağlantısını kaybetmiştir. Bu iki dağ sırası arasında kalan çöküntü sahası, Pliyosen döneminde deniz tarafından istila edilmiş; ancak jeolojik süreçlerin devamı sonucu tekrar yükselerek deniz seviyesinin üzerine çıkmıştır. Dördüncü Zaman'ın başlarında ise Kıbrıs Adası bugünkü topografik şeklini kazanmıştır [14].

2.1.2 İklim ve Özellikleri

Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, tipik Akdeniz iklimi özelliklerine sahiptir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve nispeten az yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 25,6°C, en düşük ortalama sıcaklık ise 13,9°C civarındadır [14].

2.2 Nüfus Yapısı ve Değişimi

KKTC; turizm, eğitim, iş gücü, göç hareketleri gibi faktörlerin etkisiyle sürekli değişen bir nüfus yapısına sahiptir. Zaman içerisinde meydana gelen bu değişimlerle birlikte, ülke hem bulunduğu coğrafi konum hem de doğal güzellikleriyle birleşerek daha ilgi çekici ve önemli bir haline gelmiştir. KKTC'de bugüne kadar toplam 3 kere nüfus sayımı yapılmıştır [16]. İlk sayım 1996, ikinci sayım 2006 ve yapılan son nüfus sayımı 4 Aralık 2011 tarihinde yapılmıştır. 1996'da yapılan nüfus sayımının sonucu 183000; 2006 yılında yapılan nüfus 257000 olarak açıklanmıştır [17]. 2011 yılında yapılan son nüfus sayımında ise bu sayı 286257 olarak açıklanmıştır [18]. Bu tarihten beri nüfus sayımı yapılmamış olmakla birlikte ülkede nüfus sayımı ihtiyacı nüfus projeksiyonlarıyla belirlenmektedir. 2023 yılında yapılan nüfus projeksiyonu sonucunda ülke nüfusu 476214 olarak belirlenmiştir [19].



Şekil 2.2 KKTC 2011 ve 2023 Yıllarına Ait Nüfus Piramitleri [19]

Turizm sektörü KKTC ekonomisi açısından büyük bir öneme sahiptir. Sınırlı sanayi üretimi ve dış ticaret imkanları nedeniyle, ülke ekonomisi büyük ölçüde eğitim ve turizm sektörüne bağlıdır. KKTC bulunduğu coğrafi konum, doğal güzellikleri, tarihi mirası ve kültürel çeşitliliği ile dünyanın birçok yerinden her yıl yüksek sayıda turistin ilgi odağı haline gelmiştir. Turist sayısındaki artış ve buna bağlı olarak ortaya çıkan tüketim ihtiyaçları, ülkelerin turizm gelirlerinde önemli düzeyde artış yaşamasına katkı sağlamaktadır [20]. Artan ziyaretçi trafiği adada zaten var olan çevresel sorunları daha da belirgin hale getirmeye başlamıştır.

KKTC'de nüfusun tam olarak bilinmemesi, nüfus sayımın en son 2011 yılında yapılması ve nüfus tahminin projeksiyonlar aracılığıyla yapılması, mevcut demografik yapının net biçimde anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Altyapı ile fiziksel büyümenin eş zamanlı ve dengeli bir şekilde gelişememesi, turizm sektöründe çeşitli aksaklıklara yol açmakta ve sektörün sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir [21]. Her yıl artan turist sayısı mevcut olan altyapı eksiklikleri, yetersiz su kaynakları ve elektrik arzında yaşanan sıkıntılar gibi mevcut yapısal sorunlarla birleştiğinde kamu hizmetlerinin planlanması ve uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

2.2.1 Yıllara Göre Gelen Yolcu Sayısı

Kuzey Kıbrıs'a 2015,2019 ve 2023 yıllarının Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında hava ve deniz yoluyla gelen toplam yolcu Tablo 2.1 'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Gelen Yolcu Sayısı (Kaynak: KKTC Turizm Planlama Dairesi)

Aylar	2015 Yolcu Sayısı	2019 Yolcu Sayısı	2023 Yolcu Sayısı
Haziran	123.688	150.051	160.221
Temmuz	139.518	152.247	164.656
Ağustos	146.456	159.250	175.905

2.2.2 Yıllara Göre Yatak Kapasitesi

Konaklama işletmelerinde yatak, temel hizmet üretim birimi olarak değerlendirildiğinde, tesisin günlük potansiyel hizmet üretim kapasitesi, sahip olduğu yatak sayısı ile ifade edilmektedir [22]. Yatak sayılarına ait bilgi Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Yatak Kapasitesi (Kaynak: KKTC Turizm Planlama Dairesi)

Aylar	2015 Yılı Yatak Kapasitesi	2019 Yılı Yatak Kapasitesi	2023 Yılı Yatak Kapasitesi
Haziran	19.387	25.249	26.386
Temmuz	19.387	25.249	26.386
Ağustos	19.387	25.313	26.446

2.2.3 İlçe Turistik Konaklama Kapasitesinin Değerlendirilmesi

2015, 2019 ve 2023 yıllarının yaz aylarını kapsayan süreç değerlendirildiğinde KKTC turizm sektöründe önemli bir gelişim gözlemlenmektedir. Bu süreçte tesis sayısı 140'tan 166'ya çıkarak yaklaşık %19 oranında artarken, yatak sayısı ise 20.393'ten 27.138'e yükselmiş ve yaklaşık %33'lük kayda değer bir artış yaşanmıştır. Gazimağusa'da tesis sayısı 10'dan 26'ya çıkarak 2,6 kat artmıştır. Yatak sayısı da 1.511'den 2.677'ye ulaşmıştır. Bu büyük artış, bölgenin turizm potansiyelinin fark edildiğini ve yoğun yatırım aldığını göstermektedir. Başkent Lefkoşa'da tesis sayısı 5'ten 23'e çıkarak önemli bir artış göstermiştir. Yatak

kapasitesi de 808'den 1.780'e yükselmiştir. Artış, başkentin turizmdeki rolünün giderek güçlendiğini ortaya koymaktadır. Tesis sayısı sınırlı artış göstermiştir, ancak yatak kapasitesi 3.896'dan 7.245'e çıkarak %86'lık bir sıçrama yapmıştır. Büyük ölçekli turizm yatırımlarının hedef noktası haline geldiği anlaşılmaktadır.

Tablo 2.3 İlçelere Göre Tesis ve Yatak Sayıları (Kaynak: KKTC Turizm Planlama Dairesi)

İlçeler	**2015 Tesis Sayısı**	**2015 Tesis Sayısı**	**2019 Tesis Sayısı**	**2019 Tesis Sayısı**	**2023 Tesis Sayısı**	**2023 Tesis Sayısı**
Girne	91	14.406	90	16.224	80	15.224
Gazimağusa	10	1.511	14	1.876	26	2.677
İskele	29	3.896	31	6.466	31	7.245
Lefkoşa	5	808	14	914	23	1.780
Güzelyurt	5	132	1	38	1	38
Lefke	-	-	3	52	5	174
Toplam	140	20.393	153	25.570	166	27.138

2.2.4 Turizm Verileri ve Gece Işık Yoğunluğu Arasındaki İlişki

Gece ışığı verilerinin üretilmesindeki gelişmeler, insan yerleşimleri ve ekonomik faaliyetlerin analizinde bu verilerin kullanımına odaklanan deneysel çalışmaların artmasına neden olmuştur. Gece ışıklarının demografik araştırmalara uygulanması kapsamında yapılan çalışmaların büyük bir kısmı, gece ışığı yoğunluğu ile nüfus büyüklüğü veya nüfus yoğunluğu arasındaki ilişkiyi incelemeye odaklanmıştır [23]. NTL verileri giderek daha kullanışlı hale gelmiş ve günümüzde kentleşme, turizm, enerji tüketimi, nüfus tahmini, sosyoekonomik değerlendirme vb. konulardaki çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [24].

2.3 Yüzey Suları: Hidrolojik Durum ve Çevresel Etkiler

Kuzey Kıbrıs, sınırlı tatlı su kaynakları, iklim koşullarının etkisi ve yüksek buharlaşma oranı nedeniyle 1960 yılından itibaren su kıtlığı sorunu yaşamaktadır. Sürekli akışa sahip nehirlerin bulunmaması, adanın büyük ölçüde yeraltı su kaynaklarına bağımlı hale gelmesine neden olmuştur. Su talebindeki kademeli artış, tatlı su akiferlerinden aşırı su çekimine yol açarak deniz suyu girişimini tetiklemiş, tatlı suyun tuzlanmasına neden olmuş ve bu durum su kıtlığını daha da ciddi bir hale getirmiştir [25]. Kuzey Kıbrıs'taki su kaynakları, yüzey ve yeraltı sularından oluşmaktadır.

2.3.1 Akarsular

Kuzey Kıbrıs'ta sürekli akan bir akarsu bulunmamaktadır. Akarsular yağışların olduğu dönemlerde yüzeysel akışa geçmektedir. Kanlıdere ve Çakıllıdere ülkenin en önemli akarsularındandır. Güney Kıbrıs su kaynakları açısından Kuzey Kıbrıs'a göre daha zengindir. Bunun başlıca sebeplerinden biri Güney Kıbrıs'ta bulunan Trodos Dağları'dır. Kış aylarında meydana gelen yoğun kar yağışları ve sonucunda eriyen karlar nedeniyle göletler, barajlar, yeraltı suları suyu depolamaktadır. Kuzey ve Güney Kıbrıs arasında yeraltı suyu akışı olabilmektedir fakat bunun miktarı bilinmemektedir. Zaman içerisinde bu akış Güney Kıbrıs'ın suyu depolamak için inşa ettiği barajlar sayesinde giderek azalmıştır.

Kıbrıs adasında akarsu ve kaynaklar en yoğun şekilde Trodos Dağları'nda yer almaktadır. Kıbrıs'ın en büyük akarsu kaynağı, Trodos Dağı'nın kuzey yamaçlarından beslenen Güzelyurt ırmaklarıdır. Bu ırmaklar, 1974 yılına kadar Güzelyurt'taki narenciye bahçelerinin sulanmasında kullanılıyordu. 1974 Barış Harekâtı sonrasında, Güney Kıbrıs yönetimi, KKTC'ye doğru akan su kaynaklarını kesmiş ve bu durum Kuzey Kıbrıs'ta su kıtlığına yol açmıştır. Güney Kıbrıs, Trodos Dağı'ndan Güzelyurt bölgesine akan ırmaklar ve derelerin önüne setler inşa ederek, bu suları denize yönlendirmektedir. Sonuç olarak, Güzelyurt'taki binlerce dönüm narenciye bahçesi kurumuş ve KKTC'de içme suyu problemi ortaya çıkmıştır [26].

2.3.2 Baraj ve Göller

Barajlar, kurak dönemlerde kullanılmak üzere yüzeysel akışı depolamak, yer altı su kaynaklarını beslemek ve bazı durumlarda sel riskini azaltmak amacıyla nehirler üzerinde inşa edilen yapılardır. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde barajlara olan ihtiyaç, 1960 yılında su kıtlığının belirginleşmesiyle gündeme gelmiştir. Su kıtlığını

engellemek için Türkiye Devlet Su İşleri su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde yönetilmesi amacıyla 18'i sulama sistemlerini desteklemek, 23'ü ise geçici akarsuların doğrudan Akdeniz'e akışını engelleyecek şekilde farklı kapasitelerde 41 tane rezervuar planlamıştır [27].

2.3.3 Yeraltı Suyu

KKTC'nin sınırlı su kaynaklarına sahip olmasından dolayı, su temini için büyük ölçüde yer altı su kaynaklarına bağımlıdır; diğer kaynaklar ise barajlar ve geçici akarsulardır. Kuzey Kıbrıs'ta yer altı su kaynaklarının temelini akiferler oluşturmaktadır. Su seviyesi azaldıkça, akiferlerdeki suyun tuzluluk oranı artmakta ve 5000 ppm TDS'yi aşan değerlerle acı su niteliği kazanmaktadır [28]. Ülkede biri Mağusa, biri Girne ve diğeri Güzelyurt'ta olmak üzere üç büyük akiferin yanı sıra çeşitli küçük akiferler de mevcuttur. 11 ana akifer bulunmaktadır.

2.3.4 Su Kullanımı ve Su Kaynaklarının Durumu

KKTC yarı kurak iklim koşullarına sahip olup, sınırlı su kaynakları ile karakterize edilen bir coğrafyadır [29]. Sahip olduğu düzensiz yağış sistemi nedeniyle yağışlarla birlikte meydana gelen su akışı denize akmakta olup, sular yeraltına karışamamaktadır [30]. Yüksek sıcaklıklar ve buharlaşma sonucu su depolama kapasitesi düşüktür. Su sorunu yaşanmasına neden olan etkenlerden biri de artan nüfus ve turist sayısıyla meydana gelen su tüketimidir. Ülkede 2011 yılından beri nüfus sayımı yapılmamış olması su sorununun ilerde ne gibi sıkıntılara yol açacağı daha da belirsiz bir hale gelmiştir. KKTC yıllık toplam su potansiyeli 107 milyon m^3 olup, bunun 80 milyon m^3'lük kısmı yeraltı, 17 milyon m^3'lük kısmı ise yüzey sularından oluşmakta; toplamda 97 milyon m^3'lük su kullanılabilir durumda bulunmaktadır. KKTC'de yıllık toplam su tüketimi yaklaşık 125,98 milyon m^3'tür. Bu miktarın 24,65 milyon m^3'ü içme, kullanma, sanayi ve turizm gibi kentsel ihtiyaçlar için; 101,33 milyon m^3'ü ise tarımsal sulama amacıyla kullanılmaktadır. Tüketilen suyun büyük bölümü, yaklaşık 109 milyon m^3'lük kısmı, yeraltı su kaynaklarından temin edilmekte olup, bunun yaklaşık 18 milyon m^3'ü deniz suyu girişiminden etkilenmektedir. Yüzeysel su kaynaklarından sağlanan miktar ise 16,98 milyon m^3'tür. İçme, kullanma, sanayi ve turizm sektörlerinde kullanılan suyun neredeyse tamamı yeraltı kaynaklarına dayanmaktadır. Ancak, mevcut

şebeke sisteminde su kayıp ve kaçak oranı %36 gibi oldukça yüksek bir düzeydedir [31].

2.3.5 KKTC Su Temin Projesi ve Sürdürülebilirliği

2015 yılında yapımı tamamlanan Su Temin Projesi, Mersin'in Anamur ilçesindeki Dragon Çayı üzerine inşa edilen Alaköprü Barajı'ndan KKTC'deki Geçitköy Barajı'na deniz altından borularla su getirilmesini amaçlayan bir projedir ve KKTC'nin su ihtiyacını karşılamak üzere geliştirilmiştir. Yapıldığı zamanda o güne kadar dünyanın hiçbir yerinde böyle yöntemle su ihtiyacının karşılanmaması nedeniyle asrın projesi olarak nitelendirilmektedir [32]. Gelen bu su ile yeraltı su kaynakları üzerinde stres azalmış, tarımda verimlilik artmış, içme ve kullanım suyu kalitesi yükselmiştir. Başlangıçta KKTC'ye transfer edilecek suyun %50,3'ü içme ve evsel kullanım, %49,7'si ise tarımsal sulama amacıyla tahsis edilmesi planlanmıştır. Bu proje ile KKTC'nin 50 yıllık içme ve kullanma suyu ihtiyacı karşılanmış olacak; ayrıca 4.824 hektarlık tarım arazisinin sulanması sağlanarak ülke ekonomisine katkı sunacak önemli bir zirai gelir elde edilecektir [31]. Ancak günümüzde ülkede yaşanan nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan ihtiyaçlar, bu suyun gelecekte ne ölçüde yeterli olacağı konusunda soru işaretleri doğurmaya başlamıştır.

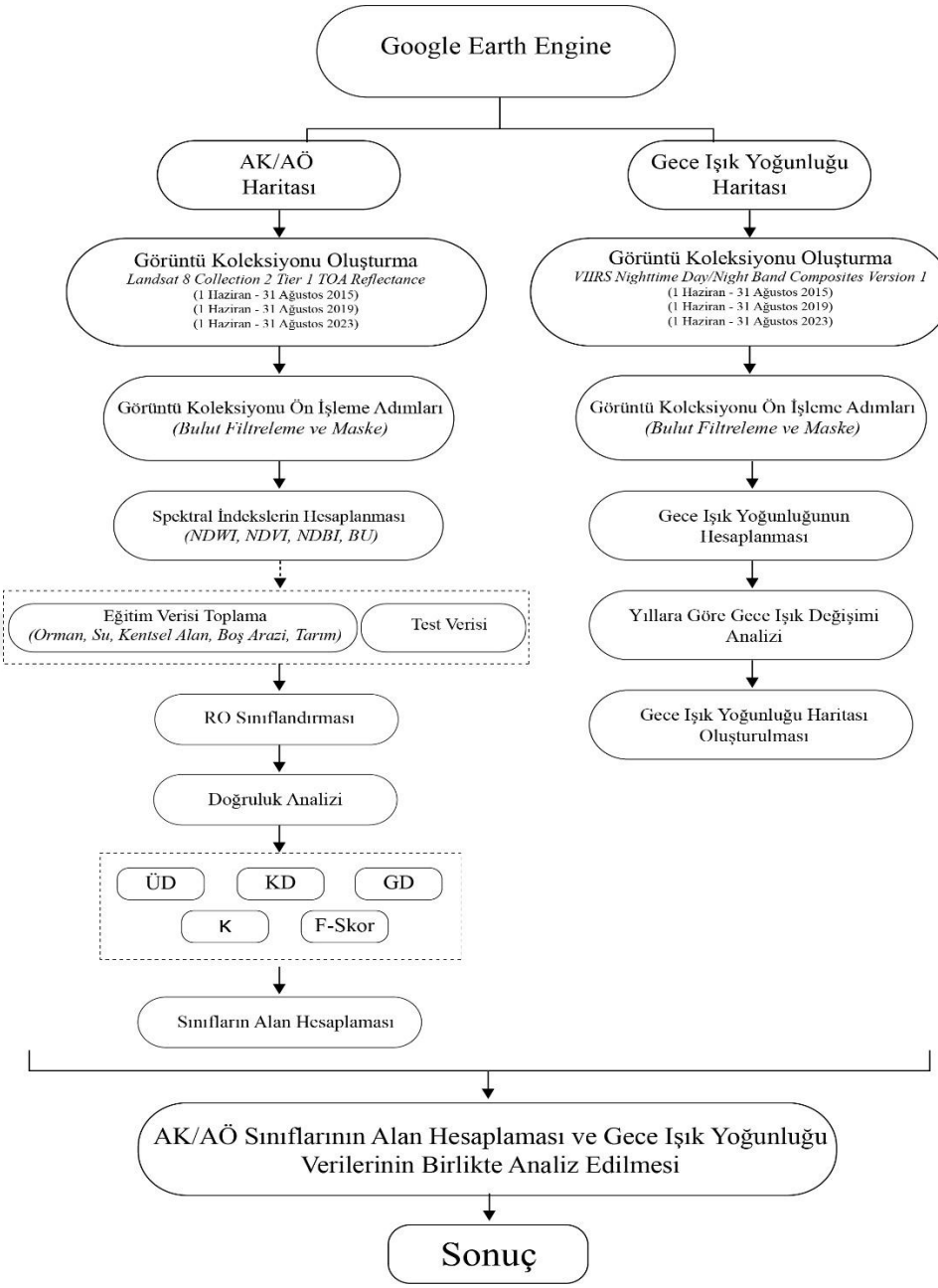


Şekil 2.3 Geçitköy Barajı (Fotoğraf: İrem Tek,2025)

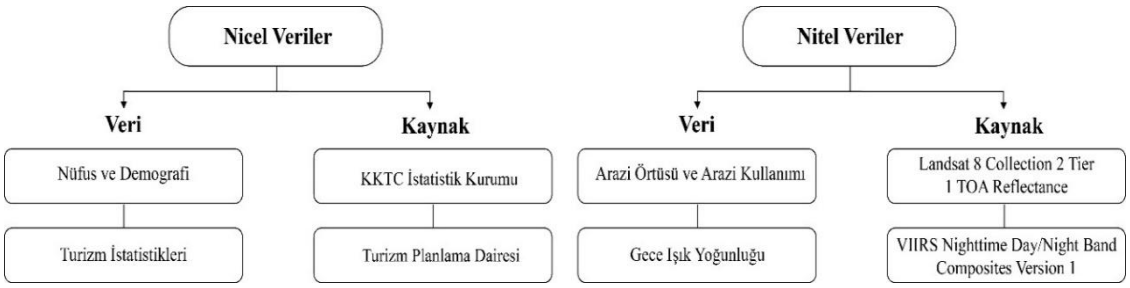
3
MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde kullanılan veriler ve yöntemler anlatılmaktadır. Çalışma iki temel adımdan oluşmakta olup, bu aşamalar Şekil 3.1'de Temel İş Akış Şemasında gösterilmektedir. Çalışmanın ilk adımı GEE platformunda Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak görüntü koleksiyonu oluşturması, görüntü için ön işleme adımlarının uygulanması, spektral indekslerin görüntüye eklenmiştir. Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü sınıflandırma haritaları için test verilerinin seçimi Orman, Su, Kentsel Alan, Boş Arazi ve Tarım sınıfı olmak üzere beş sınıf üzerinden oluşturulmuş, altı ilçe için üç yılı kapsayacak şekilde toplam 18 tane sınıflandırma haritaları oluşturulmuştur. Çalışmanın ikinci adımında GEE platformunda VIIRS verileri kullanılarak gerekli görüntü ön işleme adımlarından sonra gece ışık yoğunluk ortalamalarının hesaplanmış, ışık yoğunluk haritaları oluşturulmuştur.

Oluşturulan sınıflandırma haritalarının performansını değerlendirmek amacıyla; GD, ÜD, KD, κ ve F1-Skor değerleri hesaplanarak kapsamlı bir doğruluk analizi yapılmıştır. Gece ışık yoğunluğu değişimini haritalamak için altı ilçe için 18 tane gece ışık yoğunluğu haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 3.1 Temel İş Akış Şeması



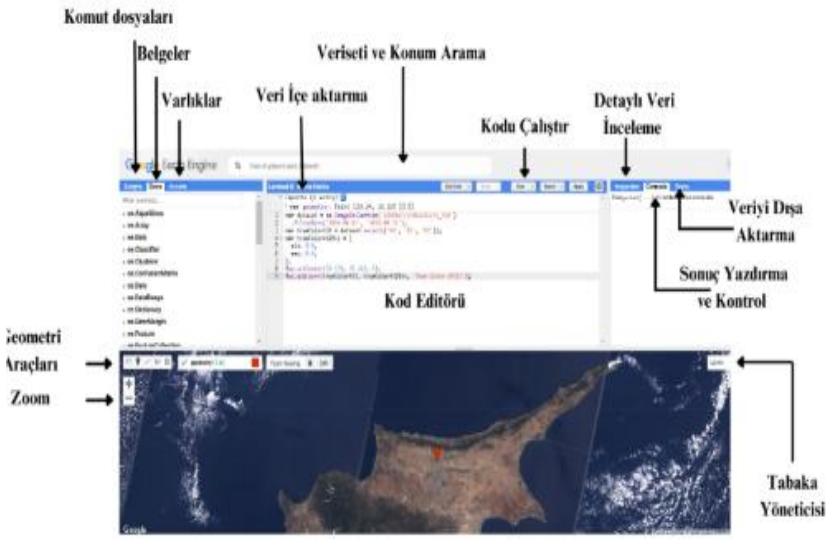
Şekil 3.2 Çalışmada Kullanılan Veri Türleri ve Kaynakları

3.1 Google Earth Engine (GEE)

GEE web tabanlı bir sistem olup uydu görüntülerini, coğrafi veri setlerini ve güçlü analiz araçlarını bir araya getiren bulut tabanlı bir platformdur. Gezegen ölçeğinde coğrafi analiz yapma imkânı sunan GEE, büyük miktarda coğrafi verinin işlenmesine ve küresel düzeyde karmaşık analizlerin gerçekleştirilmesine olanak tanır. Bu özellikleri sayesinde uydu görüntülerinin işlenilmesi, değerlendirilmesi ve analiz edilmesini sağlayarak çevresel izleme ve haritalama uygulamaları için vazgeçilmez bir kaynak haline gelmiştir.

GEE sayesinde çeşitli çözünürlükteki uydu görüntüleri kullanılarak uzaktan algılama analizleri, iklim ve hidroloji çalışmaları, çevresel değişim analizleri, makine öğrenimi uygulamaları, sosyoekonomik analizler, ziraat ve orman yönetimi, veri görselleştirme ve hesaplanması gibi birçok uygulama yapılabilmektedir.

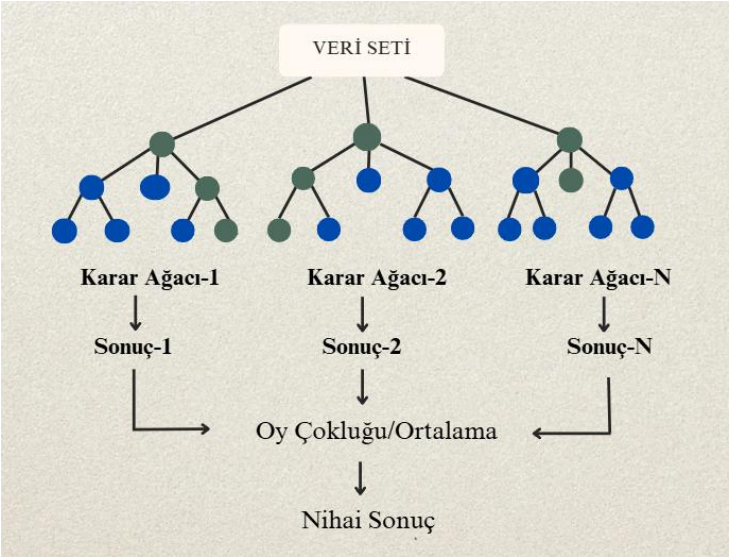
GEE, yüksek performanslı, özünde paralel hesaplama hizmetiyle birlikte konumlandırılmış çok petabaytlık analize hazır veri kataloğundan oluşan bir platformdur. Kullanıcılar, GEE'ye internet üzerinden erişilebilen bir uygulama programlama arayüzü (Application Programming Interface- API) aracılığıyla ulaşabilir; ayrıca, hızlı prototipleme ve görselleştirme olanağı sunan web tabanlı, etkileşimli bir geliştirme ortamı (Integrated Development Environment-IDE) üzerinden çalışmalarını yürütebilirler. GEE arayüzü Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3 GEE Arayüzü [33]

3.2 Rastgele Orman (RO) Algoritması

RO, eğitim süreci sırasında çok sayıda karar ağacı oluşturarak çalışan bir topluluk öğrenme yöntemidir [34]. Rastgele Orman, aynı şekilde dağıtılmış bağımsız rastgele vektörlere sahip bir ağaç yapılı sınıflandırıcılar kümesinden oluşan ve her ağacın en popüler sınıf için x girdisinde bir birim oy kullandığı bir sınıflandırıcıdır [35].



Şekil 3.4 Rastgele Orman Akış Şeması [35]

3.3 Kullanılan İndeksler

Uydu verilerinin dijital görüntü işleme teknikleri, farklı algoritmalar ve matematiksel indeksler aracılığıyla görüntüyü analiz etmeye yönelik araçlar sunar [36]. Yansıma özellikleri ve uydu görüntüsünde incelenmek istenen unsurların öne çıkarılması amacıyla çeşitli indeksler geliştirilmiştir.

3.3.1 Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

NDVI küresel çevre ve iklim değişikliği araştırmalarında yaygın olarak kullanılan önemli bir bitki örtüsü indeksidir [37]. Bitki örtüsünün çevreye tepkisi oldukça hassastır ve yalnızca ekolojik dengeyi ve iklimi etkilemekle kalmaz, aynı zamanda doğal afetlere karşı etkili bir bariyer olduğu da bulunmuştur. NDVI, bitki örtüsünün durumu ve sağlığını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan bir vejetasyon indeksidir. Bitkilerde bulunan klorofil, güneş ışığının kırmızı dalga boylarını güçlü bir şekilde soğururken, yakın kızılötesi dalga boylarını yansıtır. Kırmızı spektral aralıkta (620–750 nm) ışık soğurulması en yüksek seviyedeyken, yakın kızılötesi aralıkta (750–1400 nm) yansıma en üst düzeye ulaşmaktadır [38]. NDVI, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardaki ölçülen yaprak yansımalarının oran farkı olarak hesaplanmaktadır [39]. NDVI, Eşitlik (3.1) ile tanımlanır.

$$\mathrm{NDVI} = \frac{(\text{Yakın Kızılötesi} - \text{Kırmızı})}{(\text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kırmızı})} \tag{3.1}$$

3.3.2 Normalize Edilmiş Fark Su İndeksi (NDWI)

NDWI, su yüzeylerini belirlemek amacıyla yeşil bant ve yakın kızılötesi bantlarının kullanıldığı bir oransal yaklaşımdır [40]. NDWI, Eşitlik (3.2) ile tanımlanır.

$$\mathrm{NDWI} = \frac{(\text{Yeşil} - \text{NIR})}{(\text{Yeşil} + \text{NIR})} \tag{3.2}$$

3.3.3 Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI)

NDBI, uzaktan algılama verilerinden elde edilen görüntüler aracılığıyla kentsel alanlardaki geçirimsiz yüzeylerin tespiti için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır [41]. Bu indeks, özellikle yapılı çevrelerdeki binalar, yollar ve diğer altyapı öğelerinin varlığını belirlemek amacıyla, kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarının yansıma değerleri arasındaki farkı kullanır. NDWI, Eşitlik (3.3) ile tanımlanır.

$$\mathrm{NDBI} = \frac{\mathrm{SWIR}-\mathrm{NIR}}{\mathrm{SWIR}+\mathrm{NIR}} \tag{3.3}$$

3.3.4 Yapılaşmış Alan İndeksi (BU)

Yerleşim alanlarının doğru belirlenmesi, kentsel, banliyö ve tarımsal analizler için oldukça önemlidir. Uzaktan algılama alanında bu amaçla çeşitli uydu görüntüsü işleme yöntemleri geliştirilmiştir [42]. Yerleşim alanlarının belirlenmesinde kullanılan göstergelerden biri olan BU indeksi, bu çalışmada Landsat 8 uydusuna ait görüntü üzerinde türetilmiştir. İndeks, önceden hesaplanarak görüntüye eklenen NDBI bandından NDVI bandının piksel bazında çıkarılmasıyla elde edilmiştir. BU Eşitlik (3.4) ile tanımlanır.

$$\mathrm{BU}=\mathrm{NDBI}-\mathrm{NDVI} \tag{3.4}$$

3.4 Kullanılan Uydu Platform ve Özellikleri

3.4.1 Landsat 8

Landsat 8, USGS tarafından geliştirilen Operasyonel Kara Görüntüleyici (OLI) ve Termal Kızılötesi Sensör (TIRS) araçlarını taşıyan bir uydu sistemidir. Landsat 8 uydusunda yer alan OLI sensörü, görünür, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi (VNIR, NIR ve SWIR) bantlarında veri toplamaktadır. TIRS sensörü ise, kuantum fiziğine dayalı gelişmiş bir teknoloji kullanarak iki ayrı termal bant aracılığıyla kara yüzeyi sıcaklığını ölçmektedir. Landsat 8'in 16 günlük bir tekrar döngüsü olmaktan

birlikte, elde edilen görüntüler 185 km genişliğindeki bir alanı kapsar ve pankromatik bantta 15 metre, multispektral görüntülerde ise 30 m mekânsal çözünürlük sunar. Landsat 8 aracılığıyla elde edilen görüntüler, GEE platformunda mekânsal analizler için kullanılabilmektedir. Çalışmada GEE platformunda bulunan "USGS Landsat 8 Collection 2 Tier 1 TOA Reflectance" adlı uydu verileri kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Landsat 8 Bant Özellikleri

Bant	**Açıklama**	**Çözünürlük (m)**	**Dalga Boyu (λ) - (µm)**
B1	Kıyı (Aerosol)	30	0.43- 0.45
B2	Mavi	30	0.45- 0.51
B3	Yeşil	30	0.53- 0.59
B4	Kırmızı	30	0.64- 0.67
B5	Yakın Kızılötesi	30	0.85- 0.88
B6	SWIR 1	30	1.57- 1.65
B7	SWIR 2	30	2.11- 2.29
B8	Pankromatik	15	0.52- 0.90
B9	Cirrus	30	1.36- 1.38
B10	TIRS 1	30	10.60- 11.19
B11	TIRS 2	30	11.50- 12.51

3.4.2 VIIRS Sensörü

Uydu tarafından gözlemlenen gece ışıkları en yaygın şekilde tanınan uydu veri ürünleri arasında yer almakta olup, yeryüzündeki insan varlığını görsel olarak ifade etmektedir [43]. Uydu tarafından elde edilen NTL geniş ölçekli ve uzun dönemli insan faaliyetlerini tespit etmek için büyük bir fırsat sunmaktadır [44]. VIIRS, gece ışıklarını analiz etmede en yaygın kullanılan sistemlerden biridir. 2012 yılında

faaliyete geçen bu sistem, 500 m mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Radyometrik olarak kalibre edilmiş olması sayesinde, veri setindeki parazit ve yansıma kaynaklı bozulmalar önemli ölçüde azaltılmış; böylece ışık yoğunluğundaki değişimlerin daha hassas ve güvenilir bir biçimde tespit edilmesine olanak sağlamaktadır [45]. Gece ışık yoğunluğu birimi nanoWatts/sr/cm^2'dir.

3.5 Sınıflandırma Modelinin Doğruluk Değerlendirmesi

Çalışmada 18 sınıflandırma işlemi için GEE Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak doğruluk değerlendirmeleri ÜD, KD, GD, κ ve F1-Skor değerleri ile yapılmıştır. Her sınıflandırmanın doğruluğu bir hata matrisi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, farklı arazi örtüsü sınıfları arasındaki yanlış sınıflandırmaları ve olası hata kaynaklarını belirlemeye yardımcı olmaktadır [46].

ÜD belirli bir sınıfa ait gerçek piksellerin sınıflandırma sürecinde doğru şekilde tanınanlarının, o sınıfa ait toplam referans piksel sayısına oranlanmasıyla belirlenir. Bu ölçüt, modelin her bir sınıfı ne ölçüde doğru tespit ettiğini göstermektedir. Eşitlik (3.5)'de ÜD matematiksel modeli verilmiştir. KD her sınıf için, model tarafından doğru tahmin edilen piksel sayısının, o sınıfa ait olarak etiketlenen toplam piksel sayısına oranlanmasıyla hesaplanır. Eşitlik (3.6)'da KD matematiksel modeli verilmiştir.GD tüm doğru sınıflandırılmış piksellerin toplam piksellere oranıdır. Eşitlik (3.7)'de GD matematiksel modeli gösterilmiştir. K sınıflandırmanın doğruluğunu rastlantısal sınıflandırmalardan ayıran istatistiksel bir ölçüdür, Eşitlik (3.8)'de matematiksel modeli gösterilmiştir. F1-Skoru, sınıflandırma modellerinin performansını değerlendirmek amacıyla kullanılan bir ölçüttür. Bu değer Eşitlik (3.9)'da görüldüğü üzere, Kesinlik (precision) ve Duyarlılığın (recall) harmonik ortalaması alınarak hesaplanır. Modelin hem doğruluk hem de kapsayıcılık açısından dengesini yansıtır.

$$\text{Üretici Doğruluğu} = \frac{X_{ij}}{X_j} \times 100 \tag{3.5}$$

$$\text{Kullanıcı Doğruluğu} = \frac{X_{ij}}{X_i} \times 100 \tag{3.6}$$

$$Genel\ Doğruluk = \frac{X_t}{n} \times 100 \quad (3.7)$$

$$K = n * Xt - \sum_{i=1}^{r} \frac{Xij}{n^2} - \sum_{i=1}^{r} X_{ij} \quad (3.8)$$

$$F1 - Skor = 2 * \frac{Kesinlik * Duyarlılık}{Kesinlik + Duyarlılık} * 100 \quad (3.9)$$

Eşitliklerde X_t, doğru sınıflandırılan toplam piksel sayısını, n, doğruluk testinde kullanılan tüm piksellerin sayısını ve r, satır sayısını ifade eder. X_{ij} ise karışıklık matrisinin i. satır ve j. sütundaki gözlemi temsil eder. Gerçek sınıfı i olan ancak j sınıfı olarak tahmin edilen piksel sayısı anlamına gelmektedir. X_j, j sütunundaki tüm değerlerin toplamıdır. X_i, i satırındaki tüm değerlerin toplamını ifade etmekte olup, gerçekten i sınıfına ait olan tüm piksel sayısını ifade eder.

4
BULGULAR

Bu bölümde, KKTC'nin Girne, Lefkoşa, Güzelyurt, Lefke, İskele ve Gazimağusa ilçeleri için GEE platformunda Landsat 8 uydu görüntüleri kullanılarak, RO Algoritması uygulanarak her ilçe için 2015,2019 ve 2023 yıllarının yaz aylarına ait (1 Haziran-31 Ağustos) arazi sınıflandırma haritaları Orman, Su, Kentsel Alan, Boş Arazi ve Tarım olmak üzere 5 tane sınıf oluşturulmuştur. Sınıflandırmalara ait GD, ÜD, KD, κ değerleri, sınıfların alan değerleri Excel yazılımında tablolar halinde analiz edilmiştir. ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak AK/AÖ haritaları oluşturulmuş ve lejant eklenmiştir. GEE platformunda bulunan VIIRS uydu görüntüsü veri seti gerekli ön işleme adımları uygulandıktan sonra gece ışığı verilerinin "avg_rad" bandı kullanılarak "mean (ortalama)" değeri hesaplanarak altı ilçeye ait 2015,2019 ve 2023 yıllarının yaz aylarını kapsayan gece ışık yoğunluğu verileri hesaplanmıştır. Uygulamadan elde edilen ortalama değerler Excel tablosuna geçirilmiştir. Işık yoğunluğu haritaları ArcGIS Pro yazılımına aktarılarak ışık yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Uygulamanın son kısmında AK/AÖ sınıflarının alan değişimleri tablo içinde değerlendirilmiş yıldan yıla farklılıklar gözlemlenmiştir. Birlikte analiz edilebilmesi ve aralarındaki ilişkilerin daha net ortaya konabilmesi amacıyla, altı ilçeye ait beş arazi sınıfının alanları ile gece ışığı yoğunluklarının ortalamaları, 2015, 2019 ve 2023 yıllarının aynı tarih aralığını kapsayacak şekilde korelasyon matrisi yöntemiyle analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

4.1 Rastgele Orman Yöntemi Kullanılarak NDVI, NDWI, NDBI, BU İndekslerine Dayalı Arazi Sınıflandırması

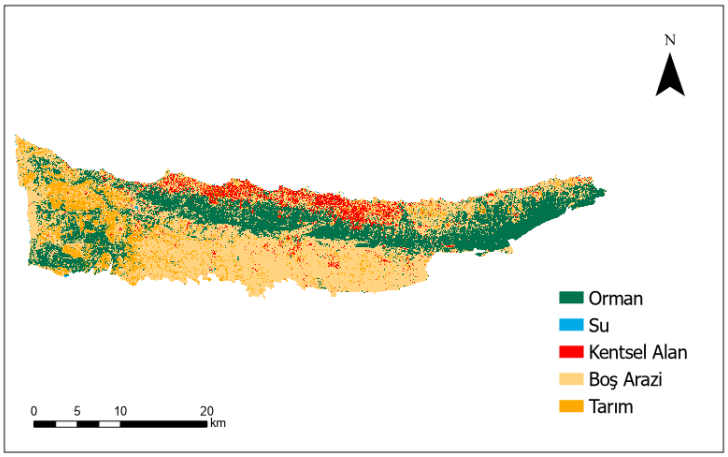
Landsat 8 uydu verileri kullanılarak GEE platformu üzerinden Girne, Lefkoşa, Güzelyurt, Lefke, İskele ve Gazimağusa ilçeleri için 2015, 2019 ve 2023 yıllarının 1 Haziran -31 Ağustos tarihleri arasındaki dönemi kapsayacak şekilde NDVI, NDWI, NDBI ve BU indeksleri hesaplanmıştır. Arazi örtüsü, orman, su, kentsel alan, boş arazi ve tarım olmak üzere beş sınıfa ayrılarak eğitim ve test veri setleri oluşturulmuştur. GEE platformunda gerçekleştirilen sınıflandırma işlemi sonucunda elde edilen GeoTIFF formatındaki dosyalar ArcGIS Pro yazılımına aktarılmış; bu haritalara ölçek çubuğu, kuzey oku ve lejant eklenerek görsel sunumları tamamlanmıştır. Sınıflandırma doğruluğu değerlendirilerek, KD, ÜD GD ve κ hesaplanmıştır.

Son aşamada, sınıflandırılan her bir sınıfın yüzey alanları Excel yazılımı kullanılarak hesaplanmış ve bu alanlara göre sınıflar arasındaki ilişkileri göstermek amacıyla korelasyon matrisleri oluşturulmuştur.

4.1.1 Girne İlçesi

4.1.1.1 2015 Yılı

Şekil 4.1'de, Girne ilçesine ait 2015 yılı sınıflandırma sonuçlarının görselleştirilmiş sınıflandırma görüntüsü sunulmaktadır. Orman alanlarının ilçenin kuzey kesimlerinde yoğunlaştığı, kıyı hattında ise kentsel alanların belirgin biçimde yer aldığı gözlemlenmektedir. Tarım ve boş arazi sınıfları daha çok iç kesimlerde ve dağınık bir dağılım sergilemektedir. Su sınıfı ise oldukça sınırlı bir alan kaplamaktadır. Sınıflandırma işlemine ait hata matrisi Tablo 4.1'de verilmiştir. Tablo 4.2'de ise sınıflandırmaya ilişkin ÜD, KD, GD, F1-skor ve κ değerleri yer almaktadır.



Şekil 4.1 2015 Yılı Girne RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.1 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	3500	0	221	36	4	**3761**
Su	0	18	0	0	0	**18**
Kentsel Alan	0	0	619	0	0	**619**
Boş Arazi	65	0	13	514	50	**642**
Tarım	4	0	11	33	63	**111**
Toplam	**3569**	**18**	**864**	**1447**	**117**	**5151**

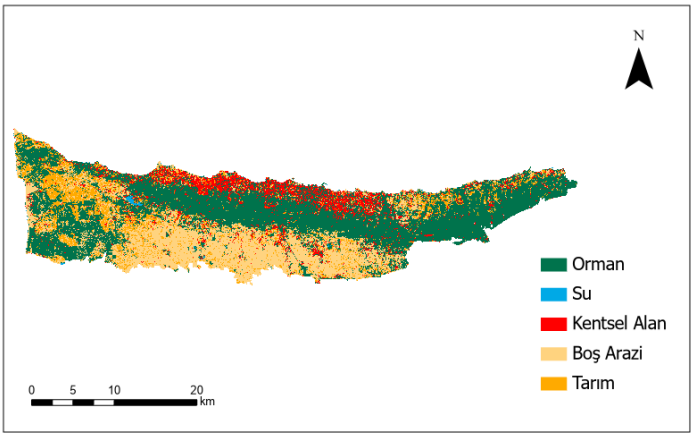
Tablo 4.2 2015 Yılı Girne İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	93,06	98,03	95,43
Su	100	100	100
Kentsel Alan	100	71,72	83,52
Boş Arazi	78,97	88,17	83,29
Tarım	56,75	50,4	53,42
GD=%91,56			
κ=0,81			

2015 yılına ait RO sınıflandırmasının hata matrisi ve doğruluk ölçütlerine göre, GD değeri %91,56ve κ katsayısı 0,81 olarak hesaplanmıştır. En başarılı sınıflar, hem ÜD hem de KD oranları %90'ın üzerinde olan orman, su ve kentsel alan sınıflarıdır. Buna karşılık, tarım sınıfı %56,75 olan ÜD değeriyle en düşük performansa sahip sınıf olarak öne çıkmakta; bu durum, modelin tarım sınıfını tanımlamada zorlandığını göstermektedir.

4.1.1.2 2019 Yılı

Şekil 4.2'de Girne ilçesine ait 2019 yılı sınıflandırma sonuçlarının görselleştirilmiş sınıflandırma görüntüsü yer almakta olup, haritada orman alanlarının kuzey kesimlerdeki yoğunluğunun artmış olduğu, buna ek olarak kentsel alanların kıyı şeridi boyunca önceki yıla kıyasla daha geniş alanlara yayıldığı görülmektedir. Tarım ve boş arazi sınıflarının ise daha çok iç bölgelerde konumlandığı ve mekânsal olarak birbirine yakın bir dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır. Sınıflandırmaya ilişkin hata matrisi Tablo 4.3'te sunulmuştur. Tablo 4.4'te ise sınıflandırma doğruluğunu değerlendirmek amacıyla hesaplanan ÜD, KD, GD, F1-skor ve κ katsayısı gibi ölçütlere yer verilmektedir.



Şekil 4.2 2019 Yılı Girne RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.3 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	3652	0	91	9	9	**3761**
Su	0	29	0	0	0	**29**
Kentsel Alan	6	0	913	0	0	**919**
Boş Arazi	80	0	1	439	80	**600**
Tarım	3	0	2	44	12	**61**
Toplam	**3741**	**29**	**1007**	**492**	**101**	**5370**

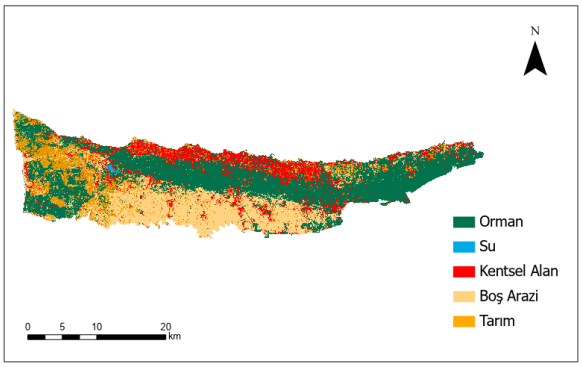
Tablo 4.4 2019 Yılı Girne İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	97,1	97,62	97,36
Su	100	100	100
Kentsel Alan	99,34	90,66	94,8
Boş Arazi	73,16	89,22	80,43
Tarım	19,67	11,88	14,89
GD= %93,79			
κ=0,87			

2019 yılı doğruluk ölçütleri incelendiğinde, %93,79 GD ve 0,87 κ ile sınıflandırma modelinin yüksek düzeyde güvenilirliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Orman, su ve kentsel alan sınıfları hem ÜD hem de KD bakımından yüksek performans sergilemiş, özellikle su sınıfı %100 doğrulukla sınıflandırılarak modelin bu sınıfta maksimum ayrım gücüne ulaştığını göstermiştir. Özellikle kentsel alan sınıfı, %99,34 ÜD ve %90,66 KD ile güçlü bir sınıflandırma performansı sergilemiştir. Boş arazi sınıfı da genel olarak dengeli bir doğruluk düzeyi sunarken, tarım alanları sınıfı, özellikle KD açısından (%11,88) en düşük doğruluğa sahip sınıf olmuştur. Bu da modelin tarım alanlarını ayırt etmede zorlandığını göstermektedir.

4.1.1.3 2023 Yılı

Şekil 4.3'te 2023 yılına ait sınıflandırılmış arazi örtüsü haritası sunulmuştur. Haritada orman alanlarının kuzeyde geniş bir şerit boyunca devam ettiği görülmektedir. Kentsel alanların ise özellikle kuzey kıyı şeridi boyunca artış gösterdiği, ayrıca doğu ve güney yönlerinde yayılma eğilimi sergilediği dikkat çekmektedir. Tarım ve boş arazi sınıflarının ise güney kesimlerde yoğunluk kazanmakta olduğu gözlemlenmektedir. Tablo 4.5'te gerçekleştirilen sınıflandırmaya ait hata matrisi yer almaktadır. Sınıflandırma doğruluğunun nicel olarak değerlendirilmesine yönelik hesaplanan ÜD, KD, GD, F1-skoru ve κ değerleri Tablo 4.6'da detaylı şekilde sunulmaktadır.



Şekil 4.3 2023 Yılı Girne RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.5 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	2458	0	29	47	4	**2538**
Su	15	56	1	5	0	**77**
Kentsel Alan	1	0	2519	7	3	**2530**
Boş Arazi	335	0	98	1697	80	**2210**
Tarım	21	0	14	352	498	**885**
Toplam	**2830**	**56**	**2661**	**2108**	**585**	**8240**

Tablo 4.6 2023 Yılı Girne İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	96,85	86,86	88,74
Su	72,73	100	92,78
Kentsel Alan	99,57	94,66	95,55
Boş Arazi	76,79	80,5	79,66
Tarım	56,27	85,13	77,13
GD=%87,72			
κ=0,83			

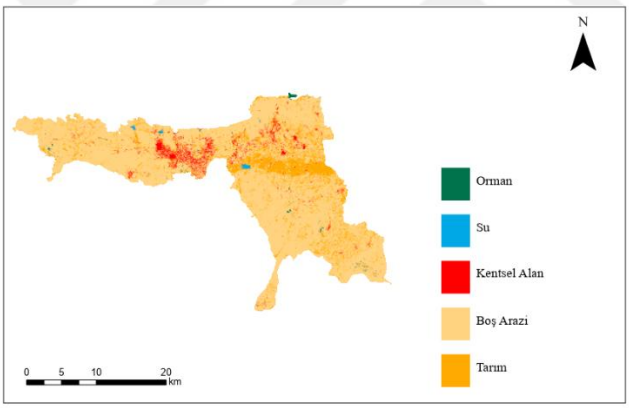
2023 yılına ait sınıflandırma sonuçları, %87,72 GD ve 0,83 κ ile modelin yüksek sınıflandırma başarısını ortaya koymaktadır. Orman ve kentsel alan sınıfları, %95'in üzerinde F1-Skor ve doğruluk değerleriyle oldukça başarılı sınıflandırılmıştır. Bu durum, modelin yapılaşmış ve yoğun bitki örtüsüne sahip alanları yüksek doğrulukla ayırt edebildiğini ortaya koymaktadır. Boş arazi sınıfı, %76,79 ÜD, %80,5 KD ve %79,66 F1-Skor ile orta düzeyde bir başarı sergilemiştir. Ancak, tarım alanları, %56,27 kullanıcı doğruluğu (ÜD) ve %77,13 F1-Skor ile en

düşük sınıflandırma başarısına sahip sınıf olmuştur. Bu durum, tarım alanlarının diğer arazi örtüsü sınıflarıyla karıştırılma ihtimalinin daha yüksek olduğunu ve modelin bu sınıfı ayırt etmede görece zorlandığını göstermektedir.

4.1.2 Lefkoşa İlçesi

4.1.2.1 2015 Yılı

Şekil 4.4'te, 2015 yılına ait sınıflandırma verileri görselleştirilmiştir. Tarım ve boş arazi sınıflarının arazi örtüsünde büyük bir yer kapladığı görülmektedir. Kentsel alanların özellikle kuzeydeki merkezî bölgelerde yoğunlaştığı dikkati çekmektedir. Orman ve su sınıfları ise sınırlı alanlarla temsil edilmekte olup, genel olarak boş arazilerin baskın olduğu bir arazi örtüsü yapısı öne çıkmaktadır. Gerçekleştirilen sınıflandırma işlemine ilişkin hata matrisi Tablo 4.7'de verilmektedir. Sınıflandırmanın doğruluk düzeyini ölçmek amacıyla hesaplanan ÜD, KD, GD, F1-skoru ve κ değerlendirme ölçütlerine ise Tablo 4.8'de ayrıntılı olarak yer verilmiştir.



Şekil 4.4 2015 Yılı Lefkoşa RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.7 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	231	0	0	1	0	**232**
Su	0	29	0	0	0	**29**
Kentsel Alan	0	0	2655	21	5	**2681**
Boş Arazi	5	0	150	3779	317	**4251**
Tarım	0	0	28	408	550	**986**
Toplam	**236**	**29**	**2833**	**4209**	**872**	**8179**

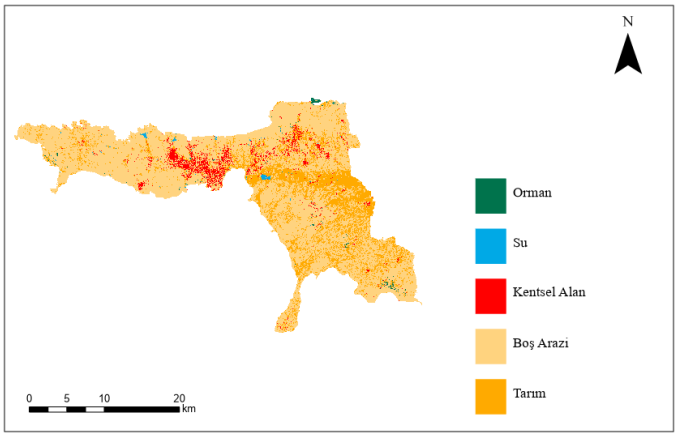
Tablo 4.8 2015 Yılı Lefkoşa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	99,56	97,88	98,71
Su	100	100	100
Kentsel Alan	99,03	93,71	96,3
Boş Arazi	88,89	89,78	89,33
Tarım	55,78	63,07	59,2
GD=%88,56			
κ=0,81			

2015 yılına ait sınıflandırma sonuçlarına göre GD %88,56 ve κ 0,83 olarak belirlenmiştir. Sınıf bazında incelendiğinde, ÜD en yüksek %100 ile Su sınıfında, en düşük ise %55,78 ile tarım sınıfında hesaplanmıştır. Orman sınıfı %99,56, kentsel alan %99,03 ve boş arazi %88,89 ÜD değerleriyle yüksek sınıflandırma başarısı göstermiştir. Bu sonuçlar, çoğu sınıfın doğru şekilde sınıflandırıldığını, ancak tarım sınıfında modelin karıştırma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

4.1.2.2 2019 Yılı

Şekil 4.5'te 2019 yılına ait sınıflandırma sonuçları yer almaktadır. Haritada tarım ve boş arazi sınıflarının geniş alanlara yayıldığı ve çalışma sahasının büyük bir bölümünü kapladığı görülmektedir. Kentsel alan sınıfı ise özellikle kuzeydeki merkezî kesimlerde ve nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde, 2015 yılına kıyasla daha fazla yoğunluk kazanmıştır. Su sınıfı, sınırlı ve düzensiz alanlarda ortaya çıkarken; orman alanları oldukça dar bir alana yayılmış olup bölgedeki toplam arazi örtüsünün yalnızca küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Tablo 4.9'da gerçekleştirilen sınıflandırmaya ait hata matrisi yer almaktadır. Sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesine yönelik hesaplanan ÜD, KD, GD, F1-skoru ve κ gibi performans ölçütleri ise Tablo 4.10'da detaylı şekilde sunulmuştur.



Şekil 4.5 2019 Yılı Lefkoşa RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.9 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	230	0	0	1	1	**232**
Su	0	29	0	0	0	**29**
Kentsel Alan	0	0	2651	23	7	**2681**
Boş Arazi	0	1	115	3707	428	**4251**
Tarım	2	2	30	495	457	**986**
Toplam	**232**	**32**	**2796**	**4226**	**893**	**8179**

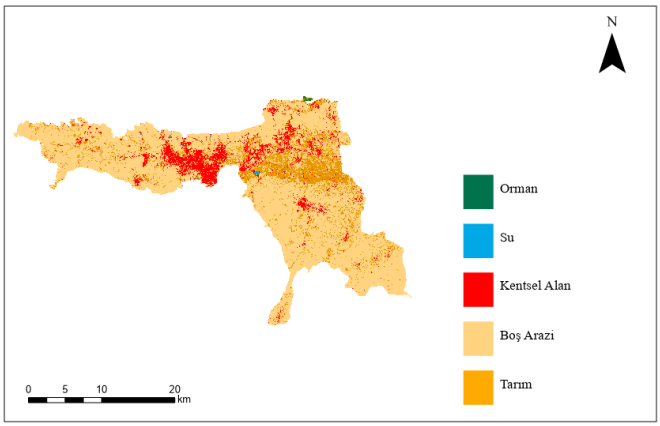
Tablo 4.10 2019 Yılı Lefkoşa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	98,27	99,13	98,7
Su	100	96,66	98,31
Kentsel Alan	98,61	94,49	96,51
Boş Arazi	86,66	87,5	87,08
Tarım	46,24	50,05	48,07
GD=%86,49			
κ=0,77			

GD'nin %86,49 ve 0,77 κ değeri sınıflandırmanın iyi düzeyde bir başarı sergilediğini göstermektedir. Orman, su ve kentsel alan sınıfları hem ÜD hem KD açısından oldukça yüksek oranlara sahiptir ve model tarafından başarılı şekilde tanımlanmıştır. Boş arazi sınıfı %86,66 ÜD ve %87,5 KD ile başarılı bir sonuç göstermiştir. Tarım sınıfı, %46,24 ÜD ve %50,05 KD değeriyle en düşük performansa sahip olup, modelin bu sınıfı ayırt etmede zorlandığını göstermektedir.

4.1.2.3 2023 Yılı

Şekil 4.6'da 2023 yılına ait sınıflandırılmış görüntü yer almaktadır. Kentsel alanların kuzeyde ve merkezde yoğunlaştığı, tarım ve boş arazilerin ise geniş alanlara yayıldığı gözlemlenmektedir. Orman sınıfı sınırlı ve parçalı bir dağılım sergilerken, su yüzeyleri çok küçük ve dağınık alanlarla temsil edilmektedir. Kentleşmenin önceki yıllara göre belirgin şekilde arttığı ve tarım sınıfının arttığı görülmektedir. Tablo 4.11'de gerçekleştirilen sınıflandırmaya ait hata matrisi yer almaktadır. Sınıflandırma doğruluğunun değerlendirilmesine yönelik hesaplanan ÜD, KD, GD, F1-skoru ve κ gibi performans ölçütleri ise Tablo 4.12'de detaylı şekilde sunulmuştur.



Şekil 4.6 2023 Yılı Lefkoşa RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.11 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	102	0	0	0	0	**102**
Su	0	17	1	4	0	**22**
Kentsel Alan	0	0	3041	12	3	**3056**
Boş Arazi	0	0	327	5909	477	**6713**
Tarım	0	0	30	488	789	**1307**
Toplam	**102**	**17**	**3399**	**6413**	**1269**	**11200**

Tablo 4.12 2023 Yılı Lefkoşa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

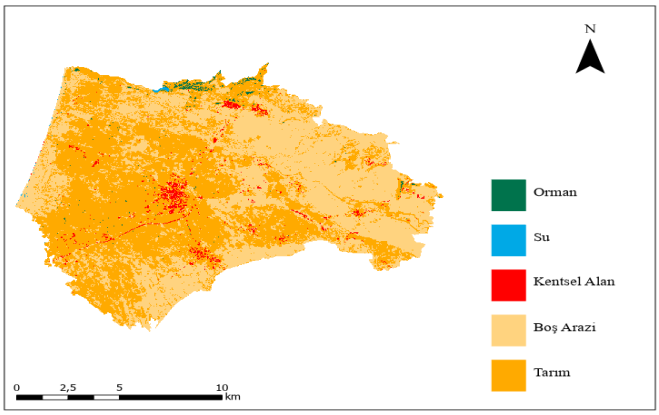
	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	100	100	100
Su	77,27	100	87,19
Kentsel Alan	99,51	89,47	94,23
Boş Arazi	88,02	92,14	90,06
Tarım	60,37	62,17	61,24
GD=%88,02			
κ=0,86			

GD %88,2 ve κ 0,86 olarak hesaplanmıştır. Orman sınıfı, %100 ÜD ve KD ile tüm doğruluk ölçütlerinde en yüksek değerlere ulaşarak modelin en başarılı tanımladığı sınıf olmuştur. Su sınıfı incelendiğinde ÜD %77,27 olarak, KD ise %100 olarak hesaplanmıştır. Bu da modelin tüm gerçek su alanlarını doğru şekilde tespit ettiğini ancak bazı su olarak sınıflandırdığı alanların aslında diğer sınıflara ait olabileceğini göstermektedir. Kentsel alan sınıfı, orman sınıfından sonra yüksek ÜD ve KD ile dengeli bir F1-Skor sunarak modelin güçlü sınıflandırma yaptığı kategorilerden biridir. Boş arazi sınıfı, %88,02 ÜD, %92,14 KD ve %90,06 F1-Skor ile oldukça iyi sınıflandırılmış, modelin bu arazi türünü güvenilir şekilde ayırt edebildiği ortaya konmuştur. Tarım sınıfı, %60,37 ÜD, %62,17 KD ve %61,24 F1-Skor ile en düşük sınıflandırma doğruluğuna sahip kategori olmuştur. Tarım alanlarının diğer arazi türleriyle karıştırılabilirliği nedeniyle modelin bu sınıfı ayırt etmede zorlandığı anlaşılmaktadır.

4.1.3 Güzelyurt İlçesi

4.1.3.1 2015 yılı

Şekil 4.7'de 2015 yılına ait sınıflandırma görüntüsü yer almaktadır. Görüntü incelendiğinde kentsel alanların yerleşim merkezi ve çevresinde yer almakta olduğu görülmekte; tarım ve boş arazilerin ise alanın büyük bölümünü kapladığı görülmektedir. Orman sınıfları kuzey kesimde sınırlı bir dağılıma sahiptir. Su yüzeyleri ise çok küçük bir alanla temsil edilmektedir. Sınıflandırılmış görüntüye ait hata matrisi Tablo 4.13'te gösterilmek olup, sınıflandırmaya ait doğruluk ölçütleri tablosu Tablo 4.14'te detaylı bir şekilde incelenmektedir.



Şekil 4.7 2015 Yılı Güzelyurt RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.13 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	48	0	0	0	6	**54**
Su	0	6	0	0	0	**6**
Kentsel Alan	0	0	44	0	2	**46**
Boş Arazi	0	0	0	258	43	**301**
Tarım	0	0	0	46	2149	**2195**
Toplam	**48**	**6**	**44**	**304**	**2200**	**2602**

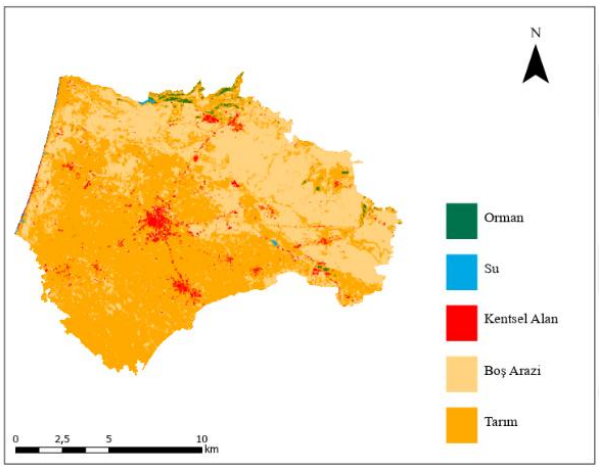
Tablo 4.14 2015 Yılı Güzelyurt İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	88,88	100	94,11
Su	100	100	100
Kentsel Alan	95,65	100	97,78
Boş Arazi	85,71	84,86	85,28
Tarım	97,9	97,68	97,79
GD=%96,27			
κ=0,86			

Sınıflandırma sonuçları GD %96,27 ve κ 0,86 olup, sınıflandırma performansının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Kentsel alan, orman ve tarım sınıfları yüksek KD ve F1-Skor değerleri ile dikkat çekmekte, modelin bu sınıflarda istikrarlı ve başarılı sınıflandırma yaptığı görülmektedir. Su sınıfı, hem %100 ÜD hem de %100 KD ile modelin en yüksek ayrım gücüne ulaştığı sınıf olmuştur. Boş arazi sınıfı ise diğer sınıflara kıyasla görece daha düşük doğruluk oranına sahip olmasına rağmen, dengeli bir başarı sergilemiştir.

4.1.3.2 2019 Yılı

2019 yılına ait sınıflandırılmış görüntü Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Tarım alanlarının bölge genelinde baskın arazi kullanım türü olduğu; kentsel alanların, merkez yerleşim alanlarının yanı sıra güney yönüne doğru genişleme eğiliminde olduğu dikkat çekmektedir. Orman sınıfı kuzeyde dar bir şerit halinde dağılmış, su yüzeyleri ise küçük ve sınırlı bölgelerde yer almıştır. Boş araziler daha çok kuzey ve iç kesimlerde dağınık biçimde konumlanmıştır. Genel dağılım, tarımsal kullanımın yoğunluğunu ve yerleşim alanlarının belirli noktalarda yoğunlaştığını göstermektedir. Sınıflandırmaya ait hata matrisi Tablo 4.15'te, sınıflandırmanın doğruluk ölçütleri ise Tablo 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.8 2019 Yılı Güzelyurt RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.15 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	226	0	0	0	11	**237**
Su	0	9	0	0	1	**10**
Kentsel Alan	0	0	418	1	1	**420**
Boş Arazi	0	0	10	799	253	**1062**
Tarım	2	0	1	38	2154	**2195**
Toplam	**228**	**9**	**429**	**838**	**2420**	**3924**

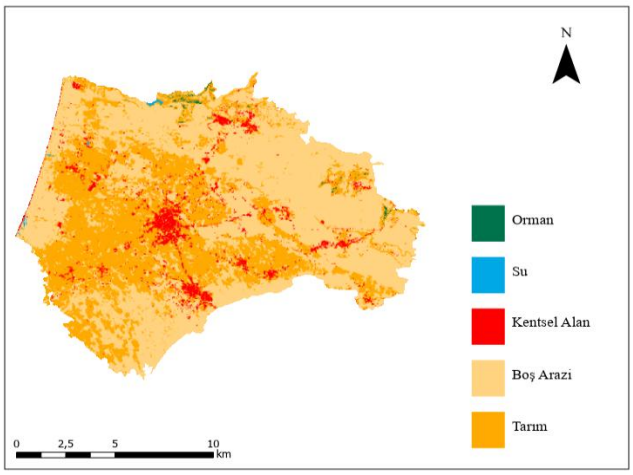
Tablo 4. 16 2019 Yılı Güzelyurt İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	95,35	97,82	96,57
Su	90	100	94,74
Kentsel Alan	99,52	97,2	98,35
Boş Arazi	75,23	96,2	84,36
Tarım	98,13	88,51	93,06
GD=%91,89			
κ=0,86			

Tablodaki değerlere göre sınıflandırma genel olarak yüksek doğruluk göstermektedir. GD %91,89, κ ise 0,86 olup bu da sınıflandırmanın güçlü ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Kentsel alan, orman ve tarım sınıfları yüksek ÜD ve KD ile modelin en başarılı tanımladığı sınıflardır. Su sınıfında ise ÜD %90, KD ise %100 olarak hesaplanmıştır Boş arazi sınıfı, diğer sınıflara göre daha düşük ÜD (%75,23) ile dikkat çekmektedir. Genel olarak yüksek doğruluk ve denge görülmektedir.

4.1.3.3 2023 Yılı

Şekil 4.9'da yer alan 2023 yılına ait sınıflandırılmış görüntüde, kentsel alanların önceki yıllara göre belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Tarım arazileri alanın büyük bölümünü kaplarken, boş araziler daha çok kuzey ve iç bölgelerde dağılmıştır. Orman alanları sınırlı olup kuzey kesimle sınırlı kalmakta, su varlığı ise oldukça düşük ve küçük yüzeylerle temsil edilmektedir. Tablo 4.17'de sınıflandırmaya ait hata matrisi ve Tablo 4.18'de sınıflandırmanın doğruluk ölçütlerine yer verilmektedir.



Şekil 4.9 2023 Yılı Güzelyurt RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.17 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	224	0	0	0	13	**237**
Su	0	4	0	4	2	**10**
Kentsel Alan	0	0	419	0	1	**420**
Boş Arazi	0	0	3	829	230	**1062**
Tarım	2	0	2	60	2131	**2195**
Toplam	**224**	**4**	**424**	**893**	**2377**	**3924**

Tablo 4. 18 2023 Yılı Güzelyurt İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	95,35	99,11	97,2
Su	40	100	57,14
Kentsel Alan	99,76	98,82	99,29
Boş Arazi	78,06	92,83	84,74
Tarım	97,31	89,65	93,31
GD=%91,92			
κ=0,86			

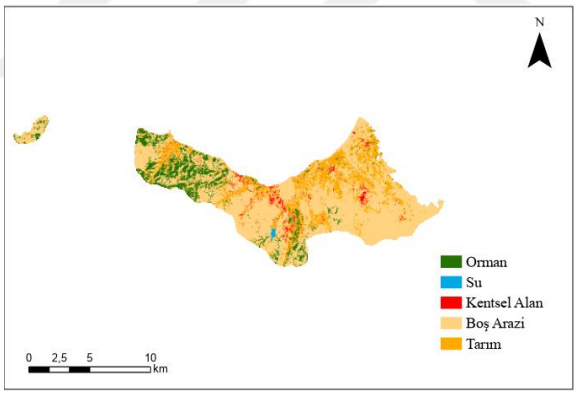
GD %91,92 ve κ 0,86 olup,model yüksek bir başarı göstermektedir. Kentsel alan sınıfı %99,76 ÜD ile modelin en başarılı sınıflandırdığı sınıftır. Hem ÜD hem de KD bakımından çok yüksek doğruluk sağlandığı görülmektedir. Kentsel alanlar doğru etiketlenmiş ve doğru tanımlanmıştır. Orman sınıfı %95,35 ve %99,11 KD ile çok yüksek doğrulukla sınıflandırılmıştır. KD'nin yüksek olması gerçek orman alanları neredeyse tamamen doğru tanıdığını göstermektedir. Su sınıfı modelin en

zayıf performans gösterdiği sınıf olmuştur. Su sınıfında %100 KD olmasına rağmen ÜD doğruluğu %40 oranı ile düşüktür., bu da su sınıfının diğer sınıflarla karıştığını göstermektedir. Boş arazi sınıfı %78,06 ÜD ve %92,83 KD ile orta düzeyde bir performans göstermektedir. Tarım sınıfı %97,31 ÜD ve %89,65 KD ile başarılı bir performans göstermektedir.

4.1.4 Lefke İlçesi

4.1.4.1 2015 Yılı

Şekil 4.10'da 2015 yılına ait sınıflandırılmış görüntü gösterilmekte olup orman alanlarının batı ve kuzeybatı kesimlerde yoğunlaştığı, kentsel alanların ise merkezi ve kıyı yerleşim noktalarında kümelendiği görülmektedir. Tarım arazileri bölgenin büyük bir bölümünü kaplamakta olup, boş araziler dağınık bir şekilde yer almaktadır. Su yüzeyleri ise çok sınırlı alanlarda temsil edilmiştir. Tablo 4.19'da sınıflandırılmaya ait hata matrisi, Tablo 4.20'de ise doğruluk ölçütleri gösterilmektedir.



Şekil 4.10 2015 Yılı Lefke RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.19 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	96	0	0	3	9	**108**
Su	0	15	0	0	0	**15**
Kentsel Alan	0	0	197	2	0	**199**
Boş Arazi	0	0	1	149	2	**152**
Tarım	7	0	1	3	83	**94**
Toplam	**103**	**15**	**199**	**157**	**94**	**568**

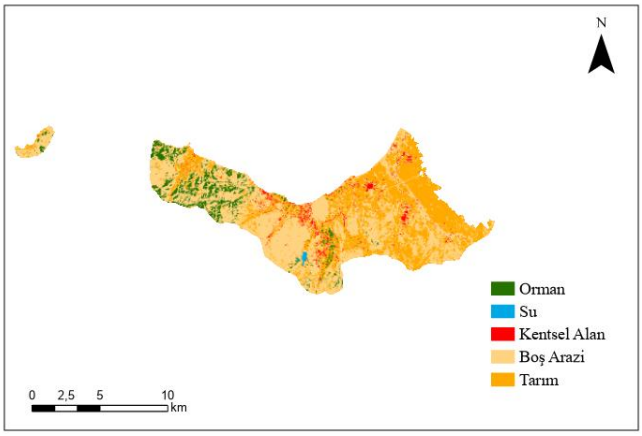
Tablo 4.20 2015 Yılı Lefke İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	88,88	93,20	90,99
Su	100	100	100
Kentsel Alan	98,99	98,99	98,99
Boş Arazi	98,02	94,90	96,43
Tarım	88,29	88,29	88,29
GD=%95,07			
κ=0,93			

Sınıflandırma doğruluk ölçütlerine göre, model oldukça yüksek bir performans sergilemiştir. GD %95,07, κ 0,93 olup bu değer sınıflandırma işleminin genel başarısını ortaya koymaktadır. Sınıf bazında incelendiğinde, su sınıfı hem ÜD hem de KD için %100 değerine ulaşarak modelin bu sınıfı tamamen hatasız bir şekilde tanımladığını ortaya koymaktadır. Kentsel alan sınıfı da %98,99 oranında ÜD, KD ve F1-skor değerleriyle iyi bir başarı göstermektedir. Boş arazi sınıfında %98,02 ÜD ve %94,90 KD ile yüksek bir performans söz konusudur. Orman ve tarım sınıfları ise sırasıyla %88,88 ve %88,29 ÜD ile diğer sınıflara kıyasla biraz daha düşük, ancak oldukça başarılı bir sınıflandırma düzeyine sahiptir. Bu sonuçlar, modelin tüm sınıflarda yüksek doğrulukla çalıştığını ve sınıflar arası ayrımı teknik olarak güçlü bir şekilde gerçekleştirdiğini göstermektedir.

4.1.4.2 2019 Yılı

2019 yılına ait sınıflandırılmış görüntü şekil 4.11'de gösterilmektedir. Orman sınıfının batı ve kuzeybatı kesimlerde yoğunluk kazandığı, tarım alanlarının ise bölge genelinde yaygın olduğu gözlemlenmektedir. Kentsel alan sınıfının yayılma göstermesiyle boş arazi sınıfının azaldığı görülmektedir. Su sınıfı alanın 2015'e göre artmış olduğu gözlemlenmektedir. Tablo 4.21'de bu sınıflandırmanın hata matrisini, Tablo 4.22'de ise sınıflandırmaya ait doğruluk ölçütlerine yer verilmektedir.



Şekil 4.11 2019 Yılı Lefke RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.21 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	84	0	0	16	8	**108**
Su	0	12	0	0	0	**12**
Kentsel Alan	0	0	352	3	0	**355**
Boş Arazi	0	0	0	142	10	**152**
Tarım	2	0	0	5	87	**94**
Toplam	**86**	**12**	**352**	**166**	**105**	**721**

Tablo 4.22 2019 Yılı Lefke İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

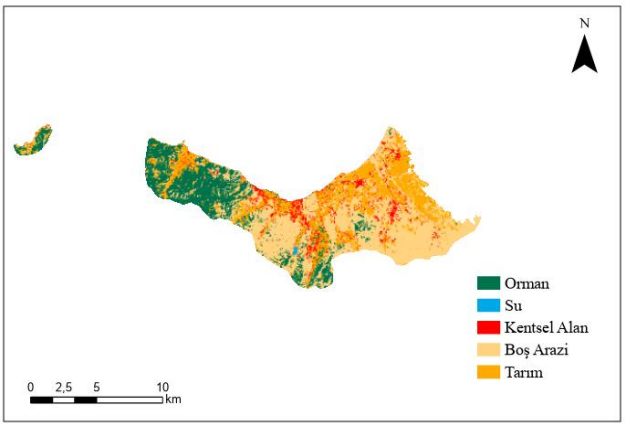
	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	77,77	97,67	86,56
Su	100	100	100
Kentsel Alan	99,15	100	99,57
Boş Arazi	93,42	85,54	89,3
Tarım	92,55	82,85	87,43
GD=%93,89			
κ=0,90			

Sınıflandırma sonucunda GD %93,89 ve κ 0,90 olarak hesaplanmıştır. Bu sınıflandırmanın güvenilir olduğunu göstermektedir. Su ve kentsel alan sınıfları tüm doğruluk ölçütlerin%100'e yakın bir oranda başarı göstererek bu sınıfların doğru bir şekilde çalıştığını ortaya koymaktadır. Boş arazi ve tarım sınıfları yüksek

ÜD ile kabul edilebilir düzeyde KD sergilemektedir. Bu sınıflandırmada orman sınıfına ait ÜD değeri diğer sınıflara göre düşük olup, kullanıcı doğruluğu yüksektir. Bu orman sınıfındaki alanların diğer sınıflarla karıştığını göstermektedir.

4.1.4.3 2023 Yılı

2023 yılına ait sınıflandırma haritası şekil 4.12'de gösterilmektedir. Orman alanlarının batı ve güneybatı kesimlerde geniş bir yayılım gösterdiği, kentsel alanların ise özellikle merkezi bölgelerde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Tarım arazileri doğu ve iç kesimlerde baskın bir yer kaplarken, boş araziler farklı bölgelere dağılmaktadır. Su yüzeyleri oldukça sınırlı alanlarda görülmektedir. Bu dağılım, yoğun kırsal kullanım ve yerleşim merkezlerinin mekânsal etkisini yansıtmaktadır. Sınıflandırmanın hata matrisi Tablo 4.23'te, sınıflandırmanın doğruluk ölçütleri Tablo 4.24'te verilmektedir.



Şekil 4.12 2023 Yılı Lefke RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.23 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	188	0	0	43	6	**237**
Su	0	5	0	0	0	**5**
Kentsel Alan	0	0	331	1	0	**332**
Boş Arazi	0	0	8	309	3	**320**
Tarım	2	0	0	2	90	**94**
Toplam	**190**	**5**	**339**	**355**	**99**	**988**

Tablo 4.24 2023 Yılı Lefke İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

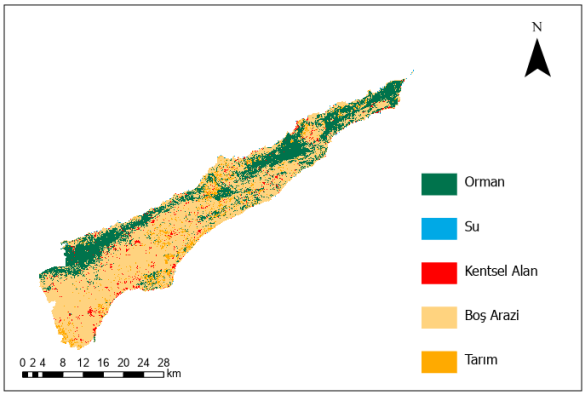
	ÜD (%)	KD (%)	F1-Skor (%)
Orman	79,32	98,94	88,17
Su	100	100	100
Kentsel Alan	99,69	97,64	98,65
Boş Arazi	96,56	87,04	91,53
Tarım	95,74	90,9	93,26
GD=%93,42			
κ=0,90			

GD %93,42, κ ise 0,90 olarak hesaplanmıştır. ÜD en yüksek %100 ile su sınıfında, en düşük ise %79,32 ile orman sınıfında gözlemlenmiştir. Kentsel Alan, boş arazi ve tarım sınıfları %95'in üzerindeki ÜD değerleriyle yüksek performans göstermektedir. Orman sınıfındaki düşük ÜD, bu sınıfın boş arazi ile karıştırılma olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Modelin genel olarak iyi başarı sergilediği görülmektedir.

4.1.5 İskele İlçesi

4.1.5.1 2015 Yılı

RO sınıflandırma haritası Şekil 4.13'te gösterilmektedir. Haritada orman sınıfının özellikle kuzey ve batı bölgelerde yer kapladığı, tarım ve boş arazi kullanımının daha çok iç kesimlerde ve güney alanlarda dağıldığı görülmektedir. Kentsel alanlar, sahil şeridi ve yerleşim merkezleri çevresinde belirgin yoğunluk göstermektedir. Su yüzeyleri sınırlı sayıda alanlarla temsil edilmektedir. Sınıflandırmanın hata matrisi Tablo 4.25'te, sınıflandırmanın doğruluk ölçütlerine ise Tablo 4.26'da yer verilmektedir.



Şekil 4.13 2015 Yılı İskele RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.25 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	2332	0	1	0	0	**2333**
Su	0	2	0	0	0	**2**
Kentsel Alan	0	0	1159	10	4	**1173**
Boş Arazi	0	0	20	1032	109	**1161**
Tarım	0	0	0	155	36	**191**
Toplam	**2332**	**2**	**1180**	**1197**	**149**	**4860**

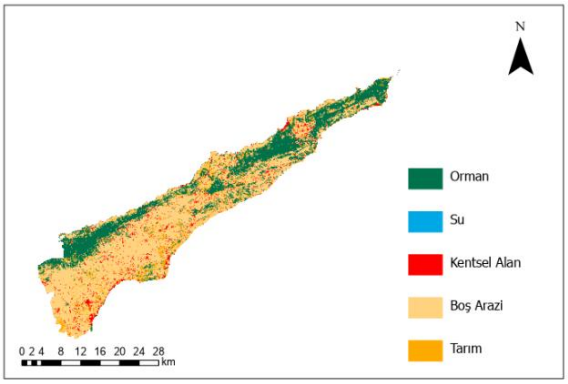
Tablo 4.26 2015 Yılı İskele İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	99,95	100	99,98
Su	100	100	100
Kentsel Alan	98,80	98,22	98,51
Boş Arazi	88,88	86,21	87,53
Tarım	18,84	24,16	21,13
GD=%93,84			
κ=0,90			

GD %93,84 ve κ 0,90 olarak belirlenmiştir. ÜD %99,95 oran ile orman sınıfında, en düşük ise %18,84 ile tarım sınıfında elde edilmiştir. Modelde su sınıfı %100 ÜD, KD ve F1 Skor ile ile mükemmel bir başarı göstermiştir. Kentsel alan %98,80 ÜD ile yüksek doğruluk oranına sahiptir. Boş arazi sınıfında ise ÜD %88,88, KD ise 86,21 olup iyi bir doğruluk performansa sağlanmıştır. Sonuçlar, modelin bazı sınıflarda başarılı bir ayrım yaparken, özellikle tarım sınıfının çok az tahmin edilebildiği görülmektedir.

4.1.5.2 2019 Yılı

Şekil 4.14'te yer alan sınıflandırma haritası orman sınıfının kuzey ve batı kesimlerde yoğun biçimde yer aldığını, tarım alanlarının ise güney bölgelerde baskın olduğunu göstermektedir. Kentsel alanlar, özellikle kıyı çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Boş araziler ise dağınık bir şekilde iç bölgelere yayılmıştır. Su varlığı sınırlı olup yalnızca küçük alanlarla temsil edilmektedir. Sınıflandırmaya ait hata matrisi Tablo 4.27'de, sınıflandırmanın doğruluk ölçütleri Tablo 4.28'de yer almaktadır.



Şekil 4.14 2019 Yılı İskele RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.27 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	5679	0	0	3	0	**5682**
Su	0	7	0	0	0	**7**
Kentsel Alan	1	0	3562	18	5	**3586**
Boş Arazi	8	0	20	529	167	**724**
Tarım	0	0	84	250	774	**1108**
Toplam	**5688**	**7**	**3666**	**800**	**946**	**11107**

Tablo 4.28 2019 Yılı İskele İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

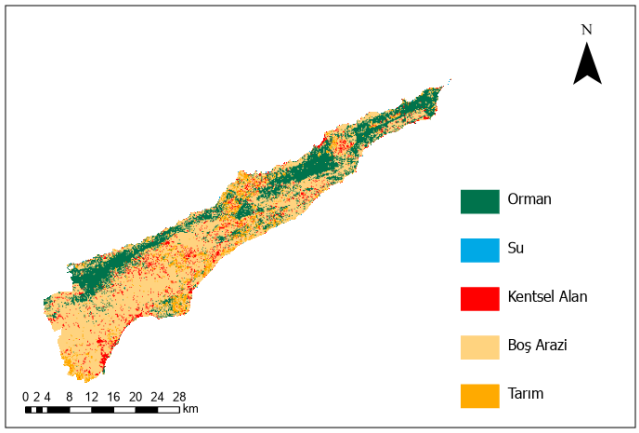
	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	99,95	99,84	99,89
Su	100	100	100
Kentsel Alan	99,33	97,16	98,23
Boş Arazi	73,07	66,13	69,43
Tarım	69,86	81,82	75,37
GD=%94,99			
κ=0,92			

%94,99 GD ve 0,92 κ sınıflandırmanın iyi düzeyde bir güvenilirlik sunduğunu göstermektedir. Orman sınıfı %99,95 ÜD ve %99,84 ile mükemmel bir başarı göstermektedir. Su sınıfında %100 ÜD ve %100 KD ile yine mükemmel bir başarı gösterilmiş, bu da modelin doğruluk açısından en güçlü sınıfı olmuştur. Kentsel alan sınıfı incelendiğinde %99,33ÜD ve %97,16 KD oranı elde edilmiştir bu da çok başarılı bir performans elde edildiği anlaşılmaktadır. Boş arazi sınıfı %73,07 ÜD ve %66,13 KD oranlarıyla modelin bu sınıfı ayırt etmede zorlandığını ortaya

koymaktadır. Tarım sınıfı %69,86 ÜD ve %81,82 KD oranlarıyla orta derecede bir başarı göstermektedir.

4.1.5.3 2023 Yılı

Şekil 4.15'te yer alan sınıflandırma haritası incelendiğinde Haritada orman sınıfının kuzey ve batı kesimlerde yoğun biçimde yer aldığı, tarım alanlarının ise güneyde geniş bir yayılım gösterdiği görülmektedir. Kentsel alanlar yerleşim merkezleri çevresinde ve özellikle batı bölgelerde yoğunlaşmıştır. Boş araziler parçalı bir dağılım sergileyerek orman ve tarım alanlarıyla iç içe geçmiştir. Su yüzeyleri ise sınırlı olup yalnızca küçük alanlarda temsil edilmektedir. Bu dağılım, doğal alanlar ile insan kaynaklı kullanımların mekânsal olarak net bir biçimde farklılaştığını ortaya koymaktadır. Tablo 4.29'da sınıflandırma hata matrisi, Tablo 4.30'da sınıflandırmaya ait doğruluk ölçüleri yer almaktadır.



Şekil 4.15 2023 Yılı İskele RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.29 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	6206	0	1	1	0	**6208**
Su	0	5	0	0	0	**5**
Kentsel Alan	0	0	2311	13	2	**2326**
Boş Arazi	19	0	33	1181	291	**1524**
Tarım	89	0	8	257	552	**906**
Toplam	**6314**	**5**	**2353**	**1452**	**845**	**10969**

Tablo 4.30 2023 Yılı İskele İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

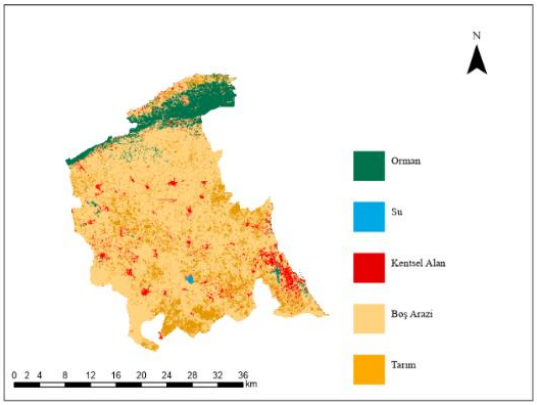
	ÜD (%)	KD (%)	F1-Skor (%)
Orman	99,97	98,29	99,09
Su	100	100	100
Kentsel Alan	99,36	98,22	98,75
Boş Arazi	77,49	81,34	79,38
Tarım	60,93	65,33	63,05
GD=%93,49			
κ=0,89			

Sınıflandırma sonuçlarına göre GD %93,49 ve κ 0,89 olarak hesaplanmıştır. Orman sınıfı %99,97 ÜD, %98,28 KD oranları ve %99,09 F1 Skor ile yüksek başarılı bir performans göstermektedir. En başarılı sınıf %100 ÜD, KD ve F1 Skor ile su sınıfı olmuştur. Kentsel alan sınıfı%99,36 ÜD, %98,22 KD ve %98,75 F1 Skor değeriyle yine yüksek başarıda bir performans sergilemiştir. Boş arazi ve tarım sınıfları modelin daha düşük doğruluk oranlarına sahip olan sınıfları olmuştur.

4.1.6 Gazimağusa İlçesi

4.1.6.1 2015 Yılı

RO sınıflandırmasına ait sınıflandırılmış harita Şekil 4.16'da gösterilmektedir. Haritada orman sınıfının kuzey kesimde yoğunlaştığı, tarım ve boş arazi sınıflarının ise bölge genelinde geniş bir yayılım gösterdiği görülmektedir. Kentsel alanlar daha çok güney sahil şeridinde yoğunlaşmıştır. Su sınıfı ise oldukça sınırlı bir şekilde yer almaktadır. Sınıflandırmaya ait hata matrisi Tablo 4.31'de, sınıflandırmanın doğruluk ölçütleri ise Tablo 4.32'de yer almaktadır.



Şekil 4.16 2015 Yılı Gazimağusa RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.31 2015 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	3872	1	109	1585	60	**5627**
Su	3	26	0	0	0	**29**
Kentsel Alan	0	0	2905	12	0	**2917**
Boş Arazi	4	0	99	3002	881	**3986**
Tarım	0	0	1	1291	1100	**2392**
Toplam	**3879**	**27**	**3114**	**5890**	**2041**	**14951**

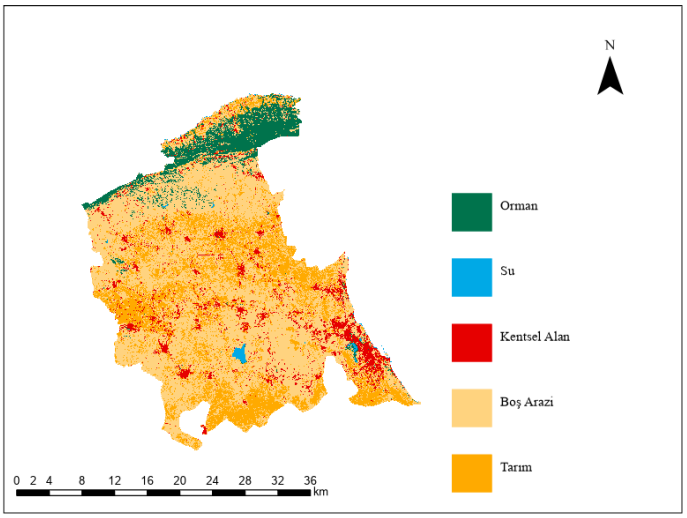
Tablo 4.32 2015 Yılı Gazimağusa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	68.81	99,82	81,46
Su	89,95	96,3	93,02
Kentsel Alan	99,58	93,29	96,33
Boş Arazi	75,31	50,97	60,79
Tarım	45,99	53,90	49,63
GD=%72,94			
κ=0,63			

Sınıflandırma performansı %72,94 GD ve 0,63 κ ile orta seviyede doğruluk göstermektedir. Sınıf bazında değerlendirildiğinde, kentsel alan sınıfı %99,58 ÜD , %93,29 KD ve %96,33 F1 Skor değeri ile çok yüksek başarı göstermekte, model tarafından en iyi tanımlanan sınıflardan biri olmuştur. Su sınıfı da %89,95 ÜD ve %93,02 F1-skor değeri ile başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Buna karşılık, orman sınıfında %68,81 ÜD'ye karşın %99,82 KD değeri hesaplanmıştır; bu da modelin orman olarak tahmin ettiği alanların çoğunun doğru olduğunu, ancak bazı gerçek orman alanlarını başka sınıflara atadığını göstermektedir. Boş arazi sınıfı %75,31 ÜD'ye sahip olmasına rağmen, %50,97 gibi düşük bir KD değeriyle modelin bu sınıfı belirlerken önemli miktarda hata yaptığını göstermektedir. Tarım sınıfı ise en düşük doğruluk düzeyine sahiptir; %45,99 ÜD ve %53,90 KD ile modelin bu sınıfı ayırt etmekte zorlandığını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, model kentsel alan ve su sınıflarında başarılı bir performans sergilerken, tarım ve boş arazi sınıflarında karışıklıklar yaşanmakta ve doğruluk düzeyi düşmektedir.

4.1.6.2 2019 Yılı

Sınıflandırmaya ait harita Şekil 4.17'de yer almakta olup, haritada orman sınıfında küçük bir artış meydana geldiği, kentsel alan sınıfının 2015 yılına göre sayıca arttığı ve geniş bir yayılım göstermeye başladığı görülmektedir. 2015 yılında var olan su alanlarının 2019 yılına gelindiğinde artış gösterdiği görülmektedir. Boş arazi sınıfının alanı 2015'e kıyasla azalma eğiliminde olduğu görülmekle birlikte, bazı bölgelerdeki boş arazilerin 2019 yılına gelindiğinde yerini kentsel alana bıraktığı görülmektedir. Bu sınıflandırmaya ait hata matrisi ve doğruluk ölçütleri sırasıyla Tablo 4.33 ve Tablo 4.34'te gösterilmektedir



Şekil 4.17 2019 Yılı Gazimağusa RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.33 2019 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	2343	0	60	413	80	**2896**
Su	17	108	7	109	81	**322**
Kentsel Alan	0	0	3221	3	0	**3224**
Boş Arazi	214	0	103	1997	344	**2658**
Tarım	0	0	21	1133	1895	**3049**
Toplam	**2574**	**108**	**3412**	**3655**	**2400**	**12149**

Tablo 4.34 2019 Yılı Gazimağusa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

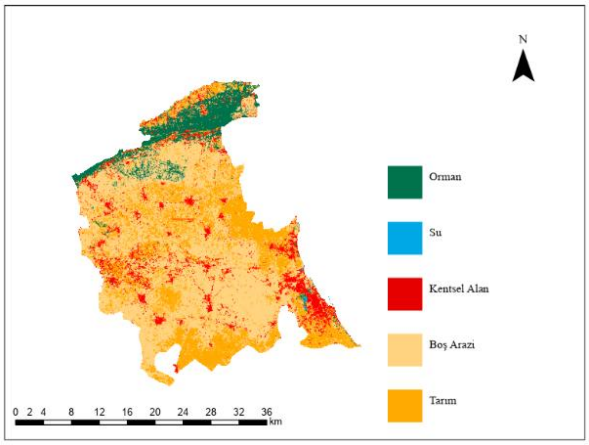
	ÜD (%)	KD (%)	F1-Skor (%)
Orman	81,52	91,03	86,01
Su	41,70	100	58,86
Kentsel Alan	99,91	94,40	97,08
Boş Arazi	75,13	54,64	63,27
Tarım	62,15	81,86	70,66
GD=%79,28			
κ =0,73			

Tablo 4.32'de sunulan doğruluk ölçütlerine göre, 2019 yılı Gazimağusa ilçesi RO sınıflandırma sonuçları orta düzeyde başarı göstermektedir. Sınıf bazında incelendiğinde, kentsel alan sınıfı %99,91 ÜD ve %94,40 KD ile en başarılı sınıf olarak öne çıkmaktadır. Bu sınıf için %97,08 F1 skoru değeriyle modelin hem isabetli hem de tutarlı tahminler yaptığını göstermektedir. Orman sınıfı da %81,52 ÜD ve %91,03 KD ile yüksek performans sunmaktadır. Buna karşın, su sınıfında %100 KD elde edilmiş olsa da, %41,70 ÜD ve %58,86 F1-skor değeri sınıfın ciddi anlamda eksik tanımlandığını göstermektedir. Yani model su alanlarını doğru tahmin ettiğinde isabetli olmakla birlikte, pek çok gerçek su alanını başka sınıflarla karıştırmaktadır. Boş arazi sınıfında da benzer bir dengesizlik söz konusudur: %75,13 ÜD'ye rağmen %54,64 KD, modelin bu sınıfa gereğinden fazla tahmin yaptığına işaret etmektedir. Tarım sınıfı ise %62,15 ÜD ve %81,86 KD ile orta düzeyde sınıflandırılmış olup, %70,66 F1-skor değeri bu sınıf için daha dengeli ama sınırlı bir başarıya işaret etmektedir. Sonuç olarak, sınıflandırma kentsel alan ve orman sınıflarında yüksek başarı göstermekte; su, tarım ve boş arazi sınıflarında düşük performans göstermektedir.

4.1.6.3 2023 Yılı

Şekil 4.18'de sınıflandırma haritası gösterilmektedir. Sınıflar incelendiğinde, kentsel alan sınıfında belirgin bir artış gözlemlenmekte ve kentleşmenin yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Önceki yıllarla karşılaştırıldığında, tarım alanlarının bir kısmının farklı arazi kullanım sınıflarına dönüştüğü görülmektedir. Su sınıfının kapladığı alan, 2019 yılına kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, boş arazi sınıfının da önceki yıllara göre alan olarak azaldığı anlaşılmaktadır.

Sınıflandırmaya ilişkin hata matrisi Tablo 4.35'te, sınıflandırmanın doğruluk ölçütleri ise Tablo 4.36'da gösterilmektedir.



Şekil 4.18 2023 Yılı Gazimağusa RO Sınıflandırma Görüntüsü

Tablo 4.35 2023 Yılı RO + RGB + NIR + SWIR Tabanlı Landsat 8 Sınıflandırmasının Hata Matrisi

	Orman	**Su**	**Kentsel Alan**	**Boş Arazi**	**Tarım**	**Toplam**
Orman	2327	0	141	256	150	**2874**
Su	13	16	1	12	11	**53**
Kentsel Alan	0	0	3739	9	3	**3751**
Boş Arazi	12	0	114	1263	390	**1779**
Tarım	0	0	31	975	2043	**3049**
Toplam	**2352**	**16**	**4026**	**2515**	**2597**	**11506**

Tablo 4.36 2023 Yılı Gazimağusa İlçesi RO Sınıflandırmasına ÜD, KD F1-Skor, GD ve κ Değerleri

	ÜD (%)	**KD (%)**	**F1-Skor (%)**
Orman	80,97	98,94	89,06
Su	30,19	100	46,38
Kentsel Alan	99,68	92,87	96,15
Boş Arazi	70,99	50,22	58,83
Tarım	67,01	78,67	72,37
GD=%81,57			
κ=0,75			

Sınıflandırma performansı %81,57 GD ve 0,75 κ ile orta seviyede doğruluk göstermektedir Kentsel alan sınıfı, %99,68 ÜD ve %92,87 KD ile en başarılı sınıf olarak öne çıkmakta; %96,15 F1-skoru ile modelin bu sınıfı isabetli ve tutarlı biçimde tanımladığını göstermektedir. Orman sınıfı da %80,97 ÜD ve %98,94 KD ile yüksek başarı göstermekte, %89,06 F1-skoru ile modelin güçlü bir ayrım gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Tarım sınıfında ise %67,01 ÜD ve %78,67 KD ile orta düzeyde bir başarı sağlanmıştır. Boş arazi sınıfında %70,99 ÜD'ye karşı %50,22 KD elde edilmesi, bu sınıfta modelin önemli miktarda yanlış pozitif üretmiş olduğunu göstermektedir. Su sınıfı ise en düşük başarıya sahip olup, %30,19 ÜD'ye rağmen %100 KD ile sınırlı ve seçici bir başarı ortaya koymuş, ancak genel F1-skoru %46,38 ile modelin bu sınıfı ayırt etmede zorlandığını göstermiştir. Genel olarak model, kentsel alan sınıfında yüksek doğrulukla çalışmakta, ancak su ve tarım sınıflarında düşük performans sergilemektedir.

4.2 Sınıflara Ait Alan Yüzdelikleri

2015, 2019 ve 2023 yıllarına ait RO sınıflandırılması uygulanarak altı ilçe için orman, su, kentsel alan, boş arazi ve tarım sınıflarına ait alanları Tablo 4.37'de yüzdesel olarak gösterilmektedir.

Tablo 4.37 Arazi Kullanım Sınıflarının İlçelere ve Yıllara Göre Oransal Dağılımı

	Yıl	Orman(%)	Su(%)	Kentsel Alan (%)	Boş Arazi(%)	Tarım(%)
Girne	2015	32,12	0,14	5,93	49,47	12,34
	2019	48,83	0,24	9,61	27,40	13,93
	2023	45,40	0,25	13,93	27,26	13,17
Lefkoşa	2015	0,38	0,20	3,86	81,14	14,42
	2019	0,44	0,31	4,64	72,85	21,76
	2023	0,18	0,09	9,59	75,63	14,51
Güzelyurt	2015	0,56	0,07	1,93	47,20	50,25
	2019	0,68	0,14	2,83	39,23	57,12
	2023	0,27	0,09	5,05	57,21	37,38
Lefke	2015	10,43	0,19	2,67	67,95	18,75
	2019	6,80	0,21	3,26	52,77	36,97
	2023	20,34	0,14	6,35	47,62	25,56
İskele	2015	26,89	0,09	3,12	63,84	6,06
	2019	26,46	0,08	5,57	58,12	9,77
	2023	25,78	0,06	6,91	59,28	7,97
Gazimağusa	2015	8,15	0,16	4,30	72,21	15,19
	2019	7,97	0,43	7,35	57,61	26,64
	2023	8,30	0,14	9,27	54,11	28,19

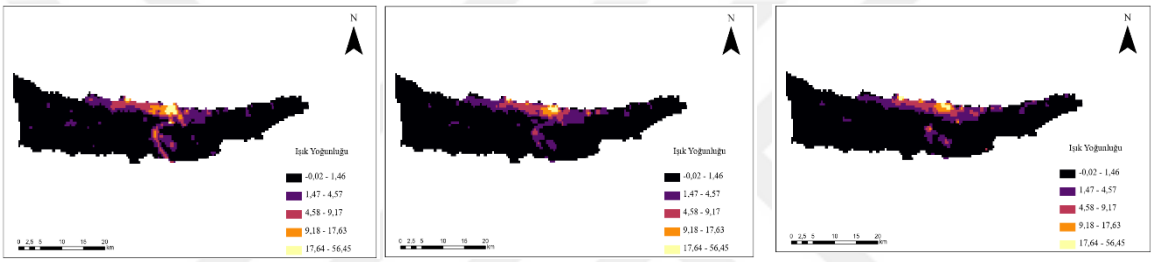
Tablo incelendiğinde;

- Tüm ilçelerde 2015'ten 2023'e kadar kentsel alan yüzdesinde düzenli bir artış gözlemlenmektedir. Bu, kentleşme baskısının yaygın ve sürekli bir artış içinde olduğunu ortaya koymaktadır.
- Tarım alanlarının ilçelere göre dağılımı farklı eğilimler göstermektedir. Güzelyurt ve Gazimağusa ilçelerinde tarım alanlarının oranı artış gösterirken; Lefkoşa ve İskele gibi bazı ilçelerde tarım alanlarında ciddi azalmalar meydana gelmektedir. Güzelyurt'ta narenciye üretiminin yaygınlığı ve Gazimağusa'da tarımsal faaliyetlerin sürdürülmesi, bu bölgelerdeki artışın temel nedenlerinden biri olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, Lefkoşa'nın ülkenin başkenti olması nedeniyle yoğun yapılaşma ve şehirleşme baskısı tarım alanlarının azalmasına yol açmaktadır. Bu durum, tarımın bazı bölgelerde kentleşme nedeniyle gerilediğini, bazı bölgelerde ise korunarak sürdürülebildiğini açıkça ortaya koymaktadır.
- Boş araziler, özellikle Girne, Lefkoşa ve Gazimağusa'da önemli oranda azalmıştır. Bu eğilim, boş alanların büyük ölçüde kentsel alanlara veya diğer kullanım türlerine dönüştüğünü göstermektedir.
- Tablo, 2015–2023 döneminde şehirleşme ve arazi dönüşümünün ilçeler genelinde ortak eğilim olduğunu ortaya koymaktadır. Girne, Lefkoşa, İskele ve Gazimağusa'da kentleşme öne çıkarken, Lefke ve Güzelyurt daha çok doğal ve tarımsal karakterini sürdürmektedir. Boş araziler genel olarak azalma eğilimindedir; bu da planlı ya da plansız alan kullanım değişimi süreçlerinin hızlandığını göstermektedir.
- 2019 yılında su sınıfında meydana gelen artış her ilçede gözlemlenmektedir. Su sınıfının oransal olarak artış göstermesi, bu dönemde yürürlüğe giren Türkiye'den KKTC'ye Su Temin Projesi ile doğrudan ilişkilendirilebilmektedir. Gerçekleştirilen bu proje, içme ve sulama suyu temini konusunda önemli bir rol oynamıştır. Hayata geçirilen bu proje su yüzeyi birikimini, küçük ölçekli depolama alanlarının kapasitesini ve sulama altyapılarının etkinliğini artırarak, bölgedeki su yüzeylerinin görünürlüğünde ve dolayısıyla su erişilebilirliğinde kayda değer bir iyileşme sağlamıştır.

4.2.1 Yıl ve İlçelere Göre Gece Işığı Değişim Haritaları

4.2.1.1 Girne İlçesi

Girne ilçesinde 2015 yılından 2023 yılına kadar geçen sürede gece ışığı yoğunluğunda genel olarak belirgin bir artış gözlemlenmektedir. 2015 yılında ışık yoğunluğu sınırlı alanlarda ve düşük düzeydeyken, 2019 yılında bu yoğunluğun hem merkezde hem de bazı çevresel noktalarda genişlemeye başladığı görülmektedir. 2023 yılında ise özellikle merkezdeki yüksek yoğunluklu bölgelerin arttığı ve genel ışık dağılımının daha geniş bir alana yayıldığı dikkat çekmektedir.

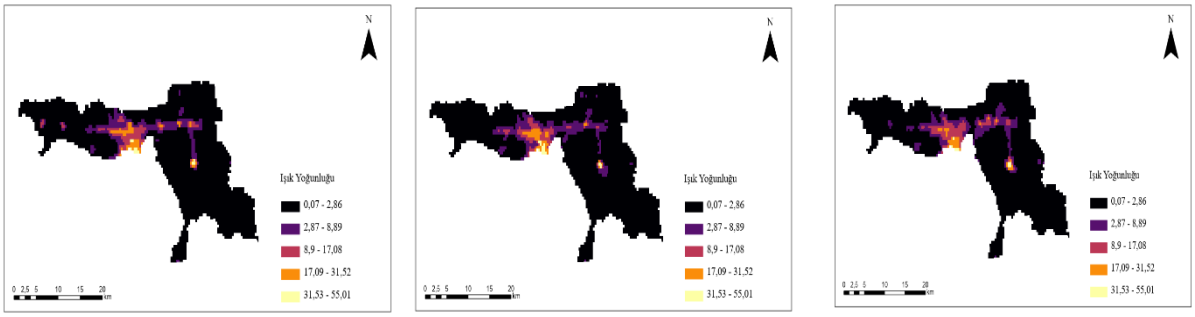


a) 2015 b)2019 c)2023

Şekil 4.19 Girne İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası

4.2.1.2 Lefkoşa İlçesi

Lefkoşa ilçesinde zaman içinde gece ışığı yoğunluğunda dikkate değer bir artış olduğu gözlemlenmektedir. 2015 yılında ışık yoğunluğu merkezi bölgelerle sınırlıyken, 2019 yılında bu yoğunluğun çevresel alanlara doğru genişlemeye başladığı görülmektedir. 2023 yılı haritasında ise hem merkezdeki yüksek yoğunluklu alanların arttığı hem de çevre bölgelerde ışık yayılımının genişlediği dikkat çekmektedir. Bu durum, Lefkoşa'da kentsel büyüme, altyapı gelişimi ve nüfus artışına bağlı olarak yapay ışık kullanımında belirgin bir artış yaşandığını göstermektedir.

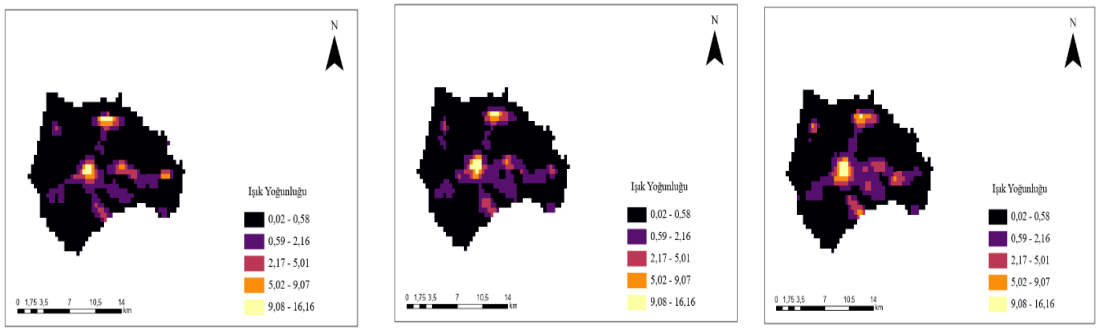


a)2015 b) 2019 c) 2023

Şekil 4.20 Lefkoşa İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası

4.2.1.3 Güzelyurt İlçesi

2015, 2019 ve 2023 yılları incelendiğinde, Güzelyurt ilçesinde zaman içinde gece ışığı yoğunluğunda belirgin bir artış gözlemlenmektedir.2015 yılında ışık yoğunluğu sınırlı ve merkez odaklıyken, 2019 yılında bu yoğunluğun çevre bölgelere yayılmaya başladığı dikkat çekmektedir. 2023 yılına gelindiğinde ise hem merkezde hem de çevresel alanlarda ışık yoğunluğu daha geniş bir alana yayılmış ve özellikle yüksek yoğunluklu alanların arttığı görülmüştür



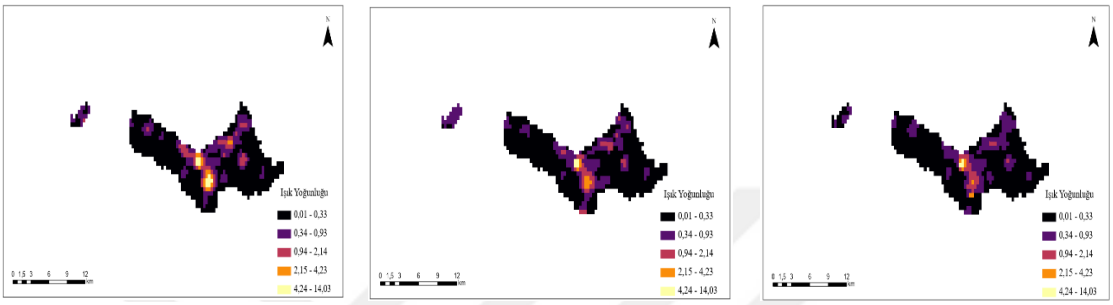
a) 2015 b) 2019 c) 2023

Şekil 4.21 Güzelyurt İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası

4.2.1.4 Lefke İlçesi

Lefke ilçesinde 2015 yılından 2023 yılına kadar geçen süreçte gece ışığı yoğunluğunda genel olarak belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Işık yoğunluğu, çoğunlukla merkez odaklı ve sınırlı alanlarda yoğunlaşmış görünmektedir. 2015

yılına bakıldığında yoğunluk sadece merkezde ve birkaç küçük noktada yoğunlaşmışken, 2019 ve 2023'te bu yoğunluk dağılımının genel yapısı korunmuş, yalnızca bazı bölgelerde küçük artış veya azalmalar olmuştur. Bu durum, Lefke ilçesinin kentsel gelişim veya altyapı genişlemesi bakımından daha sınırlı bir değişim geçirdiğini ve yapay ışık kaynaklarının coğrafi dağılımında ciddi bir genişleme yaşanmadığını göstermektedir.

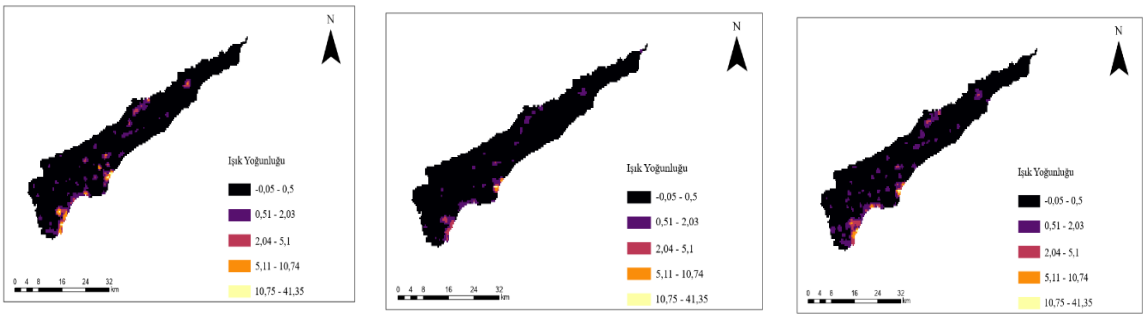


a) 2015 b) 2019 c) 2023

Şekil 4.22 Lefke İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası

4.2.1.5 İskele İlçesi

2015 yılında gece ışık yoğunluğu genel olarak düşük seviyelerde kalmıştır; yoğunluk sadece belirli yerleşim bölgelerinde sınırlıdır. 2019 yılına gelindiğinde, ışık yoğunluğu önceki yıla göre biraz daha yaygınlaşmış ve özellikle yerleşim alanları çevresinde artış göstermiştir.2023 yılında ise, haritada gece ışık yoğunluğu dağılımının belirgin biçimde genişlediği ve gece ışığının yoğun olduğu bölgelerin önceki yıllara kıyasla arttığı görülmektedir.

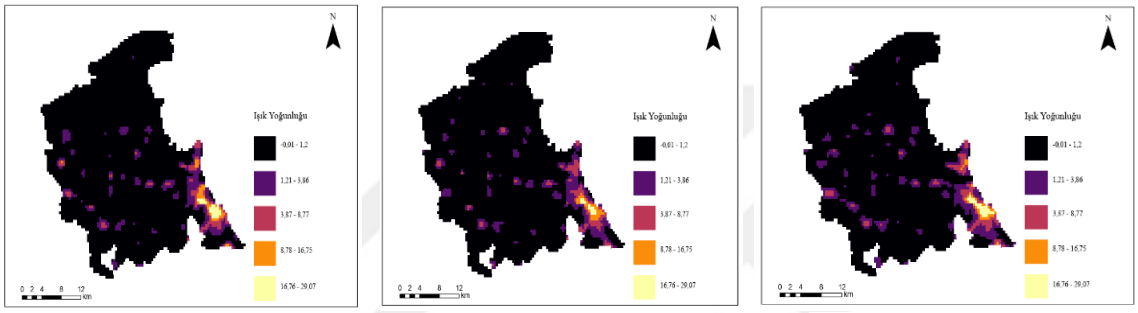


a) 2015 b) 2019 c) 2023

Şekil 4.23 İskele İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası

4.2.1.6 Gazimağusa İlçesi

Gazimağusa ilçesi için incelenen 2015, 2019 ve 2023 yıllarında zaman içinde dikkate değer bir değişim gözlenmiştir. 2015 yılında gece ışığı yoğunluğu yalnızca belirli merkezlerde sınırlı kalırken, 2019 yılında bu yoğunluğun çevresel bölgelere doğru yayılmaya başladığı görülmektedir. 2023 yılına gelindiğinde ise, özellikle merkezde ve çevresindeki yerleşim alanlarında ışık yoğunluğunun belirgin şekilde arttığı ve daha geniş bir alana yayıldığı dikkat çekmektedir.



a) 2015 b) 2019 c) 2023

Şekil 4.24 Gazimağusa İlçesi Gece Işık Yoğunluğu Haritası

4.3 İlçelere Göre Gece Işık Yoğunluğu

Bu tablo, KKTC'deki altı ilçeye ait gece ışık yoğunluğu değerlerini 2015, 2019 ve 2023 yılları için sunmaktadır. Tabloda sunulan değerler, VIIRS uydu sensöründen elde edilen gece ışık yoğunluğu ölçümlerini yansıtmaktadır. Bu ölçümler, belirli bir yüzey alanından (cm^2) belirli bir yön (steradyan) boyunca yayılan elektromanyetik ışınımın gücünü nanowatt (nW) cinsinden ifade etmektedir. Bu bağlamda, $nW/sr/cm^2$, gece ışık kaynaklarının (yapay aydınlatma, yerleşim birimleri, altyapı vb.) uzamsal yoğunluğunu temsil eden standart bir ölçüm birimidir. Tablo 4.38'de ilçe ve yıllara ait ortalama ışık yoğunluğu değerleri gösterilmektedir.

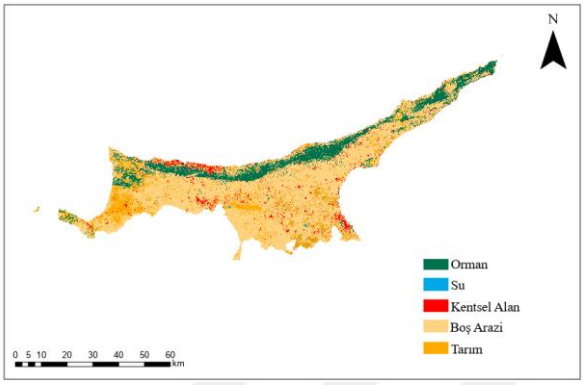
Tablo 4.38 2015, 2019 ve 2023 Yıllarına Ait KKTC İlçelerinin Gece Işık Yoğunluğu Değerleri

Gece Işık Yoğunluğu (nW/sr/cm²)		
Girne	2015	1,1343
	2019	1,2425
	2023	1,3685
Lefkoşa	2015	2,0338
	2019	1,9156
	2023	2,1951
Güzelyurt	2015	0,6977
	2019	0,5834
	2023	0,7299
Lefke	2015	0,4921
	2019	0,5311
	2023	0,6214
İskele	2015	0,3078
	2019	0,4433
	2023	0,6002
Gazimağusa	2015	0,7005
	2019	0,7247
	2023	0,9444

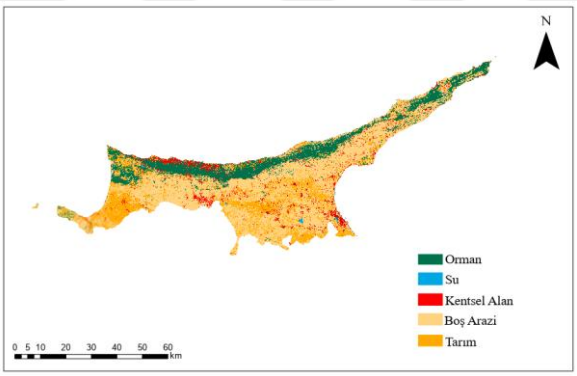
- Tüm ilçelerde 2015'ten 2023'e doğru düzenli bir artış eğilimi gözlemlenmektedir.
- Bu artış, büyük ölçüde kentleşme, yapılaşma, turizm ve nüfus artışıyla ilişkili değerlendirilebilir.
- Özellikle Lefkoşa, Girne ve Gazimağusa gibi merkez ilçelerde yoğunluk hem yüksek hem de düzenli biçimde artarken; İskele ve Lefke gibi ilçelerde ise artış oranı daha belirgin olup, yeni yapılaşmalar dikkat çekicidir. Bu bulgular, sınıflandırma haritaları ve diğer mekânsal analizlerle birlikte değerlendirildiğinde, kentleşme dinamikleri ve arazi kullanım değişimleri hakkında güçlü mekânsal göstergeler sunmaktadır.

4.4 KKTC Geneli AK/AÖ Haritaları

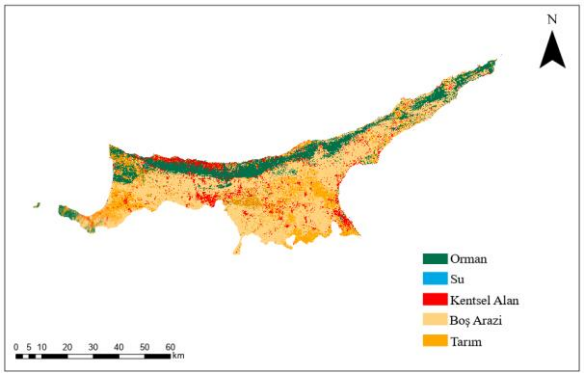
İlçeler bazında yapılan sınıflandırma haritaları KKTC genelinde haritalandırılmıştır. Şekil 4.25'te 2015 yılına, Şekil 4.26'da 2019 yılına, Şekil 4.27'de 2023 yılına ait KKTC geneli AK/AÖ haritaları gösterilmiştir.



Şekil 4.25 2015 yılına Ait KKTC AK/AÖ Haritası



Şekil 4.26 2019 yılına Ait KKTC AK/AÖ Haritası



Şekil 4.27 2023 yılına Ait KKTC AK/AÖ Haritası

3 farklı yılın belirtilen zaman aralıklarına ait şekilleri incelendiğinde "Kentsel Alan" sınıfının yerleşim ve şehirleşme açısından yoğun bölgeler olduğuna ulaşılmaktadır. 2015 ve 2019 yılları arasındaki kentsel alan sınıfının varlığı incelendiğinde 2019 yılında; Girne, Lefkoşa ve Gazimağusa ilçelerinin 2015 yılına göre artış gösterdiği görülmektedir. Bu da bu zaman aralığında nüfus yoğunluğu ve kentleşmenin arttığını göstermektedir.2023 yılına gelindiğinde başta yine Girne, Lefkoşa ve Gazimağusa olmak üzere KKTC genelinde "Kentsel Alan" sınıfının önceki dönemlere göre en yüksek yoğunluğa ulaştığını, bazı bölgelerde "Tarım" ve "Boş Arazi" sınıflarının yerini "Kentsel Alan" sınıfının aldığı görülmektedir. Genel olarak 2015,2019 ve 2023 yıllarının belirtilen zaman aralığında kentsel alanların bir artış içinde olduğu söylenebilmektedir.

4.5 İlçelere Göre Kentsel Büyüme Artış Yüzdeleri ve Ortalamaya Göre Kıyas Tablosu

RO algoritması kullanılarak elde edilen sınıfların alan hesaplamaları incelenerek "Kentsel Alan" sınıfının ilçe, belirtilen yıl ve yılların zaman aralığı incelenerek yıllar arası değişim yüzdeliği ve kentsel alan sınıfının artış yüzdesi Tablo 4.40'da, değişimlerin ortalaması ise Tablo 4.39'da gösterilmiştir. Elde edilen ortalama sonrasında ortalamaya göre kıyas hesabı yapılarak artışlar incelenmiştir.

Tablo 4.39 Kentsel Alan Sınıfının Yüzde Artışı Ortalaması

Yıl	KKTC Ortalaması (%)
2015-2019	50,16
2019-2023	62,50

Tablo 4.40 İlçe ve Yıllara Ait Kentsel Alan Sınıfı Değişim Hesabı

	Yıl	Kentsel Alan Yüzdesi (%)	Artış Yüzdesi (%)	Ortalamaya Göre Kıyas
Girne	2015	5,93		
	2019	9,61	62,05	1,24
	2023	13,93	44,84	0,72
Lefkoşa	2015	3,85		
	2019	4,64	20,46	0,41
	2023	9,59	106,52	1,70
Güzelyurt	2015	1,93		
	2019	2,83	46,82	0,93
	2023	5,05	78,62	1,26
Lefke	2015	2,67		
	2019	3,26	21,79	0,43
	2023	6,35	94,94	1,52
İskele	2015	3,12		
	2019	5,57	78,68	1,57
	2023	6,90	24,00	0,38
Gazimağusa	2015	4,30		
	2019	7,35	71,15	1,42
	2023	9,27	26,08	0,42

Tablo 4.39 incelendiğinde 2019-2023 arasındaki değişim %50,16 iken ,2015-2019 yılına gelindiğinde ortalama artışı %62,50'ye yükselmesi kentsel artışın hızlandığını göstermektedir. Bu artışın nedenleri nüfus artışı, ekonomik faaliyetler, göç vb. durumları olabilmektedir. İlçe bazında Lefkoşa'da 2019-2023 döneminde %106,52 artışıyla çok belirgin bir artış gözlemlenerek ilçeler arasında en yüksek artışa sahip olan ilçe olmuştur. Güzelyurt ve Lefke ilçelerinde ise 2019-2023

döneminde sırasıyla %78,62 ve %94,94 ile yüksek bir artış gözlemlenmektedir. Girne'de 2015-2019 döneminde %62,05 ve 2019-2023 döneminde %44,84 artış yaşanmış,2019-2023 döneminde artışın önceki döneme göre azalmış olmasının sebepleri arasında kentleşmenin arttığı ve bununla birlikte konut ve turizmdeki doygunlukla açıklanabilmektedir. Gazimağusa ve İskele ilçelerinde 2019-2023 dönemindeki artış 2015-2019 dönemine göre azalmıştır. Bu durum bu ilçelerdeki dikey yapılaşmanın artmasıyla açıklanabilmektedir. Genel olarak tablo incelendiğinde KKTC genelinde kentsel alanların genişlemesi ve artması hızlanmış, ancak ilçeler bazında bakıldığında bu artışlar farklı şekillerde meydana gelmiştir.

4.6 RO Sınıflandırması ile Elde Edilen Arazi Kullanım Sınıfları ve Gece Işığı Verisi Arasındaki Pearson Korelasyon Matrisi

Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü ve gücünü gösteren bir ölçüttür ve değeri -1 ile +1 arasında değişir. İşareti iki parametre arasındaki ilişkiyi yani + ise biri artarken diğerinin de arttığını, - ise biri artarken diğeri azaldığını ifade eder. Ne kadar 1'e yakınsa bu ilişki o kadar belirgindir, ne kadar 0 yakın ise de güçsüz korelasyonu göstermektedir. Tablo 4.41'de ilçeler bazında orman, su, kentsel alan, boş arazi, tarım ve gece ışığı verisi arasında yapılan korelasyon analizleri sunulmaktadır.

Tablo 4. 41 Arazi Sınıflandırması ve Gece Işık Yoğunluğu Korelasyon Matrisi

		Orman	Su	Kentsel Alan	Boş Arazi	Tarım	Gece Işığı
Girne	Orman	1,000	0,972	0,722	-0,980	0,954	0,724
	Su	0,972	1,000	0,864	-0,999	0,858	0,865
	Kentsel Alan	0,722	0,864	1,000	-0,845	0,482	1,000
	Boş Arazi	-0,980	-0,999	-0,845	1,000	-0,876	-0,846
	Tarım	0,954	0,858	0,482	-0,876	1,000	0,484
	Gece Işığı	0,724	0,865	1,000	-0,846	0,484	1,000

Tablo 4.41 Arazi Sınıflandırması ve Gece Işık Yoğunluğu Korelasyon Matrisi (devamı)

Lefkoşa	Orman	1,000	0,959	-0,94	-0,026	0,664	-0,976
	Su	0,959	1,000	-0,81	-0,309	0,849	-0,998
	Kentsel Alan	-0,942	-0,81	1,000	-0,31	-0,375	0,846
	Boş Arazi	-0,026	-0,309	-0,310	1,000	-0,765	0,244
	Tarım	0,664	0,849	-0,375	-0,765	1,000	-0,812
	Gece Işığı	-0,976	-0,998	0,846	0,244	-0,812	1,000
Güzelyurt	Orman	1,000	0,450	-0,84	-0,986	0,998	-0,855
	Su	0,450	1,000	0,11	-0,593	0,503	-0,849
	Kentsel Alan	-0,839	0,11	1,000	0,737	-0,806	0,435
	Boş Arazi	-0,986	-0,593	0,737	1,000	-0,994	0,929
	Tarım	0,998	0,503	-0,806	-0,994	1,000	-0,884
	Gece Işığı	-0,855	-0,849	0,435	0,929	-0,884	1,000

Tablo 4.41 Arazi Sınıflandırması ve Gece Işık Yoğunluğu Korelasyon Matrisi (devamı)

Lefke	Orman	1,0000	-0,9985	0,9170	-0,4857	-0,3960	0,8470
	Su	-0,9985	1,0000	-0,9400	0,5333	0,3450	-0,8750
	Kentsel Alan	0,9169	-0,9376	1,0000	-0,7940	0,0030	0,9890
	Boş Arazi	-0,4857	0,5333	-0,7942	1,0000	-0,6100	-0,8760
	Tarım	-0,3960	0,3445	0,0034	-0,6104	1,0000	0,1531
	Gece Işığı	0,8468	-0,8750	0,9887	-0,8762	0,1531	1,0000
İskele	Orman	1,000	1,000	-0,956	0,662	-0,399	-0,996
	Su	1,000	1,000	-0,953	0,655	-0,390	-0,995
	Kentsel Alan	-0,956	-0,95	1,000	-0,853	0,651	0,978
	Boş Arazi	0,662	0,655	-0,853	1,000	-0,951	-0,726
	Tarım	-0,399	-0,390	0,651	-0,951	1,000	0,478
	Gece Işığı	-0,996	-0,995	0,978	-0,726	0,478	1,000

Tablo 4.41 Arazi Sınıflandırması ve Gece Işık Yoğunluğu Korelasyon Matrisi (devamı)

Gazimağusa	Orman	1,000	-0,929	0,3276	-0,112	0,035	0,769
	Su	-0,921	1,000	0,0670	-0,265	0,338	-0,478
	Kentsel Alan	0,328	0,0670	1,000	-0,977	0,958	0,852
	Boş Arazi	-0,125	-0,272	-0,978	1,000	-0,977	-0,721
	Tarım	0,051	0,343	0,960	-0,997	1,000	0,662
	Gece Işığı	0,724	0,865	1,000	-0,846	0,484	1,000

- Girne ilçesi incelendiğinde su ve orman sınıfları arasında güçlü pozitif bir korelasyon görülmektedir. Boş arazi ve orman arasında zayıf bir korelasyon görülmesi boş arazilerin artmasıyla orman alanlarının azalması paralel ilerlemektedir. Gece ışığı ile kentsel alan sınıfı arasında %100 örtüşme görülmektedir. Bu da gece ışık yoğunluğu ile kentsel alanın paralel ilerlediği anlaşılmaktadır.
- Lefkoşa ilçesinde orman sınıfı ile gece ışığı sınıfı incelendiğinde aralarında negatif bir korelasyon olduğu görülmekte, bu da aydınlatmanın yoğun olduğu bölgelerde ormanların olmadığında kaynaklı olmaktadır. Tarım ile su arasında yüksek bir korelasyon görülmektedir. Kentsel alan ve gece ışığı arasında da pozitif bir korelasyon gözlemlenmektedir.
- Güzelyurt ilçesinde tarım sınıfı ile orman sınıfı arasında yüksek korelasyon görülmektedir. Gece ışığı, tarım ve orman gibi doğal alanlarla tutarlı bir şekilde negatif korelasyon göstermektedir. Boş arazi sınıfı ile orman sınıfı arasındaki negatif korelasyon boş arazilerin artmasıyla orman alanlarının azaldığı görülmektedir
- Lefke'de orman ile su arasında çok güçlü pozitif bir korelasyon gözlenmektedir. Bu ilişki, ormanların su kaynaklarına yakın bölgelerde

yoğunlaştığını ya da bu iki örtü türünün aynı mekânsal birimlerde birlikte görüldüğünü düşündürmektedir. Orman ile boş arazi arasındaki negatif korelasyon doğal olarak bu iki örtünün mekânda birbirini dışladığını işaret etmektedir. Su ile kentsel alan arasındaki negatif korelasyon, yapılaşmanın su kaynaklarından uzaklaştığını ya da yapılaşmanın olduğu yerlerde su yüzeylerinde meydana gelen azalmaları göstermektedir. Lefke ilçesinde kentsel alan ile gece ışığı arasında çok güçlü pozitif korelasyon vardır. Bu bulgu, gece ışığı verisinin kentsel yayılımı yüksek doğrulukla yansıttığını ve Lefke'de gece ışığı yoğunluğunun doğrudan yapılaşmayla ilişkili olduğunu göstermektedir. Buna karşın kentsel alan ile tarım ve orman arasında gözlenen güçlü negatif korelasyonlar, kentsel yayılımın tarım ve orman alanlarını yerinden ettiğini veya bu alanlarla rekabet içinde olduğunu göstermektedir. Bu durum, kırsal alanların yapılaşma baskısı altında olduğunu ve uzun vadeli arazi planlamasında dikkat edilmesi gereken bir noktadır. Tarım ile gece ışığı arasındaki korelasyon, tarımsal alanların düşük aydınlatmalı bölgelerde yer aldığını ve doğası gereği insan etkisinin düşük olduğu alanlar olduğunu göstermektedir.

- İskele 'de orman ile su arasında çok güçlü pozitif korelasyon mevcuttur. Bu durum, orman ve su varlığının aynı alanlarda veya birbirine oldukça yakın bölgelerde birlikte bulunduğunu göstermektedir. Orman ile kentsel alan ve gece ışığı arasında çok güçlü negatif korelasyonlar dikkat çekmektedir. Bu bulgular, İskele 'de orman alanlarının kentleşmiş bölgelerden uzak konumlandığını, insan etkisinin düşük olduğu alanlarda yoğunlaştığını göstermektedir. Su ile kentsel alan ve gece arasındaki güçlü negatif korelasyon gözlemlenmektedir. Kentsel alan ile gece ışığı arasındaki korelasyon, İskele 'de yapay aydınlatmanın kentsel yayılımla doğru orantılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu, gece ışığı verisinin nüfus ve yapılaşma yoğunluğu göstergesi olarak etkinliğini bir kez daha doğrulamaktadır. Boş arazi ile kentsel alan ve gece ışığı arasındaki negatif korelasyonlar, bu bölgelerin henüz yapılaşmaya açılmadığını ve insan etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Tarım ile orman ve kentsel alan arasındaki daha zayıf korelasyonlar, tarımın mekânsal olarak hem doğal alanlara hem de kentleşmiş bölgelere belirli bir uzaklıkta konumlanabileceğini göstermektedir. Orman ve su örtülerinin gece ışığı ve kentsel alanla

gösterdiği negatif korelasyonlar, bu doğal kaynakların henüz bozulmamış bölgelerde yer aldığını, ancak kentleşmenin bu alanlara baskı kurabilecek potansiyelde olduğunu göstermektedir. Özellikle kentsel alan ve gece ışığı verisinin güçlü korelasyonu insan faaliyetlerinin mekânsal izini sürmekte bu tür uzaktan algılama verilerinin yüksek doğruluk sunduğunu ortaya koymaktadır.

- Gazimağusa'da orman ile su arasında çok güçlü negatif korelasyon gözlenmektedir. Orman ile gece ışığı arasında pozitif korelasyon dikkat çekicidir. Diğer ilçelerde orman alanlarının genellikle gece ışığıyla negatif korelasyon gösterdiği düşünüldüğünde, Gazimağusa'da bu durumun tersi bir eğilim göstermesi, orman alanlarının kentleşmiş bölgelerin içinde veya yakınında kaldığını düşündürmektedir. Su, orman ve gece ışığı arasında negatif korelasyonlar, su varlığının doğal örtü ile sınırlı kesişime sahip olduğunu göstermektedir. Su ile tarım ve boş arazi arasındaki ilişkiler, tarım faaliyetlerinin sınırlı da olsa su kaynaklarına bağımlı olduğunu, boş alanların ise sulak alanlarla çakışmadığını göstermektedir. Boş arazi ile kentsel alan arasındaki güçlü negatif ilişki, yapılaşmış bölgelerde boş alanların azaldığını ya da kentsel yayılmanın bu tür alanları dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu sonuç, kentleşme süreçleriyle uyumludur. Boş arazi ile gece ışığı korelasyonu da negatiftir bir korelasyona sahiptir. Bu da boş arazi sınıfının düşük aydınlatmalı, yani insan etkisinin sınırlı olduğu bölgelerde yer aldığını göstermektedir. Tarım ile kentsel alan ilişkisi, Gazimağusa'da tarımın kırsaldan ziyade şehirleşmiş alanlarda sürdürüldüğünü düşündürmektedir. Diğer ilçelere kıyasla, tarım ile kentsel alan ve gece ışığı arasında pozitif korelasyonlar gözlenmektedir.

4.7 Nüfus Gelişimi ve Projeksiyonları: Mevcut Verilere Dayalı Bir Analiz

Nüfus projeksiyonları, belirli bir bölgedeki gelecekteki nüfusu tahmin etmek için yapılan istatistiksel bir çalışmadır. Gelecekteki nüfus büyüklüğü, cinsiyet dağılımı vb. demografik özelliklerin belirlenmesinde yol göstericidir. Tablo 4.42' de

KKTC'de 1996, 2006 ve 2011 yıllarında gerçekleştirilen nüfus sayımlarından yola çıkılarak 2015,2019,2023, 2050 ve 2100 yılları için aritmetik artış ve geometrik artış yöntemleri kullanılarak nüfus hesapları yapılmıştır.

Tablo 4.42 KKTC Nüfus Projeksiyonu

Yıl	Aritmetik Artış	Geometrik Artış
1996	183.000	183.000
2006	257.000	257.000
2011	286.257	286.257
2015	312.759	319.900
2019	339.262	357.498
2023	365.765	399.514
2050	544.659	845.826
2100	875.944	3.392.487

5
SONUÇ

Bu tez çalışmasında, KKTC'de son yıllarda artan nüfus hareketleri, arazi kullanım değişimleri; uzaktan algılama teknolojileri ve makine öğrenme algoritması kullanılarak bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiştir. GEE platformu kullanılarak yapılan analizlerde, özellikle gece ışığı verileri, Landsat 8 uydu görüntüleri, NDWI, NDVI, NDBI, BU spektral indeksleri ile entegre edilmiş ve bu sayede hem zamansal hem de mekânsal değişimler detaylı olarak incelenmiştir.

Analiz sonuçları, 2015,2019 ve 2023 yıllarının yaz aylarında KKTC'de belirgin bir kentsel büyüme yaşandığını ortaya koymuştur. RO algoritmasıyla yapılan sınıflandırmalarda, özellikle Lefkoşa, Gazimağusa ve İskele gibi bölgelerde kentsel alanların belirgin şekilde genişlediği, tarım, su ve boş arazi sınıflarının gerilediği tespit edilmiştir. Bu durum, nüfus artışının yoğunlaştığı bölgelerde yapılaşmanın arttığını, dolayısıyla doğal kaynaklar üzerindeki baskının da arttığını göstermektedir.

Gece ışığı verileriyle yapılan analizler, nüfusun mekânsal dağılımı ve yoğunluğu hakkında önemli çıkarımlar sunmuştur. Özellikle VIIRS verilerinin sunduğu yüksek çözünürlük sayesinde, nüfus yoğunluğu ile gece ışığı yoğunluğu arasında güçlü; nüfus yoğunluğu ve gece ışığı yoğunluğunun su ile zayıf bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Bu analizler doğrultusunda, KKTC'de kentsel alan genişlemesi ve gece ışığı verileri birlikte değerlendirilerek nüfus artışına dair çıkarımlar yapılmıştır. Resmî nüfus verilerinin yetersiz veya güncel olmadığı bölgelerde, gece ışığı verilerinin doğrudan kesin bir hesaplama sağlamamakla birlikte, nüfus yoğunluğu ve yerleşim dağılımı hakkında güvenilir ve anlamlı tahminler sunabildiği görülmüştür.

Turizm sektöründeki gelişmeler de bu çalışmada önemli bir parametre olarak değerlendirilmiştir. 2015–2023 yılları arasında KKTC genelinde tesis ve yatak kapasitesinde önemli artışlar yaşanmış, ancak bu artışın bölgesel dağılımında dengesizlikler tespit edilmiştir. Girne gibi bazı bölgelerde tesis sayısı azalırken, yatak kapasitesi artmış; Gazimağusa, İskele ve Lefkoşa gibi bölgelerde ise yeni tesis yatırımlarıyla birlikte yoğun bir turizm gelişimi yaşanmıştır. Bu durum, turizmin özellikle nüfus üzerindeki etkisini artırarak çevresel baskıyı yoğunlaştırdığını düşündürmektedir.

Sonuç olarak, bu çalışma KKTC'de nüfus artışı ve kentleşme arasındaki karmaşık ilişkiyi ortaya koymakla kalmamış; aynı zamanda uzaktan algılama ve makine öğrenimi yöntemiyle, veri eksikliği yaşanan bölgelerde çevresel yönetim ve planlamada ne denli etkili bir araç olduğunu da kanıtlamıştır. Gelecekteki çalışmalar için öneri olarak; saha verileriyle desteklenen modellemelerin yapılması, farklı indekslerin ve yüksek çözünürlüklü verilerin entegre edilmesi, yönetim kararlarında bu tür mekânsal analizlerin aktif olarak kullanılması yönünde adımlar atılması gerektiği vurgulanmaktadır.

KAYNAKÇA

[1] Moore, G. K. “What Is a Picture Worth? A History of Remote Sensing.” *Hydrological Sciences Bulletin*, vol. 24, no. 4, 1979, pp. 477–485. https://doi.org/10.1080/02626667909491887.

[2] Roy, P. S., M. D. Behera, and S. K. Srivastav. *Satellite Remote Sensing: Sensors, Applications and Techniques*. Springer India, 2017. https://doi.org/10.1007/s40010-017-0428-8.

[3] Zhao, Q., et al. “Progress and Trends in the Application of Google Earth and Google Earth Engine.” *Remote Sensing*, vol. 13, no. 18, 2021. https://doi.org/10.3390/rs13183778.

[4] Mutanga, O., and L. Kumar. “Google Earth Engine Applications.” *Remote Sensing*, vol. 11, no. 5, 2019. https://doi.org/10.3390/rs11050591.

[5] Deng, Y., et al. “Long-Term Changes of Open-Surface Water Bodies in the Yangtze River Basin Based on the Google Earth Engine Cloud Platform.” *Remote Sensing*, vol. 11, no. 19, 2019. https://doi.org/10.3390/rs11192213.

[6] Pande, C. B., et al. “Characterizing Land Use/Land Cover Change Dynamics by an Enhanced Random Forest Machine Learning Model: A Google Earth Engine Implementation.” *Environmental Sciences Europe*, vol. 36, no. 1, 2024. https://doi.org/10.1186/s12302-024-00901-0.

[7] Sreekanth, P. D., et al. “Mapping Surface-Water Area Using Time Series Landsat Imagery on Google Earth Engine: A Case Study of Telangana, India.” *Current Science*, vol. 120, no. 9, 2021, pp. 1491–1499. https://doi.org/10.18520/cs/v120/i9/1491-1499.

[8] Wang, Y., et al. “Mapping the Population Density in Mainland China Using NPP/VIIRS and Points-of-Interest Data Based on a Random Forests Model.” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 21, 2020, pp. 1–22. https://doi.org/10.3390/rs12213645.

[9] Zheng, Q., et al. “Nighttime Light Remote Sensing for Urban Applications: Progress, Challenges, and Prospects.” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Elsevier B.V., 1 Aug. 2023. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2023.05.028.

[10] García, D. H., M. Riza, and J. A. Díaz. “Land Surface Temperature Relationship with the Land Use/Land Cover Indices Leading to Thermal Field Variation in the Turkish Republic of Northern Cyprus.” *Earth Systems and Environment*, vol. 7, no. 2, 2023, pp. 561–580. https://doi.org/10.1007/s41748-023-00341-5.

[11] Esendağlı, Ç., and S. Selim. “Monitoring of Land Use/Land Cover Change and Statistical Analysis of Change within the Scope of Urban Sprawl; North Cyprus Case.” *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, vol. 9, no. 1, Apr. 2024, pp. 195–211. https://doi.org/10.30785/mbud.1435714.

[12] “Coğrafi Bilgiler – KKTC Enformasyon Dairesi.” *KKTC Enformasyon Dairesi*, https://pio.mfa.gov.ct.tr/cografi-bilgiler/. Erişim Tarihi: 3 Mart 2025.

[13] Nabango, H. N. “Analysis of Teleconnection Patterns on Climate of Northern Cyprus.” Sep. 2019.

[14] Erengin, P. *Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nin Yönetsel Coğrafyası*. 2019.

[15] “Coğrafi Bilgiler – KKTC Enformasyon Dairesi.” *KKTC Enformasyon Dairesi*, https://pio.mfa.gov.ct.tr/cografi-bilgiler/. Erişim Tarihi: 12 Mart 2025.

[16] İşçioğlu, D. “KKTC’de Çevresel Sorunların Yönetimi ve Örgütlenme.” *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, vol. 6, no. 3 (In Honour of Nesrin Algan), Dec. 2024, pp. 269–277. https://doi.org/10.53472/jenas.1578470.

[17] Doç, Y., A. Atasoy, M. Kemal, Ü. Fen, and E. Fakültesi. *Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nin Nüfus Coğrafyası*.

[18] KKTC İstatistik Kurumu, *Nüfus ve Demografi Bülteni*. Lefkoşa, KKTC: KKTC İstatistik Kurumu, 2022. [Rapor]. Erişim adresi: https://stat.gov.ct.tr/Portals/39/NufusDemo1.pdf

[19] KKTC İstatistik Kurumu, *Nüfus ve Demografi Bülteni*. Lefkoşa, KKTC: KKTC İstatistik Kurumu, 2025. [Rapor]. Erişim adresi: https://stat.gov.ct.tr/Portals/39/NufusDemo1.pdf

[20] Ordu, S., B. Burtan Doğan. “Turizm Gelirleri ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti İçin Ekonometrik Bir Yaklaşım.” *ODÜ Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi (ODÜSOBİAD)*, Mar. 2023. https://doi.org/10.48146/odusobiad.1201178.

[21] Badem, E. “Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nde Turizmin Sürdürülebilirliği.” *VI. Uluslararası Kahramanmaraş Yönetim, Ekonomi ve Siyaset Kongresi Bildiri Kitabı*, Lefkoşa, KKTC, 2023, pp. 26–35.

[22] “Bölüm I: Turizm Olayına ve Kapasite Kavramına Genel Yaklaşım.”

[23] Chen, X. “Nighttime Lights and Population Migration: Revisiting Classic Demographic Perspectives with an Analysis of Recent European Data.” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 1, 2020. https://doi.org/10.3390/RS12010169.

[24] Chang, P., X. Pang, X. He, Y. Zhu, and C. Zhou. “Exploring the Spatial Relationship between Nighttime Light and Tourism Economy: Evidence from 31 Provinces in China.” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 12, June 2022. https://doi.org/10.3390/su14127350.

[25] Elkiran, G., A. Dahiru, and H. Gokcekus. “Water Resources Management and Trend of Water Use in North Cyprus.” *Desalination and Water Treatment*, vol. 177, Feb. 2020, pp. 264–274. https://doi.org/10.5004/dwt.2020.25021.

[26] Aydin, A. “Avrupa Birliği Üyesi Olarak Güney Kıbrıs’ta Su Kıtlığı ile Mücadele.” *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (ERZSOSDE)*, vol. X-II, 2017, pp. 25–34.

[27] Okumuş Öksüz, E., et al. *Assessment of Basin Master Plans of the Turkish Republic of Northern Cyprus*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, 2024. https://www.researchgate.net/publication/383910645

[28] Türker Türken. *Sustainable Water Management in Northern Cyprus*. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, 2024. https://www.researchgate.net/publication/383910645

[29] Tekin, S., H. Gümüşsoy, and G. Bozoğlu. "Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinde Tıkanıklık Düzeyi ve Performans Değerlendirmesi." *Mediterranean Agricultural Sciences*, vol. 34, no. 2, Aug. 2021, pp. 223–232. https://doi.org/10.29136/mediterranean.833614.

[30] Evrim, T. "Havzalararası Su Transferinde Büyük Adım: KKTC İçme Suyu Temin Projesi / A Major Step in Inter-Basin Water Transfer: TRNC Drinking Water Supply Project."

[31] "Kıbrıs'a Akan Barış Nehri: Ülkelerarası Su Transferi." 2014.

[32] Kavsiraci, O., and O. Tellioğlu. "Türkiye-KKTC Su Temin Projesi ve Stratejik Güvenliği / Turkey-Cyprus Water Supply Project and Strategic Security."

[33] New Script-Earth Engine Code Editor https://code.earthengine.google.com/ Erişim Tarihi: 2 Temmuz 2025

[34] Reis, I., D. Baron, and S. Shahaf. "Probabilistic Random Forest: A Machine Learning Algorithm for Noisy Data Sets." *Astronomical Journal*, vol. 157, no. 1, Jan. 2019, p. 16. https://doi.org/10.3847/1538-3881/aaf101.

[35] Azhari, M., et al. "Adaptation of the Random Forest Method: Solving the Problem of Pulsar Search." *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Oct. 2019. https://doi.org/10.1145/3368756.3369004.

[36] Xie, Y., X. Zhao, L. Li, and H. Wang. "Calculating NDVI for Landsat7-ETM Data after Atmospheric Correction Using 6S Model: A Case Study in Zhangye City, China." *2010 18th International Conference on Geoinformatics*, 2010. https://doi.org/10.1109/GEOINFORMATICS.2010.5567553.

[37] Gao, B.-C. *Naval Research Laboratory, 4555 Overlook Ave*. ©Elsevier Science Inc, 1996.

[38] Huete, A. R. "A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)." *Remote Sensing of Environment*, vol. 25, no. 3, 1988, pp. 295–309. https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X.

[39] Hu, Y., et al. "Spatial-Temporal Pattern of GIMMS NDVI and Its Dynamics in Mongolian Plateau." *2008 International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications*, 2008. https://doi.org/10.1109/EORSA.2008.4620310.

[40] Xu, H. "Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery." *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27, no. 14, July 2006, pp. 3025–3033. https://doi.org/10.1080/01431160600589179.

[41] Kebede, T. A., B. T. Hailu, and K. V. Suryabhagavan. “Evaluation of Spectral Built-up Indices for Impervious Surface Extraction Using Sentinel-2A MSI Imageries: A Case of Addis Ababa City, Ethiopia.” *Environmental Challenges*, vol. 8, Aug. 2022. https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100568.

[42] Kaimaris, D., and P. Patias. “Identification and Area Measurement of the Built-up Area with the Built-up Index (BUI).” 2016. http://technical.cloud-journals.com/index.php/IJARSG/article/view/Tech-627.

[43] Elvidge, C. D., et al. “Fifty Years of Nightly Global Low-Light Imaging Satellite Observations.” *Frontiers in Remote Sensing*, 2022. https://doi.org/10.3389/frsen.2022.919937.

[44] Ma, J., et al. “Constructing a New Inter-Calibration Method for DMSP-OLS and NPP-VIIRS Nighttime Light.” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 6, Mar. 2020. https://doi.org/10.3390/rs12060937.

[45] Yücel, B. “Estimating Regional GDP per Capita in Türkiye: Insights from Nighttime Lights and Land Use Dynamics.”

[46] Tridawati, A., et al. “Mapping the Distribution of Coffee Plantations from Multi-Resolution, Multi-Temporal, and Multi-Sensor Data Using a Random Forest Algorithm.” *Remote Sensing*, vol. 12, no. 23, Dec. 2020, pp. 1–23. https://doi.org/10.3390/rs12233933.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

Tek, İ., D. E. Akyuz, and F. B. Sanli. “Determination of Nighttime Lights Change: The Case of North Cyprus.” *3rd International Conference on Sustainable Cities and Urban Landscapes*, 13–14 Dec. 2024, Kyrenia, TRNC, p. 45.