



Karabağ (Azerbaycan) İşgali Nedeniyle Yöre Arazi Örtüsü ve Kullanımındaki Değişimlerin Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Tespit ve Analizi

Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

İsa MUSTAFAYEV

ORCID 0000-0002-0846-3806

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU

Temmuz 2022

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **İsa MUSTAFAYEV** tarafından hazırlanan **Karabağ (Azerbaycan) işgali nedeniyle yöre arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimlerin uzaktan algılama yöntemleri ile tespit ve analizi** başlıklı bu çalışma tarafımızca okunmuş olup, yapılan savunma sınavı sonucunda kapsam ve nitelik açısından başarılı bulunarak jürimiz tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

ONAYLAYANLAR:

Tez Danışmanı: **Prof. Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU**
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Prof. Dr. Murat YAKAR
Mersin Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Güven KOÇAK
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Savunma Tarihi: 05.07.2022

Yazarlık Beyanı

Ben, **İsa MUSTAFAYEV**, başlığı **Karabağ (Azerbaycan) işgali nedeniyle yöre arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimlerin uzaktan algılama yöntemleri ile tespit ve analizi** olan bu tezimin ve tezin içinde sunulan bilgilerin şahsıma ait olduğunu beyan ederim. Ayrıca:

- Bu çalışmanın bütünü veya esası bu üniversitede Yüksek Lisans derecesi elde etmek üzere çalıştığım süre içinde gerçekleştirilmiştir.
- Daha önce bu tezin herhangi bir kısmı başka bir derece veya yeterlik almak üzere bu üniversiteye veya başka bir kuruma sunulduysa bu açık biçimde ifade edilmiştir.
- Başkalarının yayımlanmış çalışmalarına başvurduğum durumlarda bu çalışmalara açık biçimde atıfta bulundum.
- Başkalarının çalışmalarından alıntıladığımda kaynağı her zaman belirttim. Tezin bu alıntılar dışında kalan kısmı tümüyle benim kendi çalışmamdır.
- Kayda değer yardım aldığım bütün kaynaklara teşekkür ettim.
- Tezde başkalarıyla birlikte gerçekleştirilen çalışmalar varsa onların katkısını ve kendi yaptıklarımı tam olarak açıkladım.

Tarih: 05.07.2022

Karabağ (Azerbaycan) işgali nedeniyle yöre arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimlerin uzaktan algılama yöntemleri ile tespit ve analizi

ÖZ

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), bir dizi mekânsal ve zamansal ölçekte arazi kullanımı ve arazi örtüsündeki değişikliklerin modellenmesi, izlenmesi ve haritalanması için oldukça önemlidir.

Azerbaycan'ın yaklaşık 30 yıldır Ermenistan tarafından işgal altında kalan toprağı Karabağ'ın arazi kullanımı ve arazi örtüsünde önemli değişiklikler olmuştur. Şehirleşmenin durduğu, ormanların yakıldığı ve tahrip edildiğı, tarımsal faaliyetin durduğu işgal süreci, arazi örtüsü ve kullanımında ciddi değişikliklere neden olmuştur.

Bu tez çalışmasında özellikle geriye dönük veri elde etmenin neredeyse olanaksız olduğu bu dönemde, tek veri kaynağı haline gelen Uzaktan Algılama yöntemi ve bu verilerin analizinde ise Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Karabağ bölgesindeki değişim incelenmiştir. 1986-2021 yılları arasında altı farklı zamana ait LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ ve LANDSAT 8 OLI/TIRS uydu görüntülerine piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma algoritmaları ile literatürde önerilen değişik indekslerle beraber “temel bileşen analizlerini de” içeren yerleşim alanı analiz indekleri ile arazi örtüsü ve kullanımı tespit ve değişimi zamansal olarak haritalanmaya çalışılmıştır.

Savaşın etkisi ile yerleşim alanlarında oluşan değişimi daha detaylı incelemek için çalışma alanına Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI), Normalize Edilmiş Fark

Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI), Modifiye Edilmiş Fark Su Alanı İndeksi (MNDWI) ve İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI) spektral indeksleri uygulanmıştır.

Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre, bölgede yaşanan işgal sebebi ile 1991 yılında yerleşim alanları 13,31 km²'lik alanı kapsarken, 2001 senesi itibarı ile 7,77 km²'lik gerileme ile 5,54 km² alanı kapsamaktadır. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 11,37 km²'lik artış ile 16,91 km² alanı kapsamaktadır. Tarım alanları 1991 yılında 1703,52 km²'lik alanı kapsarken, 2001 senesi itibarı ile 434,52 km²'lik gerileme ile 1269 km² alanı kapsamaktadır. 2021 senesi itibarı ile tarım alanları 657,43 km²'lik gerileme ile 611,57 km² alanı kapsamaktadır.

Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) sonuçlarının ortak değerlendirilmesi sonucu, 1991 senesi itibarı ile Ağdam şehri ve etraf yerleşim alanları 25,13 km²'lik alanı kapsarken, 2001 senesi itibarı ile 24,85 km²'lik gerileme ile 0,28 km² alanı kapsamaktadır. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,28 km² olmuştur. Eski Ağdere şehri ve etraf yerleşim alanları 1991 senesi itibarı ile 11,33 km²'lik alanı kapsarken, 2001 senesi itibarı ile 11,05 km²'lik gerileme ile 0,28 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile 1,54 km²'lik artış ile 1,82 km² alanı kapsamaktadır. Füzuli şehri ve etraf yerleşim alanları 1991 senesi itibarı ile 8,49 km²'lik alanı kapsarken, 2001 senesi itibarı ile 7,15 km²'lik gerileme ile 1,34 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile 0,61 km²'lik gerileme ile 0,73 km² alanı kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, LANDSAT, Arazi Kullanımı, Karabağ, Spektral indeks

Detection and analysis of changes in the land cover and land use due to the invasion of Karabakh (Azerbaijan) by remote sensing methods

Abstract

Remote sensing and geographic information systems (GIS) are essential for modeling, monitoring and mapping changes in land use and land cover across a range of spatial and temporal scales.

There have been significant changes in the land use and land cover of Karabakh, the land of Azerbaijan that has been occupied by Armenia for about 30 years. It has caused the land cover to change at a time when urbanization has stopped, forests have been burned and destroyed, and agricultural activity has stopped.

In this thesis, the change in the Karabakh region was examined by using Remote Sensing techniques in data acquisition and Geographical Information Systems in data management. Between 1986-2021, LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ and LANDSAT 8 OLI/TIRS satellite images belonging to six different times were collected with pixel-based controlled classification algorithms and various indexes suggested in the literature, together with residential area analysis indices including "principal component analysis", land cover and It has been tried to map the usage, determination and change temporally.

In order to examine the changes in settlement areas due to the effect of war in more detail, the Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI), Normalized Differential Build-up Index

(NDBI), Modified Normalized Differential Water Area (MNDWI) and Index Based Build-up Index (IBI) spectral indexes have been applied.

According to the results of the supervised classification, while the residential areas covered an area of 13,31 km² in 1991 due to the occupation in the region, they cover an area of 5,54 km² with a decrease of 7,77 km² as of 2001. As of 2021, residential areas cover an area of 16,91 km² with an increase of 11,37 km². While agricultural areas covered an area of 1703,52 km² in 1991, it covers an area of 1269 km² with a decrease of 434,52 km² as of 2001. As of 2021, agricultural areas cover an area of 611,57 km² with a decrease of 657,43 km².

As a result of the joint evaluation of the Normalized Difference Settlement Area Index (NDBI) and Principal Component Analysis (PCA) results, while the city of Agdam and its surrounding settlements covered an area of 25,13 km² as of 1991, 24,85 km² as of 2001. It covers an area of 0,28 km² with a regression. As of 2021, the settlement areas have been 0,28 km². While the old Agdere city and its surrounding settlement areas covered an area of 11,33 km² as of 1991, it became 0,28 km² with a decrease of 11,05 km² as of 2001. As of 2021, it covers an area of 1,82 km² with an increase of 1,54 km². While Ağdere city and its surrounding settlement areas covered an area of 8,49 km² as of 1991, it became 1,34 km² with a decrease of 7,15 km² as of 2001. As of 2021, it covers an area of 0,73 km² with a decrease of 0,61 km².

Keywords: Remote sensing, Geographic Information Systems, LANDSAT, Land Use, Karabakh, Spectral index

Sevgili Aileme...

Teşekkür

Öğrenim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme, tez süresi boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Özşen ÇORUMLUOĞLU'na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İçindekiler

Yazarlık Beyanı.....	ii
Öz.....	iii
Abstract	v
Teşekkür	viii
İçindekiler	ix
Şekiller Listesi.....	xii
Tablolar Listesi.....	xvi
Grafikler Listesi	xviii
Kısaltmalar Listesi	xix
1 Giriş	1
2 Literatür Araştırması.....	4
3 Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Metodoloji	5
3.1 Uzaktan Algılama.....	5
3.1.1 Uzaktan Algılamada Kullanılan Bazı Uydular	9
3.1.2 Elektromanyetik Enerji ve Spektrum	10
3.1.3 Elektromanyetik Enerji ve Yeryüzü Objeleri ile Etkileşimi.....	11
3.1.4 Uzaktan Algılamada Çözünürlük	12
3.1.5 Uzaktan Algılama Görüntülerinde Ön Düzeltme İşlemleri.....	15
3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri	17
3.2.1 Uzaktan Algılamanın Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İlişkisi	18
3.3 Sınıflandırma.....	19
3.3.1 Piksel Tabanlı Sınıflandırma	20

3.4 Doğruluk analizi	21
3.5 Uzaktan Algılamada Spektral İndeksler.....	22
3.5.1 Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi(NDBI).....	23
3.5.2 Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI).....	23
3.5.3 Modifiye Edilmiş Fark Su Alanı İndeksi (MNDWI)	24
3.5.4 İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI).....	24
3.6 Temel Bileşen Analizi (PCA)	25
4 Çalışma Alanı.....	26
4.1 Ağdam İlinin Genel Özellikleri.....	28
4.2 Füzuli İlinin Genel Özellikleri	29
4.3 Hocavend İlinin Genel Özellikleri	30
4.4 Hocalı İlinin Genel Özellikleri.....	31
4.5 Zengilan İlinin Genel Özellikleri	31
4.6 Kubadlı İlinin Genel Özellikleri.....	31
4.7 Kelbecer İlinin Genel Özellikleri	32
4.8 Laçın İlinin Genel Özellikleri.....	32
4.9 Şuşa İlinin Genel Özellikleri.....	33
5 Materyal ve Yöntem.....	34
5.1 Kullanılan Veriler ve Yazılım.....	34
5.2 LANDSAT	36
5.3 Uydu Görüntüleri Değerlendirme Yazılımı	36
6 Uygulama	38
6.1 Uydu Görüntülerinin Seçimi	38
6.2 Histogram Eşitleme	39
6.3 Bant Birleştirme	40
6.4 LANDSAT Görüntüsünün Mozaiklenmesi (Mosaic Images).....	41

6.5 Geometrik düzeltme (Geometric Correction).....	42
6.6 Sınıflandırma ile Tüm Çalışma Alanı için Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Sınıflarının Oluşturulması.....	43
6.6.1 1986 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım ve Değişimi Bulguları	46
6.6.2 1991 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları	48
6.6.3 1995 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları	50
6.6.4 2001 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları	52
6.6.5 2007 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları	54
6.6.6 2021 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları	56
6.7 Doğruluk Analizleri.....	57
6.8 Arazi örtüsü ve Kullanımlarına göre Değişim analizleri.....	63
6.9 Yerleşim Alanlarının Uzaktan Algılama İndeksleri İle Analizi	72
7 Yerleşim Alanları Esas Alınarak Yapılan Kontrollü Sınıflandırma ve İndeks Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Sonuçların İrdelenmesi	77
7.1 Ağdam İli Değişim Analizi Bulguları	78
7.2 Terter İli Değişim Analizi Bulguları	86
7.3 Hocalı İli, Şuşa ve Hankendi Şehirlerinin Değişim Analizi Bulguları.....	94
7.4 Hocavent İli Değişim Analizi Bulguları.....	99
7.5 Füzuli İli Değişim Analizi Bulguları.....	103
8 Sonuç ve Değerlendirme	112
Kaynaklar	115
Özgeçmiş	122

Şekiller Listesi

Şekil 3.1	Uzaktan algılama biliminin genel bir gösterim işlemi [27]	6
Şekil 3.2	Uzaktan algılama iş akışı [29].....	7
Şekil 3.3	Elektromanyetik spektrum [32]	11
Şekil 3.4	Mekansal çözünürlük ile görüntü detayı arasındaki ilişki [38].....	13
Şekil 3.5	Landsat TM sensörüne ait bantların spektral çözünürlükleri [39]	14
Şekil 3.6	Aynı bölgeye ait farklı radyometrik çözünürlüğe sahip görüntüler [40]	15
Şekil 4.1	Çalışma alanı ve coğrafi konumu	26
Şekil 4.2	Ağdam ili işgalden sonra [70].....	29
Şekil 4.3	Füzuli ili işgalden sonra [70]	30
Şekil 5.1	Çalışma alanına ait 1/2500 ölçekli topoğrafik harita	35
Şekil 6.1	Histogram eşitleme işlemi öncesi ve sonrası	40
Şekil 6.2	2021 senesine ait çalışma alanı mozaikleme işleminden sonra	41
Şekil 6.3	2021 senesine ait çalışma alanı mozaikleme işlemi öncesi	42
Şekil 6.4	Uydu görüntüsü projeksiyon bilgileri kontrolü	43
Şekil 6.5	Farklı sınıfları temsil eden alanlar üzerinden eğitim verilerinin seçilmesi....	45
Şekil 6.6	İşgal edilmiş toprakların 1986 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası	47
Şekil 6.7	İşgal edilmiş toprakların 1991 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası	49
Şekil 6.8	İşgal edilmiş toprakların 1991 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası	51
Şekil 6.9	1997 yılı sınıflandırılmış görüntü	51

Şekil 6.10	İşgal edilmiş toprakların 2007 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası	55
Şekil 6.11	İşgal edilmiş toprakların 2021 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası	57
Şekil 6.12	İşgal edilmiş toprakların yıllara göre sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası ve Dağlık Karabağ sınırı: (A) 1991 yılı, (B) 2021 yılı..	65
Şekil 6.13	İşgalin tarım alanlarına etkisini gösteren, 2020 yılına ait “Google Earth” görüntüsü	68
Şekil 6.14	Spektral indeksler uygulanmış görüntüler: (A) SAVI, (B) MNDWI, (C) IBI ve (D) NDBI.....	73
Şekil 6.15	Çalışma alanı NDBI indeksi, işgal öncesi(A) ve işgal sonrası(B).....	74
Şekil 6.16	Çalışma alanı PCA uygulaması, işgal öncesi(A) ve işgal sonrası(B)	75
Şekil 6.17	PCA uygulanmış görüntü histogramı.....	75
Şekil 6.18	Vektör veriye dönüştürülmüş 1991 senesine ait NDBI indeksi sonucu	76
Şekil 7.1	Kontrollü sınıflandırma sonucu Ağdam ili yıllara göre arazi örtüsü ve kullanımı: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	79
Şekil 7.2	Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre 1991 ve 2021 yıllarındaki Ağdam kent merkezi arazi örtüsü ve kullanımı	80
Şekil 7.3	Ağdam şehir merkezinin yıllara göre “Google Earth” görüntüsü: (A) 2004 yılı, (B) 2009 yılı, (C) 2021 yılı.....	81
Şekil 7.4	Ağdam şehir merkezi ve etrafının yıllara göre PCA sonucu	82
Şekil 7.5	Ağdam şehir merkezi ve etrafının yıllara göre NDBI sonucu	83
Şekil 7.6	Ağdam şehir merkezi ve etrafının PCA ve NDBI sonuçlarının karşılaştırılması	84
Şekil 7.7	Ağdam şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	85

Şekil 7.8	Yıllara göre Terter ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	88
Şekil 7.9	Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre 1991, 2001 ve 2021 yıllarındaki Ağdere kent merkezi arazi örtüsü ve kullanımı	89
Şekil 7.10	Terter iline ait köylerin yıllara göre “Google Earth” görüntüsü: (A) 2004 yılı, (B) 2020 yılı	89
Şekil 7.11	Ağdere şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının yıllara göre PCA sonuçlarını içeren haritalar	90
Şekil 7.12	Ağdere şehir merkezi ve etrafındaki yerleşim alanlarının yıllara göre NDBI sonuçlarını içeren haritalar	91
Şekil 7.13	Ağdere şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının 1986-2021 yılları arası PCA ve NDBI sonuçlarına göre karşılaştırılması	92
Şekil 7.15	Yıllara göre Hocalı ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	96
Şekil 7.16	Şuşa ve Hankendi şehir merkezlerinin 1991, 2001 ve 2021 yıllarına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları	97
Şekil 7.17	Hankendi şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	98
Şekil 7.18	Yıllara göre Hocavent ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	100
Şekil 7.19	Hocavent şehir merkezi 1991, 2001 ve 2021 yılları	101
Şekil 7.20	Hocavent şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	102
Şekil 7.21	Yıllara göre Füzuli ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı	104

Şekil 7.22	Hocavent şehir merkezinin 1991 ve 2021 yıllarına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları	105
Şekil 7.23	Füzuli şehir merkezinin yıllara göre “Google Earth” görüntüsü: (A) 2005 yılı, (B) 2010 yılı ve (C) 2020 yılı.....	106
Şekil 7.24	Füzuli şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının yıllara göre PCA sonuçlarını içeren haritalar.....	107
Şekil 7.25	Füzuli şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının yıllara göre NDBI sonuçlarını içeren haritalar	108
Şekil 7.26	Füzuli şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının 1986-2021 yılları arası PCA ve NDBI sonuçlarına göre karşılaştırılması	109
Şekil 7.27	Füzuli şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı (2007 yılı görüntüsü ise yakılan arazi ve yakının boyutlarını göstermektedir)	110

Tablolar Listesi

Tablo 5.1	Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri.....	35
Tablo 6.1	Seçilen arazi örtüsü sınıfları	44
Tablo 6.2	1986 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri	46
Tablo 6.3	1991 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri	48
Tablo 6.4	1995 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri	50
Tablo 6.5	2001 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri	52
Tablo 6.6	2007 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri	54
Tablo 6.7	2021 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri	56
Tablo 6.8	1986 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi	58
Tablo 6.9	1991 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi	59
Tablo 6.10	1995 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi	60
Tablo 6.11	2001 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi	60
Tablo 6.12	2007 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi	61
Tablo 6.13	2021 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi	62
Tablo 6.14	Kontrollü sınıflandırma sonucuna göre Dağlık Karabağ bölgesinde yerleşim alanlarının yıllara göre dağılımı	66

Tablo 6.15	Kontrollü sınıflandırma sonucuna göre Dağlık Karabağ bölgesinde tarım alanlarının yıllara göre dağılımı	67
Tablo 7.1	Ağdam ili kontrollü sınıflandırma sonucu arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları.....	79
Tablo 7.2	Terter ilinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları	87
Tablo 7.3	Hocalı ili, Şuşa ve Hankendi şehirlerinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları.....	95
Tablo 7.4	Hocavent ilinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları	99
Tablo 7.5	Füzuli ilinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları	103

Grafikler Listesi

Grafik 6.1	Uygulama iş akışı	38
Grafik 6.2	Yerleşim alanı sınıfının yıllara göre alansal değişimi	64
Grafik 6.3	Tarım alanı sınıfının yıllara göre alansal değişimi	67
Grafik 6.4	Orman alanı sınıfının yıllara göre alansal değişimi.....	69
Grafik 6.5	Yeşil alan sınıfının yıllara göre alansal değişimi.....	70
Grafik 6.6	Sulak alan sınıfının yıllara göre alansal değişimi	71
Grafik 6.7	Diğer alanlar sınıfının yıllara göre alansal değişimi.....	72
Grafik 7.1	Ağdam şehir merkezi ve etrafının PCA ve NDBI sonuçları (km ²)	84
Grafik 7.2	Ağdam şehir merkezi ve etrafının PCA ve NDBI sonuçları (km ²)	92
Grafik 7.3	Ağdam şehir merkezi MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçları (km ²).	94
Grafik 7.4	Hankendi şehir merkezi yerleşiminin MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre kapladığı alanlar (km ²)	98
Grafik 7.5	Hocavent şehir merkezi MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçları (km ²)	102
Grafik 7.6	Füzuli şehri ve etrafı yerleşim yerlerinin 1986-2021 yılları arası PCA ve NDBI sonuçlarına göre kapsadığı alanlar	109

Kısaltmalar Listesi

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
MNDWI	Modifiye Edilmiş Fark Su İndeksi
NDBI	Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi
OLI	Operasyonel Yer Görüntüleyicisi
PCA	Temel Bileşenlerin Analizi
TIRS	Termal (Isıl) Kızılötesi Algılayıcılar
TM	Tematik Haritalayıcı
UA	Uzaktan Algılama
USGS	Amerikan Ulusal Jeoloji Birimi
WGS	Dünya Jeodezik Sistemi

Bölüm 1

Giriş

Dünya uzun zamandan beri sürekli bir değişim halindedir. Doğal ve insani süreçlerin neden olduğu değişiklikler, küresel ve bölgesel ölçekte sorunlar yaratmıştır. Dünya yüzeyindeki değişimlerin tespiti hakkında zamanında ve kesin bilgi elde edilmesi, insan ve doğa olayları arasındaki ilişkiler ile etkileşimleri anlamak, bir sonraki adımda doğru karar vermek için son derece önemlidir [1]. Gezegenimizde insan nüfusu giderek hızlı bir şekilde artmakta ve doğal ortamın/çevrenin insan peyzajına dönüşmesine neden olmaktadır. İnsan yerleşimleri, tarım arazisi ihtiyacı, özellikle sanayi alanları ve büyük kentsel alanlar çevrelerini önemli ölçüde değiştirmektedir. Dünya'yı uzaydan izlemek, bu faaliyetlerinin etkisinin ve değişen arazi kullanımları sonucu zaman içerisinde arazi örtüsü üzerinde oluşan değişikliklerin ve insan etkilerinin anlaşılması için oldukça önemlidir.

Günümüzde, gerek bölgesel ve gerekse de daha yerel ölçekte uzaktan algılama, geniş alanların analizinde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Çok bantlı spektral görüntüler ve bunlar üzerinden gerçekleştirilen arazi sınıflandırması; arazi örtüsü haritalarının [2-3-4], kentsel büyümenin [5], orman değişimi [6-7-8], ormansızlaşmanın ve yanmış orman alanlarının değerlendirilmesinin izlenmesi [9], tarımsal genişleme [10-11], mısır haritalama [12], gerçek zamanlı yangın algılama, kasırga hasar alanlarını tahmin etme [13], göllerin su kalitesi özelliklerinin tahmin edilmesi [14-15], jeolojik haritalama, mahsul tahmini, çevre kirliliğinin izlenmesi [16] ve s. gibi alanlarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama uydu görüntüleri, askeri operasyonların etkinliğini artırmak, birlik konuşlandırmaları ve askeri konumlandırma hakkında bilgi sağlama gibi alanlarda uzun süredir kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu tür teknolojinin savaşla ilgili kullanımlarının yanı sıra, bazı akademik araştırmacılar, savaşın etkilerini incelemek için bu teknolojiyi kullanmaya başlamış bulunmaktadır. Savaşın etki araştırmalarında uydu görüntülerinin kullanımı, yüzlerce petrol kuyusu yangınından kaynaklanan büyük etkilerin yol açtığı savaşın çevresel sonuçlarına yoğun ilgi nedeniyle, Irak ve Kuveyt arasındaki 1991 Körfez Savaşı sırasında kamuoyunun büyük ilgisini çekmiştir [17]. O zamandan beri, çok sayıda araştırmacı, savaş etkilerini göstermek için uydu görüntülerini kullanmaya başlamıştır. Başlangıçta köyleri, kentsel altyapıyı, konutları ve kentsel yapıyı çevreyi izleyerek savaşın şiddetine ve askeri hareketin ani etkilerine odaklanılmıştır. Öte yandan, yerel sakinlerin kitlesel olarak yerinden edilmesi; savaş sonucu tarım alanlarının yeniden bitkilendirilmesi ve yeni altyapının oluşturulması gibi konularda uzaktan algılama kullanılmıştır [18].

Bu tez çalışmasının yapıldığı Karabağ bölgesi, Azerbaycan devletinin batısında yer alan, Dağlık Karabağ ve etraf yedi il ile beraber Ermenistan tarafından işgal edilen bölgedir. Dağlık Karabağ, 1990 yılının başlarından itibaren jeopolitik konumu ve verimli toprakları nedeniyle Ermenistan ve Azerbaycan arasında tampon bölge olmuştur. Bu bağlamda Ermenistan'ın bu bölgeyi kendi sınırlarına dahil etmek istemesiyle savaş başlatması ve birçok insanı katletmesiyle birlikte dünya arenasında da gözler bu bölgeye çevrilmiştir. Nüfusun çoğunluğu Ermenilerden oluşan Dağlık Karabağ, Ermenistan'a bağlı olmak istemekte ve Azerbaycan'a bağlı olmaya itiraz etmektedirler. Ermenistan'a göre ise bu bölge ya Ermenistan'a bağlanmalı ya da bağımsız olmalıdır. 1988 senesinden başlayan bu çekişmeler, 1992 yılı itibarı ile açık bir savaşa dönüşmüştür. 1994 senesinin mayıs ayına kadar süren Birinci Karadağ savaşında Rusya'nın da desteğini alan Ermenistan, savaşı kazanmış ve netice itibariye birçok Azerbaycan vatandaşı katledilmiş ya da kendi öz topraklarından göç ettirilmiştir.

Yaklaşık 30 seneye yakın bir süre boyunca işgal altında olan Karabağ, 27 Eylül 2020'de başlatılan taarruz operasyonunun sonucunda özgürlüğüne kavuşturulmuştur. Bu operasyon ile, 44 gün süren askeri operasyonlar sonucu Azerbaycan Ordusu, Cebrail,

Füzuli, Zengilan, Kubadlı, Şuşa illeri başta olmakla toplam 300'den fazla yerleşim yeri ve önemli stratejik yükseklikleri işgalden kurtarılmıştır. İşgal, 10 Kasım 2020'de Azerbaycan, Ermenistan ve Rusya tarafından Ateşkes Antlaşması'nın imzalanmasıyla nihayet sona ermiştir. Antlaşmaya göre Ermenistan Ağdam, Kelbecer ve Laçın bölgelerini Azerbaycan kontrolüne geri verirken, Azerbaycan tarafı ise, Ermenistan ile Karabağ'da yaşayan Ermeniler arasında insani bir bağlantı olarak kullanılacak Laçın Koridoru'nun güvenliğini garanti eder konuma gelmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı; veri elde etme ve analizlerinde Uzaktan Algılama teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak işgal öncesi, sonrası ve güncel durum bağlamında Karabağ bölgesindeki değişimin tespiti, incelenmesi ve değerlendirilmesine olanak sağlamaktır ve işgalin etkilerini ortaya koymaktır. 1986 - 2021 yılları arasında çalışma alanı olarak belirlenen alanlarındaki zamansal ve mekansal değişim hakkında bilgi edinmek, işgal neticesinde Azerbaycan devleti ve azeri halkları nezdinde oluşan zararı hesaplamak, bu bilgiler ile geleceğe yönelik gerekli planlamaların daha gerçekçi yapılmasına olanak sağlamak, daha doğru kararların alınmasına yardımcı olmak ve ilgili yürütülecek çalışmalara bir altlık oluşturmak amaçlanmaktadır.

Bölüm 2

Literatür Araştırması

Yapılan literatür çalışmaları neticesinde uzaktan algılama teknikleri kullanılarak arazi örtüsü/kullanımı değişimiyle ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenmiş ve bazı çalışmalar örnek olarak aşağıda özetlenmiştir.

Keleş (2019) [19] tarafından yürütülen bir çalışmada, Adana ve Mersin illerinin bir bölümü ile Osmaniye ilinin tamamı üzerindeki arazi örtüsü ve kullanımı araştırılmıştır. Ayrıca Osmaniye ilinin idari açıdan il olduktan sonraki süreçte yaşadığı değişimin arazi örtüsü/kullanımına yansımaları da incelenmiştir. Çalışma alanı öncelikle ilçe bazlı yürütülüp değişimin hangi ilçelerde ne sebeple olduğu ele alınmıştır. Daha sonra ilçelerdeki sonuçlardan yola çıkılarak hem il hem de bölge bazlı yorumlamalar yapılmıştır. Bu sebeple 1995 yılına ait LANDSAT 5 TM ve 2017/2018 yılına ait LANDSAT 8 OLI/TIRS uydu görüntülerine piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma tekniği uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan arazi sınıfları CORINE Düzey 1 seviyesinde seçilmiştir. Her iki yıla ait sonuç görüntüleri doğruluk değerlendirmesine tabi tutulduktan sonra değişim analizleri yapılmış ve ortaya çıkan değişimin miktarı ve sebepleri incelenmiştir.

Diğer bir çalışmada ise, Gümüşhane ilinde bulunan, 4 yayla ve 2 köydeki zamansal ve mekânsal değişim farklı zamanlara ait uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile belirlenmeye çalışılmıştır [20]. Çalışma alanını kapsayan 1982 yılına ait siyah – beyaz hava fotoğrafları ve 2011 yılına ait yüksek çözünürlüklü WORLDVIEW-2 uydu görüntüsü elde edilmiş olup; arazi örtüsü, yol ve bina detaylarını tanımlamada ve sınıflandırmada, Gümüşhane iline ait CORINE arazi örtüsü sınıflandırma sistemine göre

üretmiş 2006 yılına ait arazi örtüsü veri katmanı ve 1/25 000 ölçekli standart topografik haritalardan faydalanılmıştır. Görsel değerlendirme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada CBS ile oluşturulan veri tabanına uygun veriler girilmek suretiyle değişim analizleri yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir. Sonuç olarak, Gümüşhane yöresinin sahip olduğu engebeli arazi yapısı, yörede yaşayan insanların birtakım ekonomik kısıtlılıklardan dolayı dışarıya göç etmesi, yayla alanlarını rekreasyon amaçlı kullanmak isteyen insanların bulunduğu birtakım yapılaşma faaliyetleri gibi unsurların etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Genç ve arkadaşları (2012) [21], tarafından yürütülen diğer bir çalışmada ise; Çanakkale il merkezi ve çevresinde arazi örtüsü/kullanımı çalışması yürütülmüş ve 1987-2010 yıllarında arazi örtüsü bitki kullanımı değişimlerinin uzaktan algılama verileri ve CBS teknikleri ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı yıllarda (1987, 2000 ve 2010) alınan Landsat TM, Landsat ETM+ görüntüleri kullanılarak Orman, Yerleşim, Tarım ve Diğer olarak 4 ana grubu içeren arazi örtüsü bitki kullanımı haritaları oluşturulmuştur. Sayısal haritalar yardımıyla Markov analizi ve alan görünüm analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda 1987-2000 ve 2000-2010 dönemleri için sınıfların birbirlerine dönüşümler, dönüşüm olasılıkları ile alan sayıları, alan yoğunlukları ve en büyük alan indeks değerleri hesaplanmıştır. Çalışma ile, yerleşim alanlarının yoğunluğunun artarken özellikle tarım alanlarının azaldığı tespit edilmiştir.

Khan ve Jhariya (2016) [22], tarafından yapılan “Land Use Land Cover Change Detection Using Remote Sensing and Geographic Information System in Raipur Municipal Corporation Area, Chhattisgarh” isimli çalışmada, Hindistan’ın Raipur ve Chhattisgarh bölgelerindeki arazi değişimi/kullanımı uzaktan algılama teknikleri ile belirlenmiştir. 1999 ve 2016 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri kullanılarak yapılan çalışmada 8 farklı sınıf oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda kentleşmenin sonucu olarak, 1999 yılında %27,5 olan kentsel alanlar %15,6 büyüyerek 2016 yılında %43,1 alanı kapsamıştır. Ekili alanlar 1999 yılında %56,8 alana sahip olurken, 2016 yılında %19,2 düşüşle %37,9 olduğu tespit edilmiştir.

Alqurashi ve Lalit Kumar (2014) [23], tarafından yapılan “Land Use and Land Cover Change Detection in the Saudi Arabian Desert Cities of Makkah and Al-Taif Using Satellite Data” isimli çalışmada, Mekke ve Taif şehirlerinin 1986, 1990, 2000 ve 2013 yıllarına ait Landsat (TM 4, 5 and OLI-TIRS) görüntülerinin yanı sıra, Mekke şehri için IKONOS görüntüsü ve Taif şehri için SPOT görüntüsü, sınıflandırma sonucunun değerlendirilmesi ve yorumlanması için kullanılmıştır. Arazi örtüsü/kullanımı haritalarını geliştirmek için maksimum olabilirlik ve nesne tabanlı sınıflandırma kullanılmıştır. Kentsel alanların dönem içinde Mekke'de yaklaşık %174 ve Al-Taif'te %113 arttığı gözlemlenmiştir. Çalışma alanı üzerindeki bitki örtüsünün analizi, bu ortamda değişen ortalama yağış nedeniyle yıldan yıla değişken bir dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma, maksimum olabilirlik sınıflandırmasından biraz daha fazla doğruluk sağladığı görülmektedir.

Rimal ve diğ. (2018) [24] , tarafından yapılan “Land Use/Land Cover Dynamics and Modeling of Urban Land Expansion by the Integration of Cellular Automata and Markov Chain” adlı çalışmada 1988'den 2016'ya kadar Landsat TM, ETM + ve OLI uydu görüntülerini kullanarak Katmandu vadisindeki şehirler ve çevresi için geçmiş ve mevcut arazi örtüsü/kullanımı değişikliklerini ve kentsel genişleme modelini araştırmıştır. Daha iyi bir analiz için, arazi kullanımı/örtüsü değişiklik bilgileri yedi zaman diliminde gruplandırılmıştır. Sınıflandırma, destek vektör makineleri (SVM) tekniği kullanılarak yapılmıştır. Markov Zinciri ve Hücresel Otomata'yı (MC-CA) birleştiren karma bir simülasyon modeli, 2024 ve 2032'de var olan gelecekteki kentsel yayılmayı tahmin etmek için kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucu olarak, yerleşim alanlarının 1988'de 40.53 km²'den 103.82 km² artarak 2016'da 144,35 km²'ye yükseldiği ve yıllık ortalama% 9,15 büyüme sağlandığı ve ekili alanların ise, 1988'de 764,87 km²'den 122,91 km² azalarak 2016'da 641,96 km²'ye gerilediği gözlemlenmiştir. İleriye dönük tahminlere baktığında ise, kentsel alanların 2024'de 200 km²'ye, 2032'de 238 km²'ye genişleyeceği ve ekili alanların ise 2024'de 587 km²'ye ve 2032'de 555 km²'ye düşeceği tahmin edilmektedir.

Sk. N. Rahaman ve N. Shermin (2021) [25], tarafından yapılan “Identifying Built-up Area Expansion and Comparing Two Conventional Built-up Area Extraction Method from LANDSAT Imagery: A Case Study on Khulna City” adlı çalışma Bangladeş'in gelişmekte

olan önemli bir şehri olan Khulna şehrine dayanmaktadır. Çalışmada, yerleşim alanlarının belirlenmesi için iki yöntem kullanılmıştır. İlk yöntem, LANDSAT-7-LANDSAT-8 görüntülerinden yerleşim alanı çıkarmak için Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) ve Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksini (NDBI) içerir. İkinci yöntem, yerleşim alanlarını belirlemek için Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI), Kısa Dalga Kızılötesi (SWIR) ve Termal Kızılötesi (TIRS) kullanmaktadır. Bangladeş'in Khulna şehrinin üç yıllık LANDSAT-7 ve LANDSAT-8 görüntüleri (1999, 2013 ve 2018) kullanılarak, iki geleneksel yöntem arasındaki fark da gözden geçirilmiştir. Uydu görüntüsü analizi sonuçları, 1999'dan 2013'e yerleşim alanı genişlemesinin 2013'ten 2018'e göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. İki farklı yöntemden elde edilen sonuçlar, NDWI, SWIR ve TIRS kullanımının, yerleşim alanı belirleme doğruluğunu artırabileceğini göstermektedir.

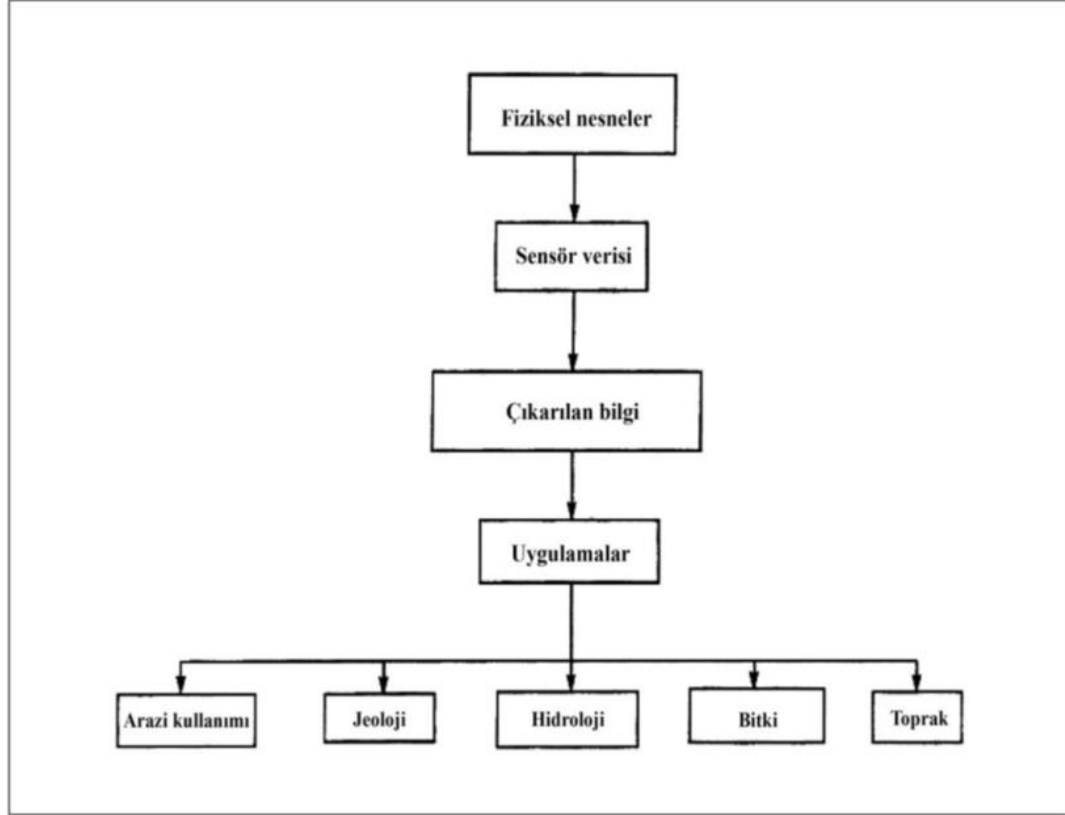
Bölüm 3

Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Metodoloji

3.1 Uzaktan Algılama

Uzaktan algılama, yeryüzü ve yer kaynaklarını inceleyerek onlarla fiziksel bağlantı kurmadan kaydetme ve bir inceleme tekniğidir. Bu sistem sayesinde dünyada bulunan doğal ve çevresel kaynakları inceleyip bunlar hakkında önemli bilgilere ulaşılmaktadır. Bu bilgileri dünya yüzeyindeki algılama birimlerine elektromanyetik enerji ile taşınır. Günümüzde yeryüzünün fiziksel yapısı hakkında birçok bilginin uzaktan algılama sistemleri sayesinde ulaşılmaktadır [26].

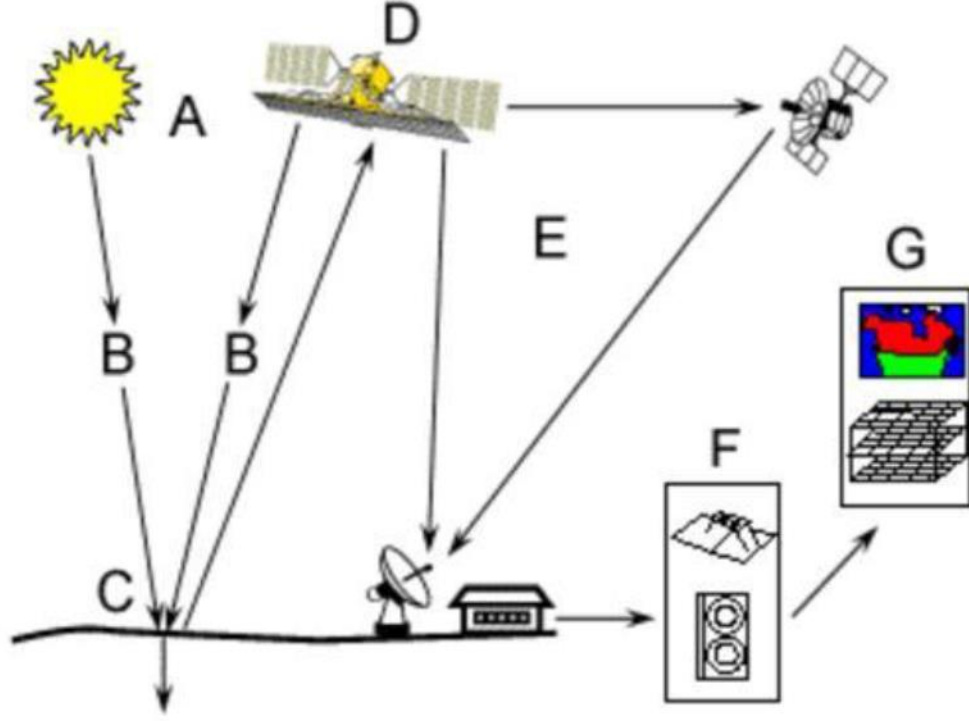
Uzaktan algılama sistemi, yeryüzünde belirli uzaklıkta atmosferde ya da uzaydan hareket eden platformlara yerleştirilen ölçüm aletleri sayesinde onlara dokunmaksızın yeryüzünde bulunan nesnelere ilgili bilgileri alıp değerlendirme işlemidir. Güneşin yansımaları ya da radar özelliği sahip elektromanyetik enerji hem uzay boşluğunda hem de yer yüzeyine yerleştirilmiş özel algılayıcılar sayesinde bilgisayar ortamında değerlendiriliyor.



Şekil 3.1: Uzaktan algılama biliminin genel bir gösterim işlemi [27]

Uzaktan algılama sistemi ile elektromanyetik enerjiyi uzaya yerleştirilmiş özel algılayıcılar kullanılarak yansıyan enerjinin sayısal olarak algılanıp yeryüzündeki gözlem platformlarına göndermektir. Radyometrik ve geometrik düzeltmelerden sonra bilgisayar ortamına aktarılan bu yansımaların renkleri ve gri tonlamasında oluşan parlaklıkların fotoğrafa benzeyecek şekilde görüntüye dönüştürülmesi ve yorumlanması temeline dayanır [28]. Uzaktan algılama, elektromanyetik radyasyonu insan gözünün görebildiği ve görünen bölgenin dışındaki bölgelerden de yararlanıp, yeryüzündeki cisimlere dokunmadan bu cisimler hakkında uzayda ve havada bilgiler toplanmaktadır. Tüm bu bilgileri sağlayan, uzaktan algılama sistemleri ile dünyanın çevresine konulan aktif veya pasif özellikte olan yer gözlem uydularıdır. Aktif uzaktan algılama uyduları yeryüzüne elektromanyetik radyasyonu mikro dalga ışınları kendisi gönderip yansımaları ölçen bir sistemle çalışır. Pasif uzaktan algılama uydular ise güneş ışığını yeryüzüne yansıması sonucu meydana gelen büyük alanların görüntülerini bir defadan, düzenli aralıklarla

sayısal olarak kaydedildikten sonra yer istasyonlarına iletilen yöntemdir [26]. Aşağıdaki şekilde uzaktan algılamadaki iş akışı gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Uzaktan algılama iş akışı [29]

- A- Enerji kaynağından elektromanyetik dalga boyutunun çıkışı.
- B- Atmosferden ışınların geçmesi.
- C- İncelenecek öge ile etkileşim.
- D- Algılayıcı düzenek tarafından dönen enerjinin kaydedilmesi.
- E- Kaydedilen bilgilerin yer istasyonuna gönderilmesi ve işlenmesi.
- F- Yorumlama ve analizlerin yapılması.
- G- Uygulama sonuçlarının oluşması olarak ifade edilebilir.

Uzaktan algılama sistemleri niteliklerine göre ikiye ayrılmaktadır bunlar; fotoğrafik olanlar ve fotoğrafik olmayanlardır. Fotoğrafik sistemde, cisimler optik olarak resimleri düzleme iz düşürerek görüntüyü fotoğraf filmin üzerine kaydeder. Fotoğraf filmine

uygulanan fiziki ve kimyasal işlemler sonucu cisimlerin görüntüsünü oluşturmaktadır. Fotoğrafik olmayan sistemlere bakıldığında bunlar cisimlerin yüzeyinde ortaya çıkan elektromanyetik ışınları elektron akımına dönüştürür. Uzaktan algılama sistemleri yapı ve çalışmalarına göre elektro-optik sistem ve mikrodalga algılayıcıları olarak iki ana gruba ayrılır. Elektro-optik sisteminde detektör aracılığı ile algılanan ışınları saptayıp ve elektriksel işaretlere dönüştürür. RADAR (Radio Detecting and Ranging) ise mikrodalga bölgesindeki algılamayı yapıp telsizle saptamayarak uzaklık ölçme olarak tanımlanır. Bu sisteminde, anten aracılığı ile hedeflenen cisme enerji dalgaları göndererek bu cisimlere çarparak geri dönen enerjii tekrar anten tarafından algılanılarak kaydeder [29]. Özellikle bilgisayar alanındaki teknolojik gelişmelerden dolayı ve uydu görüntülerinin fiyatlarında oluşan düşüşler, enstitüleri, birçok kurum ve kuruluşlar ve üniversitelerin mekânsal analizlerinde uzaktan algılama sistemlerini kullanmaya yönetmektedir [26]. Verileri toplamak için topoğrafik haritaları, orman haritaları ya da toprak haritaları gibi verilerden yerine daha çok uzaktan algılama sistemi ile oluşturulan verilerin kullanılması önemli avantajlar sağlamaktadır:

- a. Yeryüzünde hemen hemen her noktada uydu görüntüsü elde etmesine olanak sağlar. Ayrıca bu görüntüler oldukça geniş alanı kapsayan büyüklüğe sahiptir [26].
- b. Günümüz klasik sistemlerle bilgilerin toplanması, bunların bir araya getirilip, değerlendirip ve yorumlanması bir hayli zaman alırken uzaktan algılama sistemi ile çok daha kolay ve pratiktir [29].
- c. Periyodik olarak belirlenen bir alan için verileri elde etmeyi sağlar [26].
- d. Geleneksel yöntemler ekonomik olarak yüksek maliyet ve daha fazla araştırmacıya ihtiyaç var iken uzaktan algılama sistemi daha ekonomik olmaktadır [26].
- e. Uzaktan algılama sisteminde insan müdahalesi olmadığı için bağımsız, tarafsız, güvenilir ve objektif veri kaynağıdır [30].
- f. Uzaktan algılama sistemleri bilgisayar ve uzay teknolojisinin gelişimi doğrultusunda farklı disiplinler aradığında pek çok veriye kısa zaman içerisinde ulaşmasına imkân sağlar [30].
- g. Toplanan bilgiler yeryüzündeki materyallere aittirler [26].
- h. Uyduda alınan görüntüler dijital formdadırlar [26].

i. Uyduda alınan görüntülerin çözünürlüklerini iyileştirilmesi, renkli görüntüler elde edilmesi ve bu görüntülerin hava fotoğraflarını, yersel verileri ve sayısal arazi modelleriyle birlikte kullanılabilir olması önemli bilgiler sağlamaktadır [30].

Uzaktan algılama sistemi; Ormancılıkta, şehir planlamada, su ve atmosfer ile ilgili uygulamalarda büyük önem taşımaktadır. Bu sistem yeryüzü ve uzay bilimlerini bir arada bulduran önemli bir bilim dalını oluşturmaktadır [26].

Yurdumuzda uzakta algılama sistemi etkili bir şekilde kullanıldığı alanları şunlardır [31]:

- a. Tarım alanları ve bu alanda meydana gelen değişimlerin belirlenmesini sağlar.
- b. Kentsel alanları belirlenmesini imkân tanır.
- c. Jeolojik, jeomorfolojik ve yer yapısı hakkında verileri oluşturur.
- d. Topoğrafik haritaları ve sayısal arazi modellerini oluşturur.
- e. Bölgesel ısı ölçmeleri için kullanılır. Denizlerde ve buzullarda meydana gelen değişimlerin araştırmasında kullanılır.
- f. Okyanuslarda meydana gelen rüzgârların hızını ve yönünü belirlemede kullanılırlar.
- g. Meteorolojik tahminlerde kullanılır. Ormanlık alanlarda hasta olan ağaç gruplarını belirlemesine imkân sağlar.
- h. Dünya dışındaki diğer gezegenlerinde araştırmasında kullanılırlar.
- i. Şehir ve bölge planlamasında kullanılır. Arazilerin örtüsünü saptanmasında ve arazilerin kullanılmasındaki sınıflandırmayı belirlemede kullanılır.
- j. Doğal kaynaklar ve çevre yönetiminde kullanılır.

3.1.1 Uzaktan Algılamada Kullanılan Bazı Uydular

Günümüzde Dünya'nın yörüngesinde 1000'in üzerinde yer gözlem uydu sistemi bulunmaktadır. Farklı amaçlara yönelik uzaya fırlatılan ve daha çok sivil ve askeri amaçla kullanılan bu uydu sistemleri, ilk olarak iletişim alanında daha hızlı ve yüksek kapasiteli ama aynı zamanda da düşük maliyetli sistemler yaratma çabaları sonucunda ortaya

çıkmiştir. 1957 yılında uzaya ilk uydunun (SPUTNIK) gönderilmesi ile uzay çağı başlamış ve uydu sistemleri haberleşmenin yanı sıra birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Uydular en genel anlamda iki gruba ayrılmaktadır;

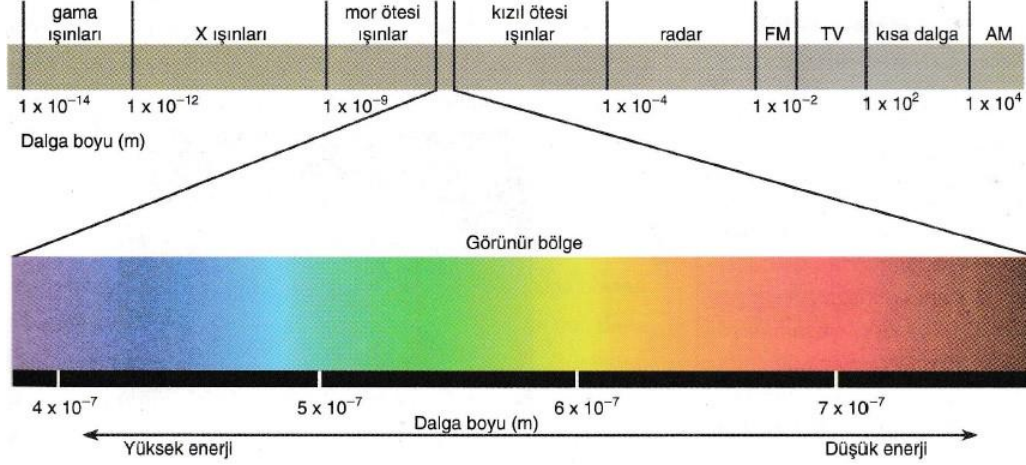
İnsansız uydular: Landsat, Meteosat, Rapid Eye, Spot, Ikonos, GeoEye, WorldView, Envisat, RASAT, Göktürk-2 vb.

İnsanlı uydular: Apollo, Gemini, Uzay mekiği, vb.

Genellikle çok katlı bir roketle yerleştirilip yerden fırlatılarak yörüngelerine sabitlenen insansız uydu sistemleri iki ana sistem elemanından oluşur.

3.1.2 Elektromanyetik Enerji ve Spektrum

Elektromanyetik tayf veya elektromanyetik spektrum evrenin herhangi bir yerinde fizik kurallarınca mümkün kılınan tüm elektromanyetik radyasyonu ve farklı ışınım türlerinin dalga boyları veya frekanslarına göre bu tayftaki rölatif yerlerini ifade eden kavramdır. Herhangi bir cismin elektromanyetik tayfı veya spektrumu, o cisim tarafından çevresine yayılan karakteristik net elektromanyetik radyasyonu tabir eder. Elektromanyetik tayf, dalga boylarına göre atom altı değerlerden başlayıp, binlerce kilometre uzunlukta olabilecek radyo dalgalarına kadar birçok farklı radyasyon tipini içerir. Elektromanyetik tayf teoride sonsuz ve sürekli olsa da pratikte kısa dalga boyu (yüksek frekans) ucunun limitinin Planck uzunluğuna, uzun dalga boyu (alçak frekans) ucunun limitinin ise evrenin tümünün fiziksel büyüklüğüne eşit olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.3: Elektromanyetik spektrum [32]

Elektromanyetik enerji ile cisim arasındaki etkileşme anında cisim tarafından yansıtılan, soğurulan ve geçirilen enerji o cismin yansıtma, soğurma ve geçirgenlik özelliklerine bağlıdır. Gama, X ve Ultraviyole ışınları tipindeki enerji atmosfer tarafından emildiği için uzaktan algılamada kullanılamazlar. $0.4-0.7 \mu\text{m}$ dalga uzunluğundaki elektromanyetik spektrumun gözle görünür kısımları hem fotoğraf makinalarında hem de algılayıcılarda kullanılır [33]. Gözle görünür ışık; mavi, yeşil ve kırmızı ışık olarak üçe ayrılır. Elektromanyetik spektrumun kızılötesi dalga boyu $0.7-15 \mu\text{m}$ arasında değişen kızılötesi radyasyondur. Bu bölge yansıyan kızılötesi ($0.7-3 \mu\text{m}$) ve yayılan kızılötesi ($3-14 \mu\text{m}$) olmak üzere, yansıyan kızılötesi ise yakın ($0.7-1.3 \mu\text{m}$) ve orta ($1.3-3 \text{mm}$) kızılötesi olarak da ikiye ayrılır.

3.1.3 Elektromanyetik Enerji ve Yeryüzü Objeleri ile Etkileşimi

Yeryüzünün herhangi bir bölgesine düşen elektromanyetik enerji yeryüzü ve yeryüzünde bulunan nesnelere ile yansıma, soğrulma veya geçme şeklinde etkileşimler gösterebilmektedirler. Değişik birçok nesnenin spektral duyarlılık açısından benzer olması durumu, görüntüler üzerinde bunların birbirlerinden ayırt edilmesini zorlaştırmaktadırlar. Bu sorunu ortadan kaldırmak amacıyla elektromanyetik spektrum daha dar ve daha çok sayıda kanala (bant) bölünerek çalışmalar yapılmaktadır [34].

3.1.4 Uzaktan Algılamada Çözünürlük

Bilgisayarın ekranında piksel miktarına çözünürlük olarak ifade edilip bu da uzakta algılama sisteminde görüntüde çıkarılacak bilginin kalitesini belirtir. Uzakta algılama yeryüzüne yansıyan ve yayılan elektromanyetik enerjinin dünya yörüngesinde yapay uyduların algılayıcıları tarafından algılanarak farklı dalga boyu aralıklarında kaydedilir. Uzaktan algılanmış olan verilerin daha iyi anlaşılabilmesi için çözünürlük özellikleri büyük önem taşır [26]. Genel olarak çözünürlük, görüntüde ayırt edilebilen iki nesne arasındaki minimum mesafedir. Çözünürlüğe daha yakın olan nesnelere, görüntüde tek bir nesne olarak görünür. Bununla birlikte, uzaktan algılamada çözünürlük terimi, yalnızca iki nesnenin varlığını tanımlamak için değil, aynı zamanda özelliklerini de içeren çözme gücünü temsil etmek için kullanılır. Bir başka deyişle, çözünürlük görüntüde gözlemlenebilen detayların miktarıdır. Bu nedenle, daha ince ayrıntıları gösteren bir görüntünün, daha kaba ayrıntıları gösteren görüntüye kıyasla daha iyi çözünürlüğe sahip olduğu söylenebilir. Uzaktan algılama sistemleri için çözünürlük türleri aşağıdaki gibidir [35].

- Zamansal çözünürlük,
- Mekansal çözünürlük,
- Spektral çözünürlük,
- Radyometrik çözünürlük.

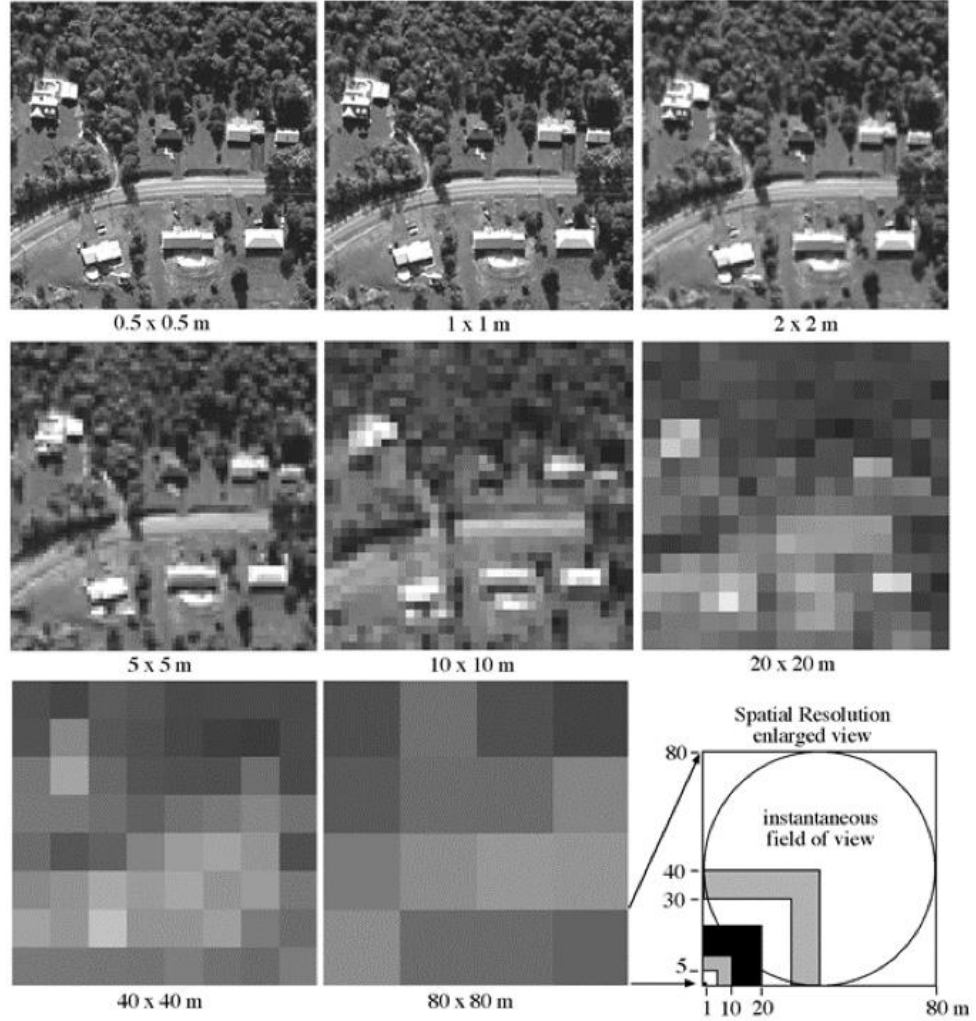
3.1.4.1 Zamansal Çözünürlük

Zamansal çözünürlük, bir sensörün söz konusu Dünya yüzeyinin bir bölümünü algılamasının periyodikliğini ifade etmektedir. Yani, bir uydunun tüm bir yörünge döngüsünü tamamlaması için geçen süreyi ifade eden tekrar ziyaret süresidir. Dünya yüzeyinin aynı alanının farklı zaman dilimlerinde görüntülerini toplama yeteneği, uzaktan algılama verilerinin uygulanması için en önemli unsurlardan biridir. Özniteliklerin spektral özellikleri zamanla değişebilir ve bu değişiklikler çok zamanlı toplanıp karşılaştırılarak tespit edilebilir. Bu parametre, acil durumların (deprem, sel, volkanik patlamalar vb.) izlenmesinde ve diğer değişen olayların incelenmesinde büyük önem

taşımaktadır. Birçok uydu için (daha doğrusu uydu grupları), tekrarlanan çekimler arasındaki aralık birkaç gündür ve bazıları için birkaç saattir. Kriz durumunda, çeşitli uydulardan alınan görüntüler günlük izleme için kullanılabilir [36].

3.1.4.2 Mekânsal Çözünürlükler

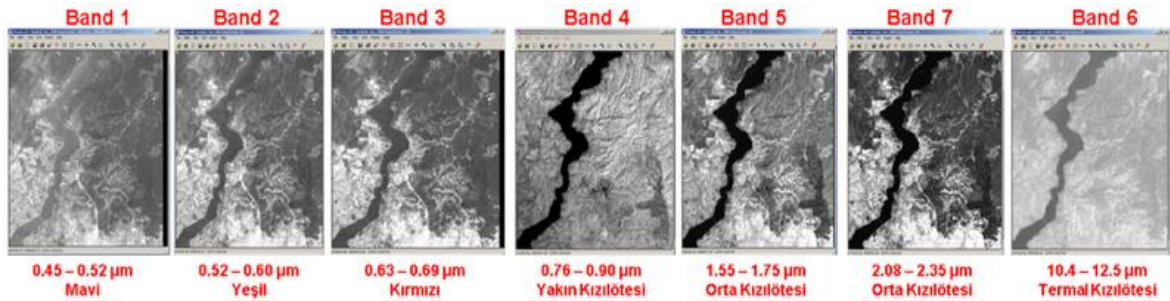
Uzakta algılanan iki nesnenin ayrı ayrı algılayabilmesi için nesnelere arasındaki bulunması gereken en küçük açısal ya da doğrusal uzaklık olup bu da yeryüzünün hassas tarandığını önemini göstermektedir. Mekânsal çözünürlük ne kadar yüksek olursa elde edilecek görüntülerinde netliği o derecede iyi olur. Çok hassas ölçümlerin elde etmek için yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu verileri kullanılmalıdır [26-37].



Şekil 3.4: Mekansal çözünürlük ile görüntü detayı arasındaki ilişki [38]

3.1.4.3 Spektral Çözünürlükler

Spektral çözünürlük, bir sensörün ince dalga boyu aralıklarını tanımlama yeteneği veya bir sensörün, dünya yüzeyinin farklı bileşenlerini karakterize etmek için bir spektral bant genişliğinde alınan enerjiyi çözme yeteneği olarak tanımlanabilir. Spektral çözünürlük ne kadar ince olursa, belirli bir kanal veya bant için dalga boyu aralığı o kadar dar olur. Görüntüler spektrumda kapladığı aralığı yani bant aralığının büyüklüğüdür. Bu aralık darsa spektral çözünürlük düşük, geniş ise yüksek olmaktadır [26]. Uzaktan algılamada, görüntü üzerinde farklı spektral bantların tepkileri karşılaştırılarak farklı özellikler tanımlanmaktadır. Su ve bitki örtüsü gibi geniş sınıflar, görünür ve yakın kızılötesi gibi çok geniş dalga boyu aralıkları kullanılarak kolayca ayrılabilir. Bununla birlikte, daha spesifik sınıflar, yani bitki türü, kaya sınıflandırması vb. için çok daha ince dalga boyu aralıkları ve dolayısıyla daha iyi spektral çözünürlük gerekmektedir [33].

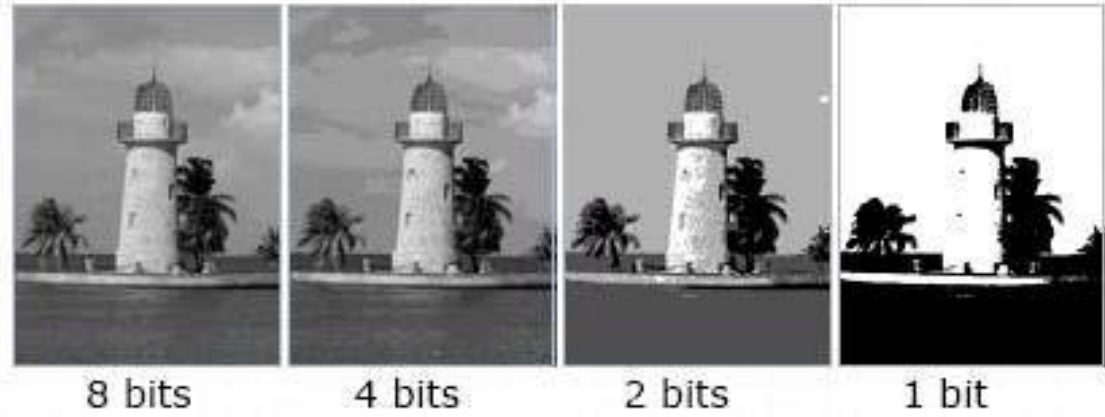


Şekil 3.5: Landsat TM sensörüne ait bantların spektral çözünürlükleri [39]

3.1.4.4 Radyometrik Çözünürlükler

Görüntülere ait olan her pikselin alabileceği rakamsal değerleri içeren aralıktır. Radyometrik çözünürlük yüksek olan çok bantlı görüntülerin renkli görüntü oluşturacak biçimde birleştirildiğinde görsel analizlerde fayda sağlamaktadır [36]. Radyometrik çözünürlük, bir pikselde ne kadar bilgi olduğunu ifade eder ve bit birimiyle ifade edilir. Tek bir bilgi biti, değeri 1 veya 0 olan ikili bir evet veya hayır kararını temsil eder. Dijital kamera gibi bir kaynaktan alınan tipik Siyah Beyaz görüntüler 8 bittir, yani bilgi 0 değeriyle temsil edilir. Buna karşılık, renkli bir görüntü 3 kanal, Kırmızı-Yeşil-Mavi

kullanılarak temsil edilir. Her kanal 8 bittir ve 24 bit bilgiye eşittir. İnsanlar renkleri, kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç ana rengin bir kombinasyonu olarak görselleştirir. Her renk ve karşılık gelen gölge, bu 3 ana rengin ve her rengin yoğunluğunun bir kombinasyonu kullanılarak temsil edilir. Mavi kanalda 0 değeri pikselin siyah olduğu anlamına gelir. Bir pikselin mavi kanaldaki değeri 255 ise pikselin parlak mavi olduğu anlamına gelir.



Şekil 3.6: Aynı bölgeye ait farklı radyometrik çözünürlüğe sahip görüntüler [40]

3.1.5 Uzaktan Algılama Görüntülerinde Ön Düzeltme İşlemleri

3.1.5.1 Radyometrik Düzeltme

Herhangi bir algılayıcı sistem tarafından ölçülen ışınlılık, aydınlanma ve geometrisindeki, atmosferik koşullardaki, bakış geometrisindeki ve algılayıcı karakteristiklerindeki değişimlerden etkilenir. Genellikle bu etkilerin düzeltilmesi algılayıcı sisteme ve uygulama çeşidine bağlı olarak farklılık gösterir. Radyometrik bozulmalar, alıcının hassasiyetinden, güneş ışınlarının nesneye gelme açısından ve atmosferin etkisinden kaynaklanabilir.

Güneş ışınlarının cisme gelme açısına bağlı olarak, çekilen görüntülerde hafif noktalar, küçük gölgeler vb. görünür. Bu, görüntülerde aşırı veya zayıf parlaklığa sahip parçalar oluşturur. Ayrıca radyometrik bozulmaların kaynağı atmosfer olabilir. Atmosfer heterojen

bir nesne olduğundan, bu bozulmalar yerden yere değişiklik gösterir ve düzeltilmesini çok zorlaştırır.

Optik aralıkta bulutların dünya yüzeyindeki nesnelere fotoğrafını çekmesine izin vermediği bilinmektedir. Bu da, doğal nesnelere dinamiklerini incelemeye bazı zorluklar yaratır. Atmosferik düzeltme bahsi geçen bu etkilerin uydu görüntüsünden arındırılması işlemidir. Bulut filtreleme çok zor bir işittir. Çok bölgeli görüntülerin filtrelenmesi aşağıdaki gibi üç aralık örneğinde mümkündür: ilk aralık kırmızı filtreden, ikincisi yeşil filtreden ve son olarak üçüncü mavi filtreden geçirilir. Böylece çok bölgeli görüntü renk sentezli bir şekilde sunulur ve ardından tüm renkler buna göre gruplandırılır. Renk sentezi, birkaç görüntüyü yararlı bilgiler içeren bir görüntü biçiminde sunma yöntemidir [34].

Parlaklık doğrudan uzaktan algılama cihazlarıyla ölçülmektedir. Parlaklık, komşu piksellerden bulutlardan yansıyan radyasyona ek olarak yüzeyden yansıyan radyasyonu içermektedir. Parlaklık yalnızca aydınlatmaya değil, aynı zamanda hedefin yönüne ve konumuna da bağlıdır. Başka bir deyişle, ışığın atmosferdeki yolu, ışık atmosferden aşağıya doğru hareket ettikçe değişebilir ve dalga boyuna bağlı saçılmadan zarar görebilir. Işık daha sonra Dünya yüzeyinden dağınık bir şekilde yansır, Dünya'nın atmosferi boyunca geri döner ve bunu yaparken daha fazla saçılma etkilerine maruz kalır. Bu faktörlerin bazıları, dijital sayı (DN)'lar yerine Atmosfer Üstü (TOA) yansıma değerleri kullanılarak düzeltilbilir [41].

Landsat Thematic Mapper (TM) ve Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) sensörleri, yansıyan güneş enerjisini yakalar, bu verileri parlaklığa dönüştürür, ardından bu verileri 0 ile 255 arasında bir 8-bit dijital sayıya (DN) yeniden ölçeklendirir. Bu DN'leri iki aşamalı bir süreç kullanarak ToA (Top Of Atmosphere) Yansıması'na manuel olarak dönüştürmek mümkündür. İlk adım, DN'leri parlaklık değerlerine dönüştürmek ve bireysel sahneye özgü değerleri elde etmektir. İkinci adım, parlaklık verilerini ToA yansımasına dönüştürülmesidir.

Landsat 8 OLI sensörü daha hassastır, bu nedenle bu veriler 0 ile 65536 aralığında 16 bit DN'lere yeniden ölçeklendirilir. Ayrıca bu veriler parlaklık yerine yansımaya

dönüştürülmüştür, böylece DN'ler tek bir yerde manuel olarak yansımaya dönüştürülebilir.

3.1.5.2 Geometrik Düzeltme – Ortorektifikasyon

Haritalar, belirli matematiksel kartografik ve jeodezik projeksiyon kurallarına göre düzlem bir altlık üzerine izdüşürülen ve her noktasında tektip ölçeğe sahip olan yeryüzünün gösterimidirler. Dijital görüntüler, değişik sebeplerden kaynaklanan geometrik distorsiyonlardan dolayı doğrudan harita gibi kullanılamazlar. Diğer bir ifade ile görüntüyü oluşturan piksellerin temsil ettikleri coğrafi alanların arasındaki uzaklıklar, görüntüde uniform olmayan bir şekilde hatalı olarak gösterilir. Bunun sonucu cisimlerin şekil, büyüklük ve konum gibi özellikleri görüntü düzleminde bozulur. Uydu görüntü verilerinin bu distorsiyonlar için düzeltilerek bir harita projeksiyon sistemiyle tutarlı hale getirilmesi işlemine “rektifikasyon” adı verilir. Rektifikasyon işlemi sonrasında piksellerin geometrik konumlarının yanı sıra, radyometrik (parlaklık) değerleri de değişmektedir.

3.2 Coğrafi Bilgi Sistemleri

” Geographic Information Systems (GIS)” ile tanımlanan terim Türkiye’de” Coğrafi Bilgi Sistemleri” olarak ifade edilir. Bu kelimeleri baş harfleri kullanarak CBS olarak kısaltmıştır [28]. CBS, konuma dayanan işlemlerde elde edilen grafiklerden ve grafik oluşturmayan verilerin toplanmasına, saklanmasına, analizine ve kullanıcıya sunma işlevini gerçekleştiren bilgi sistemidir. CBS, yeryüzüne ait olan bilgilerin, coğrafik olarak birbirine ilişkilendirilmiş temasal harita katmanı gibi saklamaktadır. CBS; coğrafyada, haritacılıkta, bilgisayar biliminde ve matematik bilimlerinin ortaya çıkardığı planlama sisteminin gereksinimi sonucu olarak meydana gelmiş bir harita çakıştırma tekniğidir [26]. CBS kullanıcıları çok çeşitli disiplinlere sahip olması, CBS kavramının farklı şekilde yorumlanmasını sağlamıştır.

CBS’nin tanımlanması değişik şekillerde yapılabilmektedir. [42]. CBS, bazı araştırmacıya göre konumsal bilgi sistemlerinin tümünü kapsayan ve coğrafik bilgileri inceleyen

bilimsel bir kavramı ifade ederken diğerlerine göre konumsal bilgilerin dijital yapının bilgisayar tabanlı bir araç, bazılarında ise, organize olarak bir veri tabanı yönetim sistemidir [28]. CBS bileşenlerini; donanımlar, yazılımlar, veriler, insanlar ve metotlardan oluşmaktadır. Bu bileşenlerin tamamlanmasından sonra, veriler toplanır, depolanır, işlenir ve analiz edilir. CBS’de veri kaynaklarını, harita, uydu görüntüsü, hava fotoğrafı, yersel ölçüm ve koordinat bilgileri oluşturmaktadır [43]. CBS teknolojisi ilk olarak eldeki haritaları bilgisayarda tutulmasını amaçlanmaktadır. Bilgisayar yazılım ve donanım sisteminin gelişmesiyle birlikte grafik, sayısal ve sözel bilgilerin bir araya tutularak analiz yapabilme gücüne ulaşmıştır [26]. Son yıllarda CBS kullanımı, doğal kaynakların analizi ve yönetimi sürecinde oldukça yaygın kullanılan bir duruma gelmiştir. CBS, çevresel olarak hassas alanları değerlendirilmesini, koruma çabalarının yürütülmesini ve kazanımların, korunumlarının, gelişime için alternatif planlar üretilmesinden geleneksel yöntemlerden daha etkindir [44].

CBS oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu alanların bazıları şunlardır [43]:

1. Çevre ile sağlık yönetimi,
2. Doğal kaynakların yönetimi ve Mülkiyet-idarinin yönetimi,
3. Bayındırlık ve yerel yönetim hizmetleri,
4. Eğitim,
5. Ulaşım planlaması ve turizm,
6. Orman ve tarım,
7. Ticaret-sanayi,
8. Savunma-güvenlik.

3.2.1 Uzaktan Algılamanın Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İlişkisi

CBS; inceleme ve gözlemler ile elde edilen coğrafi konum ile bağlantısı olan grafik veya grafik olmayan verilerin toplanması, saklanması, analiz edilmesi vb. işlemlerin tamamını içeren sisteme verilen addır. Sistemin ana öğeleri bilgisayarlar, veriler, kurumlar ve bu konuda uzman olan elemanlardır. Günümüzde birçok alanda CBS kullanılmaktadır. Bir soruna ait olan haritasal sunumlar modüler olarak katmanlar halinde hazırlanarak

arşivlenme işlemi yapılması CBS'nin en önemli özellikleri arasında sayılmaktadır. Özellikle uzaktan algılama verileri aynı zamanda CBS için en önemli veri kaynağını oluşturmaktadır [31]. Raster olarak adlandırılan bu çoklu spektral görüntülerden (raster verilerden) bilgi üretimi ise bu görüntüler üzerinde gerçekleştirilecek bir dizi işlemi gerektirmektedir. Bunlardan çokça kullanılanlardan birisi sınıflandırma işlemidir.

3.3 Sınıflandırma

Görüntü sınıflandırma, tematik bir temsil üretmek için görüntü piksellerini sınıflara ayırma işlemidir [46]. Uydu görüntülerine baktığımızda renk farklılıkları içermektedir ve bu renkler gerçek arazi sınıfları değildir. Bunun için bantlardan gerçek kategori bilgilerini almak amacıyla görüntülerin sınıflandırılması gerekmektedir. Sınıflandırma için çeşitli yöntemler vardır ve her yöntem veriye ve konuma özeldir, çünkü her konumda arazi kategorileri değişir ve görüntüde farklı değerlere sahip olur. Örneğin bir tarım arazisinin yansıma değeri, o arazide yetişen mahsulün türüne bağlıdır. Farklı iklimlerdeki aynı mahsul bile, görüntüdeki rengi değiştiren farklı renklere sahip olabilir. Ayrıca mevsimler de arazi örtüsünün rengini etkiler. Aslında burada renkten kasıt, farklı dalga boylarında elde edilen görüntülerin uzaktan algılamadaki temel boyama renkleri olan mavi, yeşil ve kırmızı renklere, bu band görüntülerin boyanmasıyla elde edilen renklerdir. Bu sonuç renkli görüntüdeki her bir renk dağılımı da, rengin oluştuğu piksele karşılık gelen arazi parçasındaki objenin ilgili dalga boylarını yansıtma özelliğini betimler. Bu çok bantlı görüntüler üzerinden yürütülen obje tanımlamaları için yapılan analizlerin doğruluğunu artırmak için, değişik sınıflandırma yaklaşımları kullanılır ve hatta ortofolar veya hava fotoğrafları gibi yardımcı görüntülerden de faydalanılabilir. Sınıflandırma iki farklı kategoriye ayrılmaktadır [47].

1. Nesne Tabanlı Sınıflandırma (Object Based Classification)
2. Hücre (Piksel) Tabanlı Sınıflandırma (Cell/Pixel Based Classification)

3.3.1 Piksel Tabanlı Sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırma, geleneksel görüntü sınıflandırma yöntemidir. Bu esas olarak görüntünün piksel yansıtma değerlerine dayanmaktadır [48]. Öğrenme türüne göre esas olarak piksel tabanlı Kontrollü (Supervised Classification) ve Kontrolsüz (Unsupervised Classification) olmak üzere iki tür sınıflandırma vardır. Bu çalışmada ise piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır.

3.3.1.1 Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma, bilinen hedeflerin “eğitim” alanlarını belirleyerek ve daha sonra bu alanlardaki spektral imzaları kullanarak, bu bilinen hedeflerdeki obje veya olguların diğer bilinmeyen alanlarda da mevcudiyetlerinin tahmin edilmesi esasına dayanır ve spektral olarak bir görüntü üzerindeki benzer alanları kontrollü olarak tanımlamaya yönelik bir prosedürdür [49]. Kontrollü sınıflandırmadaki tanımdan da anlaşılacağı gibi, görüntüdeki hedef obje ve olgular hakkında bir ön bilgi vardır, bu nedenle görüntü, eğitim alanları olarak adlandırılan bu ön bilgilere göre sınıflandırılacaktır. Örnek kontrol bölgeleri, temel gerçeklere veya diğer güvenilir verilere göre özellikleri bilinen alanlardır. Böylelikle sınıflandırma, önceden analizci tarafından belirlenmiş kontrol bölgelerine göre yapıldığı için yapılan kümeleme işlemi kontrollü sınıflandırma olur.

Sınıflandırma sonrası esas olarak iki hata ile karşılaşmaktadır. Bunlardan birincisi aynı özelliklere sahip olan alanların farklı sınıflara atanmasıdır. İkincisi ise farklı özelliklere sahip olan alanların aynı sınıfa atanmasıdır. Örneğin bir sınıflandırma uygulaması içerisinde çıplak alan sınıfı ile tarım alanları içerisinde olan sürülü alanlar sınıfının aynı renkte temsil edilmesi ve aynı sınıf kategorisine atanması görülmektedir. Bunun için sınıflandırma sırasında farklı kaynaklardan faydalanmak ve bu kaynakları referans olarak sınıflandırma sonrasında bazı düzeltmeler yapmak gerekebilmektedir. Kontrollü sınıflandırmada genellikle, Ortalamalara En Kısa Mesafe (Minimum Distance to Means), Paralelkenar (Parellelepiped) ve En Büyük Olasılık (Maximum Likelihood) algoritmaları kullanılmaktadır.

En Büyük Olasılık sınıflandırması, analistin eğitim bölgeleri adı verilen obje veya olgunun bulunduğu örnek alanları belirleyerek sınıflandırmayı denetlediği parametrik istatistiksel bir yöntem olarak uzaktan algılama uygulamalarında kullanılan en yaygın yöntemdir. Bu bölgeler daha sonra sayısal olarak tanımlanır ve çok bantlı görüntünün tamamındaki pikseller örnek piksellerin spektral dağılımına en çok benzeyen ilgili spektral sınıfa sınıflandıran bilgisayar algoritmasına sunulur. Bu yöntemde her bir bilinmeyen pikselin sınıflandırılmasında varyans ve kovaryans değerleri nicel olarak değerlendirilir. Her piksel için hesaplanan olasılık fonksiyonları yardımıyla bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğu belirlenir. Sınıflandırma sırasında, sınıflandırılmamış tüm piksellere, olasılık yoğunluk fonksiyonu içinde meydana gelen pikselin göreceli olasılığına dayalı olarak sınıf üyeliği atanır [50].

3.4 Doğruluk analizi

Doğruluk analizi, arazi örtüsü/kullanımı değişiklik tespitinde iş akışının önemli bir parçasıdır. Doğruluk analizi ile sınıflandırmanın kalitesi belirlenir. Çalışma alanındaki arazi örtüsü/kullanımı değişikliklerini gözlemlemek için veri setlerinin sınıflandırma sonuçlarının doğrulanması gerekir [51]. Bir sınıflandırma sürecinde, yetersiz sonuçlara yol açabilecek birkaç hata meydana gelebilir. Hatalı görüntü kaydı, kaba çözünürlük veya yetersiz eğitim örnekleri nedeniyle bir sınıfın yanlış yorumlanmasından dolayı hatalar meydana gelebilir [50]. Doğruluk analizi yapmak için birkaç seçenek vardır. Hata matrisi iyi bilinen ve çoklu arazi örtüsü/kullanımı değişiklik saptama çalışmalarında da çoğunlukla tercih edilen bir yöntemdir. Bir hata matrisi aşağıdaki unsurları içerir: (a) Örneklem verisi toplama, (b) Sınıflandırma şeması, (c) Örneklem şeması, (d) Mekansal otomatik korelasyon, (e) Örneklem boyutu ve örneklem birimi. Kappa katsayısı, genel doğruluk, ihmal ve komisyon hatası gibi unsurlar hata matrisini tamamlar [53]. Doğruluk değerlendirmesini desteklemek için toplanan iki tür örneklem verisi vardır: yardımcı veriler ve yere dayalı veriler. Aşağıdaki konulara özel dikkat gösterilmelidir: ne tür bir numune birimi kullanılacak, ne kadar büyük olacak, istatistiksel olarak geçerli olması için kaç örneklem alınması gerektiği, örneklem verilerinin nasıl seçilmesi gerektiği ve s.

Doğruluk değerlendirmesine konu çıktılar ise aşağıdakiler gibi sıralanabilir:

- Genel doğruluk (overall accuracy)
- İhmal hataları (errors of omission)
- Komisyon hataları (errors of commission)
- Kullanıcı doğruluğu (user's accuracy)
- Üretici doğruluğu (producer's accuracy)
- Kappa istatistikleri (Kappa statistics)
- Bulanık doğruluk (fuzzy accuracy)

3.5 Uzaktan Algılamada Spektral İndeksler

Spektral indeksler, aranan özelliklerin ön plana çıkması ve vurgulanmasını sağlayan iki veya daha fazla dalga boyundaki spektral bantların kombinasyonlarıdır [54]. Yani spektral indeksler, temel olarak aranan özelliği ön plana çıkarma amacıyla çok bantlı bir görüntünün uygun spektral bantlarına piksel bazında uygulanan matematiksel bir denklemdir. Aranan özelliklere ve çalışmanın amacına göre farklı durumlar için kullanılan farklı aritmetik formüllere sahip çeşitli indeks türleri vardır. İndeksler dört farklı aşamada geliştirilmiştir. İlk indeksler, basit bant oranlarından geliştirilen ve büyüme periyodu boyunca bitki örtüsünün spektral özelliklerini çıkarmak için kullanılanlardır. İkinci aşama, zemin tepkisi gibi arka planın etkilerini azaltmak için tasarlanmış indekslerdir. Üçüncü endeksler, atmosferik bozulmanın etkilerini azaltmak veya en aza indirmek için geliştirilmiştir. Geliştirme prosedürünün dördüncü ve son aşaması, bitki sağlığından farklı olarak yeni spektral indekslerin geliştirilmesidir. Yanmış alan değerlendirmesi ve yangın şiddeti için kullanılan indeksler, bir sonraki aşamada geliştirilen indeks grubunda yer almakta olup günümüzde ise pek çok farklı amaç için geliştirilmiş indekslere çoklukla rastlanmaktadır [54]. Alttağı bölümlere, bu çalışmada tercih edilen arazi örtüsü, arazi kullanımı ve yerleşim alanı çıkarımında kullanılan indekslerden bahsedilecektir.

3.5.1 Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi(NDBI)

Kentsel yerleşim alanlarını otomatik olarak haritalamak için Normalize Edilmiş Fark Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) kullanılmıştır [55]. Kentsel alanlarda yüksek yansımaya değerine sahip olan kısa dalga kızılötesi (SWIR) ile düşük yansımaya değerine sahip yakın kızılötesi (NIR) bantlarının oranlanması kullanılarak yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla zamanla çokça tercih edilen normalize edilmiş bir yerleşim alanı indeksi (Normalized Difference Built-up Index, NDBI) oluşturulmuştur.

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

NDBI orijinal olarak Landsat TM bantları 5 ve 4 ile kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Ancak, 1,55-1,75 µm arasında bir SWIR bandı ve 0,76-0,9 µm arasında bir NIR bandı olan herhangi bir multispektral sensörle de çalışacaktır.

3.5.2 Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI)

Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) bir bitki örtüsü indeksidir. Yakın kızıl ötesi (NIR) ve kırmızı (RED) bandlar oranlanarak yeryüzündeki bitki alanları hakkında bilgi elde etmek için kullanılan çeşitli indekslerden biridir. Bu indeks NDVI indeksinden çok daha hassas olduğu için bitki örtüsünün seyrek olduğu bölgelerde kullanılır.

$$SAVI = \frac{(NIR - RED) * (1 + L)}{(NIR + RED + L)}$$

Formuldeki L değeri yeşil bitki örtüsünün miktarına göre değişmektedir. Genellikle yeşil bitki örtüsünün olmadığı alanlarda L=1; orta yeşil bitki örtüsü olan alanlarda, L=0.5; ve çok yüksek bitki örtüsüne sahip alanlarda, L=0 kabul edilir. Bu indeks -1.0 ile 1.0 arasındaki değerlere sahiptir.

3.5.3 Modifiye Edilmiş Fark Su Alanı İndeksi (MNDWI)

Modifiye Edilmiş Fark Su Alanı İndeksi (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI), kentsel alanlardan, bitki örtüsünden ve topraktan gelen gürültüyü bastırırken açık su özelliklerini daha belirgin olarak göstermekte kullanılan bir indekstir [56-57]. MNDWI'nin arka planında (kentsel alanların hakim olduğu yerlerde) su çıkarımını iyileştirmek için Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) ile karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar verdiği ve daha sık kullanıldığı görülmektedir. MNDWI -1.0 ile +1.0 aralığında değerler alır. Burada -0.1 ila +0.4 yeşil bitki örtüsü için ortak aralıktır. MNDWI aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$$

MNDWI orijinal olarak Landsat TM'nin 2 ve 5 bantları ile kullanım için geliştirilmiştir. Ancak, yeşil bandın 0,5-0,6 µm ve SWIR bandının 1,55-1,75 µm arasında olduğu herhangi bir multispektral sensor görüntüsü ile de çalışır [57].

3.5.4 İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI)

İndeks Tabanlı Yerleşim Alanı İndeksi (IBI) indeksi yerleşim alanlarının çok daha iyi bir şekilde belirlemek için kullanılmıştır [58]. IBI, orijinal görüntü bantlarını kullanmak yerine tematik formül türevli bantları ilk kez kullanmasıyla geleneksel formüllerden ayrılır. Bu indeksi uygulamak için yerleşim alanı indeksi olan NDBI, su kütlesi indeksi olan MNDWI ve bitki örtüsü indeksi olan SAVI kullanılmıştır.

$$IBI = \frac{NDBI - \left(\frac{SAVI + MNDWI}{2}\right)}{NDBI + \left(\frac{SAVI + MNDWI}{2}\right)}$$

Bu indeks, yerleşim alanı yoğunluğunu temsil eden -1.0 ile 1.0 arasında değerler alır. Pozitif değerler yerleşim alanlarını temsil etmektedir.

3.6 Temel Bileşen Analizi (PCA)

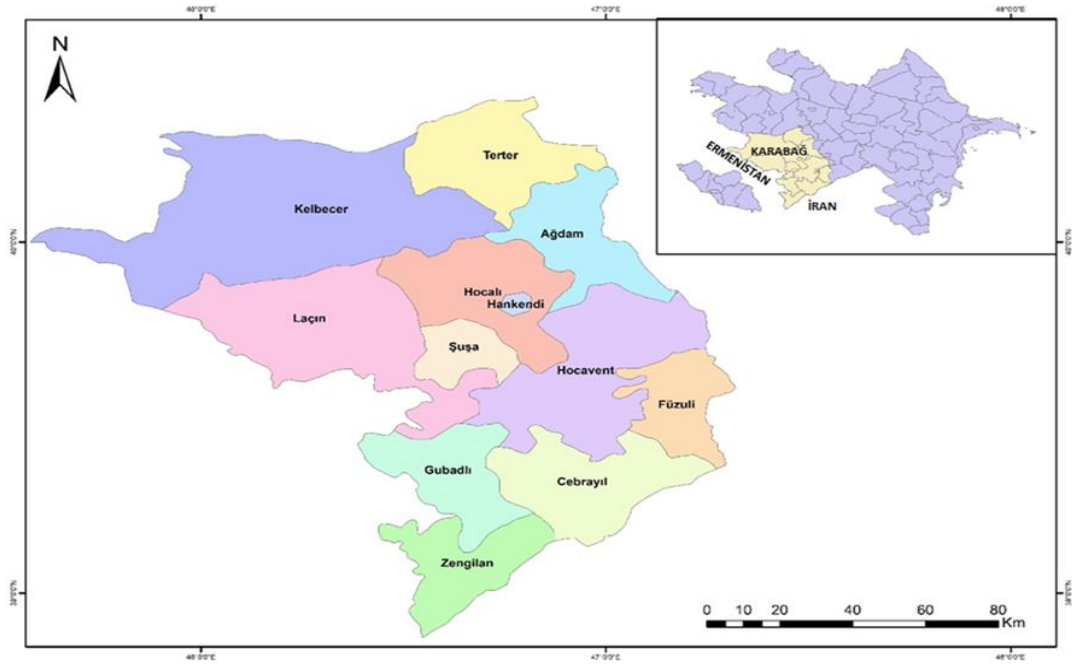
Temel Bileşen Analizi (PCA), çok sayıda değişken içeren bir veri kümesini daha az yeni değişken içeren bir veri kümesine indirgemek için kullanılan bir tekniktir. Bu yeni değişkenler, orijinalerin lineer kombinasyonlarıdır ve bu lineer kombinasyonlar, orijinal verilerde bulunan değişkenliğin mümkün olan maksimum kısmını temsil edecek şekilde seçilir [59]. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse, veri içindeki varyansları en iyi şekilde ortaya çıkararak verilerin iç yapısını ortaya koymak olarak düşünülebilir. PCA verileri doğrusal ortogonal bir dönüşüm ile yeni bir kordinat sistemine taşır. Ve başlangıç verisinden oluşturulan en büyük varyans ilk kordinatda yer alarak birinci temel bileşen olarak kabul edilir.

Temel Bileşenler Analizinin (PCA), çok bantlı uzaktan algılama verilerinin analizinde büyük öneme sahip olduğu kanıtlanmıştır [60-61]. Ham uzaktan algılama verilerinin PCA kullanılarak dönüştürülmesi sonucu orijinal verilerden daha yorumlanabilir olabilen yeni temel bileşen görüntüleri elde edilmiştir [62]. PCA, uzaktan algılamada farklı amaçlarla kullanılmıştır. PCA'nın matematiksel türevi ve uygulamaları [60-61-62-63-64] gibi birçok araştırmacı tarafından gösterilmiştir. PCA, arazi örtüsü değişiminin tahmini için Landsat (TM) görüntülerini ilişkilendirmek için kullanılmıştır [65]. Bantların çoğunda daha yaygın olan ve yalnızca birkaç banda özgü olan spektral özellikleri belirlemek için PCA yaygın kullanılan yöntemdir.

Bölüm 4

Çalışma Alanı

Çalışma, Azerbaycan Cumhuriyetinin batısında yer alıp 1990'lı yıllardan günümüze yakın zamanlara kadar işgal altında kalan ve Karabağ bölgesi olarak bilinen Cebrail, Füzuli, Hocavend, Ağdam, Hocalı, Şuşa, Hankendi, Kelbecer, Laçın ve Gubadlı illerini içeren bölgede yürütülmüştür. Doğası genel olarak dağlık olan bölgenin kuzey bölümünü, Karabağ dağ serisinin kuzeydoğu eteklerini ve Murovdağ dağ serisinin güney yamaçlarını, merkezi, batı ve güney bölümleri ise Karabağ dağ serisinin doğu yamaçlarını, kuzeydoğu ve doğu bölümü ise Karabağ ve Mil ovalarının batı kıyılarını kapsamaktadır. Güney ve güneydoğuda İran İslam Cumhuriyetiyle, batısında Ermenistan Cumhuriyetiyle sınırı bulunmaktadır.



Şekil 4.1: Çalışma alanı ve coğrafi konumu

Karabağ bölgesinin sahip olduğu coğrafi özelliklerine bakıldığında pek çok açıdan önemli bir konuma sahip olduğu görülecektir. Bölgenin verimli topraklara sahip olması ve Azerbaycan, İran, Ermenistan topraklarına yakın olmasının yanı sıra, Dağlık Karabağ'ın jeopolitik konumu, bu topraklara sahip olan devlet için pek çok avantaj sağlamaktadır. 1988 yılında Ermeni tarafının Azerbaycan'ın tarihi toprakları üzerinde açık toprak iddiaları ve etnik provokasyonlarla başlayan çatışma, Ermenistan'ın Azerbaycan'a askeri saldırısı ile sonuçlandı. 1992 yılına geldiğinde bölgede Azerbaycan- Ermenistan arasında ölümler ve çatışmalar artmaya başladı. Bu yılda Azerbaycan tarafı çok zor durumdaydı çünkü eski Dağlık Karabağ coğrafyasından ve Ermenistan tarafından olmak üzere iki cepheden savaş halinde idi. 1992'nin başlarında sorun açık bir savaşa dönüştü. Dağlık Karabağ ve çevresindeki geniş bir alanın Ermeniler tarafından ele geçirilmesiyle topraklarının %20'si işgal edilen Azerbaycan'da yaklaşık 1 milyon Azerbaycanlı kaçkın durumuna düştü. Birleşmiş Milletler tarafından 1993 yılında kabul edilen ve tüm işgalci güçlerin Azerbaycan topraklarından derhal ve koşulsuz olarak geri çekilmesini talep eden dört karara (822, 853, 874 ve 884) rağmen, Ermenistan işgalini sürdürdü ve böylece uluslararası hukukun temel bir ilkesini ihlal etti. Uluslararası toplumun çatışmayı çözmeye yardımcı olmaması, barış sürecini durma noktasına getirdi [66].

Ermeni silahlı kuvvetleri tarafından işgal edilen Azerbaycan topraklarında 547 mimari anıt, 205 arkeolojik anıt, 927 kütüphane, 808 kulüp kuruluşu, 85 müzik okulu, 12 anıt, 22 müze, 4 fotoğraf galerisi, 10 kültür ve eğlence parkı, 4 devlet tiyatrosu ve 2 konser salonu yıkıldı, yakıldı veya yağmalandı. Dünyaca ünlü Kelbecer Tarih ve Etnografya Müzesi, eşsiz sergilere sahip Şuşa şehri, Karabağ Tarih Müzesi, Zengilan'daki Taş Heykeller Müzesi Ermeni güçleri tarafından tahrip edildi. 1994 Birleşmiş Milletler raporunda işgal sonucu Azerbaycan'a verilen zarar 53,5 milyar ABD doları düzeyinde tespit edilmiştir. [67]. Manevi tazminatın miktarı, mevcut herhangi bir ölçüm kriteri ile belirlenemez.

27 Eylül 2020'de Ermenistan Silahlı Kuvvetleri, ağır toplar dahil çeşitli silah türlerini kullanarak, Azerbaycan Cumhuriyeti'nin sivil halkına ve askeri mevzilerine çeşitli yönlerden ateş açarak uluslararası hukuk normlarını bir kez daha ihlal etti. Bu tırmanış, 1990'lardan bu yana yaşanan en büyük ve en ciddi tırmanıştı. Azerbaycan Cumhuriyeti'nin ulusal güvenliğine yönelik gerçek ve potansiyel askeri tehditleri önlemek

ve etkisiz hale getirmek için Azerbaycan Cumhuriyeti Silahlı Kuvvetleri tarafından taarruz operasyonu başlatıldı. 6 hafta süren askeri operasyonlar sonucunda galip gelen Azerbaycan Ordusu, Cebrail, Füzuli, Zengilan, Kubadlı, Azerbaycan halkının tarihinde, kültüründe ve kalbinde özel bir yeri olan Şuşa şehrini, Hocavend bölgesinin Hadrut yerleşim yeri ve Tartar bölgesinin Sukovuşan kasabası, Hocalı ve Laçın bölgelerine bağlı birkaç köy olmak üzere toplam 300'den fazla yerleşim yeri ve önemli stratejik yükseklikleri kurtardı. Savaş, 10 Kasım 2020'de Azerbaycan, Ermenistan ve Rusya tarafından Ateşkes Antlaşması'nın imzalanmasıyla sona erdi. Antlaşmaya göre Ermenistan Ağdam, Kelbecer ve Laçın bölgelerini Azerbaycan kontrolüne geri verirken, Azerbaycan tarafı Ermenistan ile Karabağ'da yaşayan Ermeniler arasında insani bir bağlantı olarak kullanılacak Laçın Koridoru'nun güvenliğini garanti ediyor. Azerbaycan, kurtarılmış toprakları restore etmek ve bölgede altyapıyı geliştirmek için geniş çaplı bir program başlattı ve bu sürece birçok uluslararası şirket katılıyor. Azerbaycan, Türk ve İtalyan şirketleriyle anlaşmalar imzalandı ve tam ekonomik entegrasyonun kilit unsurları olan gerekli tüm karayolları, demiryolları ve diğer altyapının yeniden inşası üzerinde çalışmalar tüm hızıyla devam etmektedir [68].

Dağlık Karabağ bölgesini içeren çalışma alanımızdaki illerin demografik ve coğrafi yapıları ile diğer özellikleri aşağıda verilmektedir.

4.1 Ağdam İlinin Genel Özellikleri

Ağdam ilinin yüzölçümü 1,15 bin km², nüfusuysa 2021 verilerine göre 204,6 bin kişidir [69]. Deniz seviyesinden yüksekliği 410 metre, maksimum yüksekliği 1365 metre olan Ağdam ilinin iklimi esas olarak ılıman, sıcak, kuru subtropikaldir. Dağ eteklerinde rakım arttıkça iklim ılımanlaşır. Yıllık yağış 300-550 mm'dir. İl topraklarının büyük bir kısmı tarım alanı olarak kullanılmaktaydı. Arazisinin 1700 ha'sı ormanlık, 28 bin ha'lık alanıysa tarıma uygun topraklardan oluşmaktaydı. İşgale kadar bölgede genel olarak pamukçuluk, meyve-sebze üretimi ve hayvancılıkla uğraşılmaktaydı. Ermenistan'ın 1988 yılının şubat ayından itibaren başlattığı savaşta en büyük zorluğu Ağdam ili yaşamıştır. Ermenistan'dan ve daha sonra işgal edilen Dağlık Karabağ'dan kovularak çıkarılan on binlerce Azerbaycanlı Ağdamda yaşıyorlardı. 23 Temmuz 1993 tarihinde Ağdam Ermenistan

ordusu tarafından işgal edildi. Ermeniler Ağdam ilinin topraklarının 846,7 km², yani genel topraklarının yüzde 77,4'nü işgal etmeği başardılar. İşgal edilmiş Ağdam şehri ve il sınırları içinde bulunan 89 köy dağıtılarak, yerle bir edilmiştir.

Ağdam ili 20 Kasım 2020 tarihinde Dağlık Karabağ Ateşkes Antlaşmasıyla Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.



Şekil 4.2: Ağdam ili işgalden sonra [70]

4.2 Füzuli İlinin Genel Özellikleri

Füzuli ili Karabağ dağ serisinin güney doğu eteklerinden Araz nehrine kadar olan alanları kapsamaktadır. Güney batısında Cebrail, kuzeyde Hocavend, Ağcabedi, doğuda Beylagan illeri ve güneyde Aras nehri boyunca İran'la sınırları bulunmaktadır. Yüzölçümü 1.39 bin km² olan Füzulinin nüfusu ise 2021 yılının verilerine göre 134,3 bin kişidir [69]. İl sınırları içinde 2 ilçe, 11 kasaba, 82 köy vardı. Bölge ekonomisinin temelini tarım oluşturmaktaydı. İşgale kadar bölgede buğday, sebze meyve üretimi, hayvancılık, bağcılık, koyunculuk, tavukçuluk, ipekcilik yaygındı. 23 Ağustos 1993 yılında

Ermenistan silahlı kuvvetleri tarafından Füzuli ili işgal edilmiştir. 1994 yılında yapılan başarılı askeri operasyonlardan sonra bölgenin 82 yerleşim biriminden 23'ü düşman işgalinden kurtarılmıştır. 17 Ekim 2020 tarihinde Füzuli kenti, İkinci Karabağ Savaşı sırasında Füzuli ilinin 53 köyü Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.



Şekil 4.3: Füzuli ili işgalden sonra [70]

4.3 Hocavend İlinin Genel Özellikleri

Hocavend ili Dağlık Karabağ Özerk Vilayeti ortadan kaldırıldıktan sonra Martuni ve Hadrut ilçelerinin arazilerinde kurulmuştur. İlin toplam arazisi 1.46 bin km², nüfusu 2021 yılı verilerine göre 44,1 bin kişidir [69]. İlçede 1 şehir, 2 büyük yerleşim yeri, 81 köy bulunmaktaydı. Coğrafi konumu ve koşulları oldukça elverişli olan Hocavend bölgesi, Ağdam, Ağcabedi, Füzuli, Cebrayil, Gubadlı, Laçın, Şuşa ve Hocalı bölgeleriyle sınır komşusudur. Bölgenin genelini tarım arazileri oluşturmaktadır. Burada bağcılık, buğday üretimi ve hayvancılık önemli bir yer kapsamaktadır. Hocavend bölgesi 2 Ekim 1992

yılında Ermenistan silahlı kuvvetleri tarafından işgal edilmiş, 9 Ekim 2020 tarihinde Hadrut kasabası ve 35 köyü Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.

4.4 Hocalı İlinin Genel Özellikleri

Hocalı ili 26 Kasım 1991 yılında Askeran bölgesinin bir kısmı bu ile verilmesiyle kurulmuştur. Yüzölçümü 0,94 bin km², nüfusu ise 2021 yılı verilerine göre 28,9 bin kişidir [69]. İl Laçın, Kelbecer, Ağdam, Hocavend ve Şuşa bölgeleriyle komşuydu. İl sınırları içinde 1 şehir, 1 kasaba, 50 köy bulunmaktadır. İlin nüfusu genel olarak üzümçülük, hayvancılık, arıcılık ve çiftçilikle uğraşıyorlardı. 1992 yılının 26 Şubat gecesi Ermenistan Silahlı Kuvvetleri ve 366. alay tarafından Hocalı şehri işgal edildi ve şehrin Azerbaycanlı sivil ahalisi katliama maruz kaldı. Resmi kaynaklara göre, 83 çocuk ve 106 kadın olmak üzere 613 sakin öldürüldü, 487 kişi ağır yaralandı ve 1275 kişi rehin alındı [71].

4.5 Zengilan İlinin Genel Özellikleri

Zengilan ili Küçük Kafkasya'nın güney doğusunda, Araz'ın sol kıyısında yer almaktadır. Batı ve kuzeybatıda Ermenistan Cumhuriyeti, güney ve güneydoğuda İran İslam Cumhuriyeti ile komşudur. İlin yüzölçümü 0,71 bin km², nüfusu ise 2021 yılı verilerine göre 45,4 bin kişidir [69]. Zengilan ilinde bir ilçe, 5 kasaba ve 79 köy bulunmaktaydı. Coğrafi konumuna, toprak ve iklim özelliklerine göre büyüleyici güzelliğe sahipti. Zengin doğaya sahip olan bölgede işgale kadar genel olarak tütüncülük ve üzümçülük yaygındı. Bunun yanı sıra hayvancılık, ipek ve buğday üretimi de bu bölgede gelişmişti. 1993 yılının Ekim ayında Ermenistan birliklerince işgal edilen Zengilan, 20 Ekim 2020 tarihinde Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.

4.6 Kubadlı İlinin Genel Özellikleri

Kubadlı ili kuzeyde Laçın, güneyde Zengilan, doğuda Hocavend ve Cebail illeri, batıda Ermenistan ile sınır komşusudur. Alanı 802 km², nüfusu 2021 yılı verilerine göre 41,7 bin kişi olan Kubadlı il sınırları içinde 1 ilçe, 93 köy vardı [69]. Bölgenin bir parçası kırsal

olsa da genel olarak dağlık kesimlerden oluşmaktadır. Dağlık arazi ormanlarla kaplıdır ve yaklaşık 13,2 bin ha alanı kapsamaktadır. Kubadlı bölgesi 31 Ağustos 1993 yılında Ermenistan silahlı birliklerince işgal edildi. 25 Ekim 2020 tarihinde Gubadlı kent merkezi ve İkinci Karabağ Savaşı sırasında ilin 41 köyü Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.

4.7 Kelbecer İlinin Genel Özellikleri

Kuzeyde Daşkesen, Göygöl, Goranboy, kuzeydoğuda Terter, doğuda Ağdam, Hocalı, güneyde Laçın bölgeleriyle komşu olan Kelbecer, batıda ise Ermenistan Cumhuriyeti ile sınırı bulunmaktadır. Alanı 3054 km² olan bölge Azerbaycanın en büyük yüzölçümüne sahip olan ilidir. İl içerisinde bir şehir, bir şehir tipli kasaba, 145 köy vardı. Kelbecer ilinin nüfusu 2021 yılı verilerine göre 94,4 bin kişidir [69]. Yüzeyi genel olarak dağlıktır. Çeşmeleri ile ünlü olan Kelbecer ili bir doğa müzesidir. Bölge, altın ve krom yatakları da dahil olmak üzere mineraller açısından zengindir. Endüstriyel açıdan önemli cıva rezervleri, Kelbecer bölgesinde bulunmaktadır. İl sınırları içinde 4 binden fazla bitki türü yetişmektedir ki, bunlardan 200'ü ilaç sanayisinde kullanılmaktadır. 3 Nisan 1993 tarihinde Ermenistan silahlı birlikleri tarafından işgal edilen Kelbecer ili, 27 seneden fazla işgal altında kalmıştır. 25 Kasım 2020 tarihinde Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.

4.8 Laçın İlinin Genel Özellikleri

Laçın ili Azerbaycan Cumhuriyeti'nin güneybatısında, dağlık bir bölgede yer almaktadır. Kuzeyden Kelbecer, doğudan Hocalı, Şuşa ve Hocavent, güneyden Kubadlı bölgeleri, batıdan ise Ermenistan Cumhuriyetiyle sınırı bulunmaktadır. Yüzölçümü 1,84 bin km², nüfusu ise 2021 yılı verilerine göre 78,9 bin kişidir [69]. Laçın ilçesinde 1 kasaba, 125 köy vardır. Genel olarak doğa zenginliklerinden dolayı bu bölgede hayvancılıkla beraber diğer tarımsal faaliyetler de yapılmaktaydı, meyve ve sebze üretimi, bal üretimi çok sık rastlanan uğraşlardandı. Laçın ilinin sınırları içinde 200'e yakın tarihi, kültürel ve mimari anıtlar, onlarca kurgan, kale tipi arkeoloji açısından değerli olan anıtlarla, resimli taşlarla zengin bir kültürel varlığa sahiptir. Ayrıca bu bölgede doğa zenginlikler, maden su

kaynakları oldukça fazladır. Ne yazık ki, 18 Mayıs 1992 yılından bölge Ermenistan Cumhuriyeti'nin işgali altına girdi ve 1 Aralık 2020 tarihinde ise Ermenistan'ın işgalinden kurtarıldı.

4.9 Şuşa İlinin Genel Özellikleri

Azerbaycan'ın kültür başkenti olarak da bilinen Şusa şehrinin yüzölçümü 0.29 bin km², nüfusu 2021 yılı verilerine göre 34,7 bin kişidir [67]. İşgalden önce bölgede 1 ilçe, 1 kasaba ve 37 köy bulunmaktaydı. Şuşa bölgesi genel olarak dağlıktır. En yüksek zirvesi 2725 m ile Büyük Kirs Dağı'dır. Bölgenin çoğunu, kuru kışları olan soğuk hava kapsamaktadır. Ortalama sıcaklık ocak ayında -4°C ile -1°C, temmuz ayında +16 ile +19°C arasında değişir. Yıllık yağış miktarı 700-800 mm'dir. Bölgenin ekonomisinde hayvancılığın önemli yeri vardı. 1986 yılının verilerine göre 20,9 bin ha tarım arazisi bulunmaktaydı. Şuşa 8 Mayıs 1992 tarihinde Ermeni ve Rus işgalci birliklerince işgal edildi. İşgal sonucunda Şuşa'da çok sayıda tarihi ve kültürel anıtlar düşman tarafından yağmalandı. Şuşa'nın işgali tüm Azerbaycan halkının maneviyatına indirilen ağır bir darbe inmiş ve tüm Azerbaycan halkı için büyük bir üzüntü nedeni olmuştur. Şuşa kenti nihayet 8 Kasım 2020 tarihinde Ermenistan'ın işgalinden kurtarılmıştır.

Bölüm 5

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, yukarıda sayılan yerleşim alanlarında işgalin neden olduğu yıkımın fiziki boyutlarını ortaya koyabilmek için yegane veri kaynağı sunan uzaktan algılama görüntülerinden faydalanılmış ve yine yegane sayısal analiz olanağı sağlayan uzaktan algılama görüntü işleme yöntemleri kullanılmış. Bu kapsamda aşağıda verilen uzaktan algılama görüntülerinden oluşan veri setleri elde edilmiş ve yine uzaktan algılama çok bantlı görüntü işleme ve analiz yöntemleri kullanılarak işgal sonucu oluşan hasar ve değişimin tespitine çalışılmıştır.

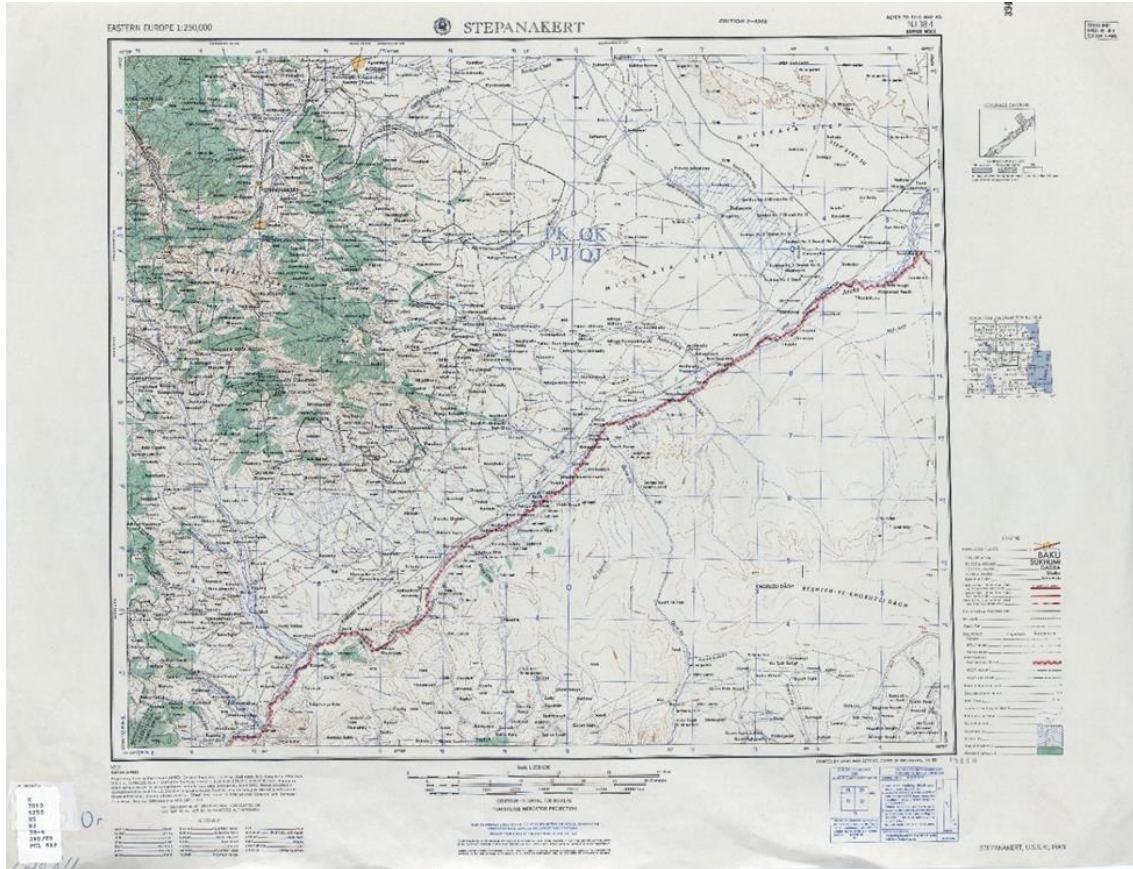
5.1 Kullanılan Veriler ve Yazılım

İşgal altında kalan Karabağ bölgesindeki zamansal arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimin belirlenmesi ve buradan da işgalin etkisinin analiz edilebilmesi için karar verilen uzaktan algılama görüntüleri olarak, 1986 yılından günümüze kadar ücretsiz çok bantlı uydu görüntüsü elde etme olanağı sunan LANDSAT 5, LANDSAT 7 ve LANDSAT 8 uydu görüntüleri tercih edilmiştir. Çalışma alanının 1986-2021 yılları arasındaki değişim analizini yapmak için toplamda 18 adet LANDSAT uydu görüntüsü, U.S. Geological Survey resmi internet sitesinden ücretsiz olarak indirilmiştir [72]. Bu görüntülerin bulutsuz veya çok az bulutlu olmasına dikkat edilmiştir. Çalışma alanı büyük bir yüzölçümüne sahip olduğu için üç LANDSAT uydu görüntüsü birleştirilmiş ve sonuç olarak bir görüntü elde edilmiştir. İndirilen uydu görüntülerinin genel özellikleri Tablo 5.1'de sunulmuştur.

Tablo 5.1: Çalışmada kullanılan uydu görüntüleri

UYDU	TARİH	UYDU	TARİH
LANDSAT TM	07 Temmuz 1986	LANDSAT ETM+	06 Haziran 2001
LANDSAT TM	19 Temmuz 1987	LANDSAT ETM+	02 Ağustos 2001
LANDSAT TM	19 Temmuz 1987	LANDSAT ETM+	02 Ağustos 2001
LANDSAT TM	30 Temmuz 1991	LANDSAT TM	14 Temmuz 2006
LANDSAT TM	30 Temmuz 1991	LANDSAT TM	26 Temmuz 2007
LANDSAT TM	24 Ağustos 1992	LANDSAT TM	26 Temmuz 2007
LANDSAT TM	11 Eylül 1995	LANDSAT OLI/TIRS	21 Haziran 2021
LANDSAT TM	11 Eylül 1995	LANDSAT OLI/TIRS	02 Eylül 2021
LANDSAT TM	02 Eylül 1995	LANDSAT OLI/TIRS	02 Eylül 2021

Çalışmada yardımcı veriler olarak eski tarihlere ait hava fotoğrafları ve 1/25 000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır.



Şekil 5.1: Çalışma alanına ait 1/2500 ölçekli topoğrafik harita

5.2 LANDSAT

LANDSAT programı dünyamıza ait uydu görüntüleri bağlamında çok bantlı spektral analize olanak sağlayan sürekli bir görüntü veri kaynağı sağlanması için başlatılmıştır. İlk olarak Dünya Kaynakları Teknoloji Uydusu (ERTS) adı ile 23 Temmuz 1972 senesinde uzaya fırlatılmıştır. Sonradan ismi LANDSAT 1 olarak değiştirilmiştir. LANDSAT 1 uydusu Return Beam Vidicon (RBV) kamera ve Multispectral Scanner (MSS) isimli iki sensörden oluşmaktadır.

İkinci nesil LANDSAT uyduları, 16 Temmuz 1982'de fırlatılan LANDSAT 4 ile hizmete başlamıştır. LANDSAT 4 Thematic Mapper (TM) kullanan ilk uydudur. İki sene sonra, en uzun süre hizmet veren LANDSAT 5 uydusu fırlatılmış ve 2011'e kadar çok bantlı yer gözlem görüntüleri sağlayarak büyük bir arşif oluşturulmasına olanak vermiştir. Her iki uydu 30 metr çözünürlüğe sahip ve yedi bantdan oluşmaktadır. LANDSAT 6 uydusu 1993 senesinde fırlatılmış ancak yörüngeye ulaşmadan kaza sonucu düşmüştür. 1999 senesinde LANDSAT 7 uydusu 15m çözünürlüklü pankromatik bant ve termal bant çözünürlüğünü 60 metreye çıkaran Enhanced Thematic Mapper (ETM+) cihazı ile yörüngeye ulaşmıştır. Ancak 2003'te Tarama Hattı Düzelticisinde (SLC) mekanik bir arıza yaşanmış ve kısmen eksik de olsa veri sağlamaya devam etmiştir. LANDSAT 8 uydusu 2013'de fırlatılmıştır. İkinci nesil LANDSAT uydularında yer alan tematik mapper (TM) ve çok bantlı algılayıcı (MSS) yerine LANDSAT 8 uydusunda OLI (operational land imager) ve TIRS (thermal infrared sensor) olmak üzere 2 yeni algılayıcı sensöre sahiptir. LANDSAT uyduları programında son uydu ise Eylül 2021 senesinde fırlatılan LANDSAT 9 uydusudur. Yenilenmiş OLI-2 ve TIRS-2 algılayıcıları ile daha iyi sonuçların alınması beklenmektedir [73].

5.3 Uydu Görüntüleri Değerlendirme Yazılımı

Elde edilen LANDSAT uydu görüntülerinin değerlendirilmesinde ERDAS yazılımından faydalanılmıştır. ERDAS (Earth Resources Data Analysis System) 21 Aralık 1978'de geliştirilmiş ve 1979'un başlarında mikro bilgisayarlar için yazılımın ilk versiyonu ortaya çıktı. ERDAS yazılımı coğrafi bilgileri incelemek ve analiz etmek ve bu bilgileri doğal

kaynakların keşfinde değerlendirerek verileri işlemek için güçlü bir araç olarak geliştirdi. Bu nedenle ticari kuruluşlar, askeri, eğitim ve araştırma kurumları tarafından büyük ilgiyle karşılandı. ERDAS tarafından geliştirilen Coğrafi Görüntüleme sayısal analiz teknolojisi, görüntüleri herhangi bir biçimde birleştiren grafik bilgileri oluşturmak, görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılmıştır. Özellikle yüksek çözünürlüklü dijital uçak ve uzay görüntüleri olmak üzere yeni görüntüleme analiz sistemlerinin geliştirilmesi ve uzaktan algılama'nın öncü bir alana dönüşmesine önemli bir katkı sağlamış, bu yönde yeni yazılım paketlerinin geliştirilmesine ivme kazandırmıştır. 1992 yılına kadar bu yazılım paketi, bilimsel araştırmalar için uygun görülüyordu. Ancak CBS teknolojisinin hızlı gelişimi nedeniyle, genel gelişimin gerisinde kaldı. ERDAS IMAGINE® 8.1 uygulaması ile UA verilerini kullanan tam özellikli CBS sistemleri ortaya çıkmıştır. Nisan 2001'de Leica Geosystems, uzaysal verilerin işlenmesine yönelik artan talebe yanıt olarak ERDAS ve LH Systems'in yönetimini devraldı. Leica Geosystems'in ERDAS IMAGINE yazılımı, dijital fotogrametri, UA, uzamsal analiz ve vektör formatında haritalamayı tek bir pakette birleştirdi. ERDAS IMAGINE'in şu anki sürümü, Leica Geosystems tarafından oluşturulan v16.6 sürümüdür [74].

Bölüm 6

Uygulama

Çalışmada öncelikle ham uydu görüntülerine, zamansal farklılıkları ortadan kaldırarak standart görüntüler elde etmek ve doğru sınıflandırma sonuçlarına ulaşabilmek için, bazı düzeltme ve iyileştirme işlemleri uygulanmıştır. Daha sonra piksel tabanlı görüntü sınıflandırma tekniklerinden minimum distance yöntemi ile kontrollü sınıflandırma yapılarak 6 arazi sınıfı oluşturulmuştur. Ardından oluşturulmuş sınıflara doğruluk analizi yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Kontrollü sınıflandırmaya ek olarak farklı yerleşim alanı indeksleri de üretilmiş ve değişimin sonuçları karşılaştırmalı bir şekilde irdelenmeye çalışılmıştır.



Grafik 6.1: Uygulama iş akışı

6.1 Uydu Görüntülerinin Seçimi

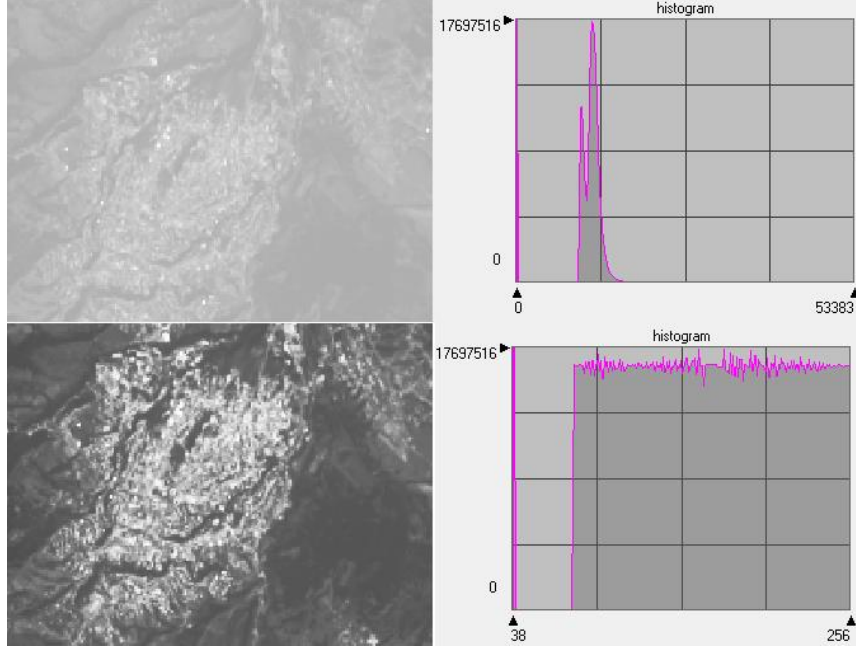
Çalışma alanına ait uydu görüntüleri USGS'e ait Earth Explorer resmi internet sitesinden temin edilmiştir [71]. Uydu görüntülerinin seçiminde bazı kriterler baz alınmıştır. İlk önce sınıflandırma işleminin doğru sonuçlar vermesi açısından görüntünün mümkün olduğu

kadar bulutsuz olması gerekmektedir. İkinci kriter olarak, görüntülerde bitki örtüsünün farklı olmaması için yine mümkün olduğunca aynı veya yakın ayları içeren zaman dilimlerindeki görüntüler seçilmiştir. Aynı zamanda çalışma alanını, yüksek dağlık bölgeleri de kapsadığı için, arazideki buzul ve kar seviyesinin en az olduğu aylar olan yaz aylarına ait görüntüler seçilmiştir. Çalışma alanının tamamı bir Landsat uydu görüntüsüne sığmadığı için 3 uydu görüntüsü kullanılmış, daha sonra bu görüntüler mozaikleme işlemiyle birleştirilerek çalışma alanını içeren görüntü paketleri bu mozaik görüntüden kesilerek elde edilmiştir.

6.2 Histogram Eşitleme

Ham uydu görüntüleri üzerinde çeşitli radyometrik düzeltmeler yapılarak daha iyi sonuçlar alınabilmektedir. Bu uygulamalardan biri histogram eşitleme işlemidir. Histogram eşitleme dedikte, uydu görüntüsünün herhangi bir bölgesinde toplanan renk değerlerinin, görüntünün tamamına aynı oranda dağıtılması işlemidir. Burada dikkat etmemiz gereken nokta, her bir bant için bu işlemin yapılmasıdır. Bunun için öncelikle “tiff” uzantılı şekilde olan her bir bant “img” formatına dönüştürülür. Daha sonra Erdas yazılımında Raster menüsü içerisinde yer alan Radiometric – Histogram Equalization komutu ile işlem gerçekleştirilir.

Şekil 6.1'de Landsat 8 uydusuna ait, 1. Bant örnek gösterilmiştir. Üsteki görüntü histogram eşitleme işleminden önce, aşağıdaki görüntü ise işlemten sonra alınmıştır.



Şekil 6.1: Histogram eşitleme işlemi öncesi ve sonrası

6.3 Bant Birleştirme

Landsat uydu sensörleri görüntüleri farklı dalga boylarında alındığı için, görüntüler farklı bantlarda toplanmaktadır. Doğru bir sınıflandırma işlemi yapmak için bu bantların birleştirilmesi gerekmektedir. Landsat TM uydusu 7 bant'da görüntü kayıt ederken, Landsat ETM+ uydusu 15m çözünürlüktü pankromatik bant bulunmaktadır. Landsat OLI/TIRS uydusu ise bize 11 bant'da görüntü sunmaktadır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, gri olan bu bantlar birleştirilir ve renkli multispektral görüntü elde edilir.

Bu çalışmada, örnek alanların seçiminde ve doğruluk analizi işlemlerinde 2001 senesindeki Landsat 7 ETM+ ve 2021 senesindeki Landsat 8 OLI/TIRS uydularına ait pankromatik görüntülerden yararlanılmıştır.

Bant birleştirme işlemi için Raster menüsünde yer alan Spectral – Layer Stack komutu seçilerek işlem yapılmıştır.

6.4 LANDSAT Görüntüsünün Mozaiklenmesi (Mosaic Images)

Çalışma alanını bir uydu görüntüsü kapsamadığı için, üç parça uydu görüntüsü birleştirilerek, tek parça haline getirilmiştir. Uydu görüntülerini mozaiklemek için Raster menüsü içerisinde yer alan Mosaic – Mosaic Pro komutu seçilir. Mozaikleme işlemini yaparken görüntüden çalışma alanının kesilmesi işlemi de yapılabilmektedir. Bunun için Mosaic Pro – Output Image Option penceresinden Method seçeneğinden User Defined AIO seçilir. Böylece iki işlem bir adımda gerçekleştirilir. Şekil 6.2 ve 6.3'de uydu görüntüsünün mozaiklenmeden önce ve sonraki görüntüsü gösterilmiştir.



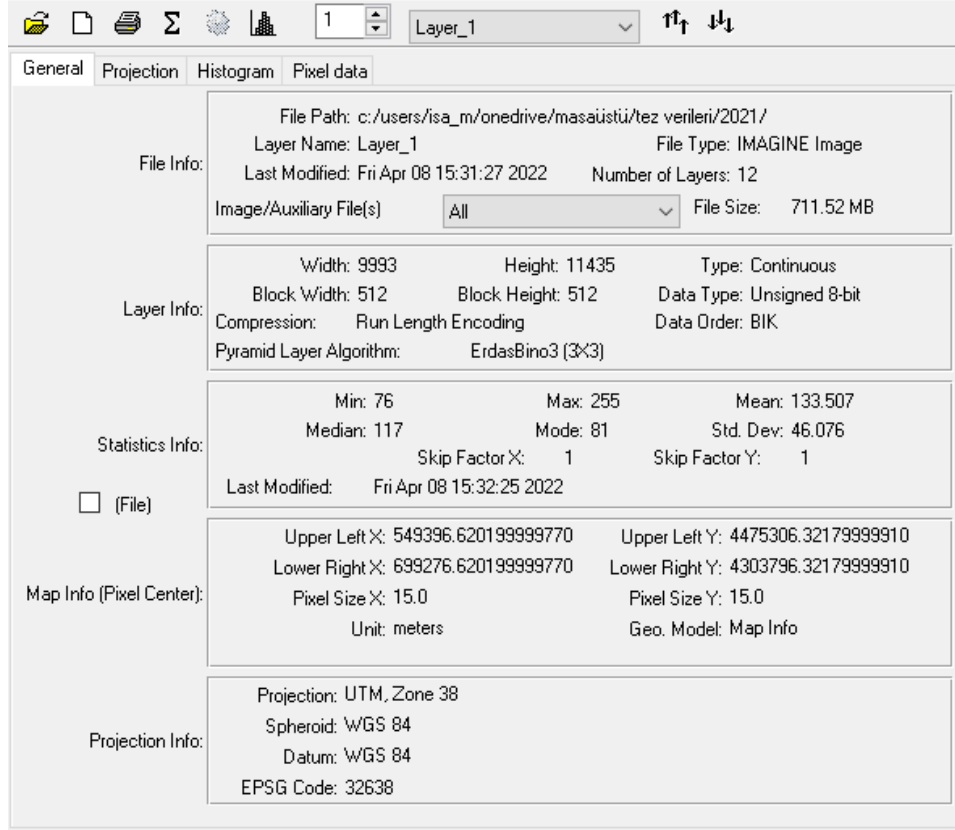
Şekil 6.2: 2021 senesine ait çalışma alanı mozaikleme işleminden sonra



Şekil 6.3: 2021 senesine ait çalışma alanı mozaikleme işlemi öncesi

6.5 Geometrik düzeltme (Geometric Correction)

Çalışma alanı Azerbaycan Cumhuriyeti sınırları içerisinde yer almaktadır. Ve ülke UTM_WGS84 (World Geodetic System_1984) datum'da, 38. ve 39. Zonu koordinat diliminde yer almaktadır. Uydu görüntülerinin aynı proeksiyonda olduğunu teyit etmek için, projeksiyon, mekansal ve radyometrik çözünürlük hakkında bilgi veren İmage Metadata seçeneği tıklanarak bilgi alınır. Şekil 6.4'de gösterildiği gibi, görüntü proeksiyonunun doğru olduğu tespit edilmiş ve yeniden proeksiyalandırma işlemi gerçekleştirilmemiştir.



Şekil 6.4: Uydu görüntüsü projeksiyon bilgileri kontrolü

6.6 Sınıflandırma ile Tüm Çalışma Alanı için Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Sınıflarının Oluşturulması

Sınıflandırmayı en basit şekilde tanımlayacak olursak, görüntüdeki benzer yansıtım değerlerine sahip piksellerin bir araya getirilmesi işlemidir. Farklı görüntü işleme algoritmaları vardır. Kontrollü sınıflandırma yapmak için Ortalamalara En Kısa Mesafe (Minimum Distance to Means), Paralelkenar (Parellepiped) ve En Büyük Olasılık (Maximum Likelihood) algoritmaları örnek gösterilebilir. Bu çalışmada en doğru sonucu verdiği karar verilen Minimum Distance (En Kısa Mesafe) algoritması kullanılmıştır.

Altı farklı yıla ait olan uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırma yapmak için ilk önce çalışma alanından örnekler toplanması gerekmektedir. Spektral imza örnekeme alanları da dediğimiz bu örnek alanların sahip

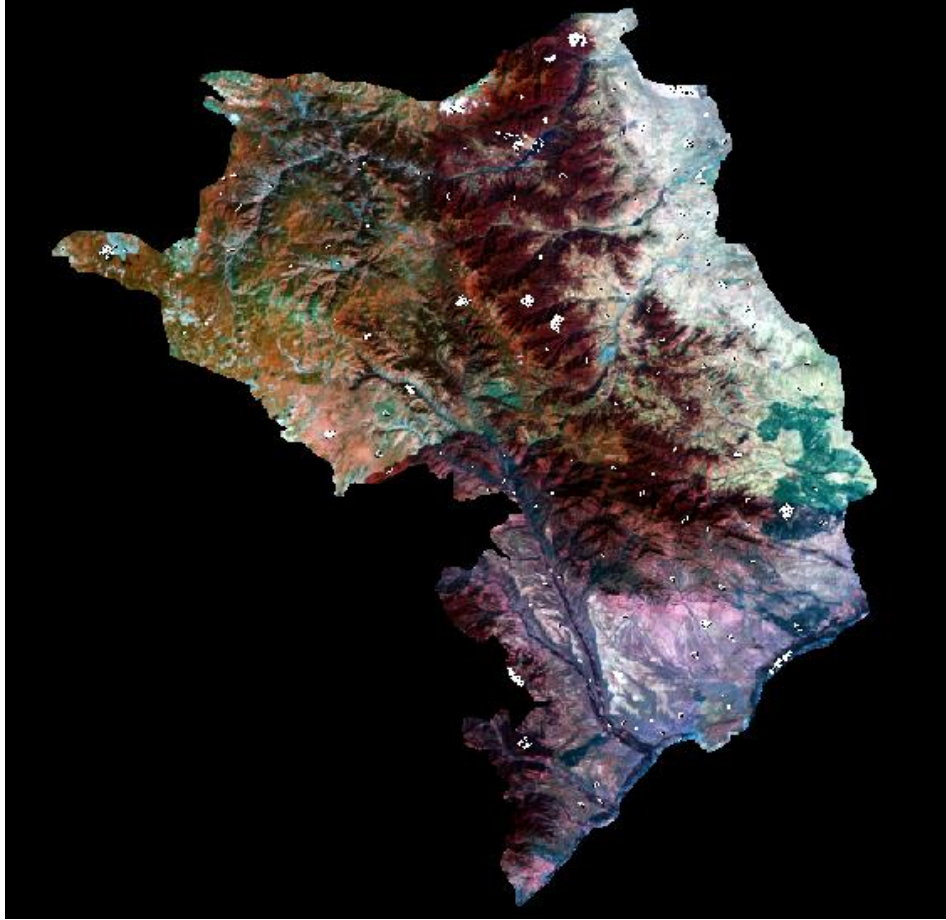
olduğu bandlar boyu spektral yansıtım değerleri baz alınarak görüntünün geri kalan kısmı yorumlanmaktadır. Bu örnek alanlar altı farklı sınıf için toplanmıştır. Kullanılan uydu görüntülerinin çözünürlüklerinden dolayı CORİNE 1 düzeyinde sınıflandırma yapılmıştır. Kullanılan sınıflar: Yerleşim alanları, Tarım alanları, Ormanlık alanlar, Yeşil alanlar, Sulak alanlar ve Diğer alanlardır. Yerleşim alanları şehir ve kentleşme alanlarını temsil etmektedir (Tablo 6.1). Tarım alanları, ekim için ayrılmış veya mevcut ekin alanlarını temsil etmektedir. Orman alanları, sık ağaçlık ve odunsu bitkilerin olduğu alanları temsil etmektedir. Yeşil alanlar, fundalıkları ve doğal çayırıkları temsil etmektedir. Çalışma alanının büyük kısmını dağlık alanlar oluşturması ve özellikle 2000 m'den yüksek alanların çayırıklardan oluşması nedeniyle, bu arazilerin Yeşil alanlar sınıfına atanmasına karar verilmiştir. Sulak alanlar mevcut su yüzeylerini temsil etmektedir. Diğer alanlar sınıfı, boş ve verimsiz araziler, kayalıklar, daha önce tarımsal faaliyet yapılmış ancak mevcut sebeplerden (savaş veya göç etmek) dolayı kullanılmayan arazileri temsil etmektedir.

Tablo 6.1: Seçilen arazi örtüsü sınıfları

Sınıf	Sınıf açıklaması
Yerleşim alanları	Şehir ve kentleşme alanları
Tarım alanları	Ekim için ayrılmış veya mevcut ekin alanları
Orman alanları	Sık ağaçlık ve odunsu bitkilerin olduğu alanları
Yeşil alanlar	Fundalıklar ve doğal çayırık alanlar
Sulak alanlar	Mevcut su yüzeyleri
Diğer alanlar	Boş ve verimsiz araziler, kayalıklar, daha önce tarımsal faaliyet yapılmış alanlar

Kontrollü sınıflandırma işleminin en önemli kısmı bu örnekleme yani eğitim alanlarının toplanmasıdır. Eğitim alanları seçilirken kullanıcı farklı bant kompozisyonları kullanarak, arazinin hangi sınıfa ait olduğuna karar verir. Ancak tek bant kompozisyonlarının kullanılması yeterli değildir. Örnek alanların toplanması zamanı, eski tarihlere ait topoğrafik haritalardan, hava fotoğraflarından yararlanmak doğruluğu arttırmaktadır.

Ancak en sağlıklı sınıflandırma için, çalışma alanına giderek örneklerin toplanmasıdır. Sağlıklı sınıflandırma için her bir sınıf için olabildiğince fazla örnek toplanması doğruluğu da bir o kadar artıracaktır.



Şekil 6.5: Farklı sınıfları temsil eden alanlar üzerinden eğitim verilerinin seçilmesi

Çalışma bölgesinde mayın temizleme işlemi devam etmektedir ve bölgeye yalnız özel izin alarak girilmektedir. Bu sebepten dolayı örnek alanların seçiminde uydu ve hava fotoğrafları kullanılmış, çalışma alanına gidilerek örnekler toplanmamıştır. Her görüntü için 300'den fazla örnek alan seçilmiştir (Şekil 6.5). Karşılaşılan en büyük sorunlardan biri, uydu görüntüsünde yeni biçilmiş tarım arazileri ile çıplak arazilerin aynı yansıma değerlerine sahip olmasıdır. Bu durumda sınıflar çakışarak karışmaktadır. Bu alanlardan yeni spektral imza alanları toplanarak hatalardan kaçınmaya çalışılmıştır.

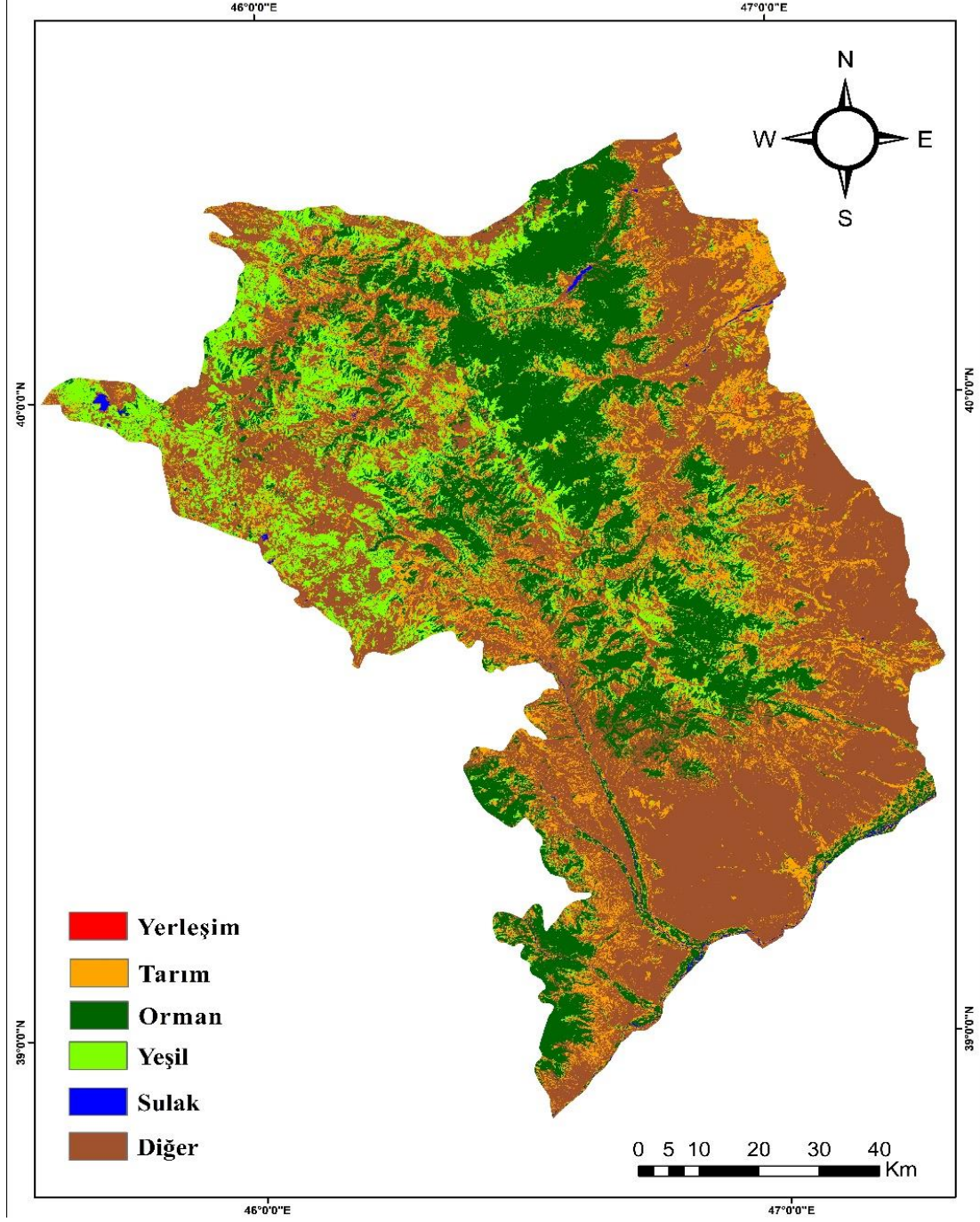
6.6.1 1986 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım ve Değişimi Bulguları

Çalışma alanımız Karabağ bölgesini içeren 1986 senesine ait Landsat 5 TM çok bantlı uydu görüntüsüne kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak üretilen harita Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Tablo 6.2'de sınıfların kapladığı toplam alanlar ve çalışma bölgesi sınırları içerisinde kalan toplam alana göre yüzdelik değerleri gösterilmiştir. Bu verilere göre 1986 senesi itibarı ile yerleşim alanları 9,49 km²'lik alanı kapsamaktadır. Bu toplam alanın %0,08'lik bir bölümünü kapsamaktadır. Tarım alanları 1869,67 km²'lik bir alanla toplam alanın %16,14'lük bir bölümünü kapsamaktadır. Ormanların kapladığı alan ise 2877,39 km² olarak bulunmuştur. Bu da toplam alanın %24,83'lük kesimi demektir. Yeşil alanlar 1448,84 km²'lik bir alanla, toplam alanın %12,5'lik bir bölümünü kapsamaktadır. Sulak alanlar ise 37,93 km²'lik alanla toplam alanın ancak %0,33'lük bir bölümüne tekabül etmektedir. Diğer alanlar ise 5343,11 km² ile çalışma bölgesindeki en büyük alanı, yani toplam alanın %46,12'lik bir bölümünü kapsamaktadır.

Tablo 6.2: 1986 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri

Sınıf adı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim	9,49	0,08
Tarım	1869,67	16,14
Orman	2877,39	24,83
Yeşil	1448,84	12,5
Sulak	37,93	0,33
Diğer	5343,11	46,12

İŞGAL EDİLMİŞ TOPRAKLAR - 1986



Şekil 6.6: İşgal edilmiş toprakların 1986 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası

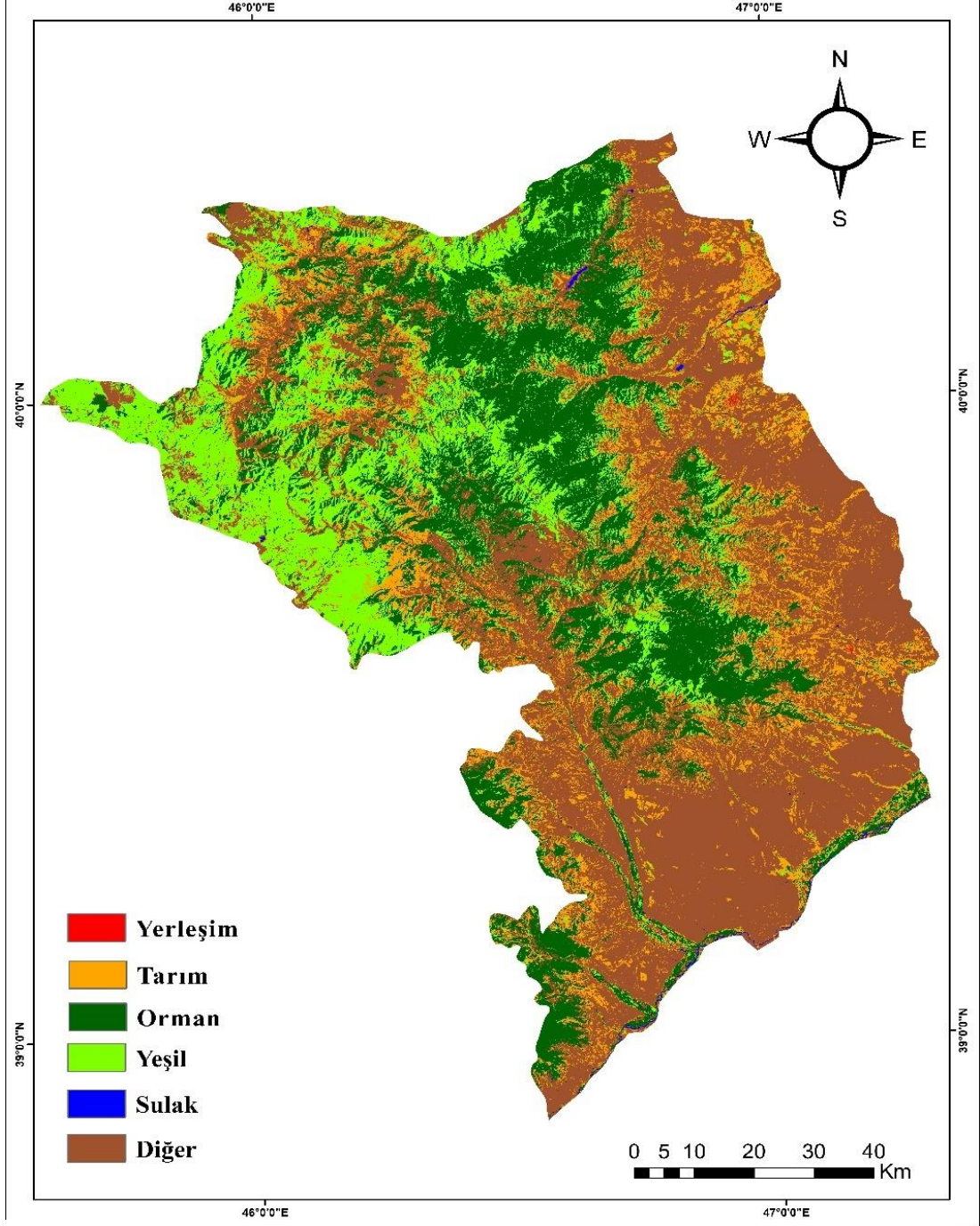
6.6.2 1991 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları

Çalışma alanının 1991 senesine ait çok bantlı Landsat 5 TM uydu görüntüsüne kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak elde edilen harita Şekil 6.7'de verilmiştir. Tablo 6.3'de ise sınıfların bölge içerisinde kapladığı alan ve yüzdelik durumları gösterilmiştir. Bu verilere göre 1991 senesi itibarı ile yerleşim alanları 13,31 km²'lik alanı kapsarken, bu alan toplam alanın %0,11'lik bir bölümüne tekabül etmektedir. Tarım alanları 1703,52 km²'lik alanı kapsamakta olup, bu da toplam alanın %14,07'lik bir bölümüdür. Daha önce de belirtildiği gibi bölge ormanlık bir arazi olduğu için, çalışma ile bu da teyit edilmekle beraber orman alanları bölgede 3052,79 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu da toplam alanın %26,35'lik bir bölümünü oluşturmaktadır. Yeşil alanlar 1944,89 km²'lik alanı kapsamakta olup, toplam alanın %16,79'luk bir bölümü anlamına gelmektedir. Sulak alanlar 26,88 km²'lik bir alan ile toplam alanın %0,23'lük bir bölümünü kapsamaktadır. Diğer alanlar ise 4945,03 km²'e ile çalışma bölgesindeki yine en geniş alanı kapsayan sınıf olup, toplam alanın %41,82'lik bir bölümünü içermektedir.

Tablo 6.3: 1991 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri

Sınıf adı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim	13,31	0,11
Tarım	1703,52	14,7
Orman	3052,79	26,35
Yeşil	1944,89	16,79
Sulak	26,88	0,23
Diğer	4845,03	41,82

İŞGAL EDİLMİŞ TOPRAKLAR - 1991



Şekil 6.7. İşgal edilmiş toprakların 1991 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası

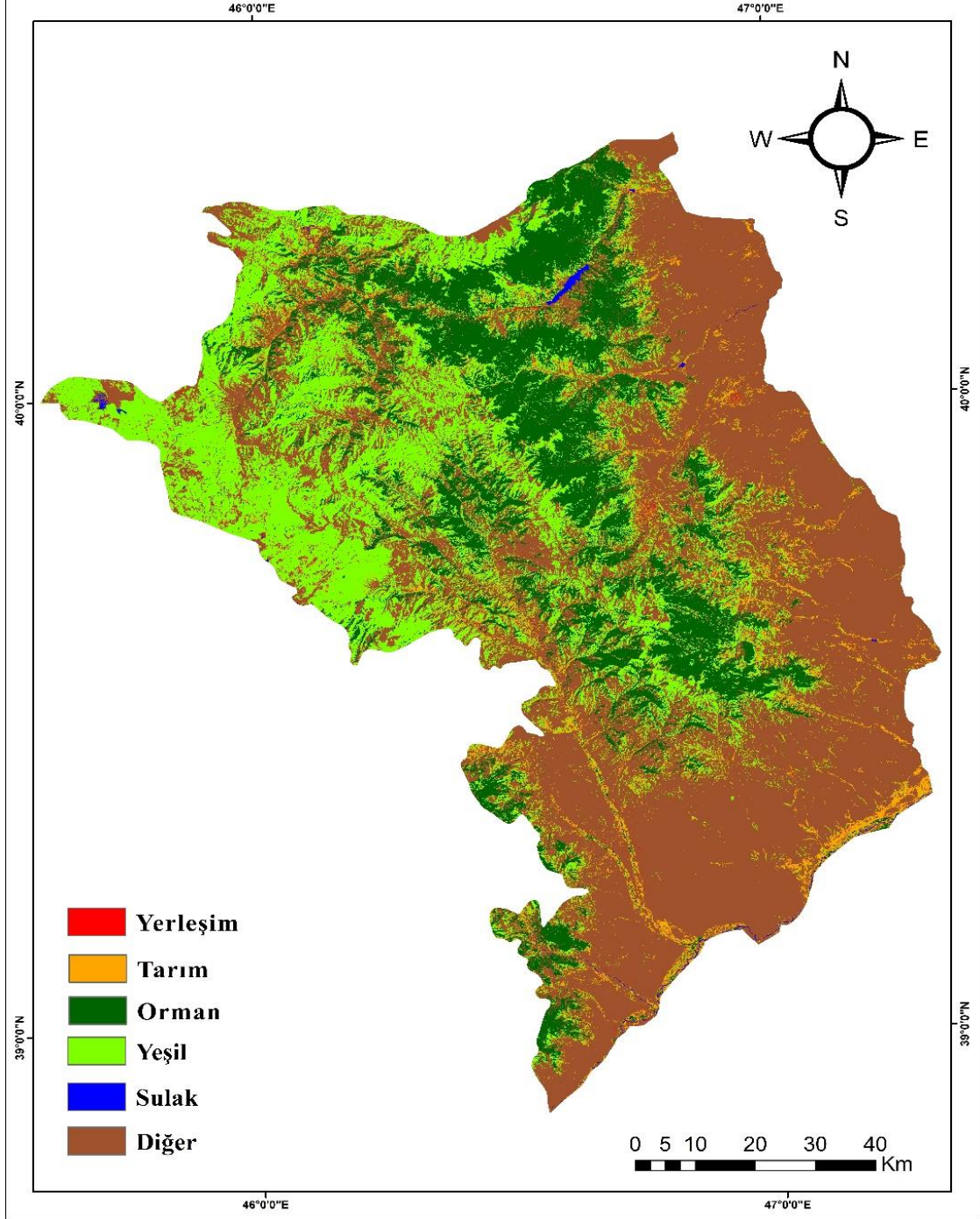
6.6.3 1995 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları

Çalışma alanının 1995 senesine ait çok bantlı Landsat 5 TM uydu görüntüsüne kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak elde edilen sınıflandırılmış arazi örtüsü ve kullanımı haritası Şekil 6.8’de verilmiştir. Tablo 6.4’de ise 1995 yılı itibarıyla sınıfların bölgede kapladığı toplam alan ve bu toplam alana göre yüzde oranları verilmektedir. Bu verilere göre 1995 senesi itibarı ile yerleşim alanları 13,07 km²’lik alanı kapsayarak toplam alanın %0,11’lik bir bölümünü içermektedir. Tarım alanları 532,80 km²’lik alanı kapsayıp toplam alanın %4,6’lık bir bölümüne tekabül etmektedir. Orman alanlarının yine geniş bir alanı kapsadığı görülmekte olup 2141,55 km²’lik bir alanı yani toplam alanın %18,48’lik bir bölümünü içerdiği tespit edilmiştir. Yeşil alanların da geniş bir alanı içermekte olduğu ve 2818,82 km²’lik alanı kapsadığı, bunun da toplam alanın %24,33’lük bir bölümüne tekabül ettiği görülmektedir. Sulak alanlar ise yine yalnızca 26,97 km²’lik alanı kapsayarak toplam alanın ancak %0,23’lük bir bölümünü içerdiği, diğer alanların ise 6053,19 km²’e ile yine bölgede en geniş alan kapsayan sınıf olarak çalışma bölgesi toplam alanının %52,24’lük bir bölümünü kapsadığı tespit edilmiştir.

Tablo 6.4: 1995 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri

Sınıf adı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim	13,07	0,11
Tarım	532,80	4,6
Orman	2141,55	18,48
Yeşil	2818,82	24,33
Sulak	26,97	0,23
Diğer	6053,19	52,24

İŞGAL EDİLMİŞ TOPRAKLAR - 1995



Şekil 6.8: İşgal edilmiş toprakların 1991 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası

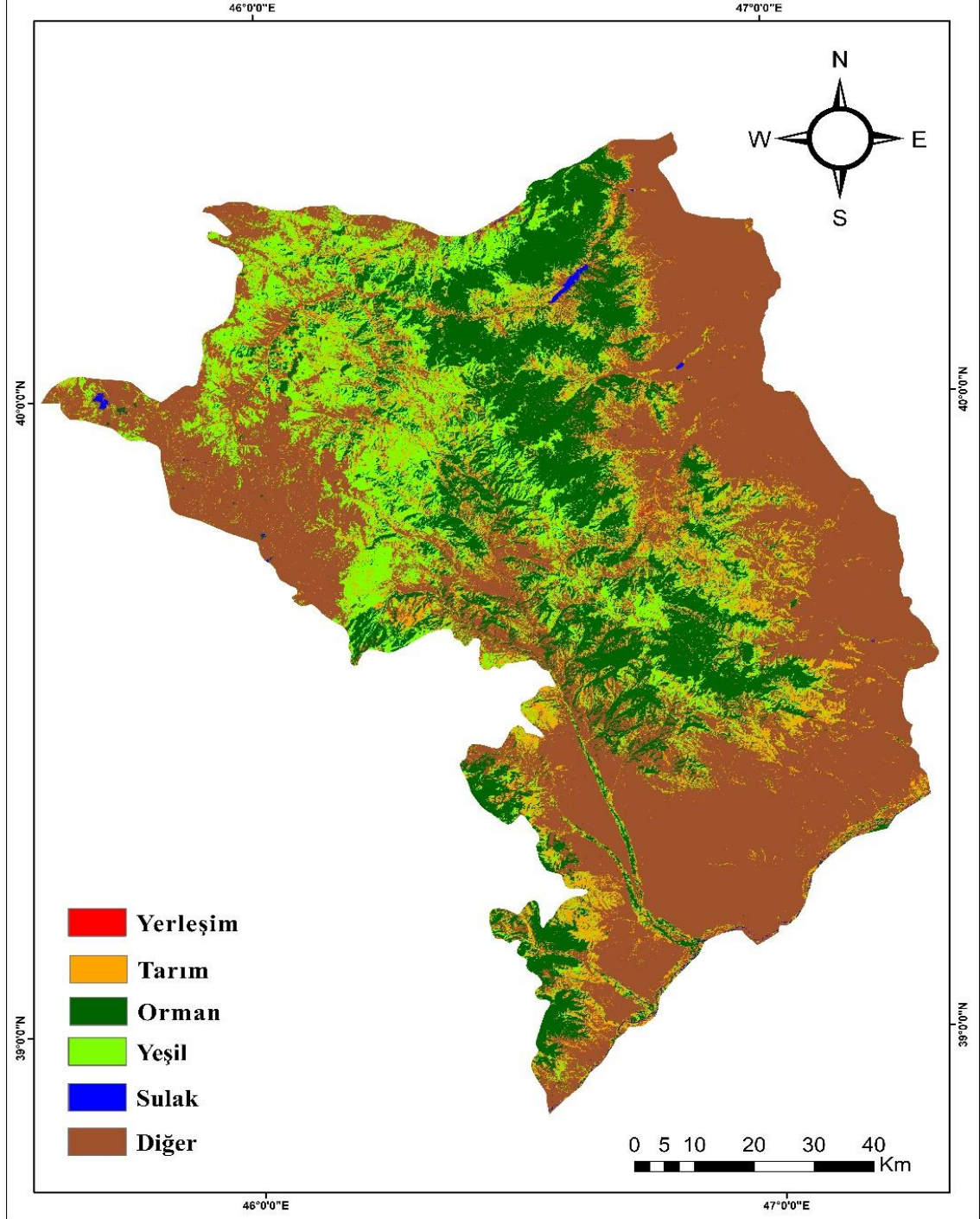
6.6.4 2001 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları

Çalışma alanının 2001 senesine ait çok bantlı Landsat 7 ETM+ uydu görüntüsüne kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak elde edilen sınıflandırılmış arazi örtüsü ve kullanımı haritası Şekil 6.9'da verilmiştir. Tablo 6.5'de ise 2001 yılı itibariyle sınıfların bölgede kapladığı toplam alan ve bu toplam alana göre yüzde oranları verilmektedir. Bu verilere göre 2001 senesi itibarı ile yerleşim alanları 5,54 km²'lik alanı kapsayarak toplam alanın %0,05'lik bir bölümünü içermektedir. Tarım alanları 1269,0 km²'lik alanı kapsayıp toplam alanın %10,95'lik bir bölümüne tekabül etmektedir. Orman alanlarının yine geniş bir alanı kapsadığı görülmekte olup 2540,59 km²'lik bir alanı yani toplam alanın %21,93'lik bir bölümünü içerdiği tespit edilmiştir. Yeşil alanların da geniş bir alanı içermekte olduğu ve 1842,82 km²'lik alanı kapsadığı, bunun da toplam alanın %15,9'luk bir bölümüne tekabül ettiği görülmektedir. Sulak alanlar ise yine yalnızca 20,69 km²'lik alanı kapsayarak toplam alanın ancak %0,18'lik bir bölümünü içerdiği, diğer alanların ise 5897,87 km²'e ile yine bölgede en geniş alan kapsayan sınıf olarak çalışma bölgesi toplam alanının %50,9'luk bir bölümünü kapsadığı tespit edilmiştir.

Tablo 6.5: 2001 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri

Sınıf adı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim	5,54	0,05
Tarım	1269	10,95
Orman	2540,59	21,93
Yeşil	1842,65	15,90
Sulak	20,69	0,18
Diğer	5897,87	50,9

İŞGAL EDİLMİŞ TOPRAKLAR - 2001



Şekil 6.9: İşgal edilmiş toprakların 2001 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası

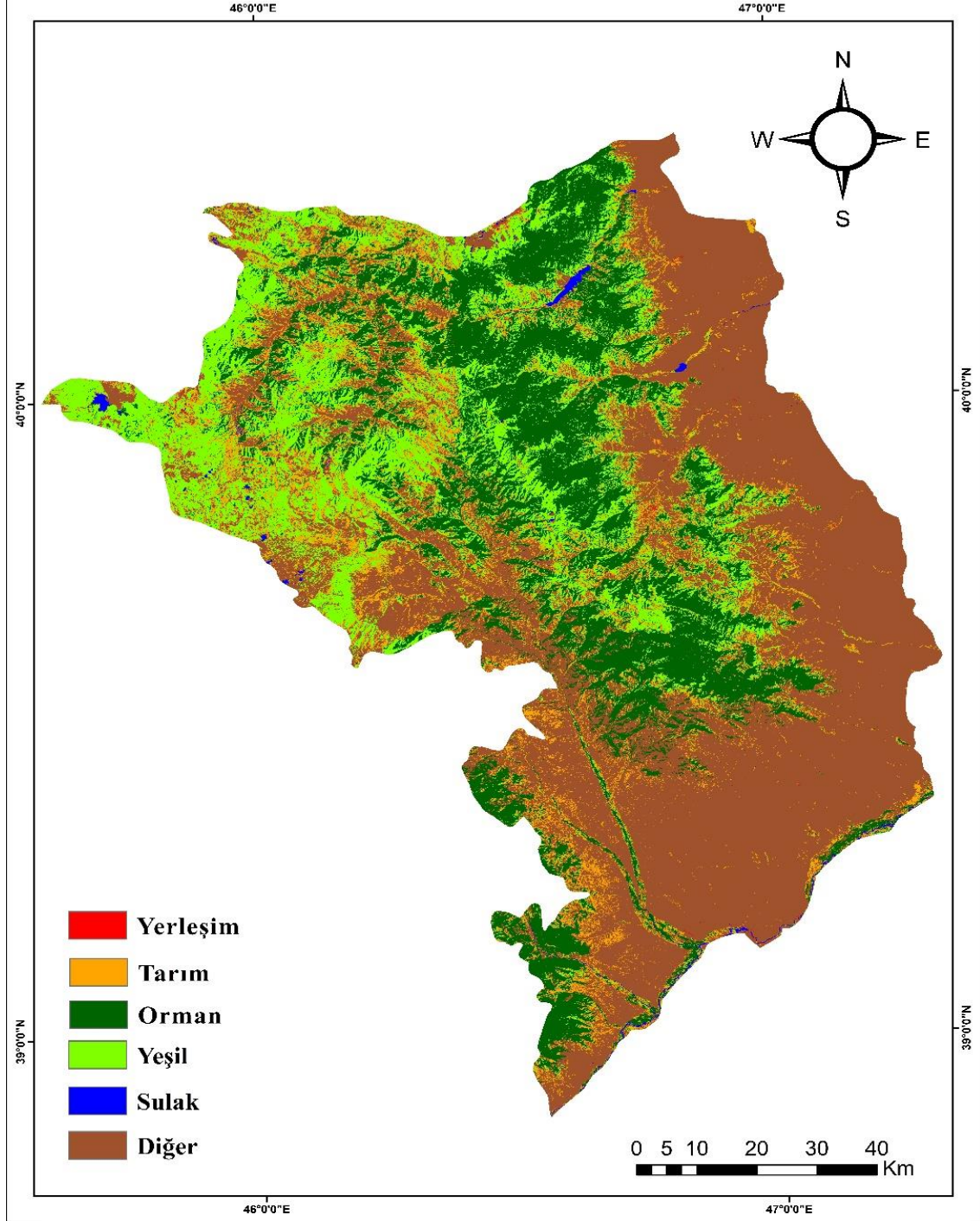
6.6.5 2007 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları

Çalışma alanının 2007 senesine ait çok bantlı Landsat 5 TM uydu görüntüsüne kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak elde edilen sınıflandırılmış arazi örtüsü ve kullanımı haritası Şekil 6.10'da verilmiştir. Tablo 6.6'da ise 1995 yılı itibariyle sınıfların bölgede kapladığı toplam alan ve bu toplam alana göre yüzde oranları verilmektedir. Bu verilere göre 2007 senesi itibarı ile yerleşim alanları 13,66 km²'lik alanı kapsayarak toplam alanın %0,12'lik bir bölümünü içermektedir. Tarım alanları 1214,56 km²'lik alanı kapsayıp toplam alanın %10,48'lik bir bölümüne tekabül etmektedir. Orman alanlarının yine geniş bir alanı kapsadığı görülmekte olup 2819,35 km²'lik bir alanı yani toplam alanın %24,33'lik bir bölümünü içerdiği tespit edilmiştir. Yeşil alanların da geniş bir alanı içermekte olduğu ve 2072,81 km²'lik alanı kapsadığı, bunun da toplam alanın %17,89'luk bir bölümüne tekabül ettiği görülmektedir. Sulak alanlar ise yine yalnızca 48,6 km²'lik alanı kapsayarak toplam alanın ancak %0,42'lik bir bölümünü içerdiği, diğer alanların ise 5417,43 km²'e ile yine bölgede en geniş alan kapsayan sınıf olarak çalışma bölgesi toplam alanının %46,76'lık bir bölümünü kapsadığı tespit edilmiştir.

Tablo 6.6: 2007 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri

Sınıf adı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim	13,66	0,12
Tarım	1214,56	10,48
Orman	2819,35	24,33
Yeşil	2072,81	17,89
Sulak	48,6	0,42
Diğer	5417,43	46,76

İŞGAL EDİLMİŞ TOPRAKLAR - 2007



Şekil 6.10: İşgal edilmiş toprakların 2007 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası

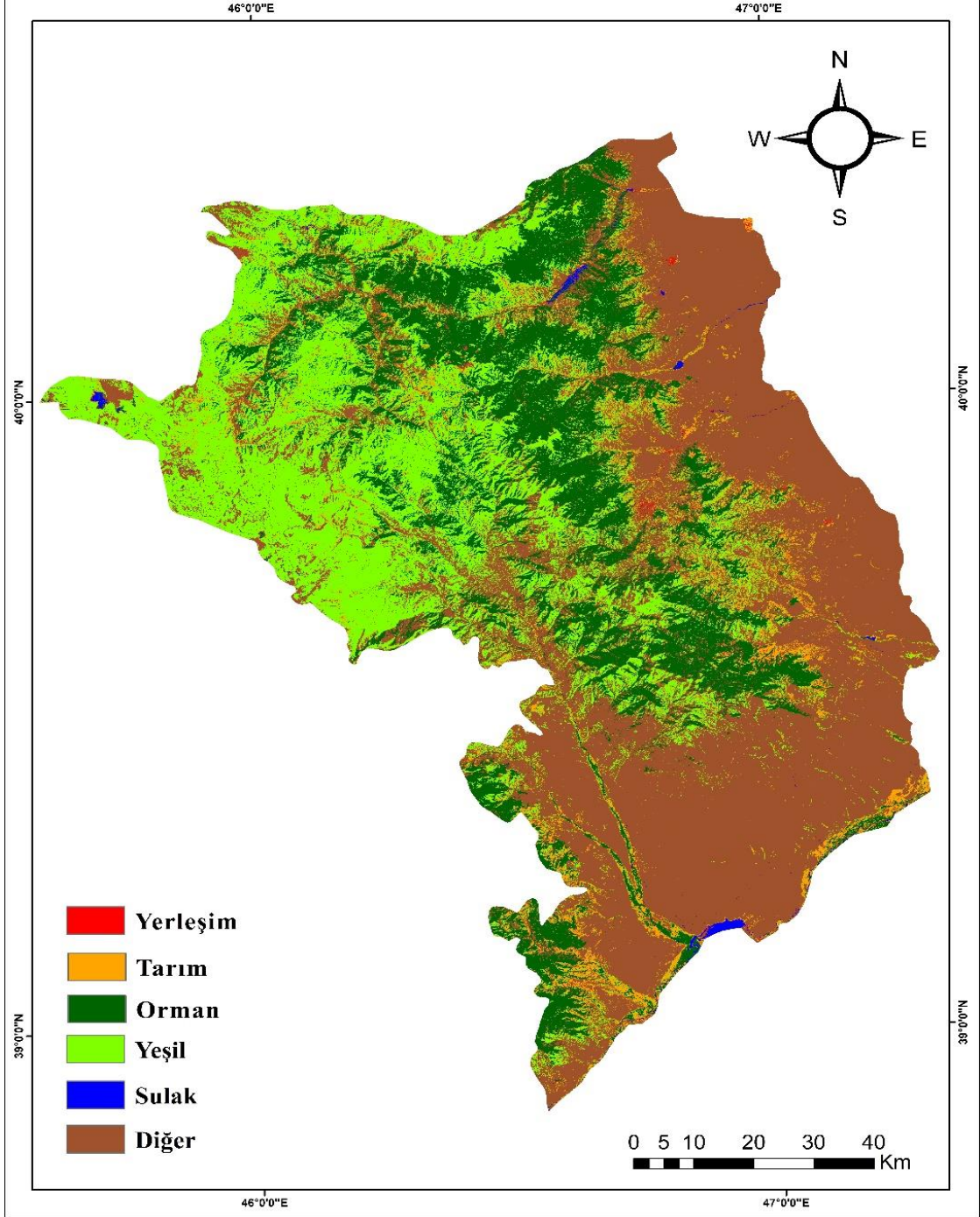
6.6.6 2021 yılı Arazi Örtüsü/Kullanım Değişimi Bulguları

Çalışma alanının 2021 senesine ait çok bantlı Landsat 8 OLI/TIRS uydu görüntüsüne kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak elde edilen sınıflandırılmış arazi örtüsü ve kullanımı haritası Şekil 6.11'de verilmiştir. Tablo 6.7'de ise 2021 yılı itibariyle sınıfların bölgede kapladığı toplam alan ve bu toplam alana göre yüzde oranları verilmektedir. Bu verilere göre 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 16,91 km²'lik alanı kapsayarak toplam alanın %0,15'lik bir bölümünü içermektedir. Tarım alanları 611,571 km²'lik alanı kapsayıp toplam alanın %5,28'lik bir bölümüne tekabül etmektedir. Orman alanlarının yine geniş bir alanı kapsadığı görülmekte olup 2403,35 km²'lik bir alanı yani toplam alanın %20,74'lik bir bölümünü içerdiği tespit edilmiştir. Yeşil alanların da geniş bir alanı içermekte olduğu ve 3038,59 km²'lik alanı kapsadığı, bunun da toplam alanın %26,53'lük bir bölümüne tekabül ettiği görülmektedir. Sulak alanlar ise yine yalnızca 38,1 km²'lik alanı kapsayarak toplam alanın ancak %0,3'lik bir bölümünü içerdiği, diğer alanların ise 5471,05 km²'e ile yine bölgede en geniş alan kapsayan sınıf olarak çalışma bölgesi toplam alanının %47,22'lik bir bölümünü kapsadığı tespit edilmiştir.

Tablo 6.7: 2021 yılı Arazi Örtüsü ve Kullanımı sınıflarının alansal dağılımı ve yüzdeleri

Sınıf adı	Alan (km ²)	Yüzde (%)
Yerleşim	16,91	0,15
Tarım	611,571	5,28
Orman	2403,05	20,74
Yeşil	3038,59	26,53
Sulak	38,10	0,3
Diğer	5471,05	47,22

İŞGAL EDİLMİŞ TOPRAKLAR - 2021



Şekil 6.11: İşgal edilmiş toprakların 2021 yılı sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası

6.7 Doğruluk Analizleri

Kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmış görüntülerin doğruluğunu sağlamak için doğruluk analizi yapılmıştır. 1986, 1991, 1995, 2001, 2007 ve 2021 senelerine ait sınıflandırılmış görüntülerin her biri için toplam 300 adet kontrol noktası belirlenmiş ve her bir sınıfa en az 20 adet olmak üzere dağıtılmıştır. Daha büyük alana sahip olan sınıfın daha çok kontrol noktası olması doğruluk açısından faydalı olacağı kanısına varılmıştır.

Tablo 6.8'de 1986 senesine ait sınıflandırılmış görüntünün genel doğruluğu %97 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değerine baktığımızda 0,97 olarak bulunmuştur. Orman ve Sulak sınıfların kullanıcı doğruluğu %100 olmuştur. Bunun nedeni uydu görüntüsünde bu sınıfların kolay ayırt edilebilmesidir. Sonuçlara bakıldığında Yerleşim alanları, tarım ve diğer alanlar arasında bir karışma olduğu görülmüştür. Bunun nedeni kentleşmenin ileri seviyede olmaması, diğer alanlar ile karışık olmasıdır.

Tablo 6.8: 1986 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi

1986 YILI KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA HATA MATRİSİ VE DOĞRULUK ANALİZİ								
Sınıf adı	Yerleşim	Tarım	Orman	Yeşil	Sulak	Diğer	Satır Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	17	2	0	0	0	1	20	85
Tarım	0	48	0	0	0	1	49	97
Orman	0	0	65	0	0	0	65	100
Yeşil	0	1	0	41	0	1	43	95
Sulak	0	0	0	0	20	0	20	100
Diğer	0	1	0	0	0	102	102	99
Sütun Toplam	17	52	65	41	20	105	300	

Üretici Doğruluğu (%)	100	92	100	100	100	97	Toplam Doğruluk %97
Kappa k	0.84	0.97	1.00	0.94	1.00	0.98	0.97

Tablo 6.9'da 1991 senesine ait sınıflandırılmış görüntünün genel doğruluğu %97 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değerine baktığımızda 0,97 olarak bulunmuştur. Orman ve sulak sınıfların hem kullanıcı hem de üretici doğruluğu %100 olmuştur. En düşük kullanıcı doğruluğu olan sınıf 1989 yılında olduğu gibi yerleşim alanı sınıfıdır.

Tablo 6.9: 1991 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi

1991 YILI KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA HATA MATRİSİ VE DOĞRULUK ANALİZİ								
Sınıf adı	Yerleşim	Tarım	Orman	Yeşil	Sulak	Diğer	Satır Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	16	0	0	0	1	3	20	80
Tarım	0	45	0	0	0	1	46	98
Orman	0	0	68	0	0	0	68	100
Yeşil	0	1	0	49	0	0	50	98
Sulak	0	0	0	0	20	0	20	100
Diğer	0	0	0	0	0	95	95	99
Sütun Toplam	16	46	68	49	21	99	300	
Üretici Doğruluğu (%)	100	98	100	100	95	96	Toplam Doğruluk %97	
Kappa k	0.79	0.97	1.00	0.97	1.00	0.98	97	

Tablo 6.10'da 1995 senesine ait sınıflandırılmış görüntünün genel doğruluğu %97 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değerine baktığımızda 0,96 olarak bulunmuştur. En düşük doğruluk yüzdesine sahip sınıf %65 ile yine yerleşim alanı olmuştur.

Tablo 6.10: 1995 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi

1995 YILI KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA HATA MATRİSİ VE DOĞRULUK ANALİZİ								
Sınıf adı	Yerleşim	Tarım	Orman	Yeşil	Sulak	Diğer	Satır Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	13	0	0	0	4	3	20	65
Tarım	0	26	0	2	0	0	28	92
Orman	0	0	53	0	0	0	53	100
Yeşil	0	0	0	64	0	0	64	100
Sulak	0	0	0	0	20	0	20	100
Diğer	0	0	0	0	0	115	115	100
Sütun Toplam	13	26	53	66	24	118	300	
Üretici Doğruluğu (%)	100	100	100	97	83	97	Toplam Doğruluk %97	
Kappa k	0.63	0.92	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	

Tablo 6.11'de 2001 senesine ait sınıflandırılmış görüntünün genel doğruluğu %96 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değerine baktığımızda 0,96 olarak bulunmuştur. Yerleşim ve tarım alanları hariç diğer alanların kullanıcı doğruluğu %100 olmuştur.

Tablo 6.11: 2001 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi

2001 YILI KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA HATA MATRİSİ VE DOĞRULUK ANALİZİ								
Sınıf adı	Yerleşim	Tarım	Orman	Yeşil	Sulak	Diğer	Satır Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	16	0	0	0	1	3	20	80

Tarım	0	34	1	5	0	0	40	85
Orman	0	0	59	0	0	0	59	100
Yeşil	0	0	0	49	0	0	49	100
Sulak	0	0	0	0	20	0	20	100
Diğer	0	0	0	0	0	112	112	100
Sütun Toplam	16	34	60	54	21	115	300	
Üretici Doğruluğu (%)	100	100	98	91	95	97	Toplam Doğruluk %96	
Kappa k	0.79	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	

Tablo 6.12'de 2007 senesine ait sınıflandırılmış görüntünün genel doğruluğu %98 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değerine baktığımızda 0,98 olarak bulunmuştur. Orman, yeşil ve diğer alanların kullanıcı doğruluğu %100 olmuştur.

Tablo 6.12: 2007 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi

2007 YILI KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA HATA MATRİSİ VE DOĞRULUK ANALİZİ								
Sınıf adı	Yerleşim	Tarım	Orman	Yeşil	Sulak	Diğer	Satır Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	17	0	0	0	0	3	20	85
Tarım	0	38	0	1	0	0	39	97
Orman	0	0	64	0	0	0	64	100
Yeşil	0	0	0	52	0	0	52	100
Sulak	0	0	0	0	19	1	20	95
Diğer	0	0	0	0	0	105	105	100

Sütun Toplam	17	38	64	53	19	109	300	
Üretici Doğruluğu (%)	100	100	100	98	100	96	Toplam Doğruluk %98	
Kappa k	0.84	0.97	1.00	1.00	0.95	1.00	0.98	

Tablo 6.13'de 2021 senesine ait sınıflandırılmış görüntünün genel doğruluğu %98 olarak bulunmuştur. Kappa istatistik değerine baktığımızda 0,97 olarak bulunmuştur. Orman, sulak ve diğer alanlar sınıfı %100 kullanıcı doğruluğuna ulaşmıştır.

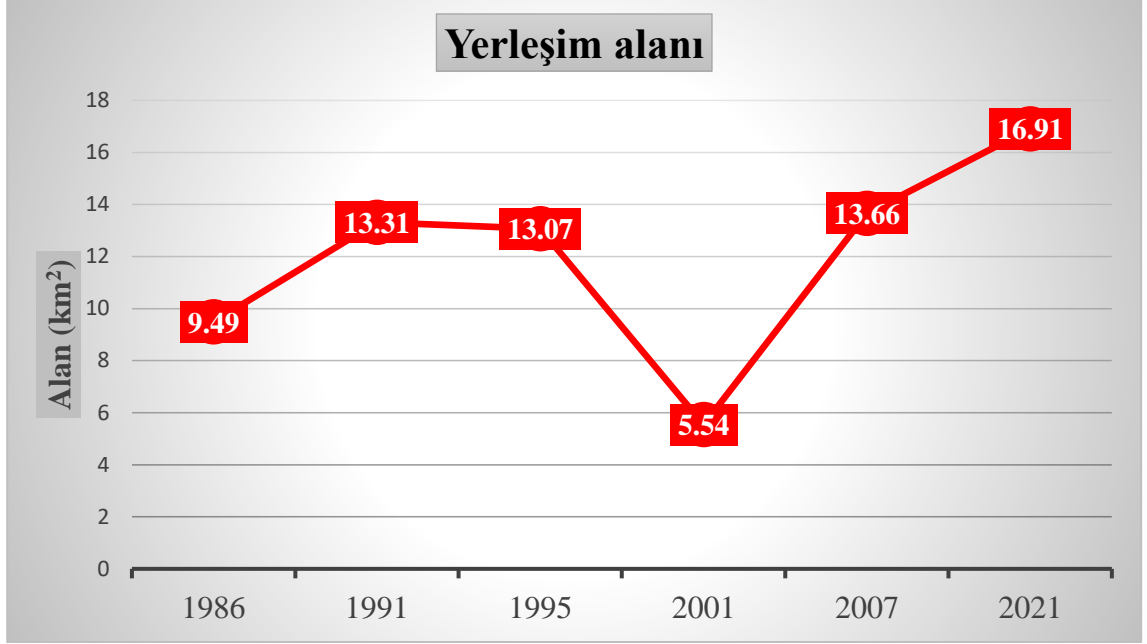
Tablo 6.13: 2021 yılı kontrollü sınıflandırma hata matrisi ve doğruluk analizi

2021 YILI KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA HATA MATRİSİ VE DOĞRULUK ANALİZİ								
Sınıf adı	Yerleşim	Tarım	Orman	Yeşil	Sulak	Diğer	Satır Toplam	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	17	0	0	0	2	1	20	85
Tarım	0	27	0	1	0	1	29	93
Orman	0	0	58	0	0	0	58	100
Yeşil	0	0	1	66	0	0	67	98
Sulak	0	0	0	0	20	0	20	100
Diğer	0	0	0	0	0	106	106	100
Sütun Toplam	17	27	59	67	22	108	300	
Üretici Doğruluğu (%)	100	100	98	98	91	98	Toplam Doğruluk %98	
Kappa k	0.84	0.92	1.00	0.98	1.00	1.00	0.97	

6.8 Arazi örtüsü ve Kullanımlarına göre Değişim analizleri

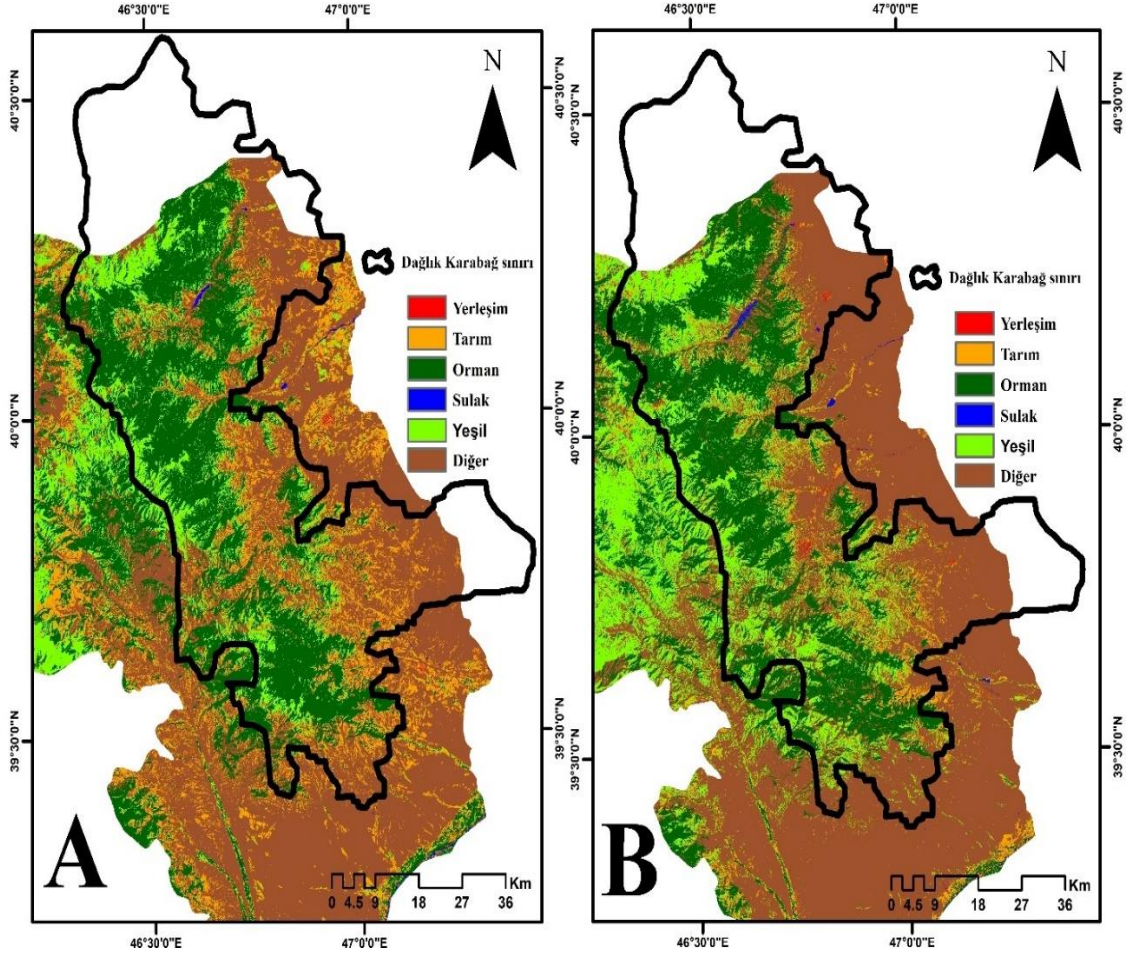
Bu bölümde her bir sınıf için elde edilen veriler kıyaslanarak, bölgede savaşın nasıl bir etki bıraktığı değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Yerleşim alanları 1986 senesinde 9,49 km²'lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 3,82 km²'lik bir artış göstererek 13,31 km² olmuştur. Ancak aynı sene Azerbaycan ve Ermenistan devletleri arasındaki gerilim had safhaya çıkmış ve Ermenistan Silahlı Kuvvetlerinin saldırıları sonucunda, 1992-1993 seneleri içinde çalışma alanını kapsayan alan işgal edilmiş, akabinde de Karabağ'ın sivil ahalisi topraklarını terk etmek zorunda kalmıştır. Sonuç olarak da, 1995 senesinde yerleşim alanları 0,24km²'lik bir azalma göstererek 13,07 km²'lik bir alana, akabinde de 2001 senesinde yerleşim alanları 7,54 km²'lik bir gerileme daha göstererek 5,54 km²'ye kadar gerilemiştir. 2000'li yıllardan başlayarak Ermenistan devleti işgal ettiği topraklara Ermeni nüfusu yerleştirmeye başlamış, bu sebeple de 2007 senesinde yerleşim alanları 8,12 km²'lik bir artış göstererek 13,66km² olmuştur. 14 sene sonra yani 2021 yılında 3,25km²'lik bir artış daha göstererek 16,91 km² olduğu görülmektedir (Grafik 6.2).



Grafik 6.2: Yerleşim alanı sınıfının yıllara göre alansal değişimi

Yerleşim alanlarında 2001 senesinden sonra başlayan bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, işgal altındaki toprakların %35,5 km²'lik bölümünü oluşturan ve bağımsızlığı resmi olarak hiçbir ülke tarafından tanınmayan sözde Dağlık Karabağ devletinin sınırları içinde olmuştur. Şekil 6.12'de (A) 1991 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilmiş tematik harita ve Dağlık Karabağ sınırlarını, (B) 2021 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilmiş tematik harita ve Dağlık Karabağ sınırlarını göstermektedir.



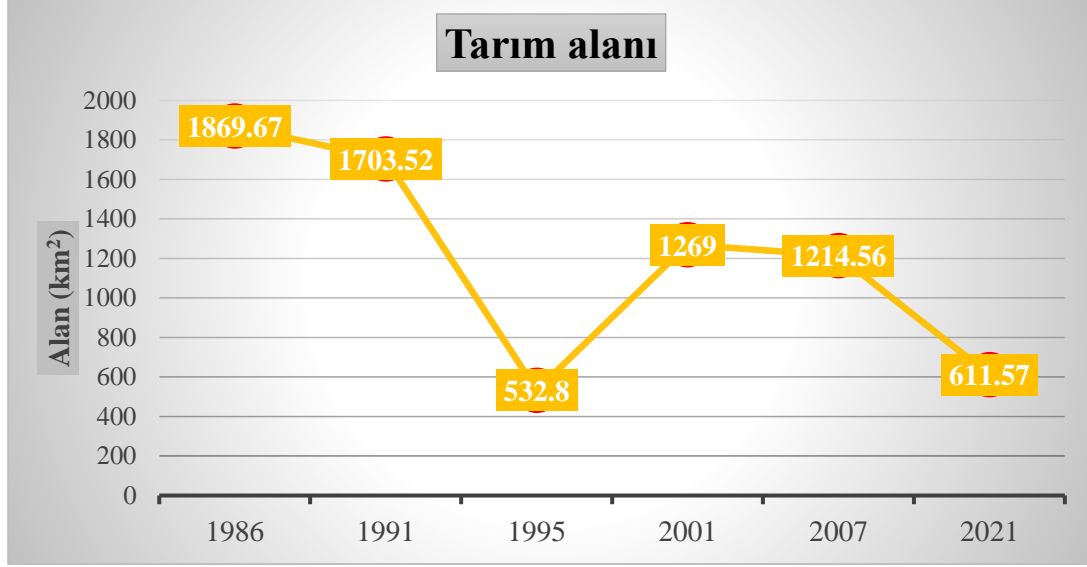
Şekil 6.12: İşgal edilmiş toprakların yıllara göre sınıflandırılmış Arazi Örtüsü ve Kullanımı Haritası ve Dağlık Karabağ sınırı: (A) 1991 yılı, (B) 2021 yılı

Tablo 6.14'de yıllara göre yerleşim alanlarının Dağlık Karabağ sınırları içinde ve dışında dağılımı gösterilmiştir. Bu verilere göre 1991 yılında, Dağlık Karabağ sınırları içinde yerleşim alanları 2,58 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu, toplam yerleşim alanlarının %19,38 km²'lik bir bölümüne tekabül etmektedir. 2001 yılında, Dağlık Karabağ sınırları içinde yerleşim alanları 1,87 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu, toplam yerleşim alanlarının %33,75 km²'lik bir bölümünü oluşturmaktadır. 2021 yılında, Dağlık Karabağ sınırları içinde yerleşim alanları 10,12 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu, toplam yerleşim alanlarının %60,32 km²'lik bir bölümüne tekabül etmektedir.

Tablo 6.14: Kontrollü sınıflandırma sonucuna göre Dağlık Karabağ bölgesinde yerleşim alanlarının yıllara göre dağılımı

Yıllar	D. Karabağ sınırları içi		D. Karabağ sınırları dışı		Toplam
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)
1991	2,58	19,38	10,73	80,62	13,31
2001	1,87	33,75	3,67	66,25	5,54
2021	10,2	60,32	6,71	39,68	16,91

Tarım alanları 1986 senesinde 1869,67 km²'lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 166,15 km²'lik az bir gerileme göstererek 1703,52 km² olmuşsa da, 1992-1993 seneleri içinde çalışma alanını kapsayan bölge işgale maruz kaldığı için 1995 senesinde tespit edilen tarım alanlarındaki azalma 1170,72 km²'ye ulaşmış ve toplam tarım alanları 532,8 km² olmuştur. 2001 senesinde tarım alanları 736,2 km²'lik bir artış göstererek 1269 km²'ye çıkmış ve 2007 senesinde tarım alanları yine 54,44 km²'lik düşük bir azalma ile göstererek 1214,56 km² olmuştur. 14 sene sonra yani 2021 yılında 602,99 km²'lik yüksek bir gerileme göstererek tekrar ikinci en düşük seviye olan 611.57 km² olmuştur (Grafik 6.3). Bunun sebebi ise, 2020 senesinde bölgenin işgalden kurtarılması ve mayın temizleme işlemleri sebebi ile tarımsal faaliyetin kısıtlanmasıdır.



Grafik 6.3: Tarım alanı sınıfının yıllara göre alansal değişimi

Tablo 6.15'de yıllara göre tarım alanlarının Dağlık Karabağ sınırları içinde ve dışında dağılımı gösterilmiştir. Bu verilere göre 1991 yılında, Dağlık Karabağ sınırları içinde tarım alanları 557,81 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu, toplam tarım alanlarının %32,74 km²'lik bir bölümüne tekabül etmektedir. 2001 yılında, Dağlık Karabağ sınırları içinde tarım alanları 526,39 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu, toplam tarım alanlarının %41,48 km²'lik bir bölümünü oluşturmaktadır. 2021 yılında, Dağlık Karabağ sınırları içinde tarım alanları 244,85 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Bu, toplam tarım alanlarının %40,03 km²'lik bir bölümüne tekabül etmektedir.

Tablo 6.15: Kontrollü sınıflandırma sonucuna göre Dağlık Karabağ bölgesinde tarım alanlarının yıllara göre dağılımı

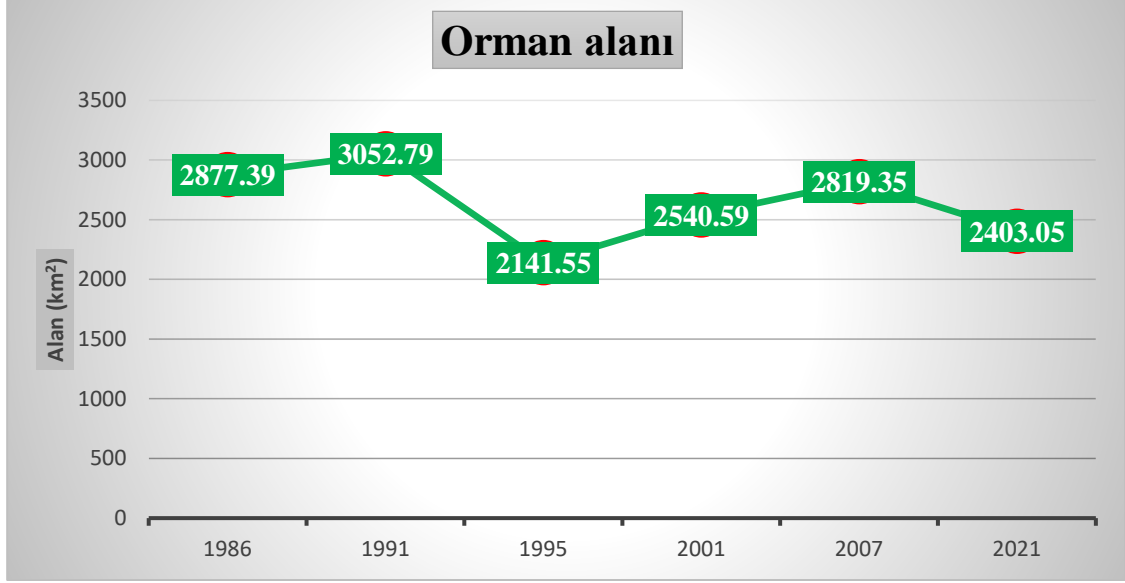
Yıllar	D. Karabağ sınırları içi		D. Karabağ sınırları dışı		Toplam (km ²)
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	
1991	557,81	32,74	1145,71	67,25	1703,52
2001	526,39	41,48	742,61	58,52	1269
2021	244,85	40,03	366,72	59,96	611,57

İşgalin tarım alanları üzerinde olumsuz etkisi Şekil 6.13'de açık bir şekilde görülmektedir. 2020 tarihine ait uydu görüntüsünde sol taraf otuz yıla yakın bir süre işgal altında kalan ve sadece askeri amaçlar için kullanılan, mayınlanmış Azerbaycan topraklarıdır.



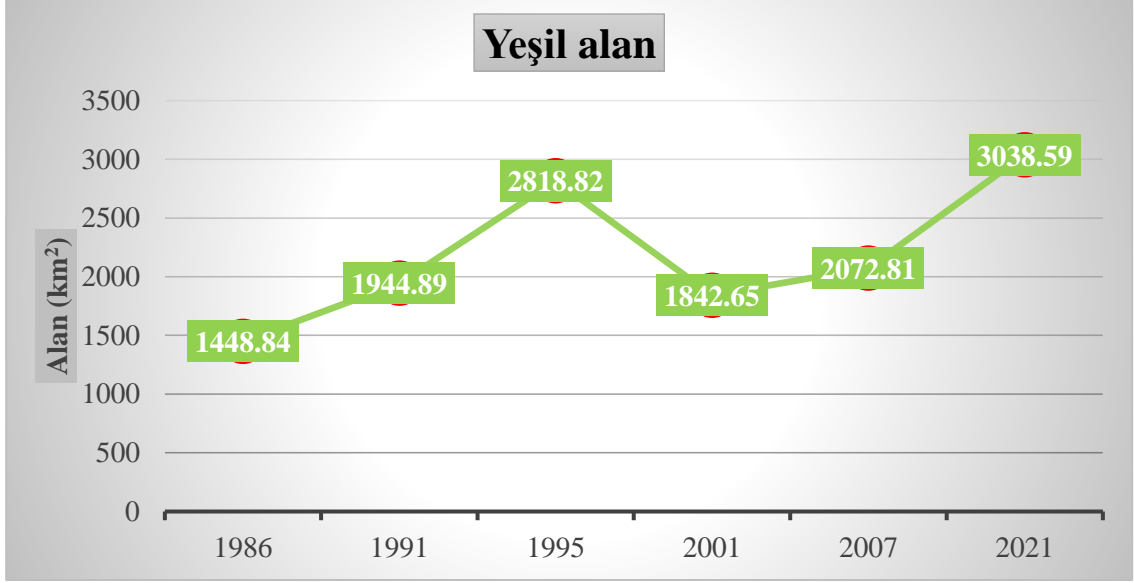
Şekil 6.13: İşgalin tarım alanlarına etkisini gösteren, 2020 yılına ait “Google Earth” görüntüsü

Orman alanları ise, 1986 senesinde 2877,39 km²lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 174,76 km²lik bir artış göstererek 3052,79 km²'ye çıkmıştır. 1995 senesinde orman alanları 910,6 km²lik bir gerileme ile 2141,55 km² olmuştur. 2001 senesinde orman alanları 399,04 km²lik bir artış göstermiş ve 2540,59 km²'ye ulaşmıştır. 2007 senesinde orman alanları 278,76 km²lik bir artış göstererek 2819,35 km² olmuştur. 14 sene sonra yani 2021 yılındaki verilere göre, 416,3 km²lik bir gerileme olduğu tespit edilmiş olup mevcut ormanlık alanların 2403,05 km² olduğu görülmektedir (Grafik 6.4).



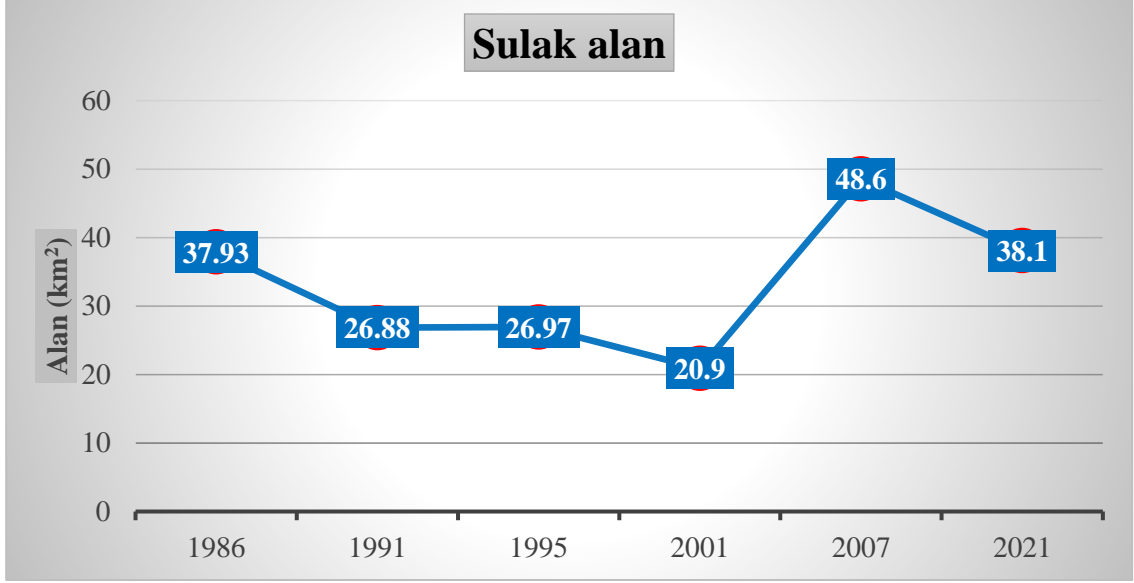
Grafik 6.4: Orman alanı sınıfının yıllara göre alansal değişimi

Yıllara göre yeşil alanlar analiz edildiğinde, 1986 senesinde 1448,84 km²'lik bir alanı kaplarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 496,05 km²'lik bir artışla 1944,89 km² olmuştur. 1995 senesinde yeşil alanlar 873,93 km²'lik bir artış yaparak 2818,82 km²'lik bir alanı kapsamıştır. 2001 senesinde yeşil alanlar 976,17 km²'lik bir gerileme göstererek 1842,65 km² inmiş ve 2007 senesinde yeşil alanlar bu dönemde 230,16 km²'lik bir artış göstererek 2072,81 km² ulaşmıştır. 14 sene sonra yani 2021 yılında 965,78 km²'lik bir artışla 3038,59 km² olmuştur. Yeşil alanların yıllar içinde bu kadar inişli çıkışlı olmasının sebebi uydu fotoğraflarının çekilme tarihleridir. Örneğin yeşil sınıfın en çok alan kapsadığı 1995 ve 2021 senesine ait uydu görüntüleri yazın en son dönemlerine aittir. Bu dönemlerde yüksek dağlık bölgelerde buzul alanlar neredeyse hiç gözlemlenmemiştir (Grafik 6.5).



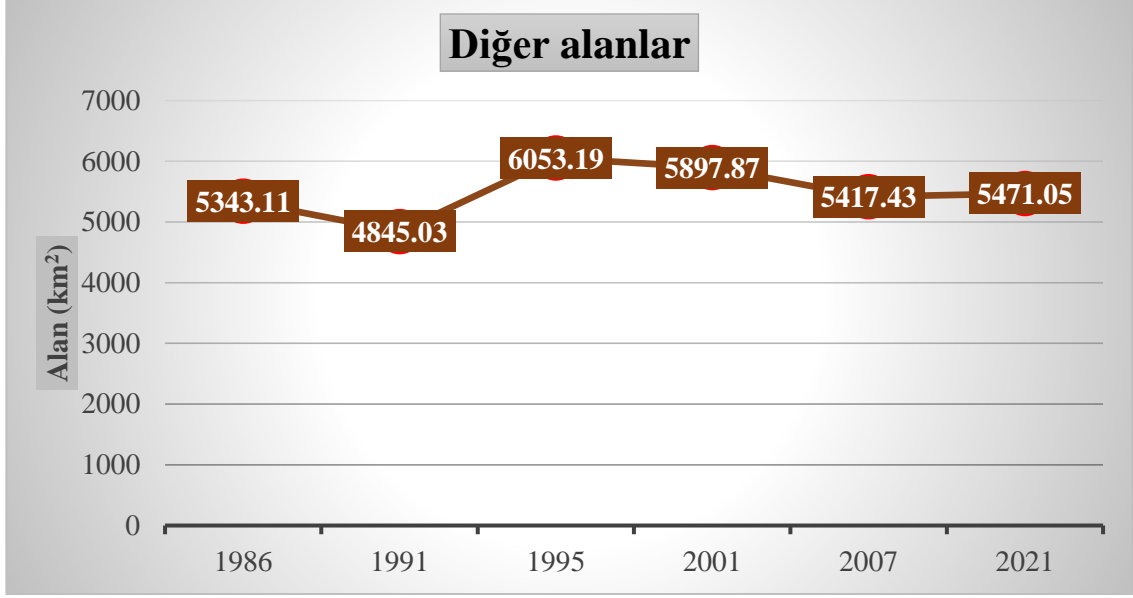
Grafik 6.5: Yeşil alan sınıfının yıllara göre alansal değişimi

Sulak alanların yıllara göre alansal değişimi incelendiğinde, sulak bölgelerin en düşük alana sahip sınıfı oluşturduğu ve seneler göre değişimin de en az görüldüğü sınıf olmuştur. Bu alanlar, 1986 senesinde 37,93 km²'lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında üçte bire yakın 11,05 km²'lik bir gerileme göstererek 26,88 km²'ye inmiştir. 1995 senesinde sulak alanlar 0,09 km²'lik çok az bir gerileme ile 26,97 km² olduğu görülmektedir. 2001 senesinde sulak alanlar 6,28 km²'lik bir gerileme daha göstererek 20,69 km²'ye kadar düşmüştür. 2007 senesinde sulak alanların miktarında 27,91 km²'lik bir artış olduğu, böylece 48,6 km²'ye yükseldiği ve 14 sene sonraki yani 2021 yılındaki son duruma göre ise, 10,5 km²'lik bir gerileme göstererek 38,10 km²'lik bir alanı kapsadığı tespit edilmiştir.



Grafik 6.6: Sulak alan sınıfının yıllara göre alansal değişimi

Diğer alanlardaki durum ise şöyledir. Bu alanlar, 1986 senesinde 5343,11 km²'lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 498,08 km²'lik bir gerileme göstererek 4845,03 km² olduğu anlaşılmaktadır. 1995 senesinde ise diğer alanlar sınıfında 1208,16 km²'lik çok büyük bir artış gözlemlenmiş ve sınıfa giren alanlar 6053,19 km²'ye ulaşmıştır. 2001 senesinde diğer alanlar 155,32 km²'lik bir gerileme göstererek 5897,87 km² olmuştur. 2007 senesinde diğer alanlar 480,44 km²'lik bir gerileme göstererek 5417,43 km² olmuştur. 14 sene sonra yani 2021 yılında 53,61 km²'lik az bir gerileme göstererek 5471,05 km² olmuştur. Bu sınıftaki büyük artışın ve bilahare görülen ufak azalmaların nedeni ise, arazi örtüsü ve kullanımı sınıfları içerisinde tanımlanan bu sınıfın (diğer alanlar sınıfının) dışında kalan yerleşim alanı, tarım alanları, orman alanları vd. gibi sınıflarda işgal nedeniyle görülen azalmalar ve işgal sonrasında yaşanan ve yukarıda bahsedilen durumlar ile açıklanabilir.



Grafik 6.7: Diğer alanlar sınıfının yıllara göre alansal değişimi

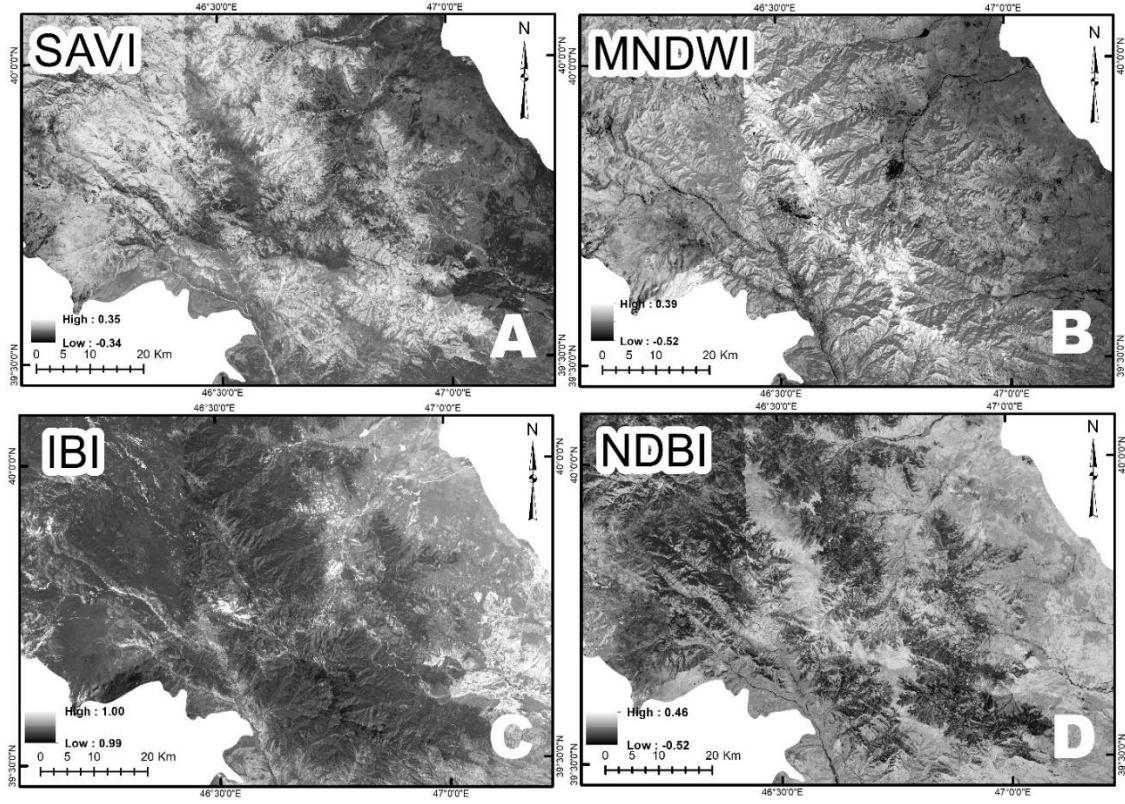
6.9 Yerleşim Alanlarının Uzaktan Algılama İndeksleri İle Analizi

Uzaktan algılama görüntülerinde yerleşim alanlarının belirlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri de uzaktan algılama indeksleridir. Bu indeksler görüntünün farklı bantlarının oranlanması sonucu elde edilmiştir. Bu tez çalışmasında yerleşim alanlarını belirlemek için farklı indeksler uygulanmıştır.

İlk olarak çalışma alanına Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü İndeksi (SAVI) uygulanmıştır. Şekil 6.14'de (A), çalışma alanına uygulanmış ve 2021 yılına ait SAVI haritası gösterilmiştir. SAVI haritası yerleşim alanları üzerinde yeterli bir sonuç vermediği için çalışmanın devamında kullanılmamıştır.

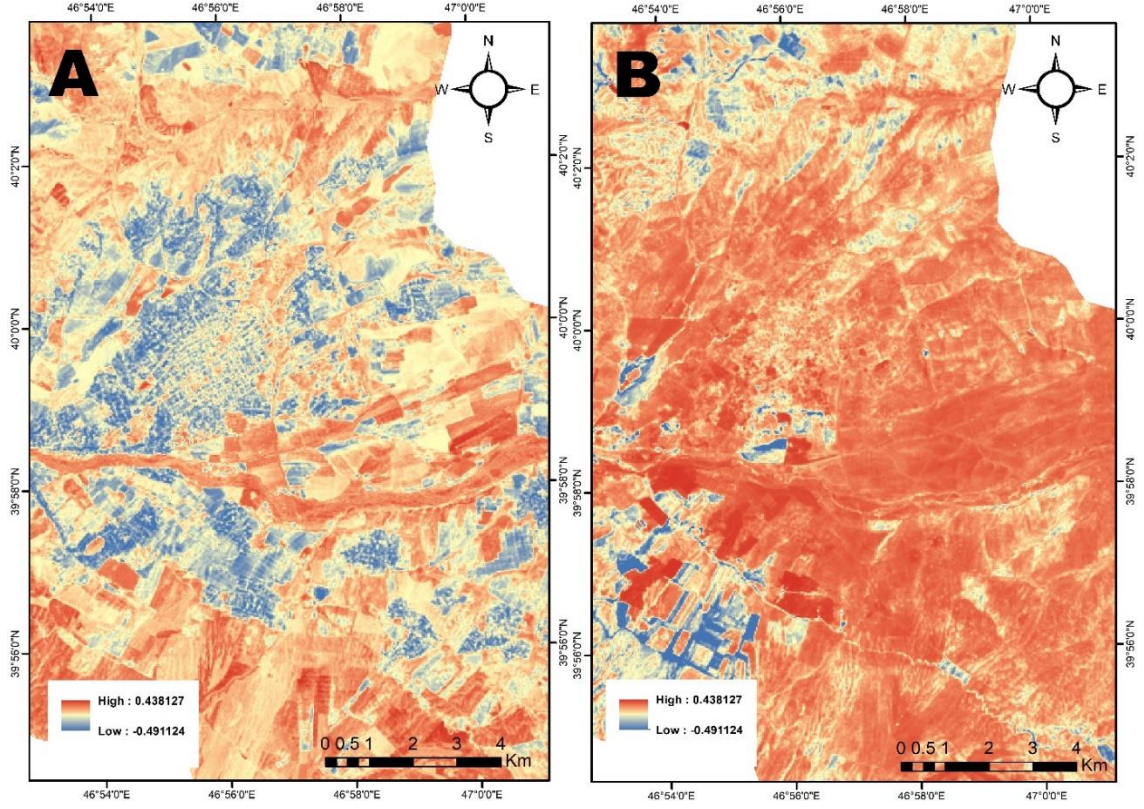
MNDWI indeksi su yüzeylerini kolay tesbit etmek için kullanılan bir indekstir. Ancak bu çalışmada MNDWI indeksi kullanıldığında, su yüzeyleri ile beraber yerleşim alanlarının da net bir şekilde gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışmanın devamında MNDWI sonuçlarından yararlanılmıştır.

IBI indeksi uygulamak için yerleşim alanı olan NDBI, su kütlesi indeksi olan MNDWI ve bitki örtüsü indeksi olan SAVI kullanılmıştır. IBI indeksi Şekil 5.6 da (C) gösterilmiştir. IBI indeksi yerleşim alanları üzerinde istenen sonucu vermediği için çalışmanın devamında kullanılmamıştır.



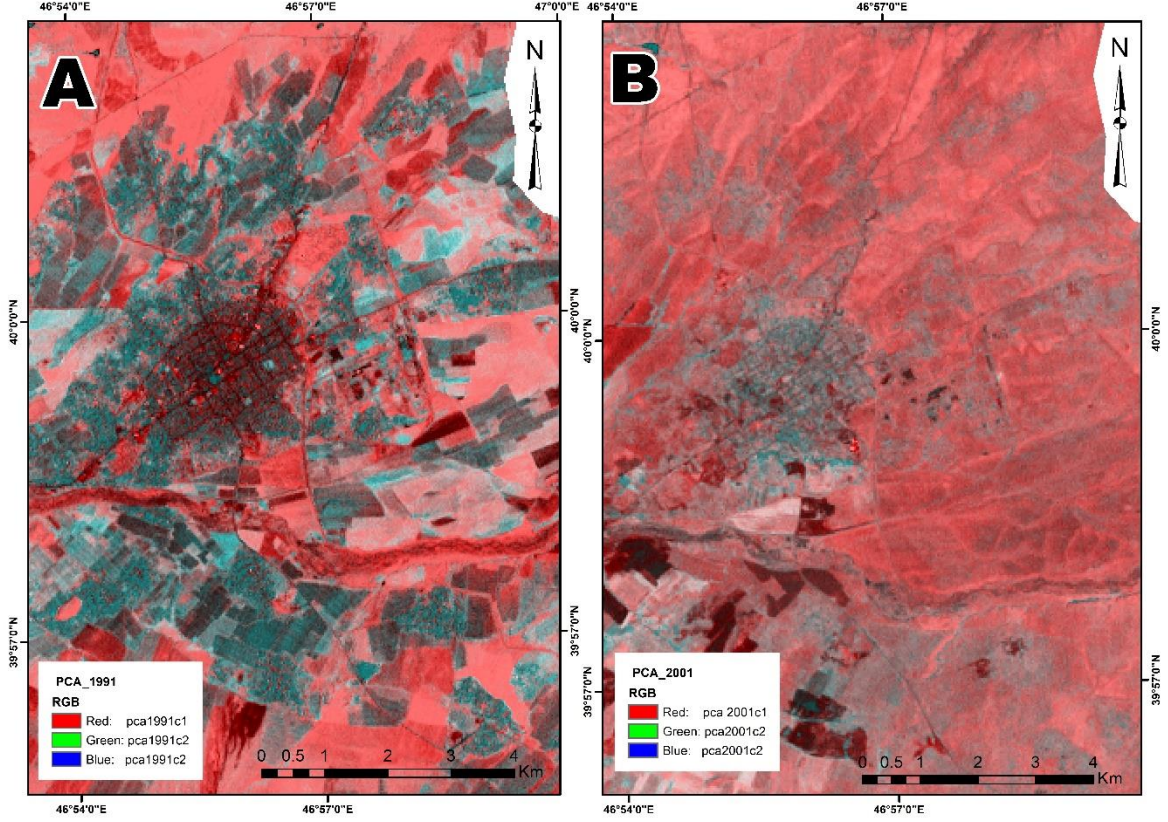
Şekil 6.14: Spektral indeksler uygulanmış görüntüler: (A) SAVI, (B) MNDWI, (C) IBI ve (D) NDBI

Son olarak çalışma alanına Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) uygulanmıştır. NDBI sonuçları özellikle şehir ve şehir etrafı köyleri iyi belirlediği gözlemlenmiş ve çalışmanın devamında NDBI verileri kullanılmıştır. Şekil 6.15'de çalışma alanına ait NDBI öncesi ve sonrası gösterilmiştir.



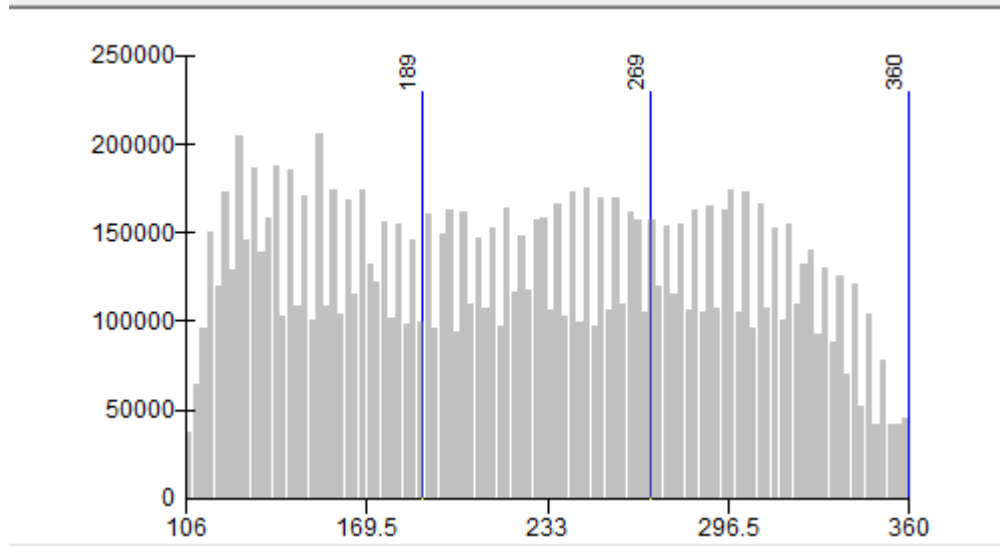
Şekil 6.15: Çalışma alanı NDBI indeksi, işgal öncesi(A) ve işgal sonrası(B)

İndeks işlemlerinin uygulanmasından sonra, yerleşim alanlarının SWIR bantlarda yüksek yansımaya özelliği olduğu için bu bantlara Temel Bileşenlerin Analizi (PCA) uygulanarak yerleşik alanlarının daha yüksek bir tepki verdiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanına ait Landsat uydu görüntülerinin SWIR1 ve SWIR2 bantlarına PCA uygulanarak sonuçlara bakılmıştır. Şekil 6.16'da PCA uygulanmış 1991 senesine ait Landsat 5 (A), ve 2001 senesine ait Landsat 7 uydu görüntüsü verilmiştir.



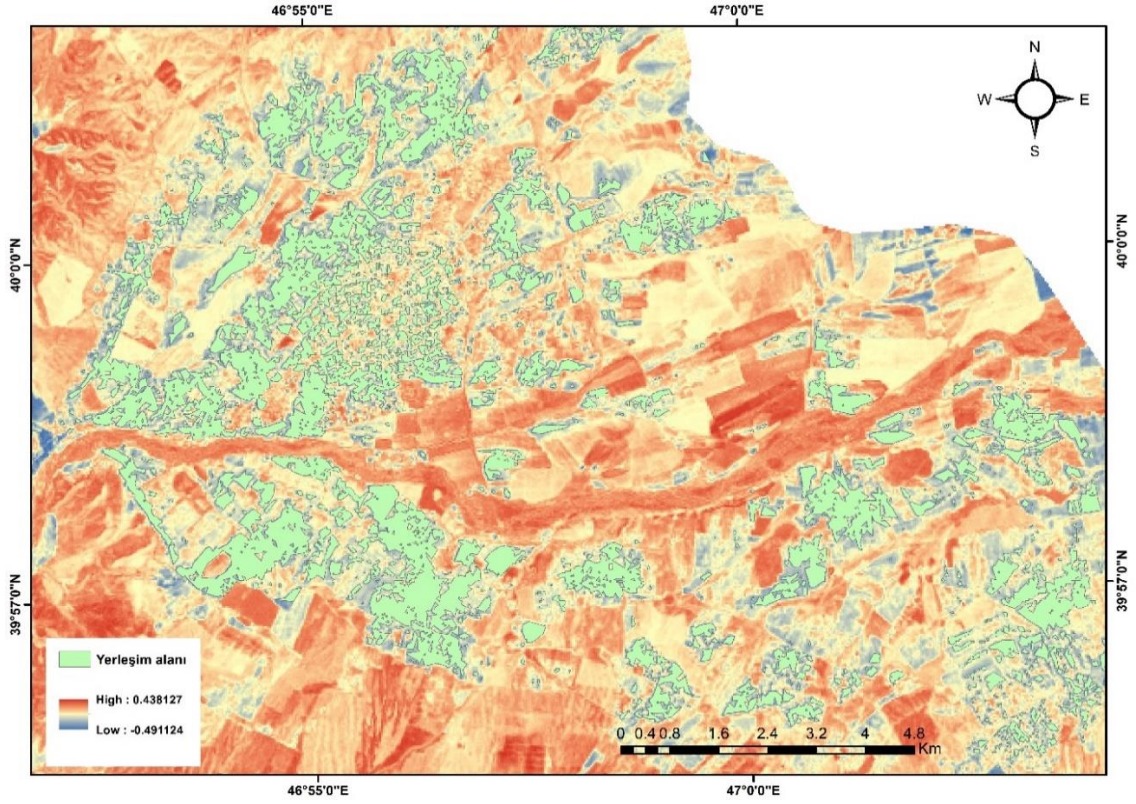
Şekil 6.16: Çalışma alanı PCA uygulaması, işgal öncesi(A) ve işgal sonrası(B)

MNDWI, NDBI ve PCA uygulanmış görüntüler “reclassify” komutu ile yeniden sınıflandırılmıştır. Yeniden sınıflandırma metodu olarak Doğal Bölme (Natural Breaks) seçilmiştir.



Şekil 6.17: PCA uygulanmış görüntü histogramı

Son olarak, elde edilen bu görüntülerdeki yerleşim alanlarını hesaplamak için belirlenen alanlar vektör veriye dönüştürülmüştür. Bunun için Conversion menüsünden Raster to Poligon komutu kullanılmıştır. Şekil 6.18'de çalışma alanına ait 1991 tarihli uydu görüntüsünün NDBI indeksi sonucu elde edilmiş verilerin, vektör veriye dönüştürülmüş görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 6.18: Vektör veriye dönüştürülmüş 1991 senesine ait NDBI indeksi sonucu

Bölüm 7

Yerleşim Alanları Esas Alınarak Yapılan Kontrollü Sınıflandırma ve İndeks Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması ve Sonuçların İrdelenmesi

Bu bölümde çalışma alanının 1986, 1991, 1995, 2001, 2007 ve 2021 yıllarına ait LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ ve LANDSAT 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri kullanılarak kontrollü sınıflandırma ile arazi örtüsü/kullanımı haritaları oluşturulmuştur. Aynı görüntülere spektral indeksler uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yerleşim alanları esas alınarak üretilen sınıflandırılmış ve indeks tematik haritalar il bazında değerlendirilmiştir.

Çalışmanın bu aşamasında, Karabağ bölgesi içerisinde kalan Füzuli, Hocavend, Ağdam, Terter, Hocalı, Şuşa, Hankendi il ve ilçelerindeki yerleşim alanlarında işgalin etkisini göstermek amacıyla, işgal öncesi ve sonrası yerleşim yerlerinin kapsadığı alanlar uzaktan algılama yöntemleri ile tek tek tespit edilerek, işgal sonucu oluşan zararın ve yıkımın boyutları ortaya konmaya çalışılmıştır.

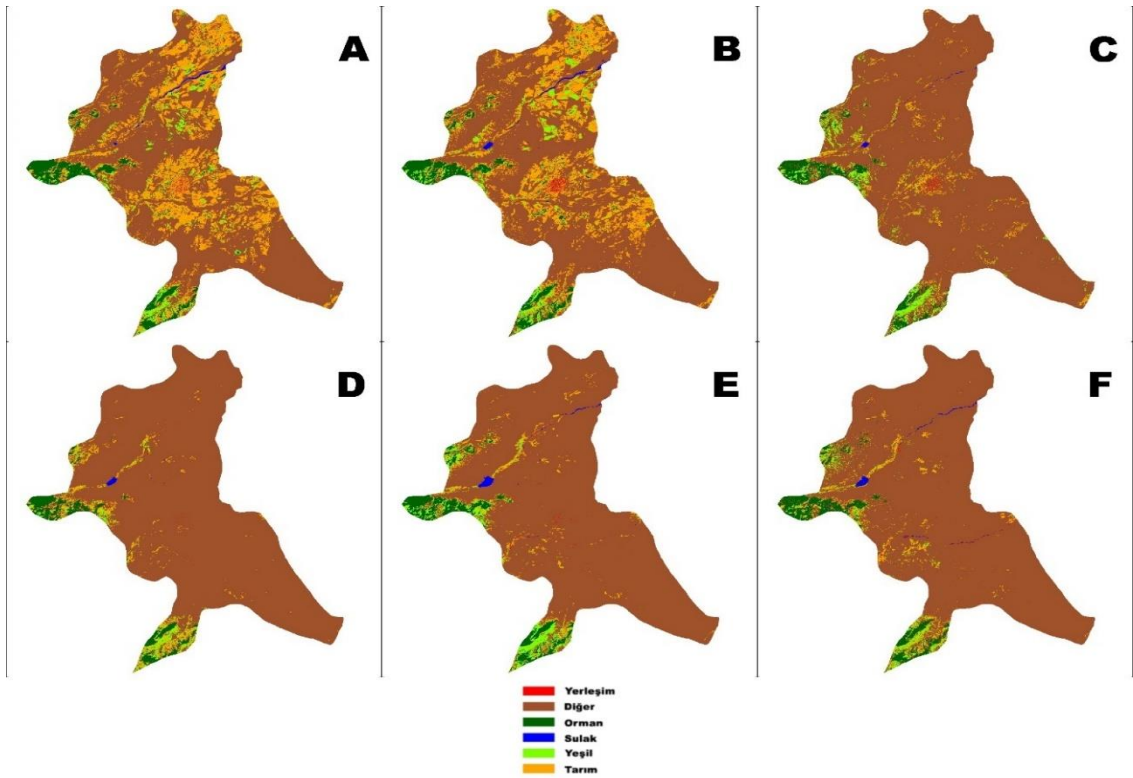
7.1 Ağdam İli Değişim Analizi Bulguları

Ağdam 1994 senesine kadar Karabağ bölgesinin hızla gelişen ve en çok nüfusa sahip olan ili olmuştur. 1994 sensinde arazisinin %77,4 Ermenistan ordusu tarafından işgal edilmiştir.

İl genellikle düzenli bir topoğrafyaya sahiptir ve tarıma uygun topraklardan oluşmaktadır. Çalışmada ilin işgal altında kalan arazisi kontrollü sınıflandırma işlemine tabii tutulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. 1986 – 2021 yılları arasına ait kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen veriler Tablo 7.1'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre, 1986 senesi itibarı ile yerleşim alanları 1,53 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesinde 1,06 km²'lik bir artış göstererek 2,59 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları işgal sebebi ile 1,14 km²'lik bir gerileme yaparak 1,45 km²'ye kadar düşmüştür. 2001 senesinde yerleşim alanları 1,14 km² azalarak 0,31 km²'ye kadar düşmüştür. 2007 senesinde yerleşim alanları 0,4 km²'lik bir artış göstererek 0,71 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,46 km²'lik bir artışla 1,17 km² ulaşmış gözükmektedir. Tarım alanları 1986 senesinde 169,22 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 senesinde 7,97 km²'lik bir gerileme yaparak 161,25 km² olmuştur. 1995 senesinde tarım alanları 133,75 km²'lik bir gerileme göstererek 27,5 km² olmuştur. 2001 senesinde tarım alanları 1,43 km²'lik gerileme yaparak 26,07 km² olmuştur. 2007 senesinde tarım alanları 1,8 km²'lik gerileme yaparak 24,27 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile tarım alanları 1,63 km²'lik gerileme ile 22,64 km² olmuştur.

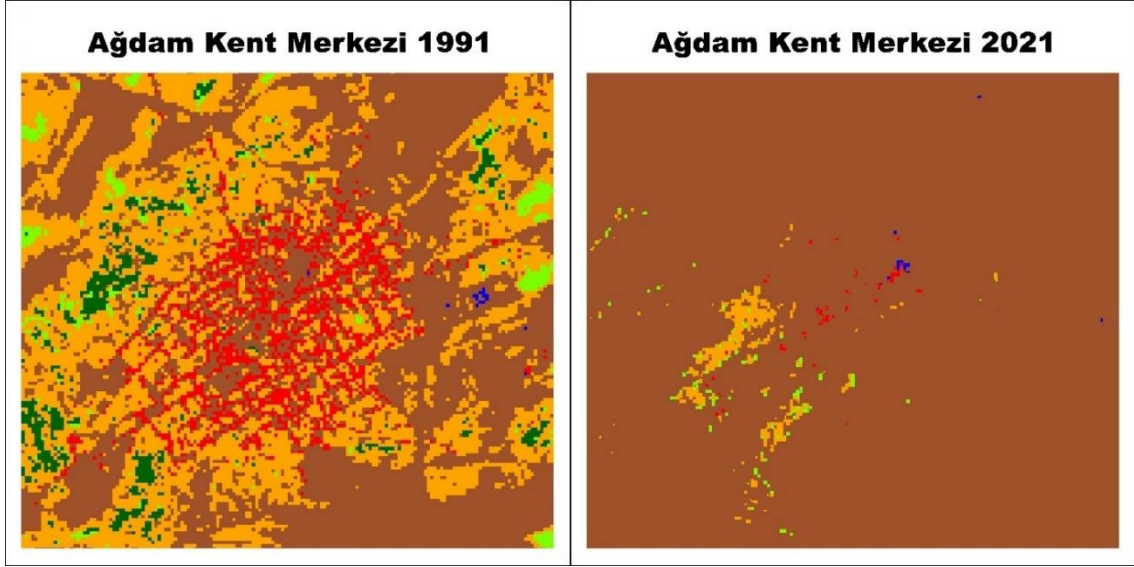
Tablo 7.1: Ağdam ili kontrollü sınıflandırma sonucu arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları

Ağdam İli Kontrollü Sınıflandırma Sonucu						
Sınıf adı	1986 Yılı	1991 Yılı	1995 Yılı	2001 Yılı	2007 Yılı	2021 Yılı
	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)
Yerleşim	1,53	2,59	1,45	0,31	0,71	1,17
Tarım	169,22	161,25	27,5	26,07	24,27	22,64
Orman	36,37	39,73	26,22	23,82	32,78	30,13
Yeşil	30,13	31,05	27,5	12,77	23,69	17,6
Sulak	1,94	2,52	1,00	0,94	2,6	2,6
Diğer	499,13	501,2	654,65	673,27	654,29	663,06



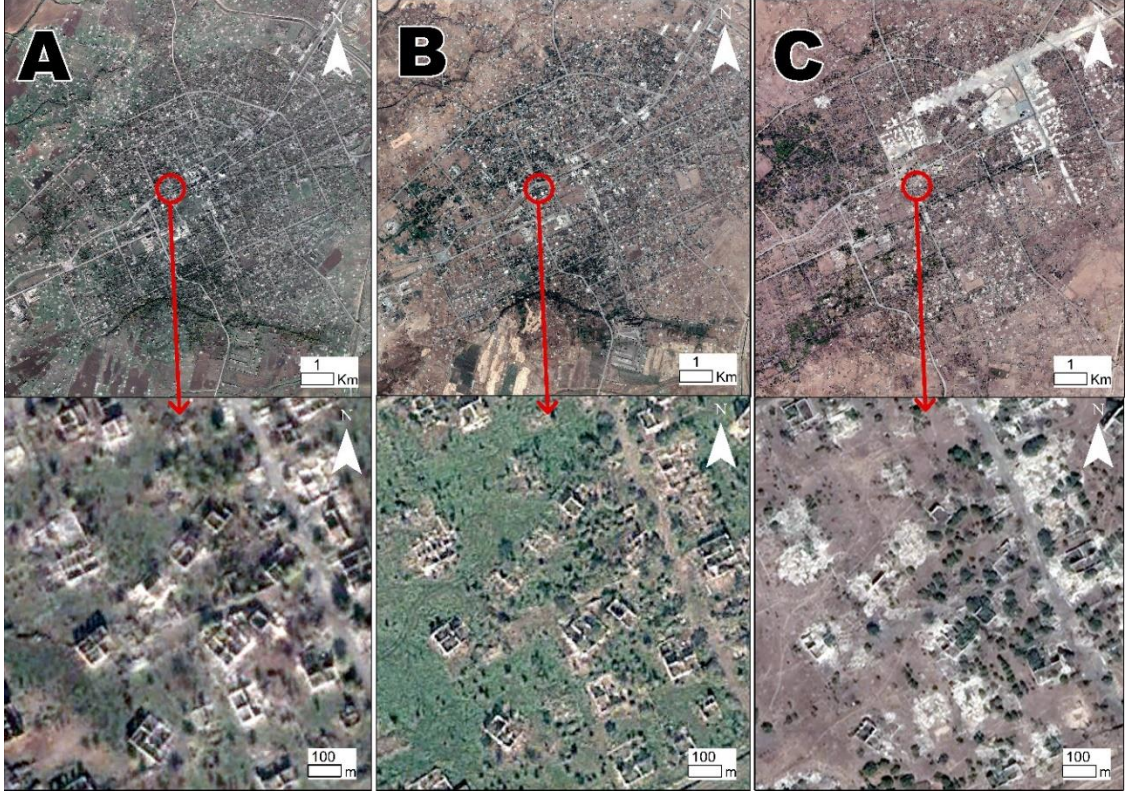
Şekil 7.1: Kontrollü sınıflandırma sonucu Ağdam ili yıllara göre arazi örtüsü ve kullanımı: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı

Şekil 7.1'de Ağdam ilinin altı farklı zamana ait uydu görüntülerinden sınıflandırılmış arazi örtüsü tematik haritaları gösterilmiştir. Şekil 7.1'de (B) Ağdam ilinin işgalden önceki, (C) işgalden bir sene sonraki, yani 1995 senesindeki bölge arazi örtü ve kullanımını göstermektedir. Yerleşim alanlarındaki değişimi daha detaylı görmek için Ağdam kent merkezinin 1991 ve 2021 yıllarına ait sınıflandırılmış görüntüleri Şekil 7.2'de gösterilmiştir.



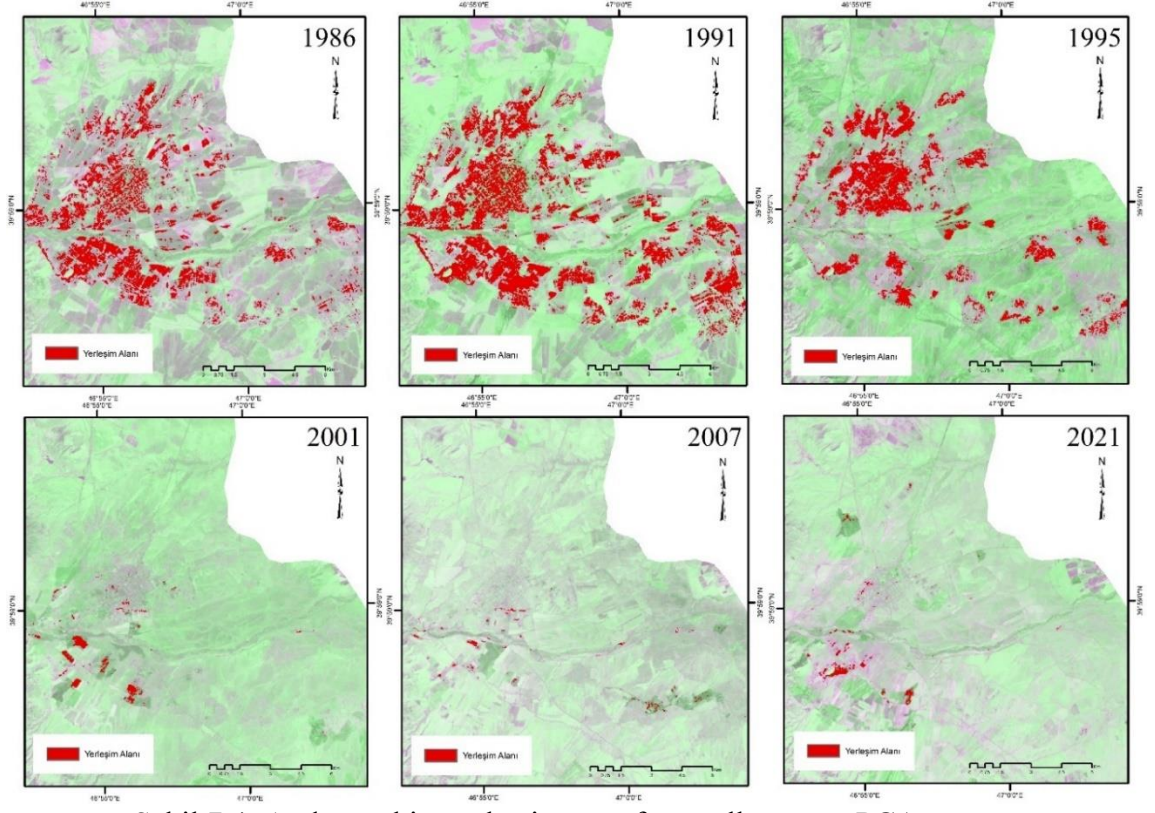
Şekil 7.2: Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre 1991 ve 2021 yıllarındaki Ağdam kent merkezi arazi örtüsü ve kullanımı

İşgalin Ağdam ili üzerinde oluşturduğu negatif etkiyi daha iyi gözlemlemek ve sınıflandırılmış arazi örtüsü tematik haritalarının, uygulanmış farklı spektral indekslerin doğruluğunu teyit etmek için “Google Earth'den” faydalanılmıştır. Çalışma bölgesine ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri 2004 senesinden başlayarak, günümüze kadar olan zaman dönemini kapsamaktadır. Şekil 7.3'de Ağdam şehir merkezine ait “Google Earth” görüntüleri gösterilmiştir. Uydu fotoğraflarından'da görüldüğü gibi şehrin işgalinden sonra geçen 11 sene içerisinde yerleşim alanarı büyük ölçüde dağılmış, binaların ve evlerin sadece iskeleti kalmıştır.



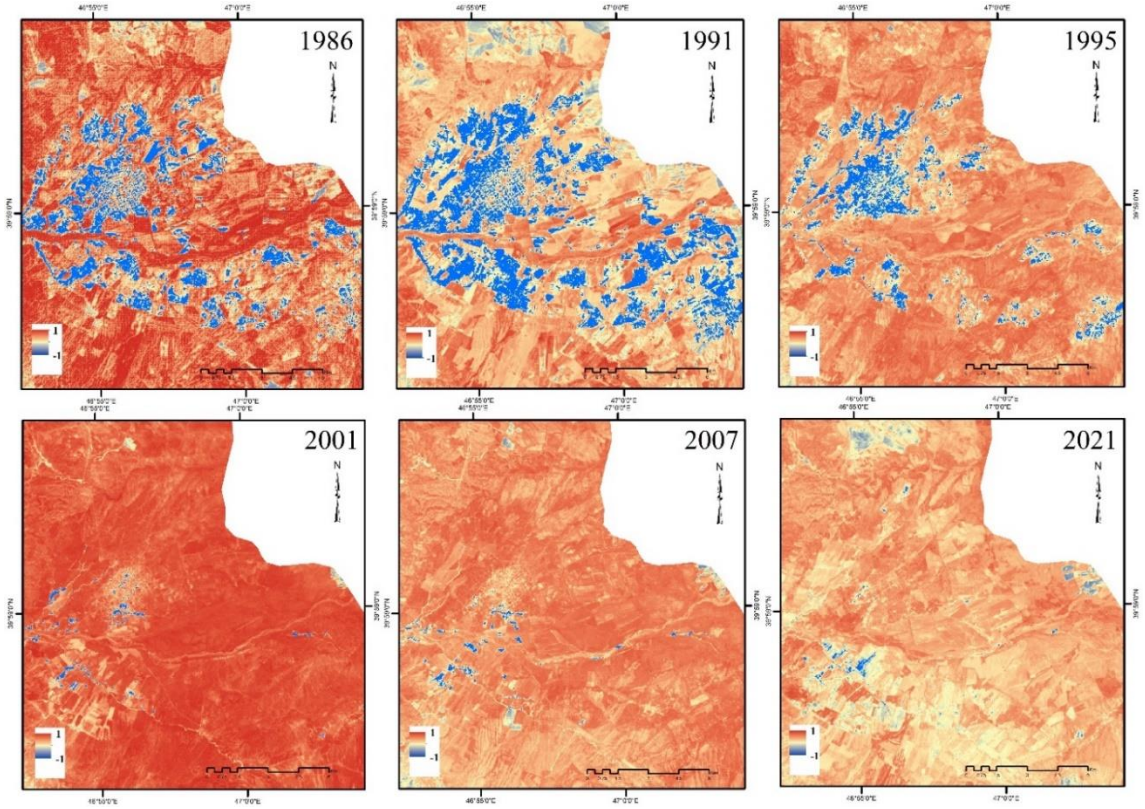
Şekil 7.3: Ağdam şehir merkezinin yıllara göre “Google Earth” görüntüsü: (A) 2004 yılı, (B) 2009 yılı, (C) 2021 yılı

Şekil 7.4'de Landsat uydu görüntüsünün SWIR1 ve SWIR2 bantlarına Temel Bileşen Analizi (PCA) uygulanarak yerleşim alanları çıkarılmış, Ağdam şehir merkezi ve etraf köylerini kapsayan haritalar ile 1986-2021 yılları arasında yerleşim alanlarında meydana gelen büyük farklılık ve değişim gösterilmiştir (kırmızı ile gösterilen alanlar).



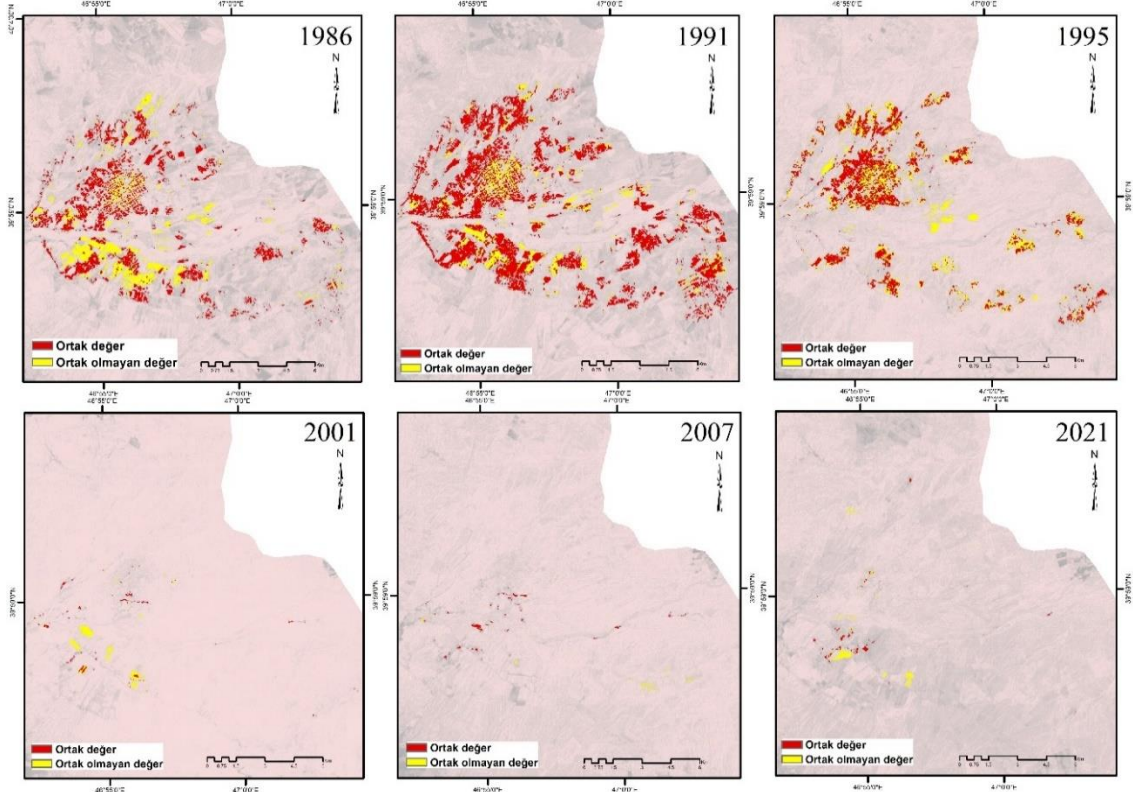
Şekil 7.4: Ağdam şehir merkezi ve etrafının yıllara göre PCA sonucu

1986-2021 yılları arasında elde edilen çok bantlı Landsat uydu görüntüsüne Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) uygulanarak hazırlanmış, Ağdam şehir merkezi ve etraf köyleri kapsayan haritalar Şekil 7.5'de verilmiştir.

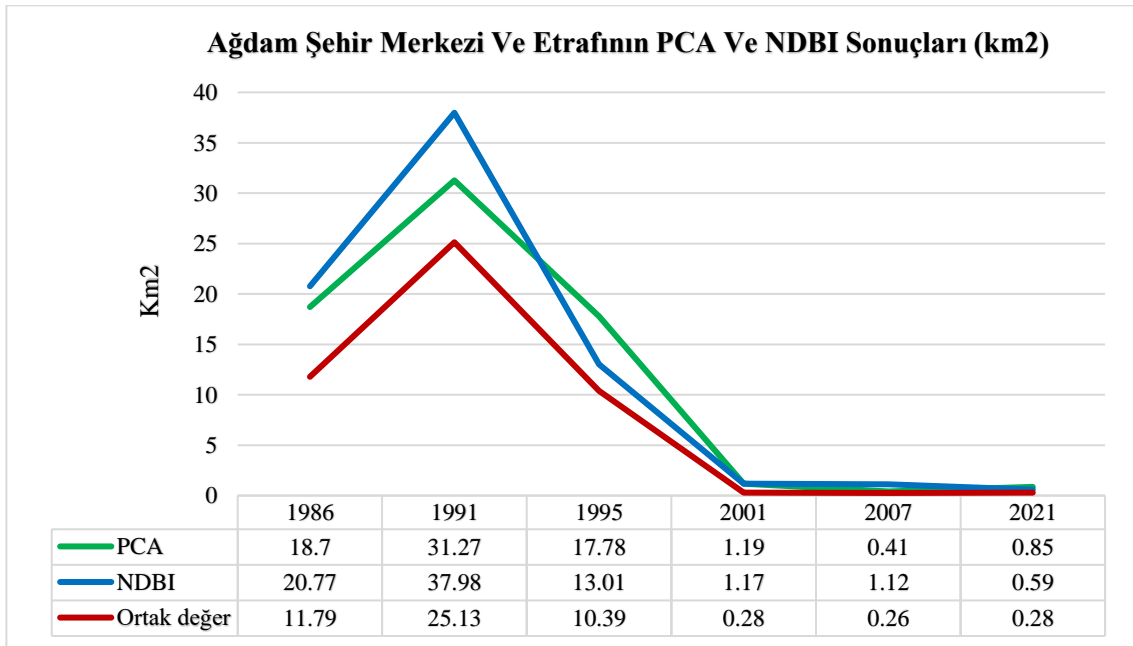


Şekil 7.5: Ağdam şehir merkezi ve etrafının yıllara göre NDBI sonucu

PCA ve NDBI indeksi uygulanmış görüntülerde birbiriyle çakışan pikseller çıkarılmış ve sonuçlar istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Şekil 7.6'de PCA ve NDBI sonuçlarında ortak piksellere sahip olan alanlar gösterilmiştir. Sonuç olarak elde edilen veriler Grafik 7.1'de verilmiştir. Bu verilere göre Ağdam şehri ve etrafında yerleşim alanları 1986 senesinde 11,79 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesi itibarı ile 13,34 km²'lik bir büyüme göstererek 25,13km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları işgal sebebi ile 14,74 km²'lik bir gerileme yaparak 10,39 km² olmuştur. 2001 senesinde yerleşim alanları 10,11 km² gerileme yaparak 0,28 km² olmuştur. 2007 senesinde yerleşim alanları 0,26 km² olmuştur. Nihai olarak 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,28 km² olarak belirlenmiştir.

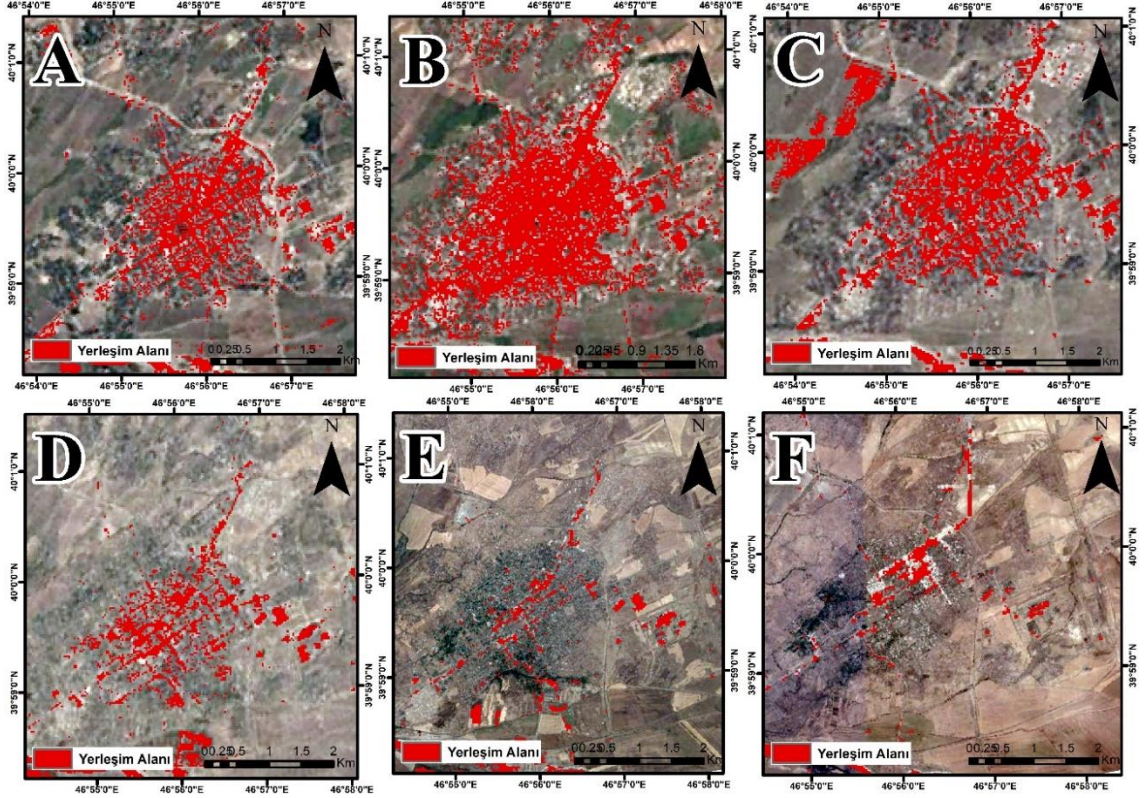


Şekil 7.6: Ağdam şehir merkezi ve etrafının PCA ve NDBI sonuçlarının karşılaştırılması



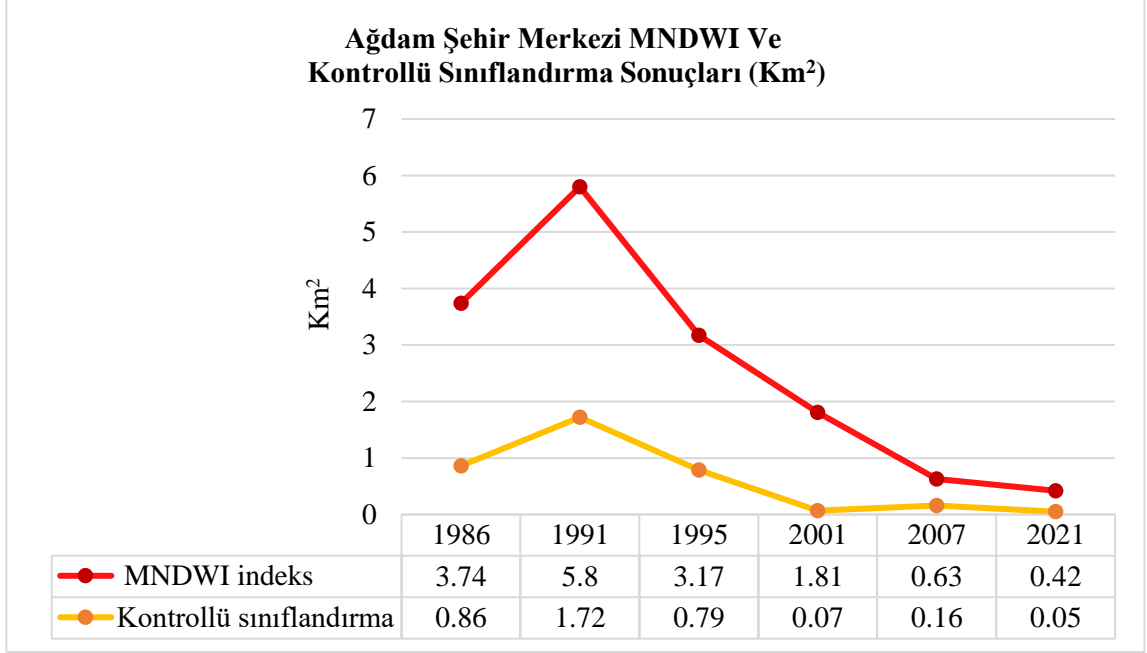
Grafik 7.1: Ağdam şehir merkezi ve etrafının PCA ve NDBI sonuçları (km²)

Ağdam şehrinin MNDWI indeksi uygulanarak hazırlanan haritaları Şekil 7.7'de gösterilmiştir.



Şekil 7.7: Ağdam şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı

Grafik 7.2'de MNDWI indeksi sonucu elde edilen veriler, kontrollü sınıflandırma sonucu ile beraber gösterilmiştir. Bu verilere göre yerleşim alanları 1986 senesi itibarı ile 3,74 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 yılı itibarı ile 2,06 km² lik bir ilerleme göstererek 5,8 km² olmuştur. 1995 sensinde yerleşim alanı 2,63 km²'lik gerileme yaparak 3,17 km² olmuştur. 2001 senesinde yerleşim alanı 1,36 km²'lik gerileme yaparak 1,81 km² olmuştur. 2007 senesinde yerleşim alanı 1,18 km² lik bir gerileme yaparak 0,63 km² olmuştur. 2021 senesinde yerleşim alanı 0,21 km² lik gerileme ile 0,42 km² olmuştur.



Grafik 7.2: Ağdam şehir merkezinin yıllara göre MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçları (km²)

7.2 Terter İli Değişim Analizi Bulguları

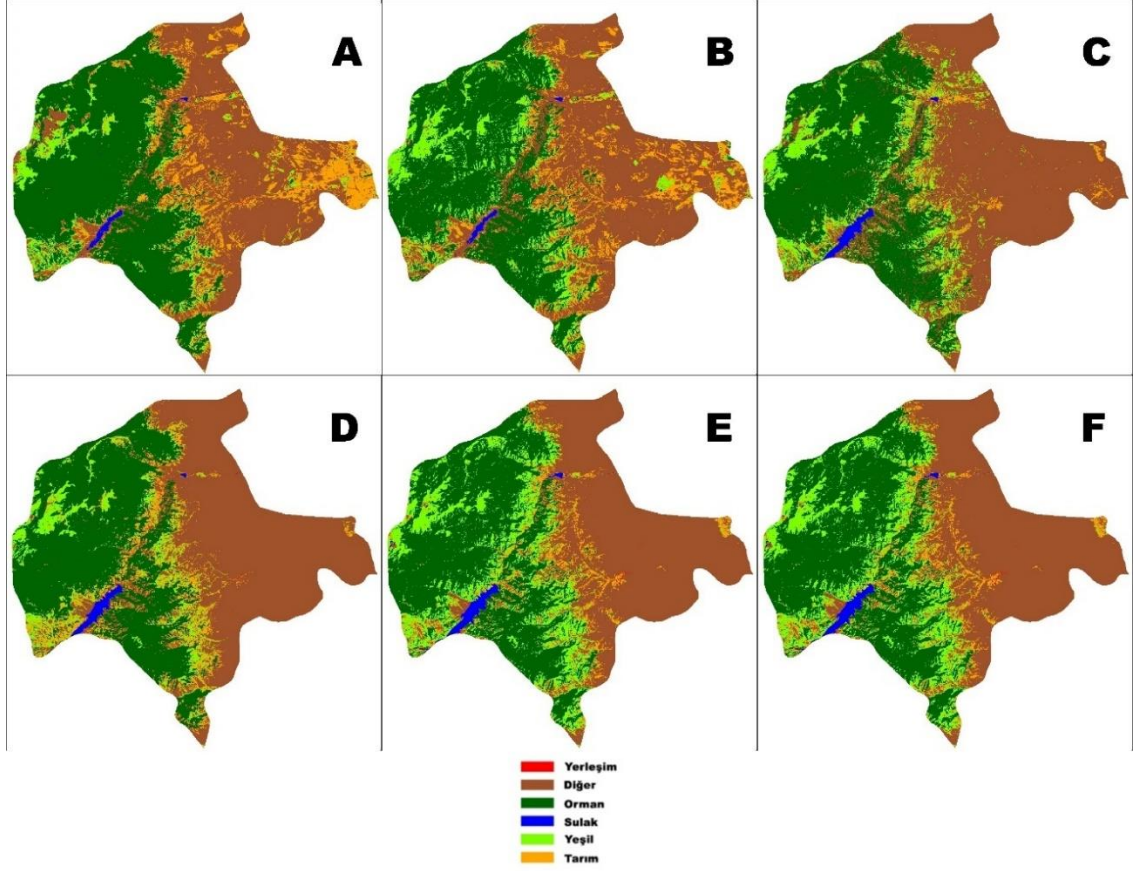
Bu bölge 1992 senesine kadar Ağdere ili olarak bilinmekteydi. Ancak Azerbaycan Cumhuriyeti Milli Meclisi'nin kararı ile bu bölgenin il statüsü kaldırılmış ve arazisi komşu iller olan Terter, Kelbecer ve Ağdama birleştirilmiştir. 1993 senesinde ise bölge Ermenistan devleti tarafından işgal edilmiştir.

Çalışmada ilin işgal altında kalan arazisi işgalin etkisini sayısal değerlerle ortaya koyabilmek için uzaktan algılama yöntemleri kapsamında kontrollü sınıflandırma işlemine tabii tutulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. 1986-2021 yılları arasına ait uydu görüntülerinin kontrollü sınıflandırma işlemine tabi tutulmaları sonucunda elde edilen veriler Tablo 7.2'de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre, 1986 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,71 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesinde 0,32 km²'lik bir artış göstererek 1,03 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları işgal sebebi ile 0,58 km²'lik bir gerileme yaparak 0,45 km²'ye kadar düşmüştür. 2001 senesinde yerleşim alanları 0,27 km² daha gerileyerek 0,18 km²'ye inmiştir. 2007 senesinde yerleşim alanları 0,35 km²'lik bir artış göstererek 0,53 km²'ye çıkmış, 2021 senesi itibarı ile de yerleşim

alanları 2,86 km²'lik bir artış göstererek 3,39 km²'ye ulaşmış bulunmaktadır. Tarım alanları 1986 senesinde 119,87 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 senesinde 17,45 km²'lik bir gerileme yaparak 102,42 km² inmiştir. İşgalin olduğu 1995 senesinde tarım alanları 69,31 km²'lik bir gerileme göstererek 33,11 km²'ye kadar düşmüştür. 2001 senesinde tarım alanları 41,45 km²'lik bir artış göstererek 74,56 km² olmuştur. 2007 senesinde ise tarım alanları 19,99 km²'lik bir gerileme yaparak 57,57 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile tarım alanlarının bir önceki seviyeye göre 15,81 km²'lik bir azalma göstererek 38,76 km²'ye indiği tespit edilmiştir.

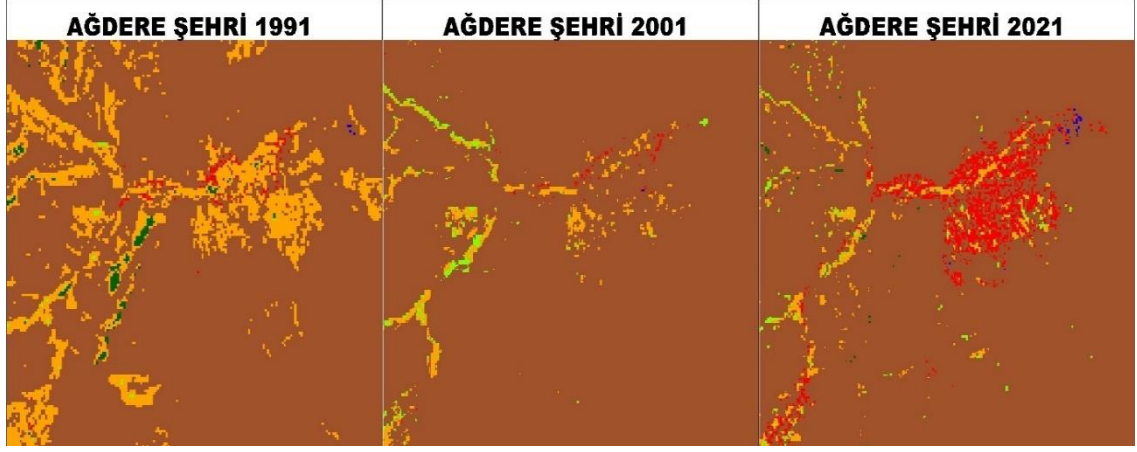
Tablo 7.2: Terter ilinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları

Terter İli Kontrollü Sınıflandırma Sonucu						
Sınıf adı	1986 Yılı	1991 Yılı	1995 Yılı	2001 Yılı	2007 Yılı	2021 Yılı
	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Yerleşim	0,71	1,03	0,45	0,18	0,53	3,39
Tarım	119,87	102,42	33,11	74,56	54,57	38,76
Orman	381,72	348,86	327,95	344,66	336,33	310,63
Yeşil	55,48	90,86	104,18	61,91	134,84	78,93
Sulak	3,82	3,08	7,96	7,29	9,57	6,58
Diğer	336,73	351,77	424,37	408,36	362,37	458,65



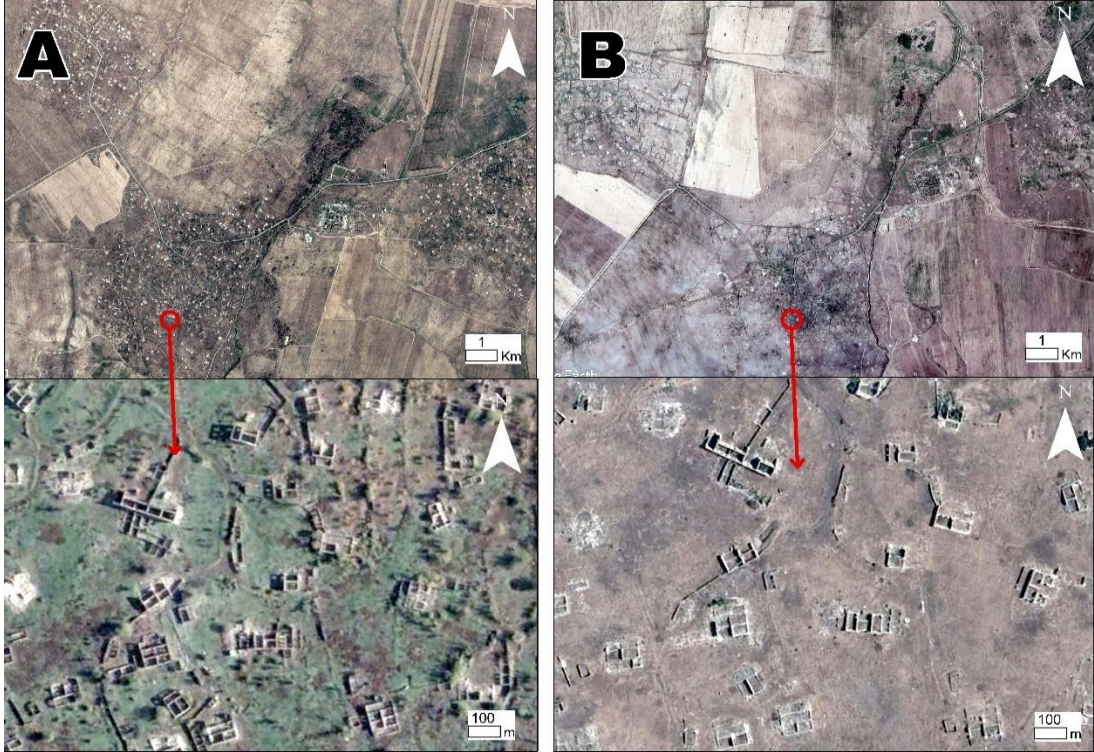
Şekil 7.8: Yıllara göre Terter ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı

Şekil 7.8'de Terter ilinin altı farklı zamana ait uydu görüntülerinden sınıflandırılmış arazi örtüsü tematik haritaları gösterilmiştir. Haritalara daha yakından bakıldığında, işgalden sonra yerleşim alanlarında gözle görülür bir azalma olsada, 2001 senesinden sonra bölgede yeniden kentleşme gözükmemektedir. Şekil 7.9'da Terter iline bağlı Ağdere şehrinin 1991, 2001 ve 2021 senelerine ait sınıflandırılmış görüntüleri verilmiştir.



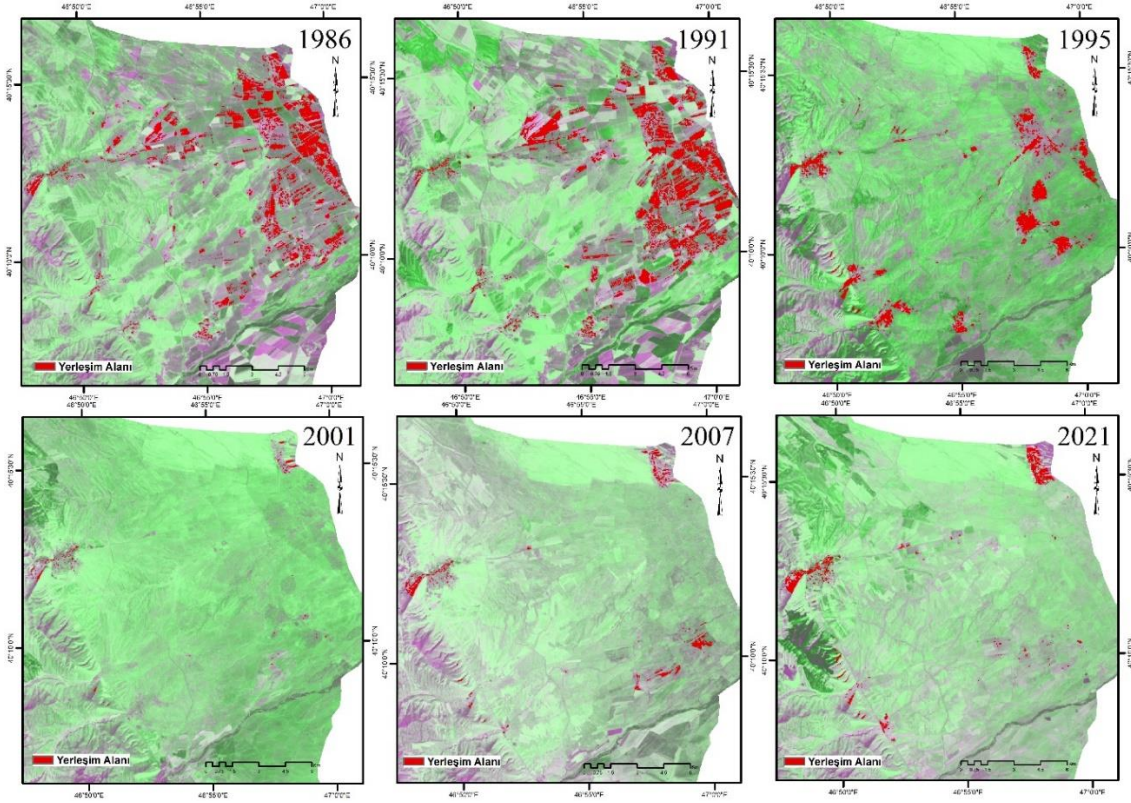
Şekil 7.9: Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre 1991, 2001 ve 2021 yıllarındaki Ağdere kent merkezi arazi örtüsü ve kullanımı

İşgalin Terter ili üzerinde oluşturduğu negatif etkiyi daha iyi gözlemlemek ve sınıflandırılmış arazi örtüsü tematik haritalarının, uygulanmış farklı spektral indekslerin doğruluğunu teyit etmek için “Google Earth'den” faydalanılmıştır. Şekil 7.10'da Terter iline ait köylerin “Google Earth” görüntüleri gösterilmiştir. Uydu fotoğraflarından da görüldüğü gibi köylerin işgalinden sonra geçen zaman diliminde yerleşim alanları büyük ölçüde dağılmış, binaların ve evlerin sadece iskeleti kalmıştır.



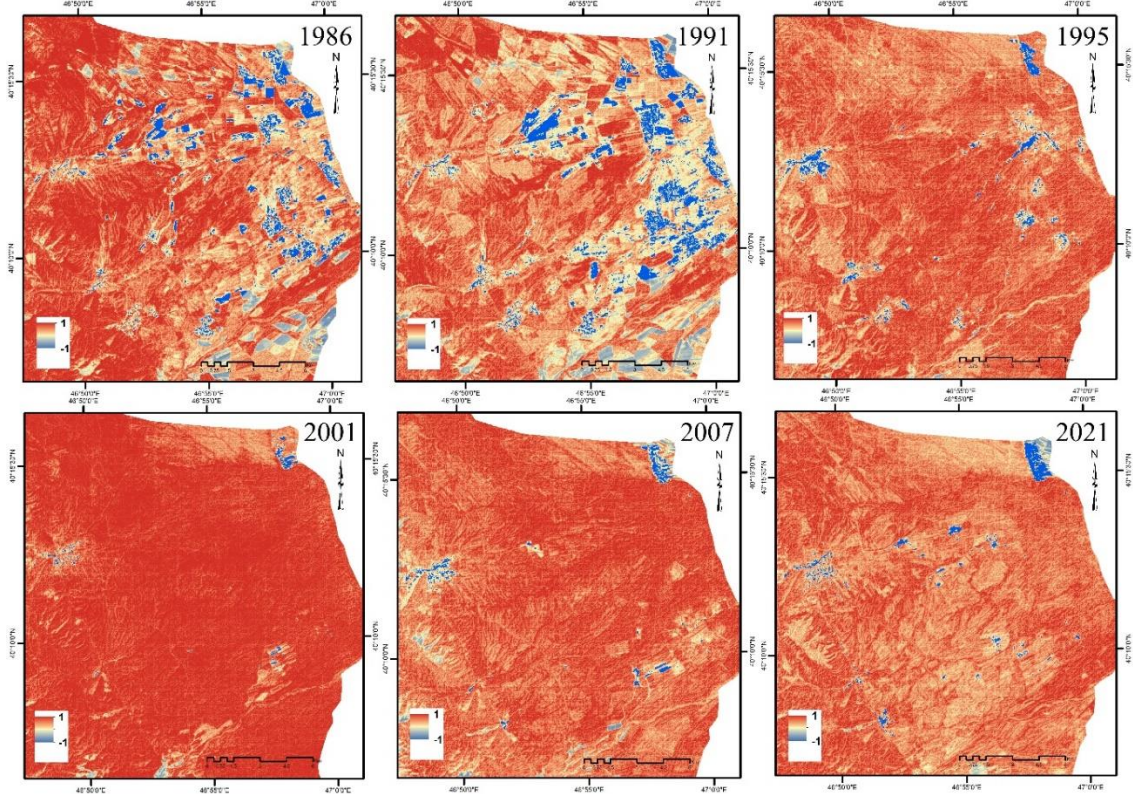
Şekil 7.10: Terter iline ait köylerin yıllara göre “Google Earth” görüntüsü: (A) 2004 yılı, (B) 2020 yılı

Şekil 7.11'den de görüleceği gibi Landsat uydu görüntüsünün SWIR1 ve SWIR2 bantlarına Temel Bileşen Analizi (PCA) uygulanarak yerleşim alanları çıkarılmış, Ağdere şehir merkezi ve etraf köyleri kapsayan yerleşim alanlarındaki değişimin gözlenebilmesi için haritalar oluşturulmuştur. Kırmızı detaylar yıllara göre yerleşim alanlarını göstermektedir. Bu kırmızı detayların yıllara göre dağılımından da anlaşılacağı gibi yerleşim alanlarında çok ciddi bir azalmanın gerçekleştiği gözlemlenebilmektedir.



Şekil 7.11: Ağdere şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının yıllara göre PCA sonuçlarını içeren haritalar

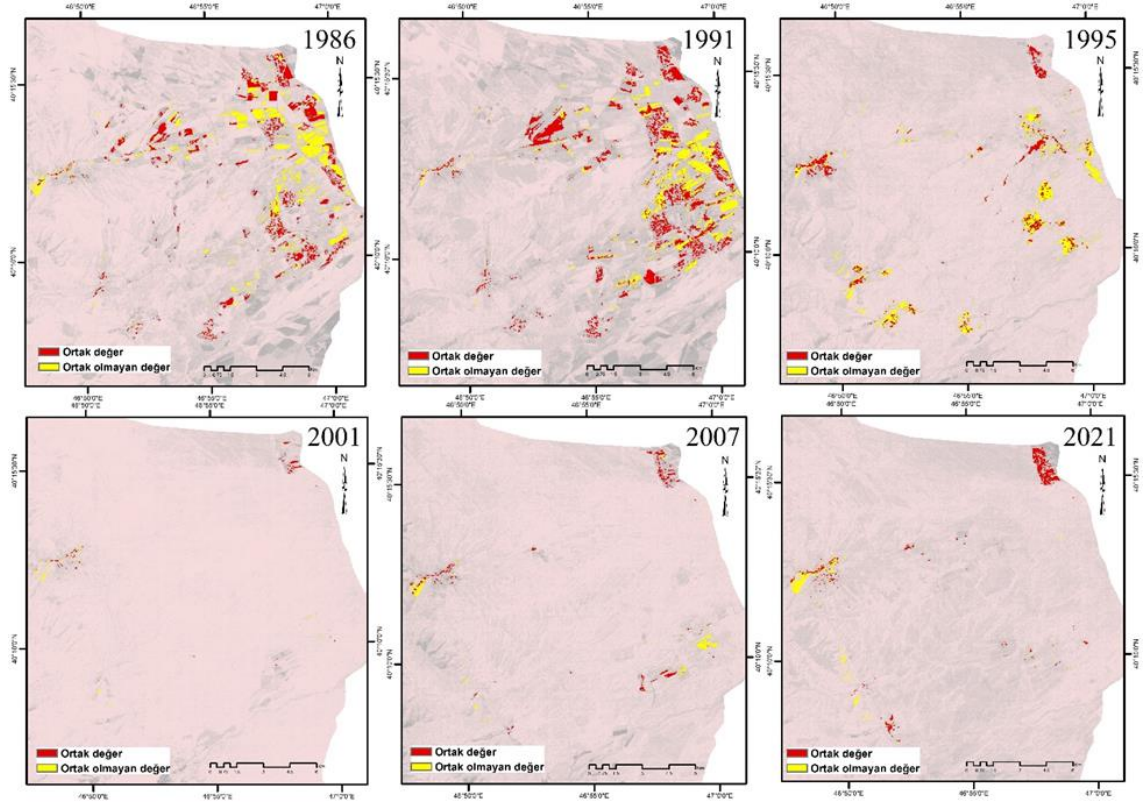
Ağdere şehir merkezi ve etraf köyleri kapsayan haritalar, bu kez, çokbantlı Landsat uydu görüntüsüne Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) uygulanarak elde edilmiş ve Şekil 7.12'da verilmiştir.



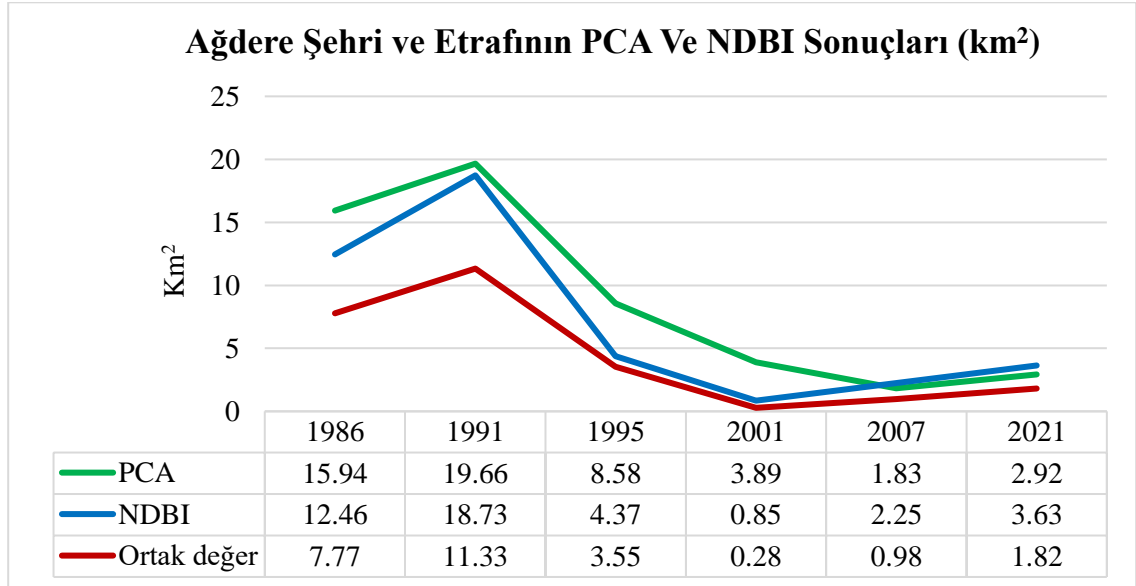
Şekil 7.12: Ağdere şehir merkezi ve etrafındaki yerleşim alanlarının yıllara göre NDBI sonuçlarını içeren haritalar

Bir sonraki aşamada, PCA ve NDBI indeksi uygulanmış görüntülerde birbiriyle çakışan pikseller çıkarılmış ve sonuçlar değerlendirilerek burada verilmiştir. PCA ve NDBI sonuçlarına göre çakışan ortak piksellere karşılık gelen yerleşim alanları Şekil 7.13'de kırmızı renkte, çakışmayan yerleşim alanları ise sarı renkte gösterilmiştir. Yıllara göre yerleşim alanlarının tespit ve değişimine ait elde edilen sonuçlar Grafik 6.3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Ağdere şehri ve etrafında yerleşim alanları 1986 senesinde 7,77 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesi itibarı ile 3,56 km²'lik bir büyüme göstererek 11,33 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları işgal sebebi ile 7,78 km²'lik bir düşüşle 3,55 km² olmuştur. 2001 senesinde yerleşim alanları 3,27 km² daha azalarak 0,28 km²

olmuştur. 2007 senesinde yerleşim alanları 0,98 km² ve 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanlarının 1,82 km²'lik bir alanı kapsadığı tespit edilmiştir.

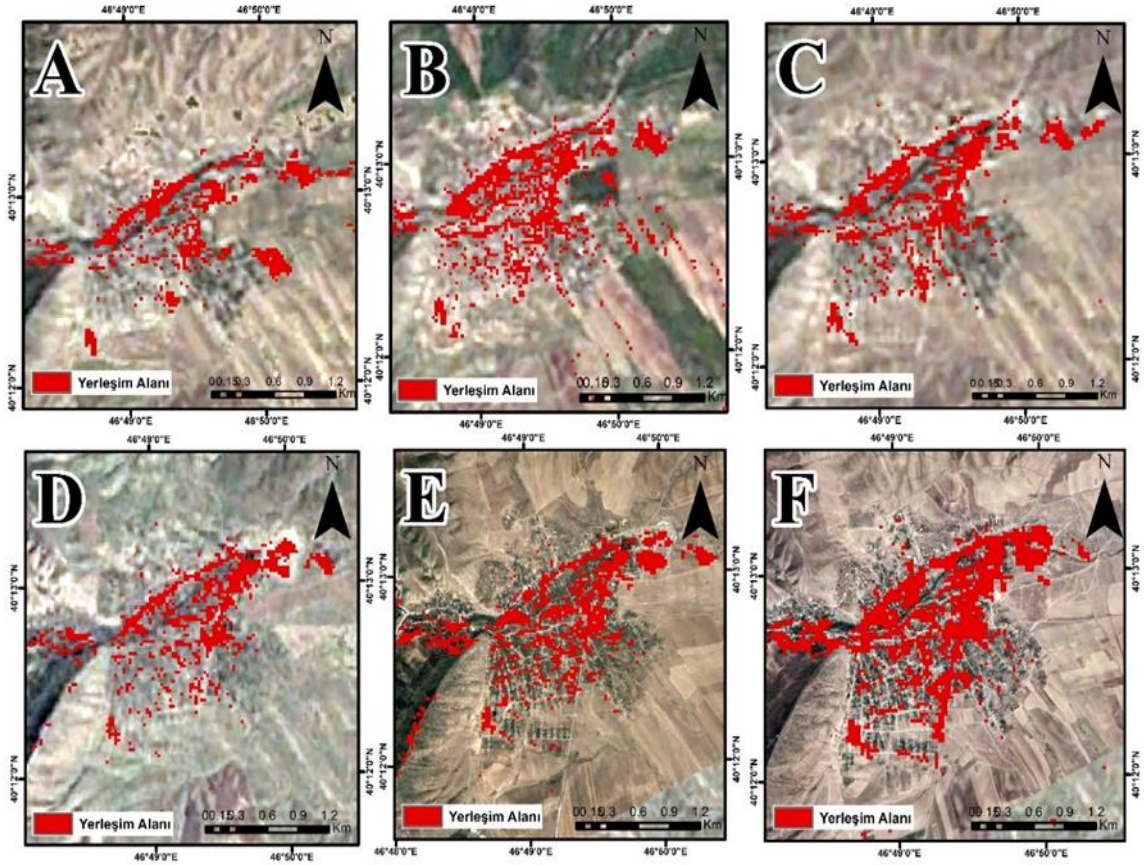


Şekil 7.13: Ağdere şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının 1986-2021 yılları arası PCA ve NDBI sonuçlarına göre karşılaştırılması

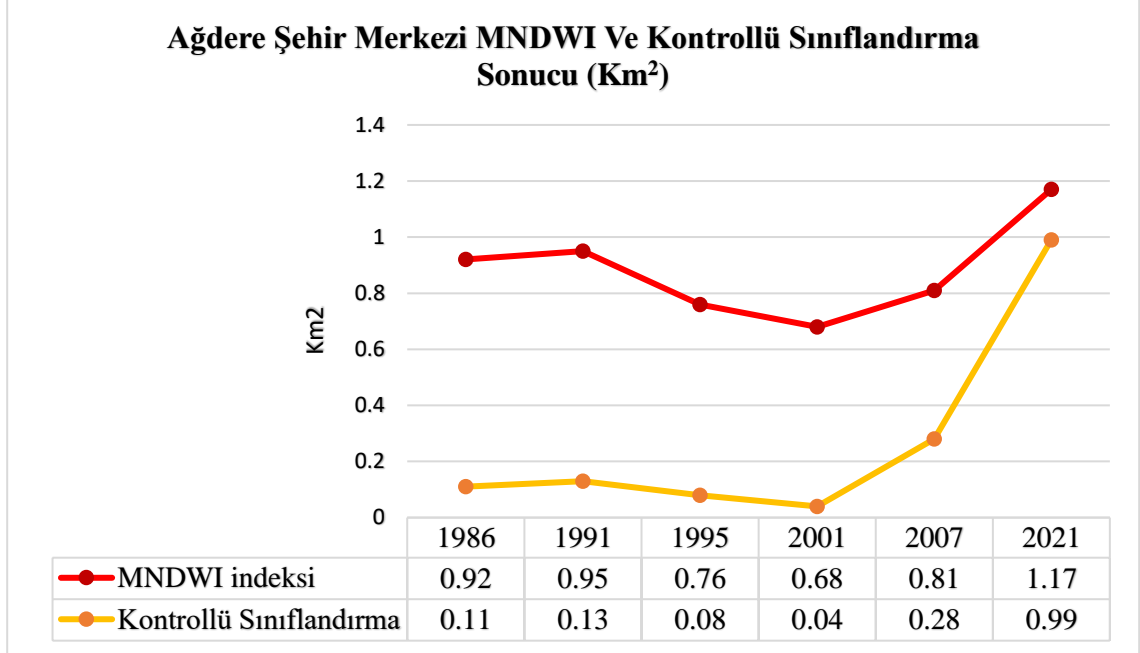


Şekil 7.14: Ağdere şehir merkezi ve etrafının PCA ve NDBI sonuçları (km²)

Çalışma kapsamında MNDWI analizlerinin şehir merkezlerindeki yerleşimi belirlemede daha etkin olduğu görülmüştür. Bu tespit doğrultusunda, işgalin etkisinin daha etkin analizi ve gözlemlenebilmesi için MNDWI analizleri gerçekleştirilmiş ve Ağdere şehir merkezini kapsayan MNDWI indeksinin yıllara göre sonuçları Şekil 7.14'de verilmiştir. Grafik 7.2'de ise yine Ağdere şehir merkezini içeren MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre tespit edilen yerleşim yerlerinin kapladığı alanlar birlikte verilerek bir karşılaştırma olanağı sağlanmaya çalışılmıştır. Bu verilere göre Ağdere şehir merkezi yerleşim alanları 1986 senesi itibarı ile 0,92 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 yılı itibarı ile 0,03 km²'lik bir ilerleme göstererek 0,95 km² olmuştur. 1995 sensinde yerleşim alanı 0,19 km²'lik gerileme yaparak 0,76 km² inmiştir. 2001 senesinde yerleşim alanı 0,08 km²'lik bir azalma ile 0,68 km² olmuştur. 2007 senesinde yerleşim alanı 0,13 km²'lik bir ilerleme ile 0,81 km² çıkmıştır. 2021 senesinde yerleşim alanları 0,36 km²'lik bir büyüme ile 1.17 km² ulaşmıştır.



Şekil 7.15: Ağdere şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı



Grafik 7.3: Ağdere şehir merkezi MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçları (km²)

7.3 Hocalı İli, Şuşa ve Hankendi Şehirlerinin Değişim Analizi Bulguları

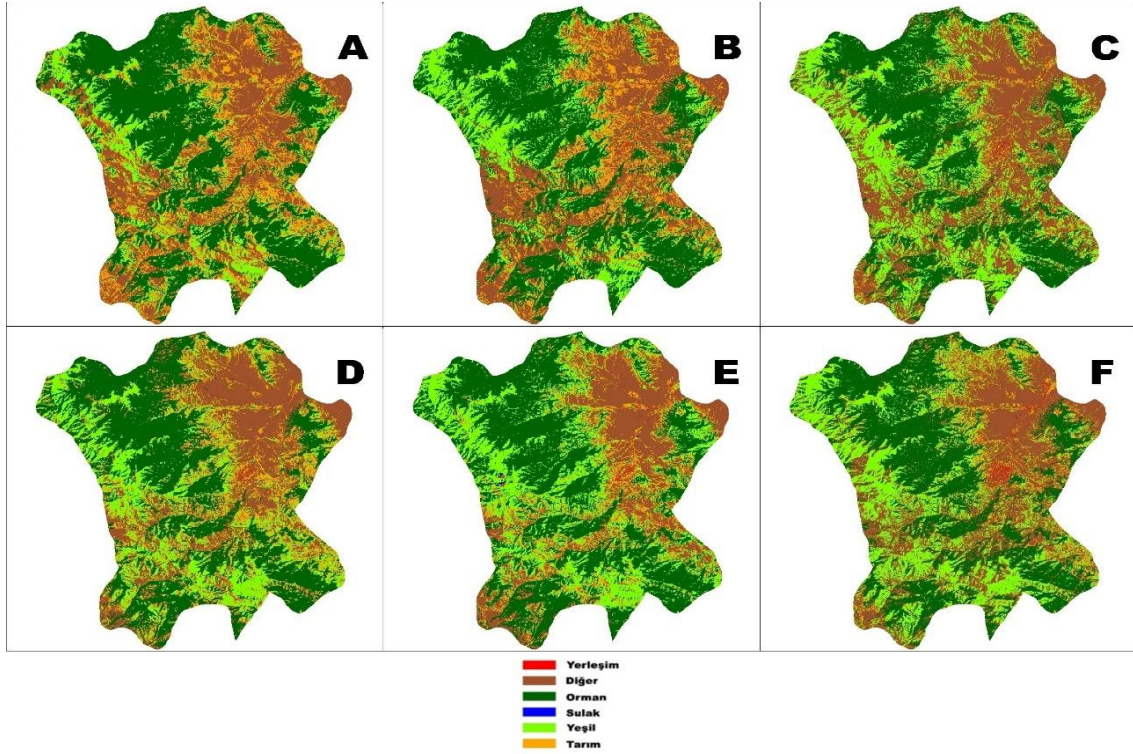
Hocalı ilinin yüzeyi genel olarak dağlıktır. Bölgenin büyük bir kısmını ormanlık alanlar oluşturmaktadır. Şuşa ve Hankendi şehirleri Hocalı ili ile komşudur. Ayrıca Şuşa şehri Azerbaycanın kültür başkenti, Hankendi şehri ise sözde Dağlık Karabağ devletinin başkentidir.

Çalışmada Hocalı ili, Şuşa ve Hankendi şehirlerini de içeren arazisi kontrollü sınıflandırma işlemine tabii tutulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. 1986-2021 yılları arası için elde edilen bölge uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 7.3'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, 1986 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,34 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 senesinde 0,95 km²'lik bir artış göstermiş ve 1,29 km²'ye ulaşmıştır. 1995 senesinde yerleşim alanları 0,42 km²'lik bir artış daha göstererek 1,71 km² çıkmıştır. 2001 senesinde yerleşim alanları 0,47 km² gerileme yaparak 1,24 km²'ye inmiş ve 2007 senesinde ise 0,73 km²'lik bir artışla 1,97 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları büyük bir artış göstererek 2,75 km² lik bir artışla 4,72 km² olmuştur. Tarım alanları ise, 1986 senesinde 219,64 km²'lik bir

alanı kapsarken, 1991 senesinde 54,87 km² lik bir gerileme yaparak 164,77 km² olmuştur. 1995 senesinde tarım alanları 95,46 km² lik bir gerileme daha göstererek 69,31 km² inmiştir. 2001 senesinde ise, tarım alanları 141,53 km² lik bir artışla 1991 senesindekinden daha büyük bir değere, 186,78 km²'ye ulaşmışken, 2007 senesinde tarım alanları 56,06 km²'lik gerileme yaparak 130,72 km² ve 2021 senesi itibarı ile de 58,06 km² lik gerileme ile 72,36 km²'ye kadar düşmüştür.

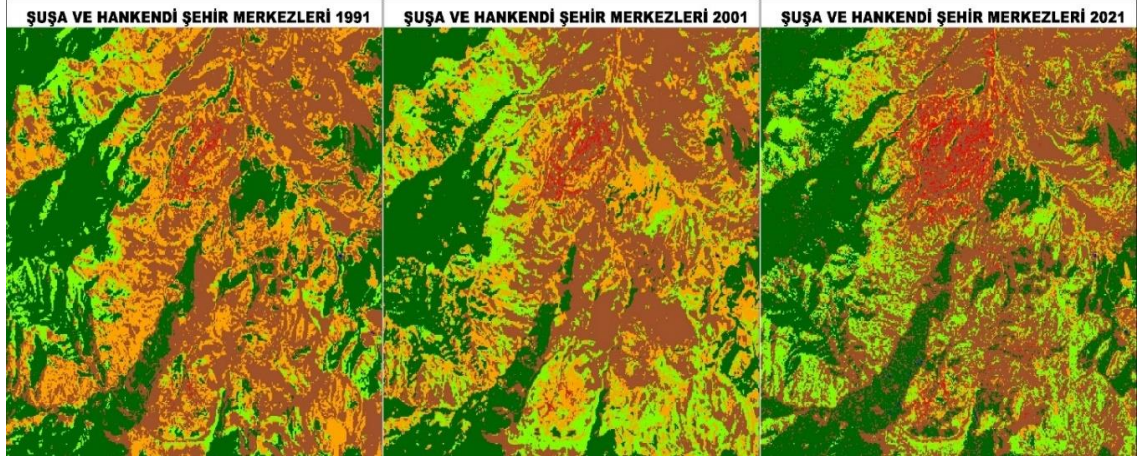
Tablo 7.3: Hocalı ili, Şuşa ve Hankendi şehirlerinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları

Hocalı İli, Şuşa ve Hankendi şehirlerinin Kontrollü Sınıflandırma Sonucu						
	1986 Yılı	1991 Yılı	1995 Yılı	2001 Yılı	2007 Yılı	2021 Yılı
Sınıf adı	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)	Alan (km2)
Yerleşim	0,34	1,29	1,71	1,24	1,97	4,72
Tarım	219,64	164,77	45,25	186,78	130,42	72,36
Orman	525,91	539,31	429,91	513,44	555,9	462,66
Yeşil	186,27	224,25	336,46	251,5	312,77	319,39
Sulak	0,58	0,23	0,93	0,21	0,85	0,39
Diğer	355,9	358,8	474,39	334,25	286,73	427,9



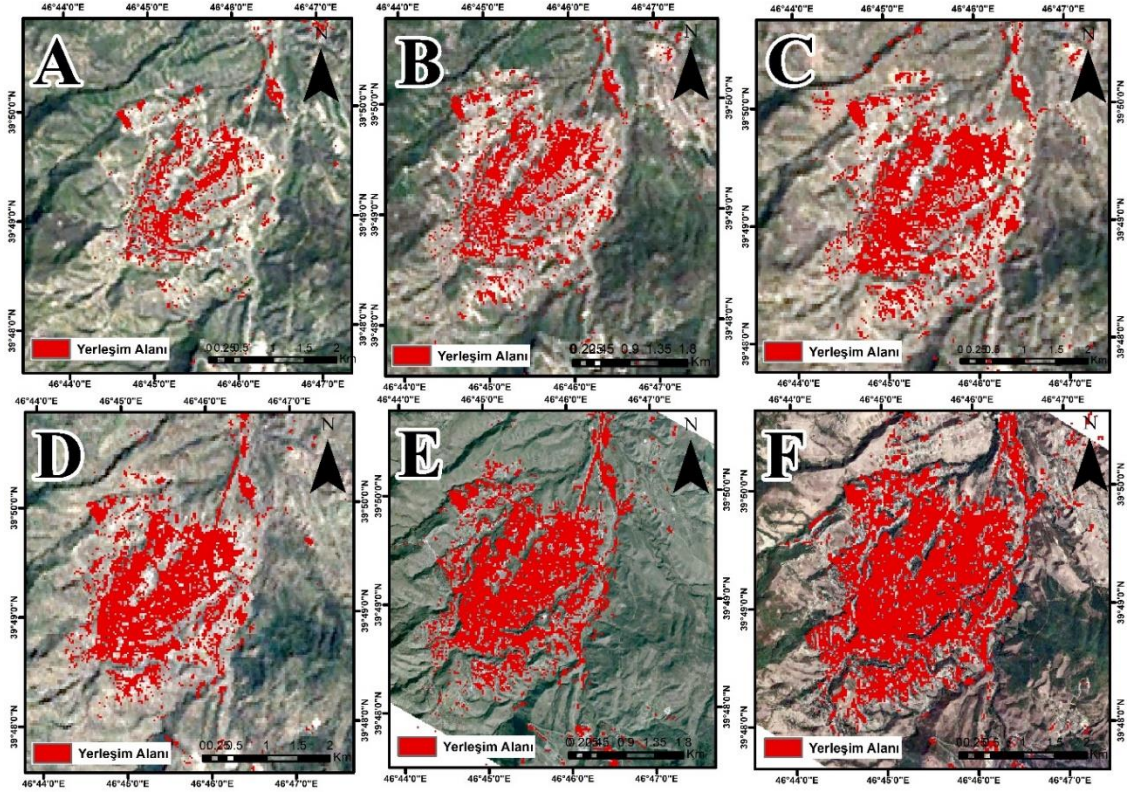
Şekil 7.16: Yıllara göre Hocalı ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı

Şekil 7.15'de Hocalı ilinin, Şuşa ve Hankenti şehirlerinin altı farklı zamana ait çok bantlı uydu görüntülerinden sınıflandırılmış arazi örtüsü ve kullanımına ait tematik haritaları gösterilmiştir. Yerleşim alanlarındaki değişimi daha detaylı görmek için Şuşa ve Hankendi şehirlerini kapsayan bölge için 1991, 2001 ve 2021 yıllarına ait sınıflandırılmış görüntüler üretilmiş ve bu görüntüler Şekil 7.16'da verilmiştir.

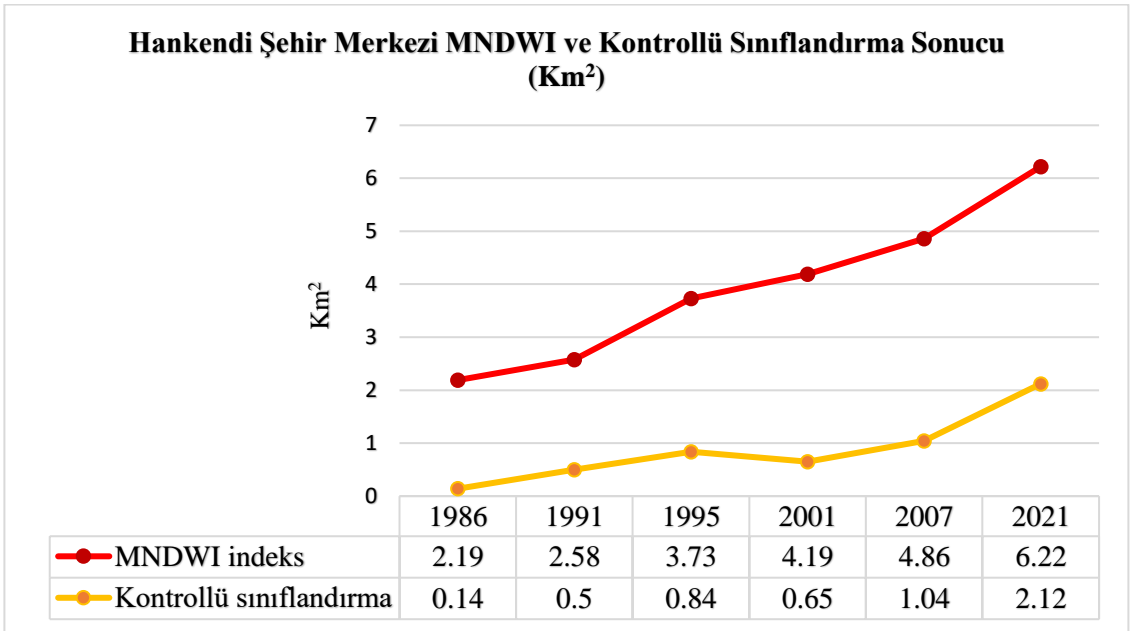


Şekil 7.17: Şuşa ve Hankendi şehir merkezlerinin 1991, 2001 ve 2021 yıllarına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları

Hocalı bölgesinin büyük bir bölümü dağlık ve ormanlık alanlardan oluştuğu için, bu araziye ait uydu görüntüsüne uygulanan NDBI ve PCA işlemlerinden şehir merkezi yerleşim alanları için istenen sonuç alınamamış ve yalnızca Hankendi şehrine ait MNDWI görüntüleri değerlendirilmiştir. Şekil 7.17'de Hankendi şehrinin yıllara göre elde edilmiş MNDWI indeks haritaları, Grafik 7.4'de ise MNDWI indeksi ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre yerleşim yerlerinin alanları birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu verilere göre yerleşim alanları 1986 senesi itibarı ile 2,19 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 yılı itibarı ile 0,39 km²'lik bir artış göstererek 2,58 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanı 1,15 km²'lik bir artış daha yaparak 3,73 km²'ye ve 2001 senesinde yerleşim alanı bu sefer 0,46 km²'lik bir ilerleme daha göstererek 4,19 km² ulaşmıştır. 2007 senesinde yerleşim alanı 0,67 km²'lik bir ilerleme daha yaparak 4,86 km²'ye ve 2021 senesinde ise yerleşim alanı 1,36 km²'lik büyüme ile 6,22 km² çıkmıştır.



Şekil 7.18. Hankendi şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı



Grafik 7.4: Hankendi şehir merkezi yerleşiminin MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre kapladığı alanlar (km²)

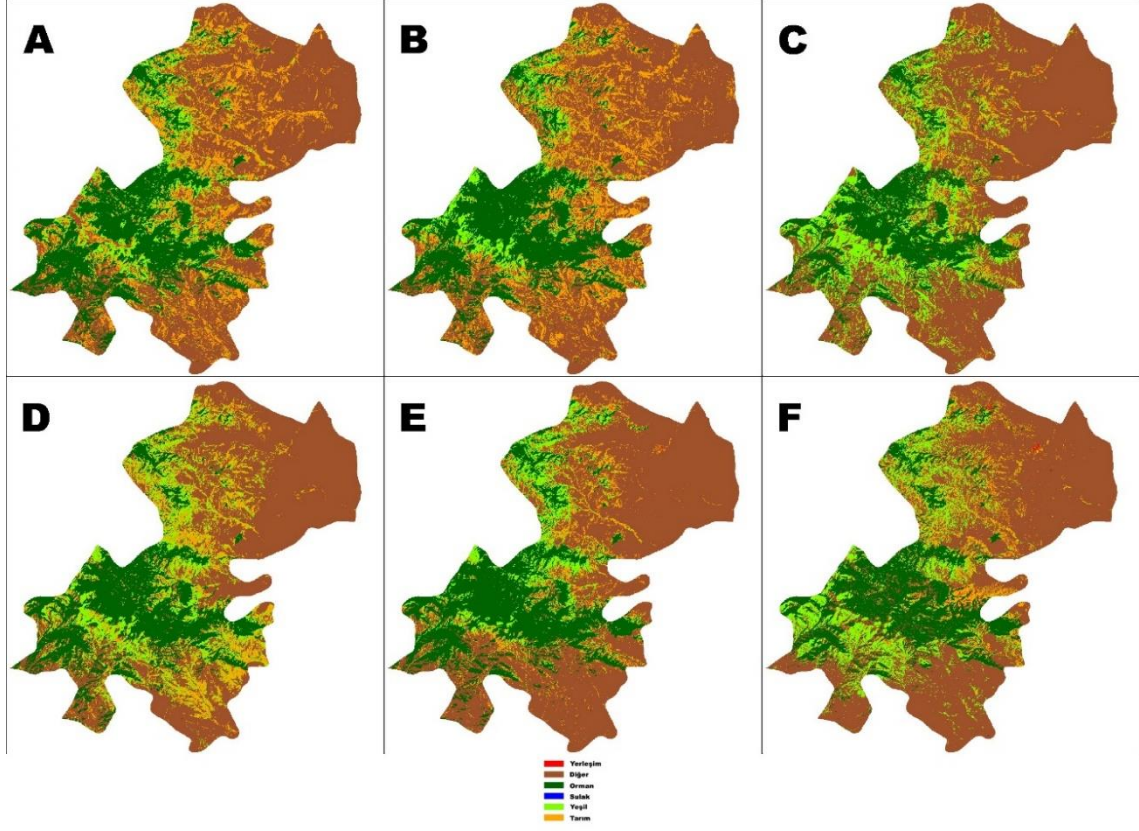
7.4 Hocavent İli Değişim Analizi Bulguları

Çalışmada Hocavent ili kapsamındaki arazisileri içeren çok bantlı uydu görüntüleri kontrollü sınıflandırma işlemine tabii tutulmuş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, 1986-2021 yılları arası için elde edilen bölge uydu görüntülerine uygulanan kontrollü sınıflandırma sonucu elde edilen arazi örtüsü ve kullanımlarının alanları Tablo 7.4'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre, 1986 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,18 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesinde 0,25 km²'lik bir artış göstererek 0,43 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları 0,16 km²'lik bir artış yaparak 0,59 km² olmuştur. 2001 senesinde yerleşim alanları 0,54 km² azalarak 0,05 km²'ye inmiş ve şehir neredeyse tamamen yok olmuştur. 2007 senesinde yerleşim alanları 0,36 km²'lik bir artış göstererek 0,41 km²'ye çıkmıştır. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 1,02 km²'lik bir artış daha göstererek 1,43 km² ulaşmıştır. Tarım alanları 1986 senesinde 254,67 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 senesinde ise 19,21 km²'lik bir artış yaparak 273,88 km² olmuştur. 1995 senesinde tarım alanları 197 km²'lik bir gerileme göstererek 76,88 km²'ye inmiştir. 2001 senesinde tarım alanları 122,42 km²'lik yeniden bir artış göstererek 199,36 km²'ye çıkmıştır. 2007 senesinde tarım alanları bu sefer 84,32 km²'lik bir gerileme yaparak 115,05 km² olmuştur. 2021 senesi itibarı ile tarım alanları 10,12 km²'lik gerileme ile 104,93 km² olmuştur.

Tablo 7.4: Hocavent ilinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları

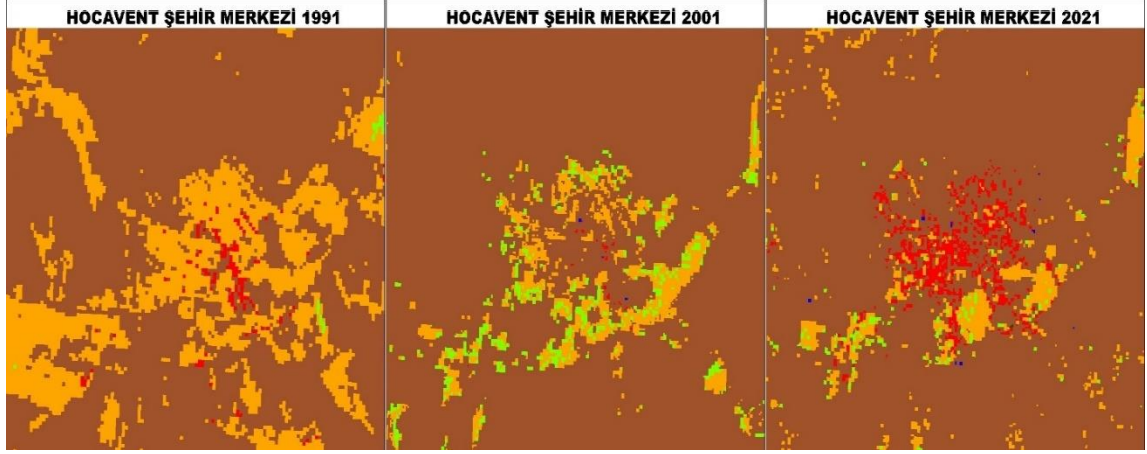
Hocavent İli Kontrollü Sınıflandırma Sonucu						
	1986 Yılı	1991 Yılı	1995 Yılı	2001 Yılı	2007 Yılı	2021 Yılı
Sınıf adı	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Yerleşim	0,18	0,43	0,59	0,05	0,41	1,43
Tarım	254,67	273,88	76,88	199,36	115,08	104,93
Orman	353,5	380,6	257,05	331,3	358,48	286,9
Yeşil	106,84	86,76	225,36	174,35	117,75	187,87

Sulak	0,28	0,01	0,25	0,02	0,03	0,11
Diğer	700,05	673,72	855,39	708,75	823,76	832,58



Şekil 7.19: Yıllara göre Hocaevant ili arazi örtüsü ve kullanımı kontrollü sınıflandırma sonuçları (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı

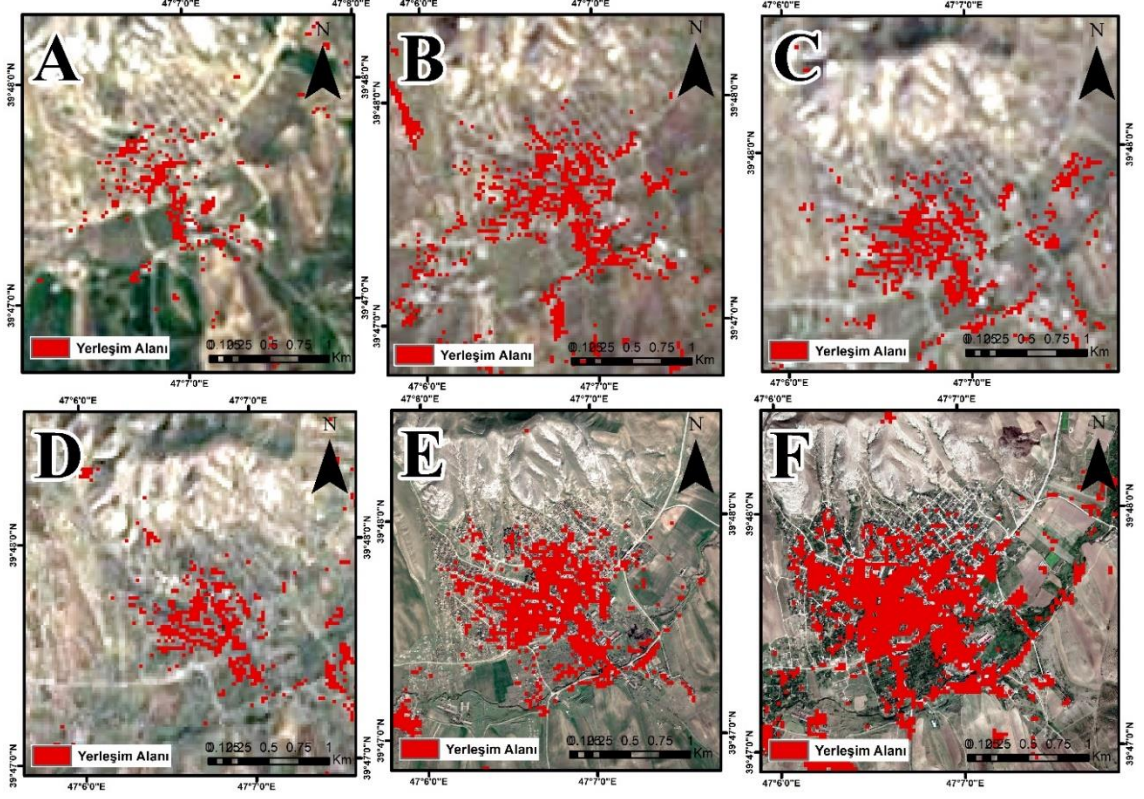
Şekil 7.18 ise, Hocaevant il sınırlarını içine alan bölge için 1986-2021 yılları arasındaki altı farklı zamana ait elde edilen LANDSAT 5 ve 8 uydu görüntülerine uygulanan kontrollü sınıflandırma sonucu ortaya çıkan arazi örtüsü ve kullanımına ait dağılımı gösterilmiştir. Yıllara ait sınıflandırılmış sonuç görüntülere daha yakından bakıldığında, işgalden sonra yerleşim alanlarında gözle görülür bir azalma olsada, 2001 senesinden sonra bölgede kentleşme sürecinin yeniden başladığı görülmektedir. Şekil 7.19'da ise, Hocaevant şehrin yerleşim alanlarının 1991, 2001 ve 2021 senelerine ait sınıflandırılmış görüntüleri verilmiştir.



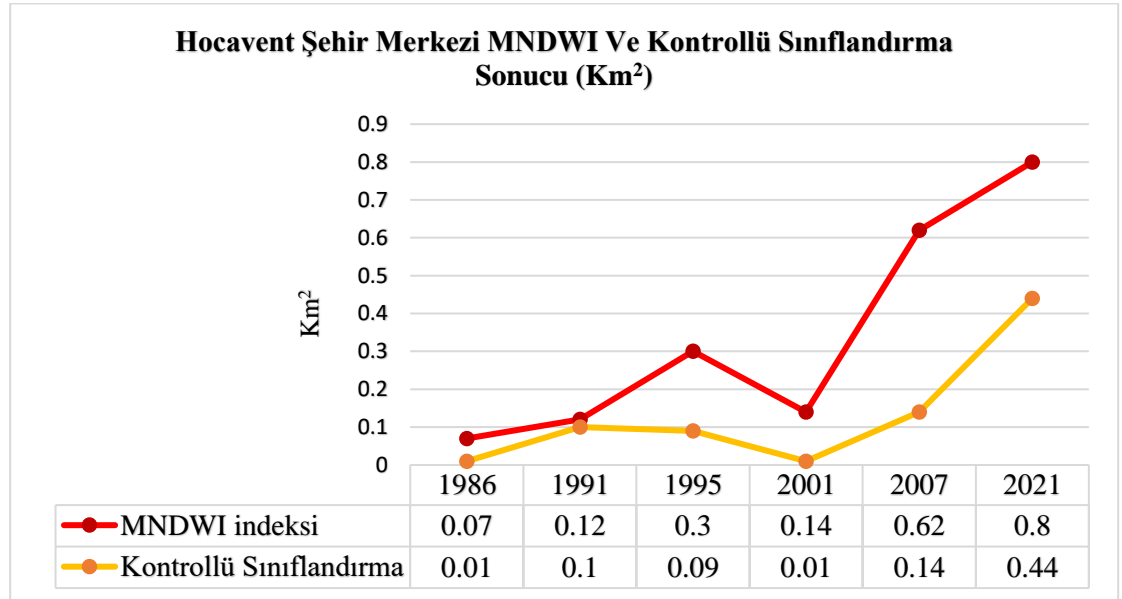
Şekil 7.20: Hocaent şehir merkezi 1991, 2001 ve 2021 yılları

Hocaent bölgesinin büyük bir bölümü dağlık ve ormanlık alanlardan oluştuğu için, bu araziye ait uydu görüntüsüne uygulanmış NDBI ve PCA görüntülerinden istenen sonuç alınamamış ve yalnız Hocaent şehir merkezine ait MNDWI görüntüleri değerlendirilmiştir.

Buna göre, Şekil 7.20'de, Hocaent şehri yerleşim bölgesini içeren uydu görüntülerine MNDWI indeksinin uygulanması sonucunda yıllara göre elde edilmiş yerleşim haritaları, Grafik 7.5'da ise MNDWI indeksinin uygulanması sonucunda elde edilen alanlar ile kontrollü sınıflandırma sonucu bulunan alanlar beraber gösterilmiştir. Bu değerlere göre yerleşim alanları 1986 senesi itibarı ile 0,07 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 yılı itibarı ile 0,05 km²'lik bir ilerleme göstererek 0,12 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanı 0,18 km²'lik ilerleme yaparak 0,3 km² olmuştur. 2001 senesinde yerleşim alanı 0,16 km²'lik gerileme yaparak 0,14 km² düşmüştür. 2007 senesinde yerleşim alanı 0,48 km²'lik tekrar bir büyüme trendine girerek 0,62 km² olmuştur. 2021 senesinde yerleşim alanı 0,18 km²'lik büyüme ile 0,8 km² ulaşmıştır.



Şekil 7.21: Hocaent şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı



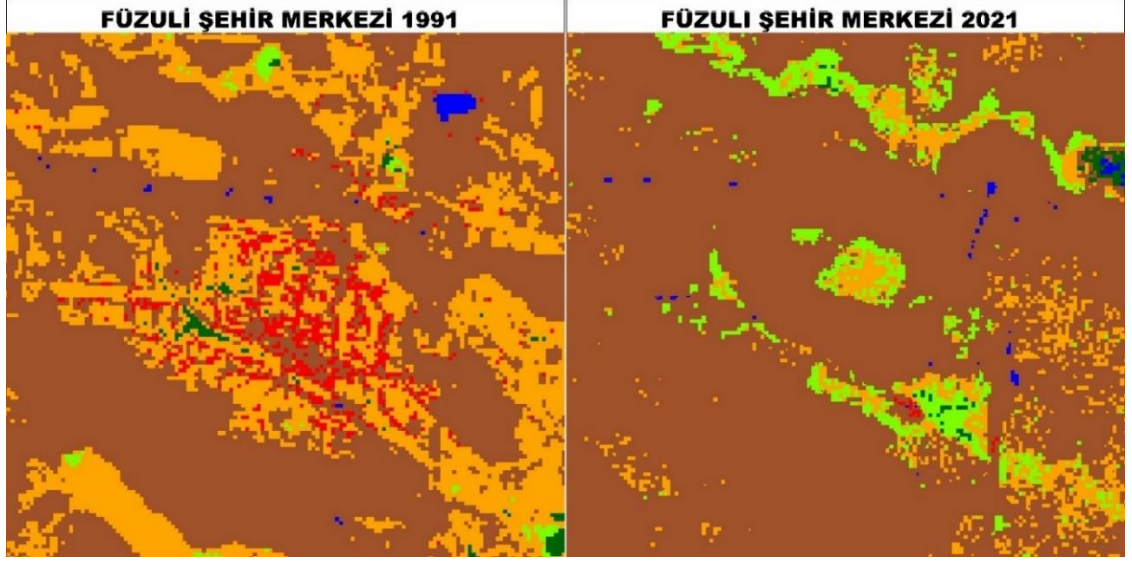
Grafik 7.5: Hocaent şehir merkezi MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçları (km²)

7.5 Füzuli İli Değişim Analizi Bulguları

Çalışmanın bu aşamasında, Füzuli il sınırlarında kalan arazisi içeren çok bantlı uydu görüntüleri de kontrollü sınıflandırma işlemine tabii tutulmuş ve yıllara göre elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. 1986-2021 yılları arasına ait kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre arazi örtüsü ve kullanımını için elde edilen alan değerleri Tablo 7.5'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre, 1986 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,3 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesinde 0,78 km²'lik bir artış gösrererek 1,08 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları işgal nedeniyle 0,81 km²'lik bir gerileme yaparak 0,27 km²'ye inmiştir. 2001 senesinde yerleşim alanları 0,26 km²'lik bir gerileme daha yaparak 0,01 km²'ye kadar inmiştir. 2007 senesinde yerleşim alanları 0,04 km²'lik bir artış göstererek 0,05 km² çıkmıştır. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanları 0,04 km² lik bir gerileme ile tekrar 0,01 km² olmuştur. Tarım alanları 1986 senesinde 74,05 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 senesinde 28,96 km² lik bir artış yaparak 103,01 km² çıkmış, fakat, 1995 senesinde işgal nedeniyle 98,09 km²'lik bir azalma göstererek 4,92 km²'ye gerilemiştir. 2001 senesinde tarım alanları 27,01 km²'lik bir artış göstererek 31,93 km² olmuşsa da, 2007 senesinde tarım alanları 19,57 km²'lik gerileme yaparak 12,36 km² olmuştur. 2021 senesinde ise, tarım alanları 9,52 km²'lik artış ile 21,88 km² olmuştur.

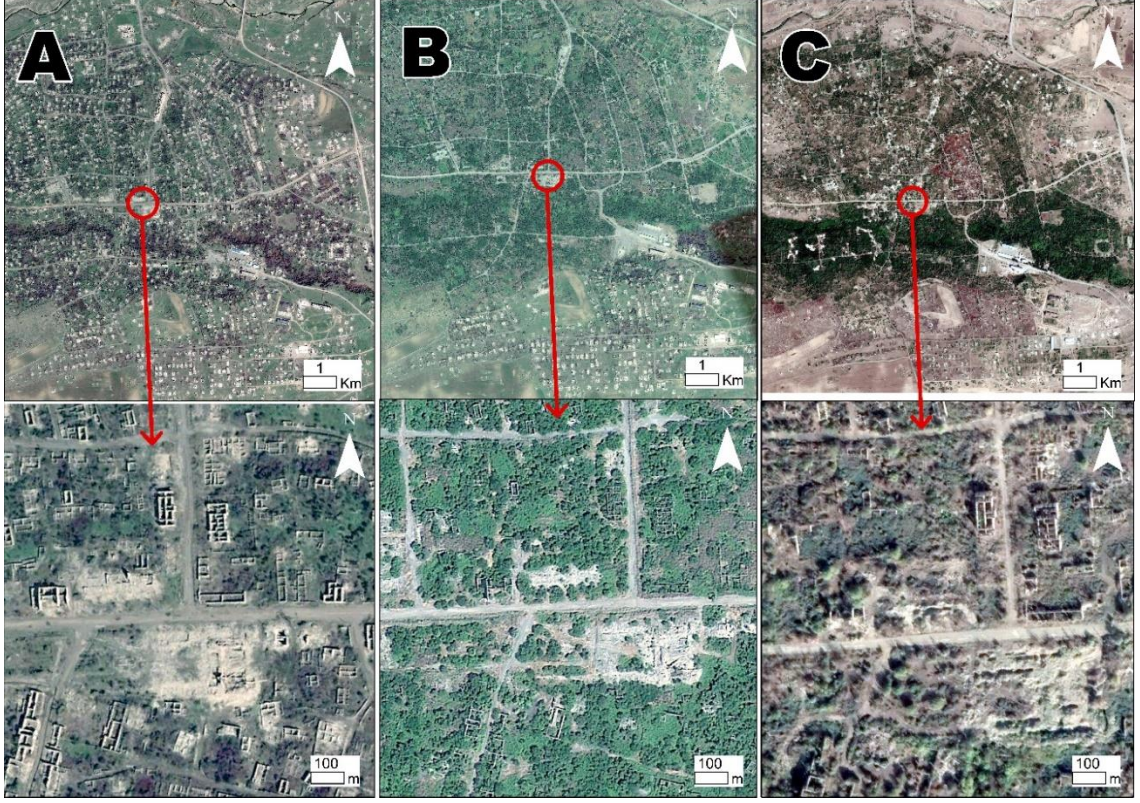
Tablo 7.5: Füzuli ilinin arazi örtüsü/kullanımının yıllara göre alansal değişim analizi sonuçları

Füzuli İli Kontrollü Sınıflandırma Sonucu						
	1986 Yılı	1991 Yılı	1995 Yılı	2001 Yılı	2007 Yılı	2021 Yılı
Sınıf adı	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)	Alan (km ²)
Yerleşim	0,3	1,08	0,27	0,01	0,05	0,1
Tarım	74,05	103,01	4,92	31,93	12,36	21,88
Orman	20,7	26,41	6,69	10,37	11,81	11,5
Yeşil	7,53	5,87	8,02	10,43	2,75	11,3



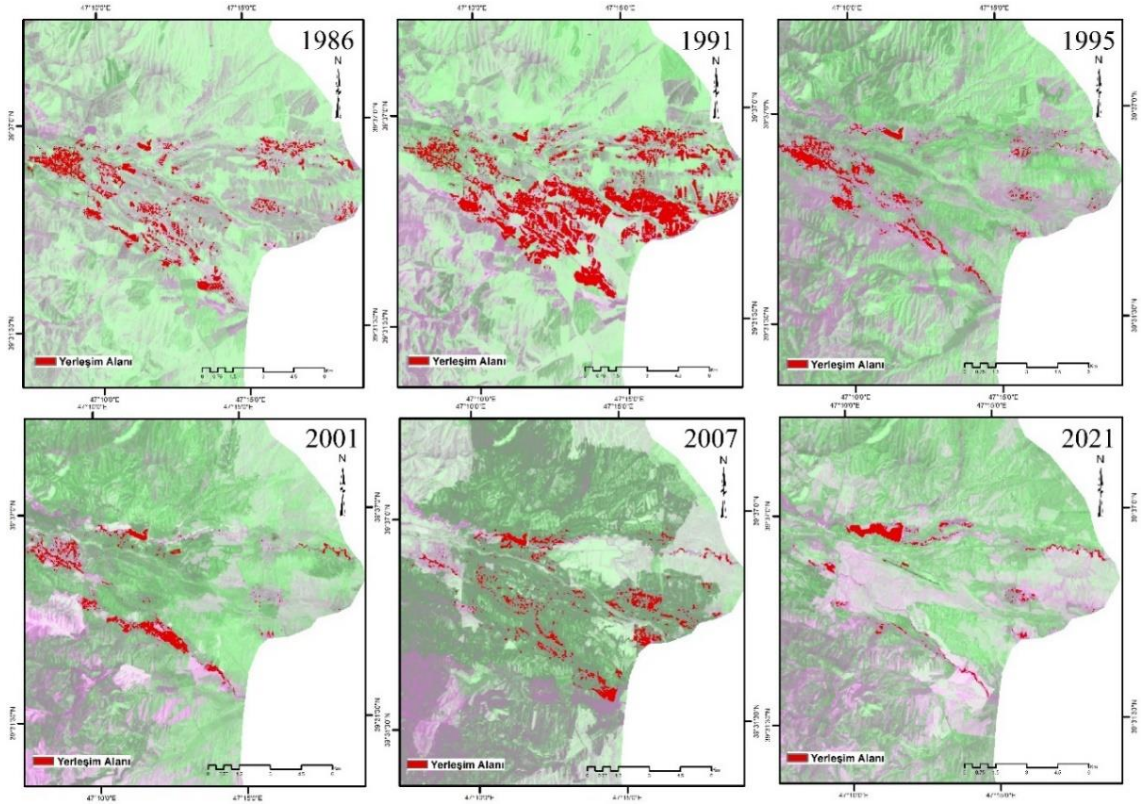
Şekil 7.23: Hocaent şehir merkezinin 1991 ve 2021 yıllarına ait kontrollü sınıflandırma sonuçları

İşgalin Füzuli ili üzerinde oluşturduğu negatif etkiyi daha iyi gözlemlemek ve sınıflandırılmış arazi örtüsü tematik haritalarının, uygulanmış farklı spektral indekslerin doğruluğunu teyit etmek için "Google Earth'den" faydalanılmıştır. Şekil 7.23'de Füzuli şehir merkezine ait "Google Earth" görüntüleri gösterilmiştir. Uydu fotoğraflarından'da görüldüğü gibi şehrin işgalinden sonra geçen zaman diliminde yerleşim alanarı büyük ölçüde dağılmış, binaların ve evlerin sadece iskeleti kalmıştır.



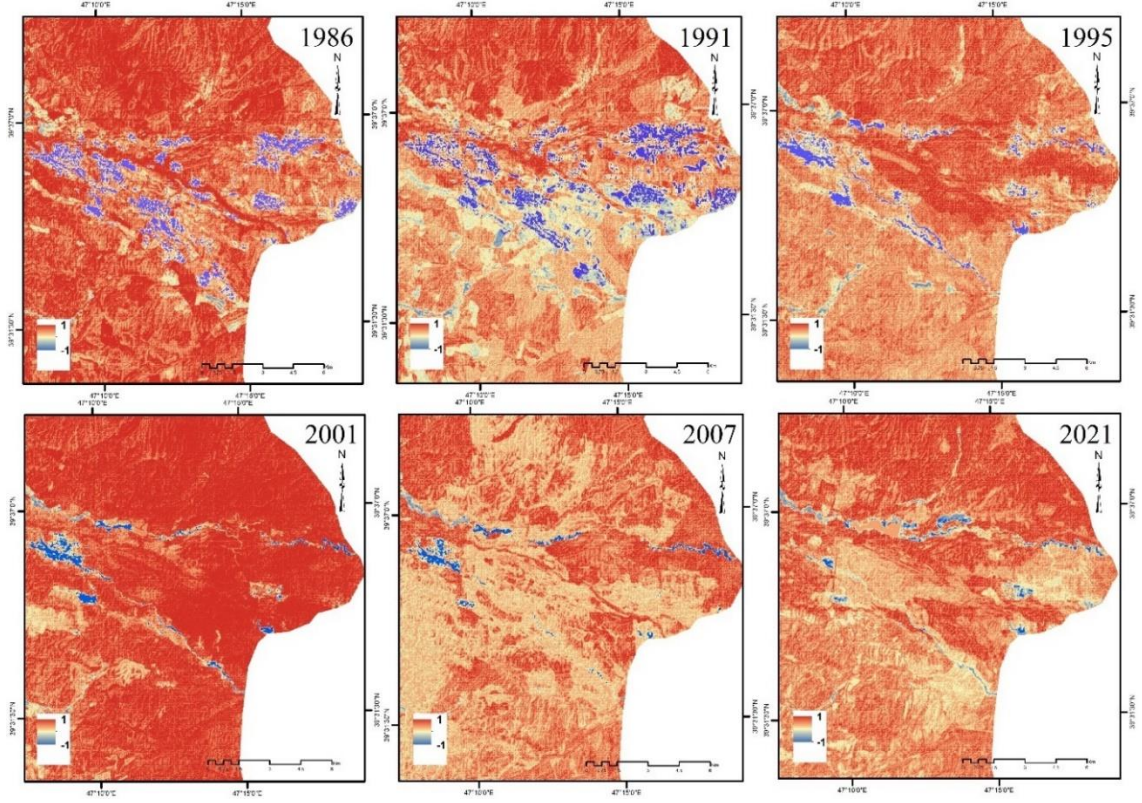
Şekil 7.24: Füzuli şehir merkezinin yıllara göre “Google Earth” görüntüsü: (A) 2005 yılı, (B) 2010 yılı ve (C) 2020 yılı

Şekil 7.24'de 1986-2021 yılları arasında elde edilen Landsat uydu görüntülerinin SWIR1 ve SWIR2 bantlarına Temel Bileşen Analizi (PCA) uygulanarak yerleşim alanları çıkarılmış ve Füzuli şehir merkezi ile etraf köyleri kapsayan haritalar oluşturulmuştur. Şekildeki kırmızı alanlar yıllara göre şehir yerleşiminin dağılımını göstermektedir. Şekildeki haritalara bakıldığında kırmızı alanlarla temsil edilen yerleşim yerlerindeki 1986-1991 yılları arası artış ve işgalle nedeniyle 1995 ve sonrasındaki ciddi azalma gözle dahi gözlemlenebilmektedir.



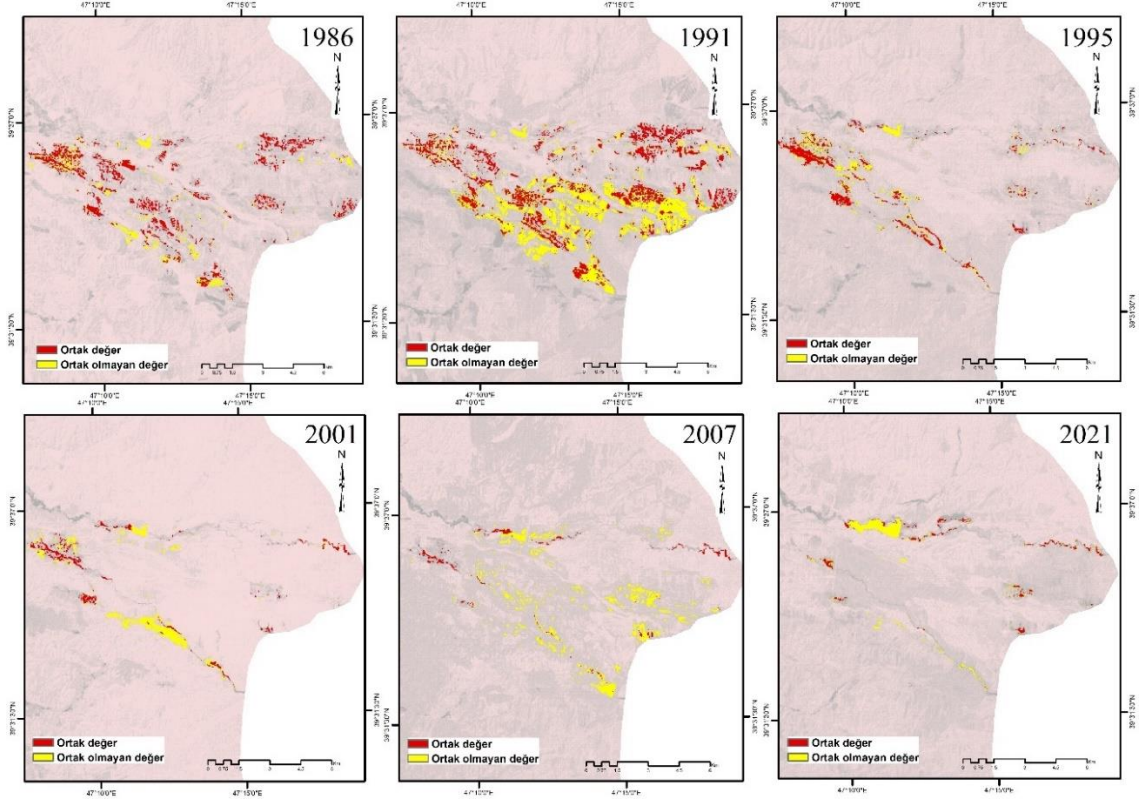
Şekil 7.25: Füzuli şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının yıllara göre PCA sonuçlarını içeren haritalar

1986-2021 yılları arası çokbantlı Landsat uydu görüntülerine Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi (NDBI) uygulanarak hazırlanmış, Füzuli şehir merkezi ve etraf köylerini kapsayan bölge haritaları Şekil 7.25'de verilmiştir.

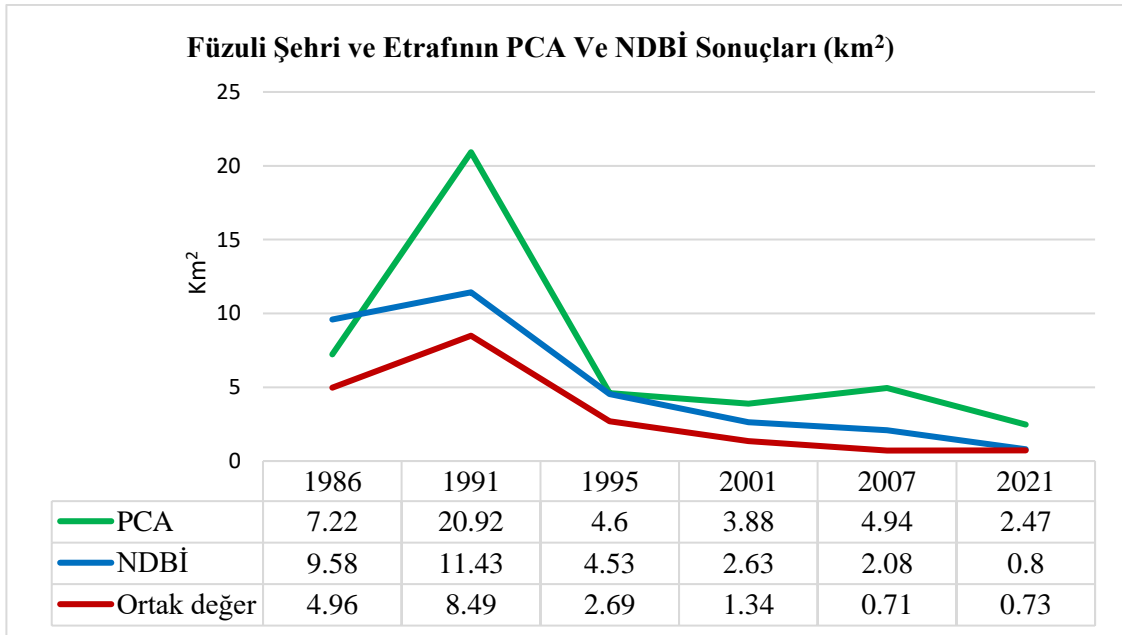


Şekil 7.26: Füzuli şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının yıllara göre NDBI sonuçlarını içeren haritalar

Bir sonraki işlem adımında ise, PCA ve NDBİ indeksi uygulanmış görüntülerde aynı lokasyonda çakışan pikseller belirlenmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Her iki işlem (PCA ve NDBI) sonucunda çakışan alanlar ise, Şekil 7.26'da gösterilmiştir. Elde edilen alanlar da, Grafik 7.6'da verilmiştir. Bu değerlendirmelere göre Füzuli şehri ve etrafını içeren bölgede yerleşim alanları 1986 senesinde 4,96 km²'lik alanı kapsarken, 1991 senesi itibarı ile 3,53 km²'lik bir büyüme göstermiş ve 8,49 km² olmuştur. 1995 senesinde yerleşim alanları işgal sebebi ile 5,8 km²'lik bir gerileme yaparak 2,69 km²'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. 2001 senesinde de azalma devam etmiş ve yerleşim alanları 1,35 km² gerileme yaparak 1,34 km²'ye kadar inmiştir. 2007 senesinde ise yerleşim alanlarında 0,71 km²'ye kadar inmiştir. 2021 senesi itibarı ile yerleşim alanlarının ancak 0,73 km²'lik bir alanı kapsadığı tespit edilmiştir.

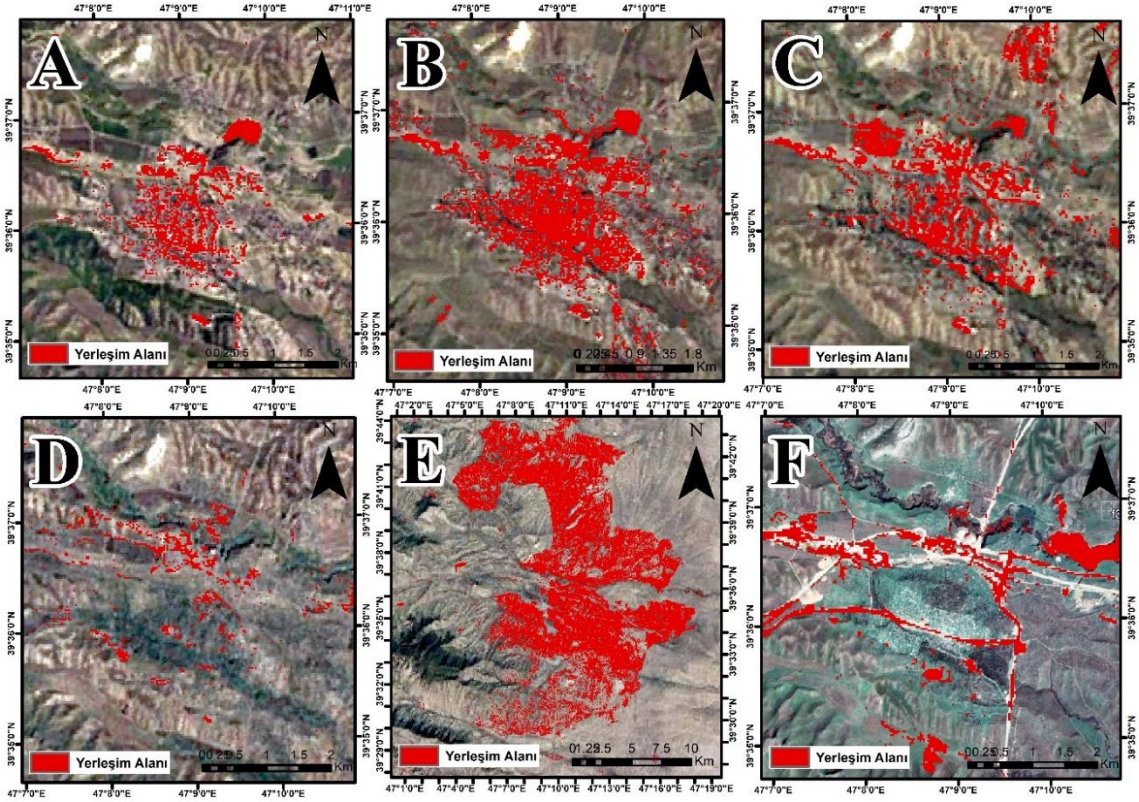


Şekil 7.27: Füzuli şehir merkezi ve etrafı yerleşim alanlarının 1986-2021 yılları arası PCA ve NDBI sonuçlarına göre karşılaştırılması



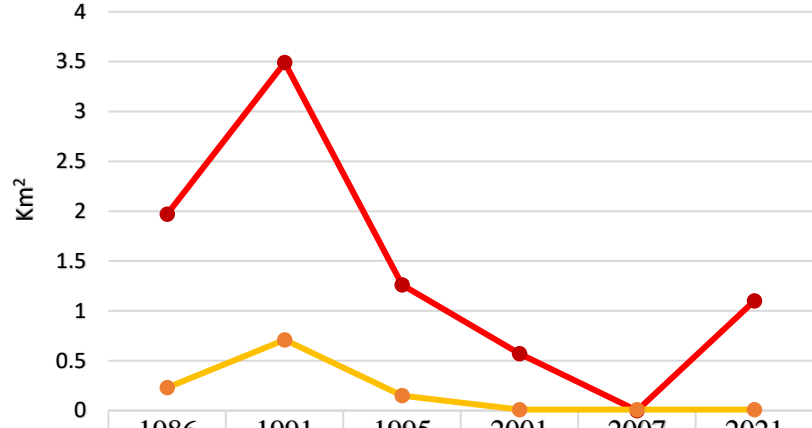
Grafik 7.6:Füzuli şehri ve etrafı yerleşim yerlerinin 1986-2021 yılları arası PCA ve NDBI sonuçlarına göre kapsadığı alanlar

Şekil 7.27'de Füzuli şehir merkezinin yıllara göre elde edilmiş MNDWI indeks haritaları, Grafik 7.5'de ise MNDWI indeksi ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre yerleşim yerlerinin alanları birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu verilere göre yerleşim alanları 1986 senesi itibarı ile 1,97 km²'lik bir alanı kapsarken, 1991 yılı itibarı ile 1,52 km²'lik bir artış göstererek 3,49 km² olmuştur. 1995 sensinde yerleşim alanı 2,23 km²'lik bir gerileme yaparak 1,26 km²'ye ve 2001 senesinde yerleşim alanı bu sefer 0,69 km²'lik bir gerileme daha gösterek 0,57 km² ulaşmıştır. Füzuli şehir merkezinin 2007 senesine ait uydu görüntüsüne uygulanan MNDWI indeksinden sonuç alınamamıştır. Buna sebep Şekil 7.27'de (E) 'de görüldüğü gibi şehir etrafının yakılmasıdır. MNDWI sonuçlarına göre yakılan arazi 182,41 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. 2021 senesinde ise, yerleşim alanı 2001 senesine göre 0,53 km²'lik büyüme ile 1,1 km² çıkmıştır.



Şekil 7.28. Füzuli şehir merkezinin yıllara göre MNDWI sonuçları: (A) 1986 yılı, (B) 1991 yılı, (C) 1995 yılı, (D) 2001 yılı, (E) 2007 yılı, (F) 2021 yılı (2007 yılı görüntüsü ise yakılan arazi ve yakımın boyutlarını göstermektedir)

Füzuli Şehir Merkezi MNDWI Ve Kontrollü Sınıflandırma Sonucu (Km²)



	1986	1991	1995	2001	2007	2021
MNDWI indeksi	1.97	3.49	1.26	0.57	0	1.1
Kontrollü Sınıflandırma	0.23	0.71	0.15	0.01	0.01	0.01

Grafik 7.7: Füzuli şehir merkezi MNDWI ve kontrollü sınıflandırma sonuçları (km²)

Bölüm 8

Sonuç ve Değerlendirme

Bu tez çalışmasında veri elde etme de Uzaktan Algılama teknikleri ve veri yönetiminde ise Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak Karabağ bölgesindeki işgal nedeniyle bölge arazi örtüsü ve kullanımında yıllara göre yaşanan değişimler incelenmiştir. Bu amaçla çalışma alanının 1986, 1991, 1995, 2001, 2007 ve 2021 yıllarına ait LANDSAT 5 TM, LANDSAT 7 ETM+ ve LANDSAT 8 OLI/TIRS uydu görüntüleri temin edilmiştir.

Çok bantlı uydu görüntülerinin değerlendirilmesinde kontrollü sınıflandırma, temel bileşen analizi ve değişik indeks algoritmaları kullanılmıştır. Zamansal analiz yapılacağı için öncelikle görüntüler ön işleme işlemlerinden geçirilip geometrik düzeltme (Geometric Correction) işlemi gerçekleştirilmiş ve bilahare mozaikleme işlemi ile çalışma alanına ait görüntü paketi oluşturularak çalışma alanı bu mozaiklenen görüntüden kesilmiştir. Bu ön işlemler tüm yıllar için uygulanarak analizlerde kullanılacak zaman serisi veri setleri oluşturulmuştur.

Çalışmada, farklı yıllara ait arazi örtüsü ve kullanımı sınıflarını elde etmek için piksel tabanlı görüntü işleme tekniği olan kontrollü sınıflandırma yöntemi tercih edilmiştir. Kontrollü sınıflandırmada En Küçük Mesafe (Minimum Distance) algoritması kullanılmıştır. Sınıflandırmada altı sınıf kullanılmıştır. Bunlar yerleşim alanı, tarım alanı, orman alanı, yeşil alan, sulak alan ve diğer alanlar sınıflarıdır. Sınıflandırılmış görüntülere doğruluk analizi yapılmış ve hata matrisi hesaplanmıştır. 1986 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu toplam doğruluk %97, 1991 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu toplam doğruluk %97, 1995 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu toplam doğruluk %97, 2001 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu toplam doğruluk %96, 2007

yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu toplam doğruluk %98, 2021 yılına ait kontrollü sınıflandırma sonucu toplam doğruluk %98 olmuştur.

Çalışma alanı 1991-1993 yılları içinde işgal edilmiş ve sivil ahali yerleşim arazilerini terk etmek mecburiyetinde kalmıştır. Savaş ve işgalin yerleşim alanları üzerindeki etkisini daha detaylı görmek için farklı Spektral İndeksler kullanılarak arazi örtüsü ve kullanımı çıkarılmaya ve yıllara göre değişimin tespitine çalışılmıştır. Bu indekslerden Normalize Edilmiş Yereşim Alanı İndeksi (NDBI) ve Modifiye Edilmiş Fark Su İndeksi (MNDWI) sonuçları çalışma alanında daha iyi sonuçlar vermiştir. Bunların yanı sıra, çok bantlı Landsat uydu görüntülerinde yerleşim alanlarının SWIR bantlarda yüksek yansıma değerlerine sahip olduğu bilindiğinden, çalışma alanına ait uydu görüntülerinin SWIR1 ve SWIR2 bantlarına Temel Bileşenler Analizi (PCA) uygulanarak yerleşim alanlarının daha etkin bir şekilde belirlenmesi sağlanmış ve yıllara göre yerleşim yerlerinin kapsadığı alanlar hesaplanmıştır. Buradan elde edilen sonuçlar NDBI sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Kontrollü sınıflandırma sonuçlarına göre yerleşim alanları 1986 senesinde 9,49 km²'lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 3,82 km²'lik bir artış göstererek 13,31 km² olmuştur. Ancak aynı sene Azerbaycan ve Ermenistan devletleri arasındaki gerilim had safhaya çıkmıştır. Ermenistan Silahlı Kuvvetlerinin saldırıları sonucunda, Karabağ'ın sivil ahali topraklarını terk etmek zorunda kalmıştır. 1992-1993 seneleri içinde çalışma alanını kapsayan alan işgal edilmiştir. 1995 senesinde yerleşim alanları 0,24 km²'lik bir gerileme yaparak 13,07 km²'lik bir alanı kapsadığı tespit edilmiştir. 2001 senesinde yerleşim alanları 7,54 km²'lik bir gerileme daha göstererek 5,54 km² olmuştur. 2000'li yıllardan başlayarak Ermenistan devleti işgal ettiği topraklarda Ermeni nüfusu yerleştirmeye başlamıştır. Bu sebeple 2007 senesinde yerleşim alanları 8,12 km²'lik bir artış göstererek 13,66 km² olmuştur. 14 sene sonra yani 2021 yılında 3,25 km²'lik bir artış daha göstererek 16,91 km²'ye ulaşmıştır. Tarım alanları incelendiğinde, tarım alanları 1986 senesinde 1869,67 km²'lik bir alanı kapsarken, 5 sene sonra yani 1991 yılında 166,15 km²'lik bir gerileme göstererek 1703,52 km² olmuştur. 1992-1993 seneleri içinde çalışma alanını kapsayan alan işgal edilmiş ve bütün tarımsal faaliyet durmuştur. 1995 senesinde tarım alanları 1170,72 km²'lik bir gerileme daha yaparak 532,8 km²'lik bir alanla 1986 yılına göre %28'lik bir alanla sınırlı kalmıştır. 2001 senesinde tarım alanları 736,2 km²'lik

bir artış göstererek 1269 km² olmuştur. 2007 senesinde tarım alanları 54,44 km²'lik bir gerileme göstererek 1214,56 km² olmuştur. 14 sene sonra yani 2021 yılında 602,99 km²'lik bir gerileme göstererek 611,57 km²'ye kadar tekrar büyük bir düşüş yaşamıştır. Bu son düşüşün sebebi ise, 2020 senesinde bölgenin işgalden kurtarılması ve mayın temizleme işlemleri nedeniyle tarımsal faaliyetin kısıtlanmasıdır.

Literatüre baktığımızda uzaktan algılama yöntemleri arazi örtüsü/alan kullanımı değişiminin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak Azerbaycan'da bu yöntem fazla yaygın değildir. Bu tezin amacı gelecekte oluşturulabilecek çalışmalar için bir altlık olmasıdır. Özellikle savaşın arazi örtüsü/kullanımı ve değişikliği üzerindeki etkisini araştırmak için uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemi konusunda daha fazla araştırma çalışmasına ihtiyaç vardır. Karabağ bölgesi büyük bir alanı kapsamaktadır ve yaklaşık 30 yıllık işgal süresi boyunca bölge büyük bir hasar görmüştür. Bu hasarı daha detaylı hesaplamak için yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğe sahip verilerin kullanılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Lu, D., et al. (2004) Change Detection Techniques. Taylor & Francis Ltd., London
- [2] Lunetta, R. S. & Balogh, M. E. (1999). Application of Multi-Temporal Landsat 5 TM imagery for wetland identification, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65, 1303–1310.
- [3] Oettera, D. R., Cohenb, W. B., Berterretchea, M., Maierspergera, T. K., and Kennedy, R. E. (2000): Land cover mapping in an agricultural setting using multiseasonal Thematic Mapper data, *Remote Sensing of Environment* 76, 139-155.
- [4] F. Yuan, K. E. Sawaya, B. C. Loeffelholz, and M. E. Bauer, "Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing," *Remote sensing of Environment*, vol. 98, no. 2-3, pp. 317-328, 2005.
- [5] Yeh, A.G.O. and Li, X. (1997) An Integrated Remote Sensing and GIS Approach in the Monitoring and Evaluation of Rapid Urban Growth for Sustainable Development in the Pearl River Delta, China. *International Planning Studies*, 2, 193-210. <https://doi.org/10.1080/13563479708721678>
- [6] Vogelmann, J.E and Rock, B.N. 1988. Assessing forest damage in high-elevation coniferous forests in Vermont and New Hampshire using Thematic Mapper data. *Remote Sens. Environ.*, 24:227-246
- [7] Hall, F.G., Botkin, D.B., Strebel, D.E., Woods, K.D., and Goetz, S.J. 1991b. Large-scale patterns of forest succession as determined by remote sensing. *Ecology*, 72:628-640.
- [8] Coppin, P.R. and Bauer, M.E. 1994. Processing of multitemporal Landsat TM imagery to optimize extraction of forest cover change features. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 32:918-927.
- [9] Potapov, P., A. Yaroshenko, S. Turubanova, M. Dubinin, L. Laestadius, C. Thies, D. Aksenov, A. Egorov, Y. Yesipova, I. Glushkov, M. Karpachevskiy, A.

- Kostikova, A. Manisha, E. Tsybikova, and I. Zhuravleva.2008. Mapping the world's intact forest landscapes by remote sensing. *Ecology and Society* 13(2): 51.[online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art51/>
- [10] Woodcock, C. E., Collins, J., Jakabhazy, V. D. and Macomber, S. A. (1993): Technical manual: forest vegetation mapping methods designed for Region 5 of the US Forest Service, Technical PaperNumber 7, Boston University Center for Remote Sensing, 105 pp
- [11] PaxLenney, M., Woodcock, C. E., Col , 13, 2132. lins, J. and Hamdi, H. (1996): The status of agricultural lands in Egypt: the use of multitemporal NDVI features derived from Landsat TM, *Remote Sensing of Environment* , 56, 820.
- [12] Maxwell, S.K., Nuckols, J.R, Ward, M.H. and Hoffer, R.M. (2004): An automated approach to mapping corn from Landsat imagery, *Computers and Electronics in Agriculture* 43, 43–54.
- [13] Soe W. Myint , May Yuan , Randall S. Cerveny and Chandra P. Giri (2008) : Comparison of Remote Sensing Image Processing Techniques to Identify Tornado Damage Areas from Landsat TM Data, *Sensors* 2008, 8, 1128-1156
- [14] Lillesand, T.M., Johnson, W.L., Deuell, R.L., Lindstrom, O.M. and Meisner, D.E. (1983) Use of Landsat Data to Predict the Trophic State of Minnesota Lakes. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 49, 219-229.
- [15] Dekker, A.G. and Peters, S.W.M. (1993) The Use of the Thematic Mapper for the Analysis of Eutrophic Lakes: A Case Study in the Netherlands. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 799-821. <https://doi.org/10.1080/01431169308904379>
- [16] Zhu, H.W. and Basir, O. (2005): An adaptive fuzzy evidential nearest neighbor formulation for classifying remote sensing images. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens* , 43 , 1874-1889.
- [17] F. El-Baz, *Gulf War and the Environment*.Routledge, 1994.
- [18] D.H.A. Al-Khudhairy, I. Caravaggi, and S. Giada., Structural Damage Assessments from Ikonos Data Using Change Detection, Object-Oriented Segmentation, and Classification Techniques, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* · July 2005

- [19] Batuhan Keleş (2019) , Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Açısından Adana-Mersin-Osmaniye Şehirlerinin Arazi Örtüsü Ve Kullanımındaki Zamansal Değişimin Uzaktan Algılama Ve Cbs Teknikleri İle Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- [20] Mustafa Ceylan, Uzaktan Algılama Ve Cbs İle Yayla Alanlarındaki Değişimin İzlenmesi: Gümüşhane Örneği, Yüksek Lisans Tezi.
- [21] Levent Genç, Ünal Kızıl, İsmet Arıcı Ve Melis İnal Pulat, Arazi Kullanım Ve Bitki Örtüsü Değişiminin Uzaktan Algılama, Markov İşlemi, Nüfus Ve Alan Görünüm Analizleri Yardımıyla Belirlenmesi: Çanakkale Örneği (1987-2010), Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2013,28(1):10-18, Anadolu J Agr Sci, 2013,28(1):10-18, doi: 10.7161/anajas.2013.281.10, URL: <http://dx.doi.org/10.7161/anajas.2013.281.10>
- [22] Rubia Khan and D.C. Jhariya, Land Use Land Cover Change Detection Using Remote Sensing and Geographic Information System in Raipur Municipal Corporation Area, Chhattisgarh, Scientific Society of Advanced Research and Social Change, SSARSC International Journal of Geo Science and Geo Informatics Volume 3 Issue 1, August 2016, ISSN 2348-6198
- [23] Alqurashi, A.F. and Kumar, L. (2014) Land Use and Land Cover Change Detection in the Saudi Ara-bian Desert Cities of Makkah and Al-Taif Using Satellite Data. Advances in Remote Sensing, 3, 106-119 .
- [24] Rimal, B.; Zhang, L.; Keshtkar, H.; Haack, B.N.; Rijal, S.; Zhang, P. Land Use/Land Cover Dynamics and Modeling of Urban Land Expansion by the Integration of Cellular Automata and Markov Chain. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2018, 7, 154.
- [25] Rahaman, S.N., Shermin, N. (2021). Identifying Built-up Area Expansion and Comparing TwoConventional Built-up Area Extraction Method from LANDSAT Imagery: A Case Study on Khulna City.Academia Letters, Article 758. <https://doi.org/10.20935/AL758>.
- [26] Karakuş, C. B., Sivas ve yakın yöresi arazi kullanımı ve çevre yönetimi planlaması, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 2009, 116s.
- [27] Campbell, J.B.; Wynne, R.H. Introduction to remote sensing. Guilford Press, 2011
- [28] Sanver, İ. S., “Kentsel Yayılmanın Çevreye Etkilerinin Uzaktan Algılama Yöntemiyle Belirlenmesi Ölüdeniz (Fethiye)”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri

- Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 96., 2008.
- [29] Açıkgöz, G., “Yumurtalık Sulak Alan Sistemindeki Kıyı Değişimlerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Tespiti”, Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 69., 2010.
- [30] Bahadır, M., “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Acıgöl Havzası'nın Sürdürülebilir Kullanımı ve Yönetimi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Afyonkarahisar, 359.,2011.
- [31] Ekercin, S., “Uzaktan Algılama Ders Notları”, Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, 2010.
- [32] Sunar, F., Özkan, C., Osmanoğlu, B., 2013, Uzaktan Algılama Kitabı, Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2320, Açıköğretim Fakültesi Yayın No:1317, S.9-15, Eskişehir.
- [33] E C Barrett; L F Curtis, Introduction to environmental remote sensing, London ; New York : Routledge, 1999.
- [34] Tatar Y., Tatar O., Jeolojide Uzaktan Algılama, Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No: 102, Sivas, Türkiye, 2006.
- [35] Gibson P.J., Power C.H., 2000. Introductory Remote Sensing: Digital Image Processing and Applications, First Published New Fetter Lane, London, England, 249p.
- [36] Mehdiyev A.Ş., Əzizov B.M., Bədəlova A.N., Məsafədən Zondlamanın Fiziki Əsasları, Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi “Azərbaycan Hava Yolları” Qsc Milli Aviasiya Akademiyası
- [37] Şahingil, M. C., “Uzaktan Algılanmış İmgelerin Eğitimsiz Sınıflandırılması ve Yorumlanması”, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 267., 2009.
- [38] Karadeniz Teknik Üniversitesi, [/https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_0d954.pdf](https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_0d954.pdf) , 20 Mayıs 2022
- [39] Orta Doğu Teknik Üniversitesi, <http://ocw.metu.edu.tr/course/view.php?id=128>, 20 Mayıs 2022

- [40] <https://slideplayer.biz.tr/slide/13303981/> , 20 Mayıs 2022
- [41] Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö. (2002). Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya.
- [42] Office for Outer Space Affairs UN-SPIDER Knowledge Portal, <https://www.un-spider.org/node/10958> , 18 Mayıs 2022
- [43] Tecim, V. (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Baskı 1, Ankara.
- [44] Bilgilioğlu, S.S, 2014. Ulusal Heyelan Haritaları İçin Coğrafi Veri Modelinin Geliştirilmesi Ve Afet Yönetiminde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- [45] Cüce, H. ve Bakan, G., “Sürdürülebilir Su Kaynakları Yönetimi Açısından Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sisteminin Önemi”, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 02-06 Kasım 2009, İzmir, 2009.
- [46] Gecena, R. & Sarpb, G. (2008). Road detection from high and low-resolution satellite images. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37.
- [47] Campbell, J., 1996. Introduction to Remote Sensing. 2nd ed. New York: The Guilford Press.
- [48] Wang, L., Sousa, W.P. and Gong, P. (2004) Integration of Object-Based and Pixel-Based Classification for Mapping Mangroves with IKONOS Imagery. International Journal of Remote Sensing, 25, 5655-5668.<https://doi.org/10.1080/014311602331291215>
- [49] Paul M. Mather, Magaly Koch, Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction, Fourth Edition, DOI:10.1002/9780470666517
- [50] Lillesand, T.M., 2007, Remote Sensing And Image Interpretation, 6th. Edition, Wiley.
- [51] Stephen V. Stehman and Raymond L. Czaplewski, Design and Analysis for Thematic Map Accuracy Assessment: Fundamental Principles, June 1998, Remote Sensing of Environment 64(3), DOI:10.1016/S0034-4257(98)00010-8

- [52] Lu, D.S. and Weng, Q.H. (2007) A Survey of Image Classification Methods and Techniques for Improving Classification Performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28, 823-870. <https://doi.org/10.1080/01431160600746456>
- [53] Congalton, R. and L. Plourde. 2002. Quality Assurance and Accuracy Assessment of Information Derived from Remotely Sensed Data. IN: *Manual of Geospatial Science and Technology*. John Bossler. (Editor). Taylor & Francis, London. pp. 349-361.
- [54] Sarah Harris, Sander Veraverbeke, and Simon Hook, Evaluating Spectral Indices for Assessing Fire Severity in Chaparral Ecosystems (Southern California) Using MODIS/ASTER (MASTER) Airborne Simulator Data, *Remote Sens.* 2011, 3, 2403-2419; doi:10.3390/rs3112403
- [55] Zha, Y.; Gao, J.; Ni, S. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *Int. J. Remote Sens.* 2003, 24, 583–594.
- [56] Mcfeeters, S.K., 1996, The Use Of Normalized Difference Water Index (NDWI) In The Delineation Of Open Water Features. *International Journal Of Remote Sensing*, 17, Pp. 1425–1432.
- [57] Hanqiu Xu, 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, 20 July 2006, 3025–3033, DOI: 10.1080/01431160600589179
- [58] Xu, H. (2007): Extraction of urban built-up land features from Landsat imagery using a thematic-oriented index combination technique. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 73: 1381-1391
- [59] Holland, S.M., (2008). Principal component analysis (PCA): A tutorial in the R-Studio environment. Department of Geology, University of Georgia, Athens, GA 30602-2501: 10pp.
- [60] Gonzalez, R., and R. Woods. 1993. *Digital image processing*. Reading, Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company. pp.148-56
- [61] Jensen, J. R., 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* London: Prentice-Hall Inc., 2nd Edition Pp. 172-176.

- [62] Singh, A. And Harrison A., 1985, Standardized Principal Components. International Journal Of Remote Sensing 6: 883-896.
- [63] Richards, J.A. And Jia, X., 1999. Digital Image Processing, Springer-Verlag: Newyork. Pp. 133-143.
- [64] Lilesand, T.M., And Kiefer, R.W. 2000. Remote Sensing And Image İnterpretation. 4th Edition. John Wiley & Sons. New York. Pp. 572-596.
- [65] Mather P. 1999. Computer Processing of Remotely Sensed Images, John Wiley & Sons,Inc. New York, NY, USA pp.126-137.
- [66] Çakı, Caner . "Ermenistan'ın Karabağ İşgaline Karşı Azerbaycan Propagandasında Müzik Ve Milliyetçilik: "Karabağ'ın Sesi" Şarkısı Üzerine İnceleme". Ermeni Araştırmaları 0 / 70 (Aralık 2021): 141-164 .
- [67] Nicat Muradzadə. "Can economic cooperation contribute to sustainable peace in Karabakh?". moderndiplomacy.eu . Modern Diplomacy Journal
- [68] E. Ceferova, V. Hüseyinov, O. Bağirov, "44 Günlük Qarabağ Müharibəsi: Mülahizə Və Nəticələr", 2021.
- [69] Azərbaycan Statistik Kurumu, <https://www.stat.gov.az/source/demography/> , 14 Mart 2022
- [70] Reza Deghati, <http://reza.photo/>
- [71] Süleymanov, Elxan. 2006. Xocalı soyqırımı: (senedler, faktlarda ve xarici metbuatda).
- [72] Amerikan Ulusal Jeoloji Birimi, <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [73] Amerikan Ulusal Jeoloji Birimi, <https://www.usgs.gov/landsat-missions>
- [74] Hexagen Geospatial, <https://www.hexagongeospatial.com/products/power-portfolio/erdas-imagine>

Özgeçmiş

Adı Soyadı: İsa Mustafayev

Eğitim:

2015–2019 Bakü Devlet Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü

2019–2022 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Harita Müh.

Yayımlar :

1. İ. Mustafayev , Ö. Çorumluoğlu, Karabağ (Azerbaycan) işgali nedeniyle yöre arazi örtüsü ve kullanımındaki değişimlerin uzaktan algılama yöntemleri ile tespit ve analizi. Isbn: 978-605-71767-5-2: Avrasya 6th International Conference on Applied Sciences; July 9-12; Tbilisi - Georgia ; 2022. 40-57.