



**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE  
BELİRLENMESİ: SİNOP İLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mustafa GÜREL**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**

**AKSARAY, 2018**





**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE  
BELİRLENMESİ: SİNOP İLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mustafa GÜREL**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**

**AKSARAY, 2018**


**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ONAY BELGESİ**

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 132306004 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Mustafa GÜREL", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BELİRLENMESİ: SİNOP İLİ ÖRNEĞİ" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK  
Aksaray Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** Prof. Dr. H. Murat YILMAZ  
Aksaray Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** Prof. Dr. Murat YAKAR  
Mersin Üniversitesi



**Teslim Tarihi: 19.12.2017**

**Savunma Tarihi: 5.01.2018**

## **DOĞRULUK BEYANI**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Mustafa GÜREL**

**İmza**

## **ÖNSÖZ**

Doğal olaylar ve kentleşme sonucu kıyı kullanımı sürekli değişim göstermektedir. İleride meydana gelebilecek doğal olayların önceden belirlenerek tedbirlerin alınabilmesi ve arazinin etkin bir biçimde kullanılmasıyla kentleşmenin insan-çevre odaklı gelişebilmesi büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin en kuzeyinde yer alan ve doğal liman özelliği taşıyan Sinop ili kıyı çizgisi değişim belirleme çalışmasının yapılması ve güncellenmesi kentleşmenin geleceğini doğrudan etkileyecektir. Arazi yapısının yersel ölçme ile veri üretimini zorlaştırması farklı ölçme yöntemlerinin kullanılmasını ve geliştirilmesini gerektirmektedir. Zaman ve maliyet göz önünde bulundurularak bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için en etkin veri üretimi ve kıyı çizgisi belirleme yöntemlerinin belirlenmesi ayrıca önem taşımaktadır. Bu nedenlerle, bu tez çalışmasında farklı yöntemlerle veri elde etme ve kıyı çizgisi değişim belirleme yöntemleri araştırılmıştır.

**Mustafa GÜREL**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince danışmanlığımı yürüten, bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendirerek yardımcı olan ve bana bundan sonraki çalışmalarında da yol gösterecek farklı bakış açılarıyla katkı sağlayan hocam sayın Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK 'e, çalışmalarımın her aşamasında her türlü yardım ve desteğini eksik etmeyen Yrd. Doç. Dr. Tuğba YARDIMCI'ya, çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Arş. Gör. M. Hayri Kesikoğlu'na, tez çalışmam sırasında üniversitenin her türlü imkanından yararlanmamı sağlayan başta Sinop Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Nihat DALGIN olmak üzere, Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müdürüne, Meslek Yüksek Okulu Müdürüne, arazi çalışmaları sırasında sağladıkları destek için Basın Yayın Müdürlüğü personeline ve bugüne kadar sonsuz sabırları, güvenleri, maddi-manevi yönden destekleri ile her zaman yanımda olan, sevgilerini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>DOĞRULUK BEYANI</b> .....	<b>i</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ii</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI</b> .....	<b>4</b>
2.1 Uluslararası Literatürde Yapılan Önceki Çalışmalar .....	4
2.2 Ulusal Literatürde Yapılan Önceki Çalışmalar .....	6
<b>3. GENEL KAVRAMLAR</b> .....	<b>8</b>
3.1 Tanımlar .....	8
3.2 Görüntü İşleme .....	9
3.3 Görüntü Ön İşleme .....	9
3.3.1 Radyometrik düzeltme .....	10
3.3.2 Geometrik düzeltme .....	11
3.4 Görüntü Zenginleştirme .....	14
3.4.1 Spektral dönüşümler .....	14
3.4.1.1 Kontrast artırımı .....	14
3.4.1.2 Aritmetik bant işlemleri .....	15
3.4.1.3 Ana bileşen dönüşümü .....	16
3.5 Görüntü Sınıflandırma .....	16
3.5.1 Kontrolsüz sınıflandırma .....	16
3.5.2 Kontrollü sınıflandırma .....	17
3.5.2.1 Maksimum olabilirlik .....	18
3.5.2.2 Yapay sinir ağları .....	18



3.5.2.3 Destek vektör makineleri .....	18
3.5.3 Sınıflandırma doğruluğu (Doğruluk analizi) .....	21
3.5.4 Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi .....	22
3.6 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS).....	22
3.6.1 CBS'de analiz .....	23
3.6.2 CBS tabanlı değişim tespiti .....	23
3.6.3 CBS bileşenleri.....	24
<b>4. UYGULAMA .....</b>	<b>26</b>
4.1 Kullanılan Materyal ve Yazılımlar .....	27
4.2 Uydu Görüntülerinden Kıyı Çizgisinin Çıkarılması ve Değişim Analizi.....	33
4.3 Kontrollü Görüntü Sınıflandırma .....	39
4.3.1 Maksimum olabilirlik yöntemi .....	39
4.3.2 Yapay sinir ağları yöntemi .....	41
4.3.3 Destek vektör makineleri yöntemi.....	42
4.4 İHA Görüntülerinden Ortofoto Üretimi ve CBS Entegrasyonu .....	48
4.4.1 Resim çekimi .....	49
4.4.2 Fotogrametrik değerlendirme .....	50
4.4.3 CBS entegrasyonu .....	53
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>55</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>57</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>63</b>

## ÖZET

### KIYI ÇİZGİSİ DEĞİŞİMİNİN UYDU GÖRÜNTÜLERİYLE BELİRLENMESİ: SİNOP İLİ ÖRNEĞİ

Bu çalışmada, Uzaktan Algılama değişim belirleme yöntemlerine Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaklaşımını entegre ederek farklı zamanlarda alınan ve farklı çözünürlüklere sahip uydu görüntüleri, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen görüntüler ve halihazır haritadan alınan sayısal veriyi kullanarak, Sinop ili kıyı çizgisinde ve kıyı kullanımında meydana gelen değişikliklerin etkin bir biçimde belirlenmesi amaçlanmıştır. 2004 yılı yüksek çözünürlüklü Quickbird uydu görüntüsü, 2007 yılı Halihazır Harita ve 2014 yılı yüksek çözünürlüklü Pleiades uydu görüntüsü kullanılarak, CBS yaklaşımı ile sayısallaştırılan kıyı çizgileri karşılaştırılmıştır. Kıyıda meydana gelen değişimler belirlenmiş ve karanın denize doğru sürekli ilerlediği tespit edilmiştir. 2004 ve 2014 yıllarına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak, aynı sınıflandırma kurallarıyla yapılan kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden Maksimum Olabilirlik, Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri karşılaştırılmıştır. Doğruluk analizleri sonucunda DVM yönteminin en doğru sınıflandırma yaptığı görülmüş ve arazi kullanımı ile değişim belirleme bu yöntemle yapılmıştır. İHA ile Ortofoto Üretimi ve CBS Entegrasyonu; 2004, 2007 ve 2014 yılları kıyı çizgileri, fotogrametrik değerlendirme sonucu 2017 yılı İHA ile elde edilen görüntü ve görüntü işleme sonucu 2017 yılı Landsat uydu görüntüsünden elde edilen kıyı çizgileri ile karşılaştırılarak, üç ayrı zaman aralığında meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Bu değişim belirleme yalnızca 3 km uzunluğa sahip kıyıyı kapsamaktadır. Değişim belirleme sonucunda uydu görüntüsüyle İHA ile elde edilen görüntüye göre daha fazla karanın denize ilerlediği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), İnsansız Hava Araçları (İHA), Uzaktan Algılama, Destek Vektör Makineleri, Değişim Belirleme, Sinop.

## **ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF SHORELINE CHANGE BY SATELLITE IMAGES: SINOP PROVINCE SAMPLE**

In this study, by integrating Geographical Information Systems (GIS) approach to Remote Sensing change detection methods, it was aimed to determine effectively the changes that occurred in the shoreline and coastline of Sinop province by using satellite images with different resolutions, images obtained by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and numerical data obtained from the current map at different times. Using the 2004 high resolution Quickbird satellite imagery, the 2007 Current Map and the 2014 high resolution Pleiades satellite imagery, the digitized coastlines were compared with the GIS approach. Changes in the shoreline have been determined and It has been determined that the land has increased toward the sea. By using high resolution satellite imagery for 2004 and 2014, Maximum Likelihood, Neural Networks and Support Vector Machines were compared in the controlled classification methods with the same classification rules. As a result of the accuracy analysis, DVM method was found to be the most accurate classification and determination of change with land use was done with this method. Orthophoto production with unmanned aerial vehicle and GIS integration; by comparison with shoreline for 2004, 2007 and 2014, photogrammetric evaluation result the image obtained with the Unmanned Aerial Vehicle of 2017 and Image processing results obtained from the Landsat satellite image of the shoreline in 2017, has designated changes occurring in three separate time intervals. This change covers only 3 km long coast. Change the result of the determination, according to the image obtained with the satellite image UAV, it has been determined that the land more than towards the sea moves.

**Keywords:** Geographic Information System (GIS), Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Remote Sensing, Support Vector Machines, Change Detection, Sinop.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Kıyı tanımları. ....	9
Şekil 3.2: En yakın komşuluk enterpolasyon (URL-1). ....	13
Şekil 3.3: Bilineer enterpolasyon (URL-1).....	13
Şekil 3.4: BiKübik enterpolasyon (URL-1).....	14
Şekil 3.5: Destek vektörleri (Kecman, 2001). ....	19
Şekil 3.6: Optimum ayrıcı yüzey. ....	20
Şekil 3.7: Hata matrisi. ....	22
Şekil 4.1: Sinop ili uygulama alanı. ....	26
Şekil 4.2: Sayısal yükseklik modeli. ....	28
Şekil 4.3: Kadastr haritası ve YKN. ....	28
Şekil 4.4: 2004 yılı QuickBird uydu görüntüsü. ....	29
Şekil 4.5: 2014 yılı Pleiades uydu görüntüsü. ....	29
Şekil 4.6: 2017 yılı Landsat 8 uydu görüntüsü. ....	30
Şekil 4.7: 2004, 2007 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgisi. ....	34
Şekil 4.8: 2004 ve 2007 yıllarına ait kıyı çizgisi. ....	35
Şekil 4.9: 2004-2007 yılları arası artan/azalan kara alanı. ....	35
Şekil 4.10: 2007 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgisi. ....	36
Şekil 4.11: 2007-2014 yılları arası artan/azalan kara alanı. ....	37
Şekil 4.12: 2004 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgisi. ....	38
Şekil 4.13: 2004-2014 yılları arası artan/azalan kara alanı. ....	38
Şekil 4.14: 2004 yılına ait MO yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü. ....	40
Şekil 4.15: 2014 yılına ait MO yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü. ....	40
Şekil 4.16: 2004 yılına ait YSA yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü. ....	41
Şekil 4.17: 2014 yılına ait YSA yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü. ....	42
Şekil 4.18: DVM yöntemi sınıflandırma parametreleri. ....	43
Şekil 4.19: 2004 yılına ait DVM yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü. ....	43
Şekil 4.20: 2014 yılına ait DVM yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü. ....	44
Şekil 4.21: Tampon bölge kıyı kullanımı değişimi. ....	45
Şekil 4.22: 2004 yılına ait DVM tampon bölge sınıflandırma görüntüsü. ....	45
Şekil 4.23: 2014 yılına ait DVM tampon bölge sınıflandırma görüntüsü. ....	46
Şekil 4.24: 2004 ve 2014 yıllarına ait arazi kullanımı. ....	46
Şekil 4.25: Tampon bölge; deniz, konut ve kıyı çizgisi. ....	47
Şekil 4.26: Uçuş planı. ....	50
Şekil 4.27: Yoğun nokta bulutu. ....	52
Şekil 4.28: Sayısal yükseklik modeli. ....	52
Şekil 4.29: Üretilen ortofoto. ....	53
Şekil 4.30: 2004, 2007, 2014, 2017, 2017 (İHA) yıllarına ait kıyı çizgileri. ....	54

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 4.1: QuickBird uydusunun teknik özellikleri.....	30
Çizelge 4.2: QuickBird uydu görüntüsü özellikleri.....	31
Çizelge 4.3: QuickBird uydu görüntüsü özellikleri.....	31
Çizelge 4.4: QuickBird (2003) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri ..	31
Çizelge 4.5: QuickBird (2004) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri ..	31
Çizelge 4.6: Pleiades uydusunun teknik özellikleri.....	32
Çizelge 4.7: Pleiades uydu görüntüsü özellikleri.....	32
Çizelge 4.8: Pleiades (2014) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.....	32
Çizelge 4.9: Landsat 8 uydusu görüntüleme özellikleri.....	33
Çizelge 4.10: Landsat-8 (2017) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri..	33
Çizelge 4.11: Kara alanlarında meydana gelen değişim miktarları.....	39
Çizelge 4.12: MO doğruluk analizi.....	41
Çizelge 4.13: YSA doğruluk analizi.....	42
Çizelge 4.14: DVM doğruluk analizi.....	44
Çizelge 4.15: Tampon bölge konut ve deniz alanları.....	48
Çizelge 4.16: DJI X3 kamera özellikleri.....	49
Çizelge 4.17: İHA çekim ayarları.....	49
Çizelge 4.18: Yoğun nokta bulutu oluşturmak için kullanılan photoscan parametre değerleri ve iş akışı.....	52
Çizelge 4.19: (2017) İHA görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.....	53
Çizelge 4.20: Kara alanlarında meydana gelen değişim miktarları.....	54

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>3B</b>	Üç Boyutlu
<b>CAS</b>	Coğrafi Analiz sistemi
<b>CBS</b>	Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>CDI-K</b>	Fark Görüntüsü ve K-Means (Difference Image and K-means)
<b>DIA</b>	Difference Image Analysis
<b>DMC</b>	Direct Multi-date Classification
<b>DSAS</b>	Digital Shoreline Analysis System
<b>DVM</b>	Destek Vektör Makineleri
<b>EPR</b>	End Point Rate
<b>HGK</b>	Harita Genel Komutanlığı
<b>İHA</b>	İnsansız Hava Aracı
<b>KKT</b>	Krush-Kuhn-Tucker
<b>LRR</b>	Linear Regression Rate
<b>MAD</b>	Multivariate Alteration Detection
<b>MM</b>	Minumum Mesafe
<b>MNDWI</b>	Modified Normalized Difference Water Index
<b>MO</b>	Maksimum Olabilirlik
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index
<b>NDWI</b>	Normalized Difference Water Index
<b>NIR</b>	Near Infrared
<b>OLI</b>	Operational Land Imager
<b>RMSE</b>	Root Mean Squared Error
<b>RTK</b>	Real Time Kinematik
<b>SAR</b>	Sentetik Açıklıklı Radar
<b>SCE</b>	Shoreline Change Envelope
<b>SWIR</b>	Short Wave İnfrared
<b>UTM</b>	Universal Transverse Mercator
<b>VC</b>	Vapnik–chervonenkis

<b>YKN</b>	Yer Kontrol Noktası
<b>YRA</b>	Yapısal Risk Analizi
<b>VRS</b>	Virtual Reference Station
<b>YSA</b>	Yapay Sinir Ağları
<b>VYS</b>	Veritabanı Yönetim Sistemi
<b>TIRS</b>	Thermal Infrared Sensor
<b>TOA</b>	Top of Atmosphere



## SİMGELER DİZİNİ

<b>b</b>	Yan (bias)
<b>C</b>	Lagrange Çarpanlarının Alabilecekleri Maksimum Değer
<b>cm</b>	Santimetre
<b>ha</b>	Hektar
<b>H<sub>i</sub></b>	i'nci Hiper Düzlemler
<b>i</b>	i'nci Yer Kontrol Noktası
<b>km</b>	Kilometre
<b>m</b>	Metre
<b>M</b>	Hiper Düzlemler Arası Mesafe (marj)
<b>m<sub>i</sub></b>	i. Noktadaki Konumsal Hata
<b>n</b>	Yer kontrol noktası sayısı
<b>T</b>	Toplam Karesel Ortalama Hata
<b>w</b>	Ağırlık Vektörü
<b>%</b>	Yüzde
<b>x<sub>i</sub>, y<sub>i</sub></b>	Temel Görüntü Koordinatları
<b>X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub></b>	Dönüşüm Sonrası Elde Edilen Koordinatlar
<b>R<sub>x</sub>, R<sub>y</sub></b>	X ve Y Yönündeki Karesel Ortalama Hatalar
<b>X<sub>R<sub>i</sub></sub></b>	i'nci Yer Kontrol Noktasını X Yönündeki Gerçek Hatası
<b>Y<sub>R<sub>i</sub></sub></b>	i'nci Yer Kontrol Noktasını Y Yönündeki Gerçek Hatası
<b>µm</b>	Mikrometre



## 1. GİRİŞ

Arazi özniteliği ve arazi kullanımı değişimi, günümüzde meydana gelen küresel değişimlerle doğrudan etkili olaylardır (Turner vd. 1990, Vitousek 1992, Bozkaya 2013). Doğal olaylar ve insanla ilişkili bu değişimler karmaşık olmakla birlikte, atmosfer, toprak ve suyu etkilerler (Turner ve Meyer, 1994).

Kıyı kullanım alanları, zaman içerisinde sürekli değişim göstermektedir. Bu değişimle birlikte, kıyı alanlarının sürekli yeniden tanımlanması ve izlenmesi gerekmektedir.

Kıyıda ki toprağın denize sürüklenmesi, dalgaların kıyıya toprak taşınması, kıyıyı doğrudan etkileyen akarsu içerisinde oluşan deltalar, kıyının coğrafi konumundan kaynaklanan doğal değişimler, deniz seviyesindeki değişimler gibi olaylarla kıyı kullanım alanları değişir (Bilgin 2003, Çakmak 2009).

Kıyı kentlerindeki değişimler incelendiğinde, en önemli kıyı değişimi doğal olaylar sonucunda meydana gelen değişimlerdir. Kıyılardaki yerleşim bölgeleri nedeniyle, doğa olayları tetiklenmekte ve erozyonla birlikte denizin karaya ilerlemesi sık görülen bir sonuç olmaktadır. Böylece kıyı kenti zaman içerisinde dönüşüm gösterebilmektedir (Arslan, 2005).

Deniz seviyelerindeki değişimin incelediği bir çalışmada son 150 yıl içerisinde yaklaşık olarak 1 m.'lik bir su seviyesi yükselmesinin olacağı işaret edilmiş ve bunun üzerine üç karşı senaryo kurulmuştur. Bu senaryolar; a. Boşaltma, toprağın çöktüğü ve aşındığı bölgeleri terk etmek b. Mevcut kıyıyı ve kıyı sınırını mühendislik çalışmaları yapılarak korumaya çalışmak c. Özellikle duvarlar inşa ederek karşı atakta bulunmaktır (Hudson, 1996).

Bazı liman işlevlerinin, farklı alanlara aktarılması ve kıyı alanlarının yeniden geliştirilmesi, su ile ilişkisini artırarak, turizm-endüstri-rekreasyon üçgeninde, dinamizm ve hareket sağlamıştır. Kıyı boyunca lineer bir süreklilik oluşturmaya girişmekten ziyade, kıyı gelişimi, iç kısımlara bağlamak, arazi kullanımı sürekliliğini arttırmak ve kentle kıyı ilişkisini güçlendirip fonksiyonları arttırmak amaçlanmıştır (Craig-Smith ve Fagence 1995, Arslan 2005).

Sinop, doğal liman olma özelliği ile diğer kıyı kentlerinden ayrılmaktadır. Kuruluş amaçları arasında ticaret en önemli olanıdır. Gemilerin, Karadeniz bölgesinde etkili

fırtınalardan korunmak için halen Sinop doğal limanını kullanması, bu limanın önemini koruğunu göstermektedir. Bu özelliği sayesinde geçmişten günümüze kadar kent sürekli gelişmiş ve zaman zaman Karadeniz bölgesinin metropolü haline gelmiştir. En başta ulaşım sorununun çözülememesi ve teknoloji ile birlikte doğal limanların artmasıyla, kente olan ilgi azalmış ve ticari yönü giderek zayıflamıştır. Bunun sonucunda ise sürekli gelişen kentler arasından çıkarak, gelişen şehir olarak kalmıştır (Çakmak, 2009).

Tarih boyunca farklı toplumlara ev sahipliği yapmış Sinop ili günümüzde, kentsel kullanım, nükleer enerji, tersaneler, ikinci konut, turizm, rekreasyon ve balıkçılık gibi faaliyetlerde önemli bir konuma sahiptir. Kıyılaşma etkisi ve teknolojik gelişmelerle birlikte sosyal, ekonomik ve mekânsal nedenler özellikle şehircilik açısından plansız gelişmeye yol açmaktadır. Plansız gelişim ile birlikte, kıyı çizgisinde meydana gelen değişimler de dikkate alınarak, şehircilik ve doğayla ilgili artış eğilimindeki sorunların önüne geçecek, ülkenin gelişimiyle paralel çevre ve şehircilik anlayışı daha fazla önem kazanmaktadır.

Sunulan tez çalışmasında, Uzaktan Algılama değişim belirleme yöntemlerine Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yaklaşımını entegre ederek farklı zamanlarda alınan uydu görüntüleri, İnsansız Hava Aracı (İHA) ile elde edilen görüntüler ve halihazır haritadan alınan sayısal veriyi kullanarak, Sinop ili kıyı kullanımında ve kıyı çizgisinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Tezin devamında, kıyı çizgisi belirleme amacıyla önceden yapılmış çalışmalara ilişkin bir literatür özeti Bölüm 2'de verilecektir. Bölüm 3'de kıyı ile ilgili tanımlar ve kullanılan yöntemlerle ilgili teknik bilgiler anlatılacaktır. Uygulamanın yapıldığı coğrafi konum ile ilgili bilgiler, uygulamada kullanılan yazılım, donanım ve verilerle ilgili teknik bilgiler ve değişim belirleme uygulamaları Bölüm 4'de verilecek ve son olarak Bölüm 5'de yapılan çalışmayla ilgili sonuçlar ve öneriler anlatılacaktır.

Sinop ili kıyı çizgisinde ve kıyı çizgisinde meydana gelen değişikliklerin belirlenmesi amacıyla üç farklı uygulama gerçekleştirilmiştir. İlk uygulamada, 2004 ve 2014 yıllarına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve 2007 yılına ait halihazır haritadan alınan kıyı çizgisi kullanılarak, CBS yaklaşımı ile kıyıda meydana gelen değişimler belirlenmiştir. İkinci uygulamada 2004 ve 2014 yıllarına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak Maksimum Olabilirlik (MO), Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Destek Vektör Makineleri (DVM) kontrollü sınıflandırma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, arazi kullanımı ve sayısallaştırma yöntemleri ile elde edilen

konut ve deniz sınıflarına ait değişim tespitleri karşılaştırılmıştır. Üçüncü uygulamada ise İHA ile elde edilen görüntülerden ortofoto üretimi ve CBS entegrasyonu ile hibrit bir değişim belirleme yapılmıştır.



## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Bazı kıyılar yapıları gereği, kıyı çizgisi veya değişim belirleme için yersel ölçme yöntemlerinin kullanımına uygun değildir. Ayrıca bu yöntemler, nispeten fazla zaman almakta ve daha maliyetli olmaktadır. Ulaşılması zor veya imkânsız olan böyle alanlarda uydu görüntüleri ve İHA ile edilen görüntüler kullanılarak temassız veri elde etmek mümkündür. Değişim belirleme için görüntülerin kullanıldığı günümüze kadar uygulanmış farklı yöntem ve yaklaşımları içeren ulusal ve uluslararası alanda yapılan birçok çalışma vardır.

### 2.1 Uluslararası Literatürde Yapılan Önceki Çalışmalar

Leichtle ve Oh (2017) çalışmasında, Çin'de yer alan en büyük ikinci petrol yatağını barındıran Yellow River Delta'sında, bu petrolde çalışanların ihtiyaçlarını karşılamak için kurulan Dongying şehrindeki değişimi incelemiştir (Kuenzer vd. 2014, Leichtle vd. 2016). 2013 yılına ait 50 cm mekânsal çözünürlüğe sahip Pleiades, 2013 yılına ait 50 cm mekânsal çözünürlüğe sahip Worldview ve 2007 yılına ait 60 cm mekânsal çözünürlüğe sahip QuickBird yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerini kullanarak, k-means kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle şehirde yer alan binalardaki 6 yıllık değişim tespit edilmiştir (Leichtle vd., 2017).

Yoo vd. (2016) çalışmasında, İHA'nın 3D harita ve plaj hacmi değişimine olan etkisini analiz etmiştir. Güneydoğu Kore yarımadasında bulunan Songjung plajında görüntü elde etmek için metrik olmayan bir kamera ile donatılmış İHA (Quadcopter) kullanmıştır. Yeraltı topografyasının dinamiği, geometrik özellikleri ve erozyona uğramış ve biriken kum hacimleri, yükseklik verileri ile üç aylık RTK-VRS ölçümleri birleştirilerek belirlenmiştir (Yoo ve Oh, 2016).

Wang (2015)'in San Francisco'daki bir alana ait 2007 yılı yüksek çözünürlüklü QuickBird ve 2011 yılı WorldView-2 uydu görüntülerini ve Kore'deki bir alana ait 2008 ve 2011 yıllarındaki 1m çözünürlüklü KOMPSAT-2 UYDU görüntülerini kullanarak yaptığı çalışmasında, farklı zamanlara ait görüntüler arasındaki rölyef ya

da mekânsal değişimin neden olduğu değişim belirleme hatalarını düşürmeyi amaçlamıştır (Wang, 2015).

Zheng vd. (2014) çalışmasında, sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntü değişim tespiti için Kombine Fark Görüntüsü ve K-means-Difference Image and K-means (CDI-K) sınıflandırmasına dayanan basit ve etkili bir kontrolsüz sınıflandırma yapmıştır. CDI-K yöntemi ile dört SAR görüntüsü veri setinde test edilmiştir. İlk iki SAR görüntüsü 1999 yılına ait İsviçre'deki bir alanı gösterirken, diğer iki SAR görüntüsü ise 1997 yılına ait Çin'deki bir alanı göstermektedir. CDI-K yönteminin belirli uygulamalarda düzenleyici parametrelerle birlikte, verilerdeki yanlış sınıflandırmayı gidermek için kullanılabileceği belirtilmiştir (Zheng vd., 2014).

Ghale (2014) çalışmasında, 1984-2014 yılları arasındaki Landsat 4-5 TM ve Landsat 8 uydusuna ait 95 adet görüntüyü kullanarak, İran'ın en büyük gölü olan Urmiye gölünün, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma teknikleri ile zamansal değişimini incelemiştir. Su ve kıyıyı ayırmak için Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ve Modified Normalized Difference Water Index (MNDWI) yöntemleri kullanılmıştır (Ghale, 2014).

Maglione vd. (2014) çalışmasında, kıyı şeridinin çıkarılması için WorldView-2 görüntüsünü kullanmıştır. Uygulamalar Campania Bölgesi'ndeki (İtalya) bir Phlegrean bölgesinde yapılmıştır. Kıyı şeridinin göz önüne alındığı alan, kumlu plaj parçaları ile serpilmiş resifler de dahil olmak üzere iki tip kıyı şeridini göstermektedir. Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ve Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi-Normalized Difference Water Index (NDWI) olmak üzere iki indeks kullanılmıştır. Sonuçların geometrik çözünürlüğünü arttırmak için pan-sharpening işlemi yapılmış ve pankromatik verilerin aynı piksel boyutlarına sahip haritaları kullanılmıştır. Sınıflamayı etkileyen eşik belirleme problemini çözmek için, toprak ve deniz suyunun ayırt edilmesinde eğitim alanlarına dayalı Maksimum Olabilirlik yöntemi kullanılmıştır (Maglione vd., 2014).

Volpi (2013) çalışmasında, İsviçre'nin Zürih kentinde 2002 ve 2006 yıllarına ait 0.7m yüksek çözünürlüklü QuickBird uydu görüntüsünü kullanarak, Direct Multi-date Classification (DMC) ve Difference Image Analysis (DIA) mimarileri ile tam DMC, azaltılmış DMC, DIA ve DVM yöntemleri test edilerek 10 farklı eğitim sınıfı ile değişim tespiti yapılmıştır. Piksel içerik özelliklerinden spektral bilgi eksikliğini tamamlayarak, daha doğru ve tutarlı sınıflandırma ile harita yapılabileceğini belirtmiştir. Ayrıca doğrusal olmayan DVM'nin parametrik olmayan etkisiyle,

modeldeki farklı zamanlardaki verilerden doğrusal olmayanları için çözüm sağlayarak veri gereksinimini azalttığı belirlenmiştir. Böylece DVM ile bağlamsal bilgilerin avantajlarını birleştirerek yüksek çözünürlüklü görüntülerde sınıf ayrımı kolaylaştırılmaya çalışılmıştır (Volpi, 2013).

Doxani vd. (2012) çalışmasında, kentsel değişikliklerin etkin ve yarı otomatik belirlenmesine yönelik farklı zamanlara ait sınıflandırma işlemi yapmıştır. 2003 ve 2007 yıllarına ait uydu görüntüleri için NDVI ve Multivariate Alteration Detection (MAD) sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Genel değişim belirleme performansları, piksel tabanlı ölçütler için %95 iken nesne tabanlı ölçütlerde %66 olarak tespit edilmiştir (Doxani vd., 2012).

Alexakis vd. (2011) çalışmasında, Thesaly bölgesindeki Neolitik yerleşim yerlerinin tespiti ve Neolitik peyzajın yeniden yapılandırılmasına katkıda bulunmak amacıyla saha araştırması, karot verisinin istatistiksel analizi, CBS'de çevresel parametrelerin mekansal analizi, uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modelleri görüntü işleme tekniklerini kullanarak, CBS, jeomorfoloji, uzaktan algılama ve sayısal yükseklik modeli gibi entegre yaklaşımların katkısını belirlemiştir (Alexakis vd., 2011).

## **2.2 Ulusal Literatürde Yapılan Önceki Çalışmalar**

Beyazıt (2014) çalışmasında, Kızılırmak Deltası kıyı çizgisinin 1987-2011 yılları arasındaki kıyı korumanın etkilerini ve kıyı değişiminin sebeplerini incelemiştir. Landsat 4-5 TM uydusuna ait 1987, 1998, 2002, 2007 ve 2011 tarihlerindeki görüntüleri kullanarak, görüntü oranlama tekniği ile kıyı çizgilerini belirlemiştir. Kıyı çizgisi değişimi için Shoreline Change Envelope (SCE), End Point Rate (EPR) ve Linear Regression Rate (LRR) yöntemlerini kullanmıştır. Değişim analizini ise Digital Shoreline Analysis System (DSAS) yazılımı ile yapmıştır (Beyazıt, 2014).

Kesikoğlu (2013) çalışmasında, Sultan Sazlığı Milli Parkı ve Ramsar Alanı'nda meydana gelen kıyısal alan ve arazi örtüsü değişimini 2005, 2006, 2007, 2011 ve 2012 yıllarına ait beş adet Terra Aster uydu görüntüsü kullanarak belirlemiştir. Görüntüler öncelikle K-Ortalamlar kontrolsüz sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılarak kümelere ayrılmış daha sonra su, bitki örtüsü, bataklık/sazlık, kahverengi toprak, tarım alanı ve kumsal alan olmak üzere altı adet eğitim sınıfı ve bunlara karşılık test sınıfları oluşturulmuştur. Sonrasında görüntüler " MO, YSA ve DVM " yöntemleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen sınıflandırmaların doğrulukları incelenmiş ve ortalama olarak en yüksek sınıflandırma performansının DVM yöntemiyle elde edildiği

anlaşılmıştır. Bu nedenle DVM ile elde edilen sınıflandırma görüntüleri üzerinden değişim belirleme işlemini gerçekleştirmiştir (Kesikoğlu, 2013).

Ceylan (2012)'nin çalışmasında, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM ve IKONOS uydu görüntüleri kullanılarak İzmit körfezi doğu kesimi kıyı çizgisinde 1984 ve 2008 yılları arasında meydana gelen değişim araştırılmıştır. Landsat görüntülerindeki çok spektrumlu bantların mekânsal çözünürlüğünün 30 metre olmasından dolayı su ve kara arasındaki geçiş bölgelerinde karışık piksellerin oluşmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle Landsat görüntülerinden kıyı çizgisi elde etmek için, karışık pikselleri içerdikleri saf bileşen oranlarına göre sınıflandıran yöntemlerden biri olan uyumlu filtre alt piksel analiz yöntemi kullanılmıştır (Ceylan, 2012).

Vural (2008)'in Boğaziçi sit alanı içerisindeki arazi örtüsünün zamana bağlı olarak değişiminin belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada, değişim belirleme için 1984 yılına ait Landsat TM, 2005 yılına ait Landsat ETM ve 2005 yılına ait IKONOS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sarıyer ilçesinde 1960 yılına ait 1/5000 ölçekli 2 adet pafta kullanılmıştır. Değişim belirleme iki aşamada yapılmıştır. Birinci olarak bölge bütün olarak incelenerek uydu görüntüleri ile kontrolsüz sınıflandırılma yapılmış, 20 yıla ait yerleşim ve yeşil alanlardaki değişim belirlenmiştir. İkinci olarak ise paftalarda yer alan tüm konut sınıflarının sayısallaştırılması yapılmıştır. Aynı alandaki konutlar da sayısallaştırılarak 45 yıllık dönemi kapsayan konut alanlarındaki değişimler belirlenmiştir (Vural, 2008).

Doğan (2008)'in çalışmasında Alaçatı Koyu kıyısındaki 44 yıllık değişimin belirlenmesi için 2007 yılına ait Aster uydu görüntüsü, 2000 ve 1987 yıllarına ait Landsat uydu görüntüleri ve 1963 yılına ait Corona uydu görüntüleri kullanılmıştır. Rektifiye sonrası kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yapılarak doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir (Doğan, 2008).

Sesli (2006)'nin çalışmasında, Trabzon ilinde farklı tarihlerde çekilmiş hava fotoğraflarının değerlendirilmesinde kıyı çizgisi ve kıyı kullanımındaki değişiklikler Uzaktan Algılama yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Sesli, 2006).

Ekercin (2000) çalışmasında, Landsat 5 MMS 1988, 1990, 1991, 1992 ve 1993 görüntülerini kullanarak Türkiye-Yunanistan sınırını belirleyen Meriç Nehri kıyı çizgisindeki değişimleri incelemiştir. Kıyı ve sınırı ayırmak için Kontrolsüz sınıflandırma tekniği olan ISODATA kullanılmıştır (Ekercin, 2000).

### 3. GENEL KAVRAMLAR

#### 3.1 Tanımlar

Basit anlamda kıyı; deniz, göl, akarsu gibi her türlü doğal su kitlesini çevreleyen toprak çeşidi veya denizin en alçak çizgisi ile kara arasındaki temas bölgesidir. Diğer bir tanıma göre, kara ile denizin birleşimini gösteren arazi olarak düşünülebilir (Doğan, 2008). Ülkemizde, yürürlükte olan 3621 ve bu kanunun bazı maddelerinde değişiklik yapılmasına dair 3830 Sayılı Kıyı Kanunu'na göre;

**Kıyı çizgisi:** Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, taşkın durumları dışında, suyun karaya değdiği noktaların birleşmesinden oluşan çizgiyi ifade etmektedir.

**Kıyı kenar çizgisi:** Deniz, tabii ve suni göl ve akarsularda, kıyı çizgisinden sonraki kara yönünde su hareketlerinin oluşturulduğu kumluk, çakıllık, kayalık, taşlık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırınıdır.

**Kıyı:** Kıyı çizgisi ile kıyı kenar çizgisi arasındaki alandır.

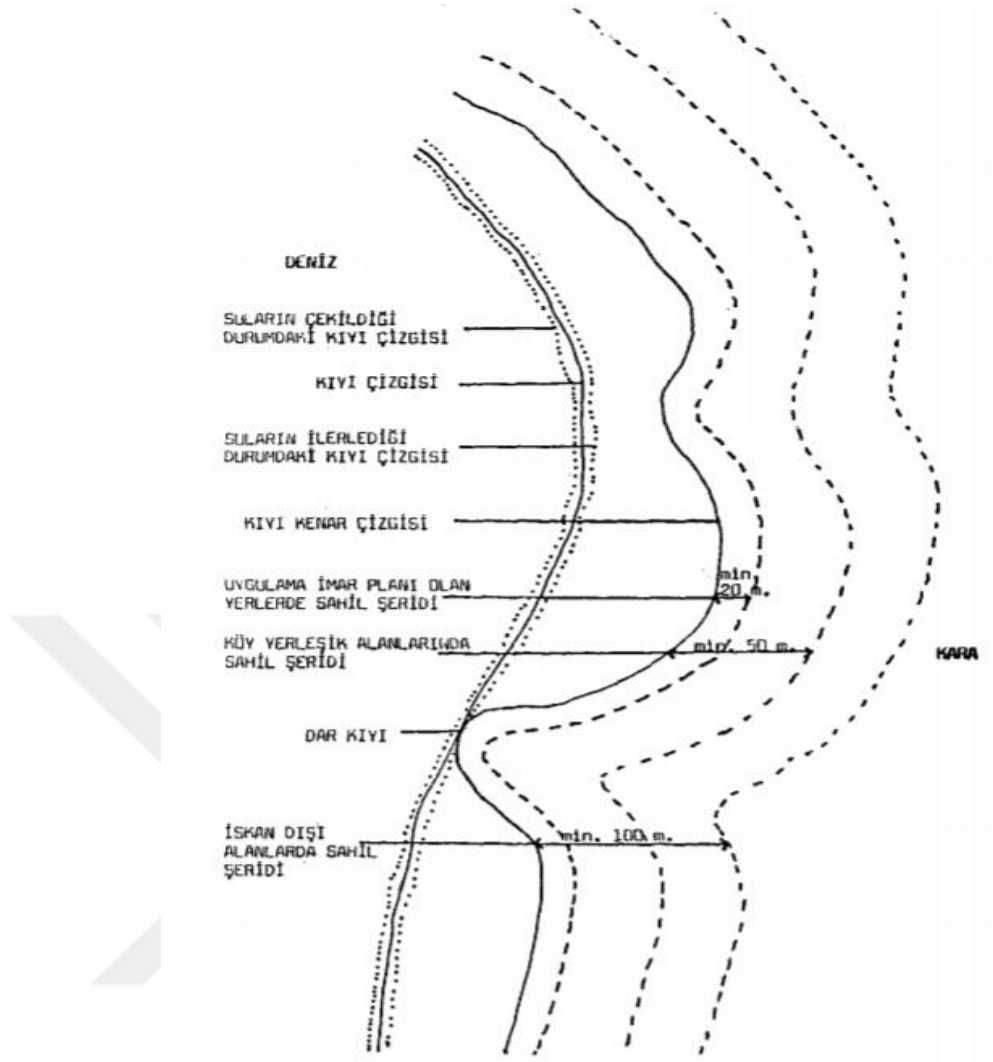
**Sahil şeridi:** Kıyı kenar çizgisinden itibaren kara yönünde yatay olarak en az 100 metre genişliğindeki alandır. İki bölümden oluşan sahil şeridinin kullanım amacı, uygulama imar planı kararı ile topoğrafya ve doğal eşiklere göre belirlenir. Sahil şeridinde yapılacak yapılar kıyı kenar çizgisine en fazla 50 metre yaklaşabilir. Yapı yaklaşma mesafesi içerisinde kalan alanlar uygulama imar planı ile gezinti alanları, dinlenme ve bu yönetmelikte tanımlanan rekreatif alanlar ve yaya yolları olarak düzenlenebilir.

**Dar kıyı:** Kıyı kenar çizgisinin, kıyı çizgisi ile çakışmasıdır.

**Toplumun yararlanmasına açık yapı:** Mevzuata göre tespit ya da tasdik edilmiş kural ve ücret tarifelerine uygun biçimde, getirdiği kullanımdan belirli kişi ya da topluluklara ayrıcalıklı kullanım hakkı tanımaksızın yararlanmak isteyen herkese eşit ve serbest olarak açık bulundurulmuş ve konut dokunulmazlığı olmayan yapılardır.

03.08.1990 Tarih, 20594 sayılı Resmi Gazete'de yer alan 3621 sayılı Kıyı Kanununa bağlı Yönetmelikten alınan; Kıyı Çizgisi, Kıyı, Kıyı Kenar Çizgisi, Dar Kıyı, Sahil Şeridi tanımlarını gösterir kroki Şekil 3.1'de gösterilmiştir.





Şekil 3.1: Kıyı tanımları.

### 3.2 Görüntü İşleme

Uzaktan algılamanın temel girdisi sayısal görüntüdür. Sayısal görüntü işleme, bilgisayar ve yazılım kullanılarak alanın iyi bir şekilde tanımlanmasıyla birlikte uydu görüntülerinin elde edilmesi, saklanması, işlenmesi ve çeşitli analizleri gerçekleştirebilmek amaçları için farklı türdeki gösterimlere hazır hale getirilmesidir (Yaşayan vd., 2011).

Uzaktan algılamada görüntülerin yorumlama için hazır hale getirilmesi genel olarak görüntü işleme ve görüntü sınıflandırma olarak iki başlıkta toplanabilir.

### 3.3 Görüntü Ön İşleme

Günümüzde teknolojinin izin vermiş olduğu sınırlar dâhilinde, uzaktan algılama yoluyla elde edilmiş gerçek zamanlı ya da yakın zamanlı bir görüntünün, kısa zaman

içerisinde elde edilip ilgili yerlere iletilmesi mümkün hale gelmiştir. Yangın, sel, kasırga, heyelan vb. doğal afetler gibi etki alanı büyük olan alanlar için karar verme noktasında uydu görüntülerinin kullanımı oldukça büyük önem arz etmektedir. Fakat uydulardan alınan ham görüntülerin herhangi bir işleme tabi tutulmadan kullanılması, anlamlı bir sonuç elde edebilmek açısından engel teşkil etmektedir (Kesikoğlu, 2013). Özellikle değişim belirleme çalışmalarında uydu görüntülerini seçerken aynı uzaysal ve radyometrik çözünürlüğü olan ve aynı sensör tipini kullanan uyduların tercih edilmesi, farklı yıllara ait kullanılacak görüntülerde meydana gelebilecek güneşin geliş açısı veya mevsimsel farklılıklar vb. etkilerden kaynaklanan hataların azaltılması bakımından önem arz etmektedir. Bu nedenle uydu görüntülerinden meydana gelen durumları tespit edebilmek ve görüntülerdeki bilgileri tam olarak ortaya çıkarabilmek için gerekli olan hazırlıklardan oluşan işlemler “Görüntü Ön İşleme (Image Preprocessing)” olarak adlandırılmaktadır. Bu ön işleme adımlarından birincisi, algılanan görüntülerdeki nesnelere temsil etmeyen yansıma etkilerinin yok edilmesi ya da azaltılmasını amaçlayan “Radyometrik Düzeltme (Radyometric Normalization)” işlemidir. Bir diğer işlem ise, görüntülerde meydana gelen geometrik distorsiyonların giderilmesi ve görüntünün belirli bir koordinat sistemine sahip olabilmesinin amaçlandığı “Geometrik Düzeltme (Geometric Registration/Image Registration)” işlemidir (Kesikoğlu, 2013).

### **3.3.1 Radyometrik düzeltme**

Radyometrik düzeltme, görüntüdeki atmosferik etkilerin giderilmesidir. Sensörler tarafından ölçülen parlaklık değerlerinin spektral yansıtma değerleriyle spektral olarak karşılaştırılabilecek birime dönüştürülerek bu uyumsuzluğun azaltılması veya ortadan kaldırılmasını sağlar (Çölkesen, 2015).

Radyometrik koşullar, farklı görüntüleme mevsimleri veya tarihleri, farklı güneş yükseklikleri, farklı açılar, farklı meteorolojik koşullar ve bulut, yağmur veya kar için farklı örtü alanları gibi birçok faktörden etkilenebilir. Bu koşullar değişim belirleme algoritmalarının birçoğunun doğruluğunu etkileyebilir. Bu yüzden değişim belirleme öncesi genellikle radyometrik düzeltme yapılması gerekir.

Radyometrik düzeltme, sensörler tarafından ölçülen mutlak radyometrik düzeltmeyi ve bağıl radyometrik düzeltmeyi kapsayan objenin spektral yansıma ve spektral radyasyon parlaklığı arasındaki tutarsızlığı azaltır veya giderir. Mutlak radyometrik düzeltme temel olarak nesne yüzeyinin radyasyon özellikleriyle ilgisizdir. Güneş

aydınlatması, atmosferik emilme ve dağılma gibi sensörlerin durumu vb. nedenlerden kaynaklanan hatalar bu yöntemle giderilir. Piksel yansıtım değerleri gerçek yansıtım değerlerine dönüştürülürken, spektral eğriler, karanlık obje çıkarımı ve ışınımın iletim kodu olmak üzere üç temel yöntem kullanılır.

Bağıl radyometrik düzeltmede ise bir görüntü referans görüntü kabul edilir ve referans görüntü değerleri kullanılarak, histogram düzenleme ya da sabit obje düzenlemesi yöntemleriyle yapılır.

Mutlak radyometrik düzeltme yönteminde, atmosferik koşulların belirlenmesi karmaşık ve maliyetli olduğu için kullanılabilirliği daha zordur. Bu yüzden çalışmalarda ikinci yöntem olan bağıl radyometrik düzeltme daha sık kullanılmaktadır (Jianya vd. 2008, Mas 1999).

### **3.3.2 Geometrik düzeltme**

Uzaktan algılanmış görüntünün belirli bir harita projeksiyonuna dönüşümü için ölçek ve projeksiyon özelliklerinin tanımlanması işlemleri geometrik düzeltme olarak adlandırılmaktadır (Mather ve Koch, 2011). Geometrik düzeltmenin amacı, görüntünün yeryüzüne en yakın geometriye dönüştürülmesidir.

Rektifikasyon, görüntüler üzerindeki distorsiyonlarının (bozukluk) elimine edilmesiyle, minimum hatalı hale getirilmesi işlemidir. Piksel koordinat dönüşümü geometrik dönüşümünün ilk adımıdır. Piksel koordinat dönüşümündeki asıl amaç, her pikselin ayrı ayrı referans koordinat sistemindeki koordinatlarını belirlemektir (Temiz ve Doğan, 2005).

Ortorektifikasyon, ortografik izdüşüm özelliği taşıyan bir harita oluşturmak için, görüntüdeki her bir pikselin topoğrafik hatasını düzeltme işlemidir (Sunar vd., 2011).

Geometrik bozukluklar sistematik (tahmin edilebilen) ve sistematik olmayan (rastgele meydana gelen) hatalar olmak üzere ikiye ayrılır.

1. Sistematik distorsiyonlar; yeryüzü tarama hataları, tarama aynası hızının ivmelenmesi, panoramik distorsiyon, platform hızı ivmesi, yeryüzü eğikliği ve perspektif görüş hataları nedeniyle oluşabilmektedir. Sistematik olan bu hatalar, platform ve iç algılayıcı özellikleriyle düzeltilebilir (Saroğlu vd. 2005, Kesikoğlu 2013). Dolayısıyla topoğrafik rölyefle ilgili geometrik hataların giderilmesi için "Dijital Yükseklik Modeli" kullanılarak ortorektifikasyon yapılmalıdır (Sunar vd., 2011).

2. Sistematik olmayan distorsiyonlar; uydunun konumu ve yüksekliğinde ortaya çıkan değişimler nedeniyle oluşur. Bu hatalar, yeryüzündeki gerçek koordinatlar ile bu koordinatlara ait görüntüde ayırt edilebilen yer kontrol noktaları (YKN) arasındaki matematiksel bağıntıyı kurarak giderilebilir.

Geometrik düzeltme işlemi üç adımda yapılmaktadır:

- I. Yer kontrol noktalarının belirlenmesiyle, noktalarla ilgili görüntü ve referans (harita ya da GPS) koordinatlarının sisteme girilmesi,
- II. Uygun matematiksel modeli belirleyerek, transformasyon matrisinin hesaplanması ve uyuşumsuz noktaların elimine edilmesi,
- III. Bütün piksellerin yeniden örnekleme.

Her bir Yer Kontrol Noktası (YKN) için X ve Y yönündeki mutlak konum hatası hesaplanır. X ve Y yönündeki gerçek hata bir noktanın gerçek koordinatıyla dönüşüm sonucu elde edilmiş koordinatı arasındaki farktır. Gerçek hataların karelerinin ortalamasının karekökü ise karesel ortalama hatadır (Saroğlu vd. 2005, Kesikoğlu 2013).

$$m_i = \sqrt{(x_i - X_i)^2 + (y_i - Y_i)^2} \quad (3.1)$$

$m_i$ : i. noktadaki konumsal hata

$x_i$  ve  $y_i$  = Temel görüntü koordinatları

$X_i$  ve  $Y_i$  = Dönüşüm sonrası elde edilen koordinatlar

$$R_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2} \quad (3.2)$$

$$R_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2} \quad (3.3)$$

$$T = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (3.4)$$

$R_x$  ve  $R_y$  : X ve Y yönündeki karesel ortalama hatalar,

T : Toplam karesel ortalama hata

n : Yer kontrol noktası sayısı

i : i'nci yer kontrol noktası

$X_{R_i}$  : i'nci yer kontrol noktasını X yönündeki gerçek hatası

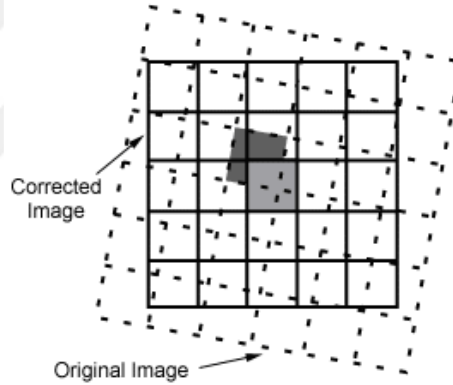
$Y_{R_i}$  : i'nci yer kontrol noktasını Y yönündeki gerçek hatası

Geometrik olarak düzeltilmiş görüntüdeki parlaklık değeri, olması gerekenden farklı olabileceği için, piksellere yeniden parlaklık değerinin atanması gerekir. Yeniden örnekleme adı verilen bu işlemde genel olarak üç temel yöntem kullanılır.

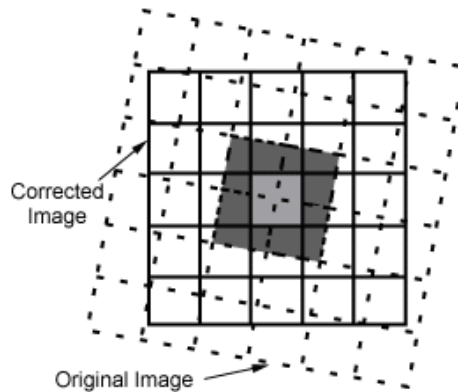
1. En yakın komşuluk yönteminde, temel görüntüdeki orjinal değerler değişmeden aktarıldığı için kullanılan en yaygın yöntemdir. En yakın komşu piksellerin parlaklık değerleriyle yeni piksel değerleri elde edilir (Şekil 3.2).

2. Bilineer enterpolasyon yöntemi ise, gerçek görüntü üzerinde her bir pikselin çevresinde, en yakın dört pikselin ortalaması ile oluşan görüntünün yeni piksel değerleri belirlenir. Böylece gerçek görüntüdeki piksellerin yansıma değerleri değişerek, yeni görüntünün piksel değerleri oluşur (Şekil 3.3).

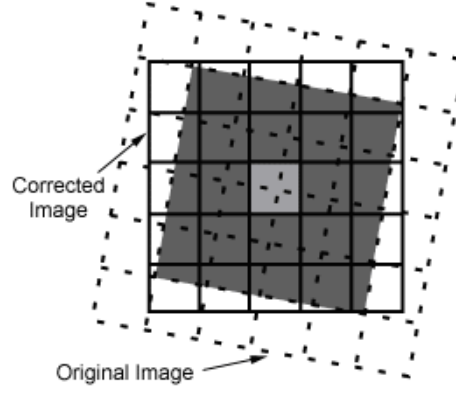
3. BiKübik (Kübik Eğri) Enterpolasyon yönteminde ise, orijinal görüntüdeki yeni pikselin çevresindeki sekiz pikselin ortalaması alınarak yeni görüntüdeki piksel değerleri oluşturulur. Bu yöntemde de orijinal piksel değerleri değişerek yeni değerler oluşur (Şekil 3.4) (Çölkesen, 2015).



**Şekil 3.2:** En yakın komşuluk enterpolasyon (URL-1).



**Şekil 3.3:** Bilineer enterpolasyon (URL-1).



**Şekil 3.4:** BiKübik enterpolasyon (URL-1).

### **3.4 Görüntü Zenginleştirme**

Görüntü analizi için ihtiyaç duyulan, hem yorumlama yeteneğinin artırılması hem de otomatik görüntü işleme yöntemlerine daha iyi veri sağlanması amaçlarıyla görüntü zenginleştirme yapılabilir. Bunun için spektral veya mekânsal olmak üzere iki farklı dönüşüm kullanılabilir (Sunar vd., 2011).

#### **3.4.1 Spektral dönüşümler**

Spektral dönüşüm ile görüntüdeki spektral bilginin yapısı değiştirilerek kullanılması sağlanabilir. Herbir pikselin içerdiği orijinal yansıtım değerleri ve spektral dönüşüm sonrası elde edilen yansıtım değerleri farklı özellik uzayını oluşturarak sınıflandırma gibi sayısal görüntü analizlerinin daha etkin yapılabilmesini sağlarlar. Spektral dönüşümler Kontrast Artırımı, Aritmetik Bant İşlemleri ve Ana Bileşen Dönüşümü olmak üzere 3 ana katagoride incelenebilir (Sunar vd., 2011).

##### **3.4.1.1 Kontrast artırımı**

Kontrast artırımı yöntemleri, görüntüdeki farklı özelliklere ait parlaklık değerleri ile ayırt edilebilirliği kolaylaştırmak için kullanılır. İnsan beyni mekanla ilgili bilgileri yorumlarken ve detayları tespit ederken çok başarılıdır. Dolayısıyla radyometrik bilgilerdeki küçük farklılıkları bile tespit ederek anlamlı veriye dönüştürebilir. Kontrast artırımı, görüntü histogramı değişimi işlemidir. Yani piksellere ait veri aralığı olası bütün aralığa yayılır. Histogram eşitleme ve lineer kontrast artırımı görüntü kontrastının iyileştirilmesi için kullanılan en yaygın yöntemlerdendir (Sunar vd., 2011).

### 3.4.1.2 Aritmetik bant işlemleri

Aritmetik bant işlemlerinde, görüntüdeki bantların yansıtım değerleri matematiksel işlemler kullanılarak yeniden elde edilir. Örneğin değişim belirleme için farklı iki görüntüdeki piksel yansıtım değerlerinin birbirinden çıkartılması yaygın olarak kullanılan yöntemdir (Sunar vd., 2011). Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) ve normalize edilmiş fark su indeksi (NDWI) yöntemleri de sıklıkla kullanılan bant oranlaması yaklaşımlarıdır.

NDVI, bitki örtüsünün yoğunluğunu ve durumunu tahmin etmek için tanımlanmış olmasına rağmen, su ve toprak olmak üzere diğer 2 sınıfı da ayırt etmeye izin vermektedir.

$$NDVI = (\text{Yakın Kızılötesi} - \text{Kırmızı}) / (\text{Yakın Kızılötesi} + \text{Kırmızı}) \quad (3.5)$$

NDVI indeksinin teorik değerleri -1 ile 1 arasındadır; çünkü spektral işaretleri dikkate alarak tahmin etmek kolaydır, vejetasyon yüksek değerlerle (genellikle 0.2'den büyük) karakterizedir, su oldukça düşük değerler sunar (genellikle -0.2) ve toprak bu aralığın ortasına yerleştirilir (Maglione vd., 2014).

NDWI, Spektral su indeksi, iki veya daha fazla spektrum bandının oran, fark ve normalleştirilmiş fark gibi aritmetik işleminden türetilmiş tek bir sayı üretir. Daha sonra, spektral özelliklere dayanılarak su kütlelerini diğer arazi örtü özelliklerinden ayırmak için indeksin uygun bir eşiği oluşturulur. Bir spektral su endeksinin tasarımı, suyun enerjisi yakın kızılötesi ve kısa dalga-kızıl ötesi dalga boylarında emdiği gerçeğine dayanır. Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksinin (NDVI) biçimi benimsenerek normalize fark su indeksi (NDWI) geliştirilmiştir.

$$NDWI = (K_{1y1} - \text{Yakın Kızılötesi}) / (K_{1y1} + \text{Yakın Kızılötesi}) \quad (3.6)$$

NDWI değeri -1, +1 aralığında değişir.  $NDWI > 0$  değerleri su iken,  $NDWI \leq 0$  değerleri ise su içermemektedir.  $K_{1y1}$ , su özelliklerini en iyi ayırt edebilen banttır.

NDWI'nin uygun bir şekilde kullanılabilmesi için anlaşılması ve çözülmesi gereken iki problem bulunmaktadır. İlk olarak, spektral su indeksleri arasından hangi NDWI'nin su özelliklerini tanımlamak için en iyi performansı verdiğinin bilinmesi gerekir. Başka bir deyişle, hangi bandın (mavi, yeşil, kırmızı, NIR ve SWIR) veya bant kombinasyonunun su özelliklerinin en iyi göstergesi olduğunun bilinmesi gerekmektedir. İkincisi, NDWI eşiği sabit bir değer değildir. Su, su içermeyen ve karışım özelliklerinin ayırt edilebilmesi için uygun bir NDWI eşiğinin bulunması gerekir (Zhang, 2009).

### **3.4.1.3 Ana bileşen dönüşümü**

Çok spektrumlu görüntülerde spektral bilginin tümü mevcut bantlarda paylaşılır. Ayrıca bunlardan bir kısmı da farklı bantlarda tekrarlanır. Yani matematiksel olarak benzer bilgi içeren bantlar birbirleriyle korelasyonludur. Bu yüzden ana bileşen dönüşümündeki temel amaç bu benzer bilgileri içermeyen bantların bileşimini elde etmektir (Sunar vd., 2011).

### **3.5 Görüntü Sınıflandırma**

Farklı spektral özellik taşıyan pikseller kullanılarak bu pikselleri farklı sınıflarda toplama işlemine "Görüntü Sınıflandırma" denir (Siewe, 2007).

Başka bir deyişle sınıflandırma işlemi, görüntülerle karar verme işlemidir. Görüntü sınıflandırma işlemindeki temel amaç, gerçek yeryüzünün piksellerdeki farklı yansıtım değerleri yardımıyla görüntüdeki karşılığını farklı kümelerde toplamak veya sınıflara ayırmaktır. Sınıflandırmayla, bir görüntüdeki nesnelerin farklı yansıtım özellikleri tespit edilerek ayırt edilebilirliği sağlanır ve farklı zamanlardaki görüntülerle nesnelereki değişim tespiti yapılabilir. Nesnelere farklı dalga boylarında farklı yansıtım, yutulma ve geçirme özelliğine sahip olduğundan, çok bantlı görüntüler sınıflandırma için daha avantajlı olmaktadır (Özgen 2009, Kesikoğlu 2013).

Sınıflandırma işlemi iki temel aşamadan oluşur. Birinci aşamada, yeryüzündeki farklı nesnelere belirlenerek nesne yapısı ve sınıflandırma sayısı için öncül değerler oluşturularak sınıf tanımları yapılması sağlanır. İkinci aşamada ise tanımlanan sınıflara etiket verilir. Başka bir deyişle farklı özelliklere sahip piksellere sınıflandırma kuralı ile sayısal etiket vererek ait olduğu sınıfın belirlenmesidir. Nesnelere farklı bantlara ait spektral yansıma özellikleri kullanılarak, her pikselin matematiksel işlemler sonucu ait olduğu sınıf belirlenir (URL-2, Kesikoğlu 2013).

Görüntü sınıflandırma, kontrollü sınıflandırma ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki farklı yöntemle yapılabilir.

#### **3.5.1 Kontrolsüz sınıflandırma**

Pikselleri belirli bir sınıflandırma kuralıyla etiketleme yapmadan yani hangi arazi grubuna ait olduğu belirlenmeden kümeleme yöntemleriyle yapılan sınıflandırma işlemine " Kontrolsüz Sınıflandırma " denir.



Bu yöntemde temel olarak benzer yansıma özelliği gösteren pikseller aynı kümede toplanarak diğer sınıflardaki nesnelere ayrılır (Özgen 2009, Kesikoğlu 2013).

KontROLSÜZ sınıflandırma yönteminin avantajı, gerçek yeryüzüne ait herhangi bir bilgiye ihtiyaç olmaksızın, sadece sınıf sayısı ve yöntemin parametrelerinin bilinmesiyle, hızlı ve düşük maliyetle çalışmayı kolaylaştırmasıdır. KontROLSÜZ sınıflandırmada sıklıkla ISODATA, K-Means, Fuzzy, C-Means vb. yöntemler kullanılmaktadır. Ayrıca kontROLSÜZ sınıflandırmada Yapay Arı Koloni ve Diferansiyel Gelişim gibi optimizasyon tabanlı algoritmalarda kullanılan yöntemler arasındadır (Özgen 2009, Siewe 2007, URL-2, Kesikoğlu 2013).

### **3.5.2 Kontrollü sınıflandırma**

Gerçek yeryüzünde çok benzer veya aynı nesnelere, görüntü üzerinde belirlenerek temsil edeceği aynı sınıfa atanması işlemine "Kontrollü Sınıflandırma" denir. Kontrollü sınıflandırma işlemi gerçek yeryüzünün bilinmesiyle analizi tarafından yapılır. Arazi çalışmaları, haritalar, hava fotoğrafları vb. veriler kullanılarak, yerleşim alanları, su alanları, tarım alanları, orman alanları vb. arazi özelliklerinin analizi tarafından bilinmesiyle kontrollü sınıflandırma yapılır.

Kontrollü sınıflandırma işlem adımlarını beş aşamada gerçekleştirebilir:

1. İlk aşamada sınıflar belirlenmelidir. Öncelikle yapılacak çalışmaya bağlı olarak hangi sınıfların hangi etiketle (kentsel alan, tarım arazisi, toprak, orman, vb.) yer alacağı ve buna bağlı olarak kaç sınıfa ayrılacağı belirlenmesi gerekmektedir.
2. Kontrollü sınıflandırma yöntemi belirlenmelidir.
3. Sınıflar arası ayrımı en iyi şekilde yapacak spektral özellikler belirlenir.
4. Belirlenen spektral özellikler seçilen yöntemle görüntüye uygulanarak, ilk aşamada belirlenen etiketler bu aşamada piksellere atanmış olur.
5. Son aşamada ise görüntü tematik harita yapılır ve test alanları kullanılarak doğruluk analizleri gerçekleştirilir.

Kontrollü sınıflandırma uygulamalarında Minimum Mesafe (MM), Maksimum Olabilirlik (MO), Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi yöntemlerin yanı sıra Destek Vektör Makineleri (DVM) gibi yüksek doğruluğa sahip metotlarda kullanılmaktadır. KontROLSÜZ sınıflandırmaya göre daha fazla zaman alır ve daha maliyetlidir (Richards 2005, Siewe 2007, Özgen 2009, Kesikoğlu 2013).

### **3.5.2.1 Maksimum olabilirlik**

Maksimum Olabilirlik en çok tercih edilen yöntemlerdendir ve istatistiksel temele dayanır. Bu yöntemde pikseller için olasılık fonksiyonları hesaplanarak, her bir piksel olasılığı en yüksek sınıfa atanır. Piksellerin normal dağılıma sahip olduğu kabul edilen bu yöntemde, normal dağılım göstermeyen piksellerin yanlış sınıfa atanmasıyla sınıflandırma doğruluğu azalmaktadır (Jensen 2000, Mather 1999).

### **3.5.2.2 Yapay sinir ağları**

Yapay Sinir Ağları, örneklerle genelleme yaparak doğrusal olmayan ilişkilerin öğrenilmesinde başarılı olmasından dolayı çok tercih edilen bir yöntemdir. Maksimum Olabilirlik yönteminden farklı olarak, herhangi bir istatistiksel temele dayanmaz ve bu yönüyle daha doğru sonuçlar üreterek pikselleri doğru sınıfa atar. Yani Maksimum Olabilirlik yönteminden daha güvenilir bir yöntemdir. Yapay Sinir Ağları yönteminin dezavantajları ise uzun eğitim süresi, öğrenme algoritmalarının yanlış seçilmesi ve sınıf seçimini doğrudan etkileyen parametrelere karşı aşırı duyarlı olması vb. nedenlerdir (Paola ve Schowengerdt 1995, Kazoğlu ve Mather 2003).

İnsan beynindeki güçlü ve karmaşık sinirlerden yola çıkarak oluşturulmuş bir yöntemdir. Karmaşık ilişkileri ve doğrusal olmayan durumları sınıflandırmak için kullanılır. Veriler birimlere ayrılır. Her birim girdi ve çıktılardan oluşarak aralarındaki ilişkiyi belirleyen bir fonksiyon üretilir. Böylece bütün birimleri birbirine bağlayacak mimari oluşturulur. Bu mimaride her birimin ağırlıkları belirlenir. Son olarak her birim genellikle birbirine eklenerek karar birimi elde edilir. Eğer yeterli zaman ve çalışma yapılırsa DVM yönteminden daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Fakat DVM yönteminde, daha az zaman ve çalışma ile yeterli başarıyla sonuçlar elde edilmektedir (Lovell ve Walder, 2006).

### **3.5.2.3 Destek vektör makineleri**

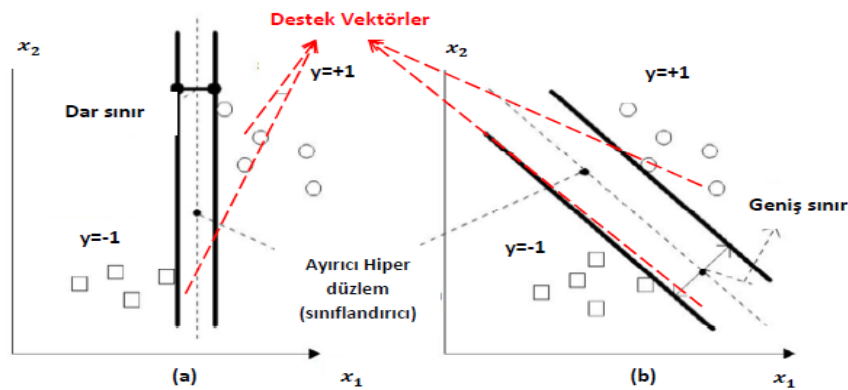
Destek vektör makineleri ile sınıflandırmanın diğer sınıflandırma yöntemleriyle arasındaki en önemli fark, Yapısal Risk Azalımı (YRA) prensibine dayanmasıdır. Yani sınıflandırma için kullanılan istatistiksel algoritmalarla karşılaştırıldığında, beklenen en yüksek risk ihtimali en düşük yöntemdir (Kechman, 2001).

DVM temel olarak doğrusal verilerin ikili sınıflandırılmasında kullanılan öğrenme tekniği iken doğrusal olmayan çok sınıflı verilerin sınıflandırılması için geliştirilmiştir (Vapnik, 1995).

DVM’de hiper düzlem kullanılarak çok sınıflı veriler iki sınıfa ayrılır. Normalde doğrusal bir düzlemlerle ayrılmayan veriler, çekirdek (kernel) fonksiyonları kullanarak yüksek boyutlu bir uzaya taşınır. Verileri yüksek boyutlu bir uzaya taşıma, hesaplama hataları ve çoklu uyum gibi sorunları meydana getirir. DVM bu hataları gidermek için yüksek boyutlu uzaya taşınan verileri direkt olarak kullanmaz, yalnızca yüksek boyutlu uzayda elde edilen iç çarpım sonuçları için bu uzaya taşınmış olur. DVM yöntemi genel olarak, pratikte başarılı ve teorik olarak sağlam temellere dayanan bir sınıflandırma yöntemidir (Campbell ve Ying, 2011).

DVM de açık olarak Vapnik–Chervonenkis (VC) boyutunun hesaplanabilmesi, bu istatistiksel algoritmanın diğer öğrenme yöntemlerinden üstünlüğüdür. VC teorisi, bilinmeyen verilerin başarı ihtimalidir. DVM deki bu üstünlük, örneğin YSA ile sınıflandırmada yoktur. DVM yöntemiyle sınıflandırmada, çekirdek fonksiyonunun ve diğer parametrelerin doğru kullanılmasıyla daha verimli hale getirilmesi, bu yöntemin performansını artırmaktadır (Karakaynak, 2014).

Doğrusal Destek Vektör Makineleri; Hiper düzlemin yukarı aşağı hareket ettirilerek döndürülmesiyle, verileri ayırırken hiçbir verinin üzerinden geçmemesi sayesinde, verileri ayıracak sonsuz sayıda hiper düzlem oluşur. Bu sayede veriler hatasız bir şekilde ayrılabilir (James vd., 2013). Destek vektörleri Şekil 3.5’te gösterilmiştir.

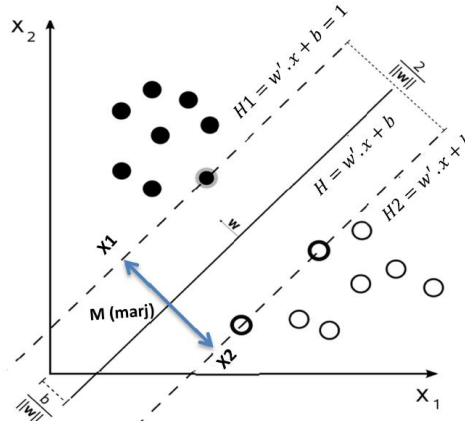


Şekil 3.5: Destek vektörleri (Kecman, 2001).

İkili sınıflandırma eğitim verileri ( $X=x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ) ve  $y_i \in \{-1, 1\}$ ,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ ,  $x_i \in \mathbb{R}^n$  olarak tanımlanabilir. Hiper düzlemin bir tarafında kalanların sınıf etiketi  $y = -1$  iken diğer tarafında kalan sınıfların etiketi ise  $y = +1$  olur (Campbell ve Ying, 2011).

Bir hiper düzlem  $H = (w' \cdot x) + b = 0$  şeklinde ifade edilir. Karar fonksiyonu  $f(x) = (w' \cdot x) + b$ , bir gözleme atanarak,  $y = +1$  ve  $y = -1$  sınıflandırma kuralı olarak tanımlanabilir. Bu ise ikili sınıflandırmada bir adım fonksiyonu olarak kullanılır (Kecman, 2001).

Şekil 3.6'da  $x$  bir vektör noktası,  $w$  ağırlık vektörü ve  $b$  yan (bias) olmak üzere bir sabit sayıdır.  $w$  ağırlık vektörü marj sınıflandırıcısına, yani ayırıcı hiper düzleme dik vektördür.  $b$  sabiti ise bu ayırıcı hiper düzlemin orjinden sapma miktarını göstermektedir. Destek vektörleri ise yuvarlak içine alınmıştır.



Şekil 3.6: Optimum ayırıcı yüzey.

Tümüyle Doğrusal Ayrılamayan Durum (Yumuşak Sınır); Doğrusal ayrılamayan verilerin bir kısmının hiper düzlemin içinde kalmasıyla ilgili sorunlar ortaya çıkabilir. Bu hatalar pozitif bir yapay (gevşek yada zayıf) değişkenin ( $\xi_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ) optimizasyona eklenmesiyle giderilmeye çalışılır.

Doğrusal olarak ayrılamayan veri, sınıflandırma için yüksek boyutlu ve doğrusal olarak ayrılacakları uzaya taşınarak sınıflar arası hiper düzlem belirlenir. Bunun için Destek Vektör Makineleri  $K(x_i, x_j) = \varphi(x_i) \cdot \varphi(x_j)$  Kernel fonksiyonunu kullanarak verilerin yüksek boyutta doğrusal olarak ayrımını sağlamaktadır (Atasever 2011, Çölkesen 2009).

Çok Sınıflı Destek Vektör Makineleri; İki'den fazla sınıfa sahip sınıflandırmalar için çok sınıflı DVM kullanılır. Temelde çok sınıflı sınıflandırmalar için 2 farklı yaklaşım kullanılır.

Bu yaklaşımların ilki lagrange fonksiyonunun çok sınıfla çalışabilmesini sağlamaktır. Sınıf sayısının artmasıyla kullanılan fonksiyon sayısının da artması hata oranını artırmaktadır. Hata oranının artması bu yaklaşımı dezavantajlı hale getirmektedir.

Diğer yaklaşımda ise destek vektör makinesi ikili sınıflandırmalar yaparak çalışır. Bire bir, bire hepsi ve döngüsel olmayan yönlü graf yöntemleriyle bu yaklaşım kullanılabilir.

Bire bir yönteminde her veri seti diğer veri setleriyle ayrı ayrı eğitilerek, hangi sınıfa ait olduğu, bütün eğitim işlemlerinin sonucunda bulunan DVM'ler ile karşılaştırılarak bulunur. Yani H tane sınıf için  $H.(H-1)/2$  adet karşılaştırma yapılarak sınıf oluşturulur. Bire hepsi yönteminde, her veri setini, kalan diğer veri setlerinin aynı olduğu kabul edilerek karşılaştırma yapılır. Yani H adet sınıf olduğu varsayıldığında H adet karşılaştırma yapılarak sınıflandırma yapılır.

Döngüsel olmayan yönlü graf yönteminde ise eğitim aşaması, bire bir yönteminde olduğu gibi yapılır. Bire bir yöntemden farklı olarak, test aşamasında bütün eğitim işlemlerinin kontrol edilmesi yerine, ait olmadığı sınıflar elenerek sınıflandırma yapılır (Atasever 2011, Demirci 2007).

### **3.5.3 Sınıflandırma doğruluğu (Doğruluk analizi)**

Doğruluk analizinde hata matrisi en yaygın kullanılan yaklaşımdır. Referans veri doğru kabul edilerek sınıflandırılmış veri ile karşılaştırılır. Hata matrisi, satırlarda sınıflandırılmış veri ve sütunlarda referans verilerinin oluşturulmasıyla elde edilir. Doğru sınıflandırılmış piksellerin, kontrol edilen toplam piksel sayısına bölünmesiyle elde edilen sonuç genel doğruluktur. Genel doğruluk yanında, sınıfların sınıflandırma doğruluğu benzer bir şekilde hesaplanabilir. Üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu olmak üzere iki yaklaşım vardır. Üretici doğruluğu yaklaşımı, doğru sınıflandırılmış piksel sayısının o sınıfa ait toplam referans sayısına bölünmesiyle elde edilir. Yani o sınıfa atanmış doğru referansların oranını gösterir. Kullanıcı doğruluğu yaklaşımında ise doğru sınıflandırılmış piksel sayısı o sınıfa ait toplam sınıflandırılmış piksel sayısına bölünerek elde edilir (Banko, 1998).

Şekil 3.7'de k adet eğitim sınıfı için hata matrisi gösterilmektedir. Toplam referans piksel sayısı 'n' ile gösterilmiştir. Satırlarda, bütün sınıflandırmalardaki 'i' sınıfına atanan referans pikselleri sayısı ve (k+1). satırda ise bu piksellerin toplam sayısı verilmiştir. Sütunlarda ise o sınıflandırmada piksellerin hangi sınıflara atandığı ve (k+1). sütunda ise bu piksellerin toplamı verilmiştir (Sunar vd., 2011).

		J=Sütunlar (Referans)			Kolon
		1	2	k	Toplamı
i=Satırlar (sınıflandırma)	1	<b>n<sub>11</sub></b>	n <sub>12</sub>	n <sub>1k</sub>	n <sub>1+</sub>
	2	n <sub>21</sub>	<b>n<sub>22</sub></b>	n <sub>2k</sub>	n <sub>2+</sub>
	k	n <sub>k1</sub>	n <sub>k2</sub>	<b>n<sub>kk</sub></b>	n <sub>k+</sub>
	Sütun Toplamı n <sub>ij</sub>	n <sub>+1</sub>	n <sub>+2</sub>	n <sub>+k</sub>	<b>n</b>

**Şekil 3.7:** Hata matrisi.

$$\text{Genel Doğruluk} = (n_{11}+n_{22}+\dots+n_{kk}) \setminus (n_{+1}+n_{+2}+\dots+n_{+k}) \quad (3.7)$$

$$\text{Kullanıcı Doğruluğu} = KD_i = n_{ii} \setminus n_{i+} \quad (3.8)$$

$$\text{Üretici Doğruluğu} = ÜD_i = n_{jj} \setminus n_{+j} \quad (3.9)$$

### 3.5.4 Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi

Bu yöntem en sık kullanılan arazi kullanımıyla değişim belirleme yöntemlerindedir. Kontrollü sınıflandırma yöntemleriyle oluşturulan farklı yıllara ait arazi kullanım görüntülerine ait piksellerin karşılaştırılması esasına dayanmaktadır. Sınıflandırma için kullanılan örnek piksellerin doğruluğu değişim belirleme doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Görüntülerdeki radyometrik hataları minimize etmesi avantaj sağlamaktadır. Fakat örnek piksellerin belirlenmesinin uzun sürmesi ve zorluğu dezavantajlarındandır (Kesikoğlu, 2013).

### 3.6 Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Coğrafi Bilgi Sistemleri bilgi sistemleri ile ilgili konularda, problem çözümüne yönelik yazılım, donanım ve yöntemleri bir arada kullanarak, konumsal bilgi içermeyen sözel verileri konumla ilişkilendirerek, verilerin işlenmesi, yönetimi, analiz edilmesi, modellenmesi ve sunumu işlemlerinin yapılmasıdır.

### 3.6.1 CBS'de analiz

CBS, grafik ve grafik olmayan 2 farklı veri yapısına sahiptir. Grafik veriler nokta, çizgi ve çokgen veri özellikleriyle sözel verilerin yerini, şeklini ve diğer verilerle ilişkilerini belirler. Grafik olmayan veriler ise vektörel verilerle ilgili öznitelik bilgilerini veri tabanında saklayarak vektörel verilerle birlikte kullanılmasını sağlar. Bu yönüyle CBS ile analiz yapma ve karar verme kabiliyetinin artması sağlanırken, kullanıcı için önemli olan zaman ve maliyet konularında da kullanıcıyı pozitif olarak desteklemektedir. CBS ile analiz yöntemleri aşağıdaki gibidir.

- ❖ Tampon Bölgeleme (Buffer),
- ❖ Bindirme Analizleri (Overlay),
- ❖ Yakınlık Analizleri (Proximity),
- ❖ Yoğunluk analizleri (Density Analysis)
- ❖ Adres Haritalama (Address Geocoding),
- ❖ Dinamik Bölümler (Dynamic Segmentation)
- ❖ Kisayol ve Altyapı Yönetim Analizleri (Network Analysis),
- ❖ Yüzey Analizleri (3D, Aspect, Slope, Elevation, Visibility, Line of Site, Cut&Fill).

### 3.6.2 CBS tabanlı değişim tespiti

CBS tabanlı değişiklik tespiti, entegre CBS, uzaktan algılama yöntemleri ve CBS yaklaşımını içermektedir. CBS kullanmanın avantajı, değişiklik algılama uygulamalarına, farklı kaynaklardan elde edilen verileri dahil edebilmektir. Bununla birlikte, farklı veri doğrulukları ve biçimleri ile ilişkili farklı veriler, genellikle değişiklik belirleme sonuçlarını etkiler (Lu vd., 2004).

Değişim belirlemede, CBS yaklaşımlarının önceki uygulamalarının çoğu kentsel alan üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunun nedeni, geleneksel değişim belirleme yöntemlerinin kentsel peyzaj alanlarının karmaşıklığına bağlı olarak genellikle değişim belirlemede nispeten daha az güvenilir sonuçlara sahip olmaları ve bu yöntemlerin çok sayıda ve farklı türdeki verilerin analizini etkili bir şekilde kullanamamasıdır. Bu nedenle, güçlü CBS fonksiyonları, bir çok sayı ve türdeki verileri işlemek için uygun araçlar sağlar ve bu verileri kullanarak değişim belirlemede etkili olur (Lu vd., 2004).

Uygun değişim algılama yöntemlerinin seçimini etkileyen birçok faktöre rağmen, görüntü farklılığı, Temel Bileşenler Analizi ve Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma en çok kullanılan yöntemlerdir. Son yıllarda Doğrusal Spektral Karışım Analizi, YSA ve

CBS değişim algılama doğruluğunu iyileştirmek için önemli teknikler haline gelmiştir. Aşağıda değişim algılama yöntemleri ile ilgili öneriler verilmiştir:

- Hızlı bir değişim algılama analizi için, çok bantlı görüntünün görsel olarak yorumlanması günümüzde yaygın olarak kullanılan önemli bir yöntemdir.
- Değişen ve değişmeyen alanların tespiti için, tek bantlı görüntü farkları ve Temel Bileşenler Analizi, dijital değişim belirleme yöntemleri önerilir.
- Ayrıntılı bir değişim belirleme için, yeterli eğitim verilerinin olması halinde, sınıflandırma sonrası karşılaştırma uygun bir yöntemdir.
- Değişiklik tespiti için, farklı ve çok sayıda veri kullanıldığında, CBS teknikleri yararlıdır.
- Doğrusal Spektral Karışım Analizi, Yapay Sinir Ağları veya farklı değişiklik belirleme yöntemlerinin entegre kullanılmasıyla daha güvenilir değişim belirleme yapılabilir (Lu vd., 2004).

### **3.6.3 CBS bileşenleri**

Yazılım bileşenlerinin bir araya getirilme şekli, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin çeşitliliğinin bir yönüdür. Bununla birlikte, harita verilerinin sayısal biçimde nasıl temsil edildiği de etkin bir şekilde kullanım için önem taşımaktadır. CBS, bir harita üzerinde bulunan iki tür veriyi depolar; bunlar, yeryüzündeki yüzey özelliklerinin coğrafi tanımları ve bu özelliklerin sahip olduğu niteliklerdir (Eastman, 2001).

CBS tek bir yazılım olarak düşünölmekle birlikte, genelde farklı bileşenlerden oluşmaktadır. CBS için önemli bileşenler aşağıda verilmiştir.

#### **1. Mekansal ve Öznitelik Veritabanı**

Sistem, merkezi veritabanı olmakla birlikte, haritalar kümesi ve dijital formdaki ilişkili bilgilerden oluşmaktadır. Veritabanı yeryüzü özellikleri ile ilgilendiği için, iki unsurdan oluşur. Yer yüzeyi özelliklerini (şekil ve konum) tanımlayan bir mekansal veri tabanı ve bu özelliklerin niteliklerini tanımlayan bir öznitelik veritabanı. Bu nedenle, örneğin, mülkiyet veritabanında, mekansal veri, arazi kullanımı, mal sahibi, değeri, mülk değerlemesi ve benzeri niteliklerde tanımlanmış bir mülk parseli olabilir.

#### **2. Kartografik Görüntüleme Sistemi**

Kartografik Görüntüleme Sistemi, veritabanının seçilen öğelerini alıp bir harita veya yazıcı veya çizici gibi bazı basılı aygıtlarda harita üretilmesini sağlar.



### 3. Harita Sayısallaştırma Sistemi

Sayısallaştırma ile mevcut kağıt haritaları dijital form haline getirerek veritabanının geliştirilmesi sağlanır.

### 4. Veritabanı Yönetim sistemi

Bir CBS'nin sonraki mantıksal bileşeni, Veritabanı Yönetim Sistemi (VYS) 'dir. Geleneksel olarak bu terim, öznitelik verilerini girmek, yönetmek ve analiz etmek için kullanılan bir yazılım türü anlamına gelir. Ayrıca, mekansal veri tabanı yönetiminin de gerekli olduğunu bilmemiz gerekir. Bu nedenle, bir CBS genellikle sadece geleneksel bir VYS değil, aynı zamanda saklanan coğrafi verilerin geometrik ve sözel bileşenlerini yöneten çeşitli araçlar da içerir.

VYS ile tablolama bilgileri ve istatistikler gibi öznitelik verilerini girmek ve sonrasında yeni tablo halinde raporlar sunmak için özel tablolar ve istatistiksel özetler çıkarmak mümkündür. Bununla birlikte, en önemlisi, nitelik verilerini analiz etme olanağı sağlamasıdır.

### 5. Coğrafi Analiz Sistemi

Tam bir CBS için, verileri gerçek mekânsal özelliklere dayalı olarak analiz etme yeteneğine yani Coğrafi Analiz sistemine (CAS) ihtiyaç vardır.

Bir CAS ile geleneksel veritabanı sorgusunun yeteneklerini, konumlarını temel alarak verileri analiz etme yeteneğini de içerecek şekilde genişletmek mümkündür. Aynı özelliklere ait özniteliklerden söz edildiği sürece geleneksel veritabanı sorgusu yeterli olabilmektedir. Özellikler farklı olduğunda ise yetersiz kalmakta ve CBS'ye ihtiyaç duyulmaktadır. CBS özelliklerinden olan ortak coğrafik olaylara dayalı olarak farklı özellikleri karşılaştırma kabiliyeti budur.

### 6. Görüntü İşleme Sistemi

Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin bazı yazılımları uzaktan algılanan görüntülerini analiz etme ve özel istatistiksel analizler yapma kabiliyetini de içerir. Görüntü işleme yazılımı, ham uzaktan algılanmış görüntüleri çeşitli sınıflandırma kuralına göre yorumlanmış harita verilerine dönüştürülmesini sağlar.

### 7. İstatistiksel Analiz Sistemi

İstatistiksel analiz, mekansal verilerle ilgili hem geleneksel analizleri hem de bazı özel analizleri yapmaya imkan tanımaktadır.

### 8. Karar destek sistemi

CBS'nin en önemli işlevlerinden biridir. Sistemin diğer bileşenleri ile birlikte kullanıldığında, karar vericiler için güçlü bir araç sağlar (Eastman, 2001).

#### 4. UYGULAMA

Araştırma, doğal ve yapay çevresel nedenlerle, doğal liman olan Sinop ili merkez kıyı çizgisindeki değişimin kaynaklarıyla ilgili güvenilir veriler elde edilmesi, geleceğe yönelik kıyı ve şehir planlamasına katkı sağlayacak etkin kararlar alınması açısından önem taşımaktadır.

Sinop ili sınırları içinde kalan yaklaşık 65 km<sup>2</sup> alan çalışma alanı olarak kullanılmıştır. Ayrıca çalışma alanı kıyı çizgisi uzunluğu yaklaşık 33 km'dir.

Sinop, Karadeniz kıyı şeridi üzerinde kuzeye doğru en çok sivrilmiş olan Boztepe Burnu ve Yarımadası üzerinde kurulmuştur. 41 derece 12 dakika ile 42 derece 06 dakika kuzey enlemleri ve 34 derece 14 dakika ile 35 derece 26 dakika doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Sinop ili uygulama alanı.

Sinop 5862 kilometre kare yüzölçümüne sahip olup il merkezi bu yüz ölçümün sadece % 0.8' ini kaplar. Batısında Kastamonu, güneyinde Çorum, güneydoğusunda Samsun illeri ile çevrili ve kuzeyinde Karadeniz bulunur. 475 km sınır uzunluğunun, 300 km'si kara, 175 km'si ise denize ait kıyıdır. Dağlar denize paralel olarak uzanmıştır ve kuzeybatıda yer alan dağlar merkez ilçe sahillerine 9-10 km yaklaştıkça alçalarak sahil ovalarını oluşturur. Sinop'un kuzeybatısında ve güneydoğusunda yer alan iki limanı vardır. Güneydoğuda bulunan liman, Sinop'un esas limanıdır. Kuzeybatısında bulunan Akliman ve Hamsilos Koyu eski devirlerde barınak yeri olarak kullanılmıştır. Sinop, Karadeniz kıyılarının girintili ve çıkıntılı kıyılarındandır (URL-3).

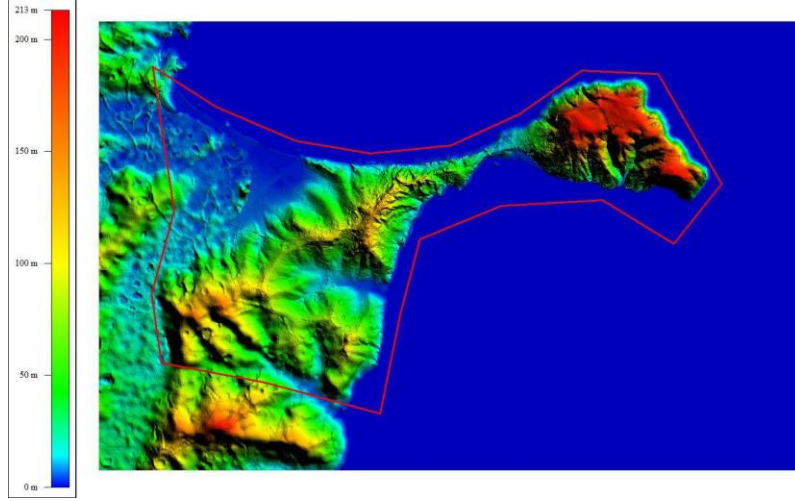
#### **4.1 Kullanılan Materyal ve Yazılımlar**

Değişimlerin belirlenmesinde, 2004 yılına ait 0.6 m mekansal çözünürlüğe sahip Quickbird ile 2014 yılına ait 0.5 m mekansal çözünürlüğe sahip Pleiades yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, 2007 yılına ait halihazır haritadan alınan sınır vektörel veri ve 2017 yılına ait düşük mekansal çözünürlüklü Landsat 8 uydu görüntüsü ve 2017 yılına ait İHA görüntüleri kullanılmıştır.

Projeksiyon dönüşümü, sayısallaştırma, ortorektifikasyon, görüntü sınıflandırma, doğruluk analizi ve veri analizleri ise Arcgis, ENVI ve Agisoft Photoscan yazılımları kullanılarak yapılmıştır.

Çalışmada kullanılan görüntüler ve bütün veriler UTM 36N projeksiyonu ve WGS84 datumuna dönüştürülmüştür.

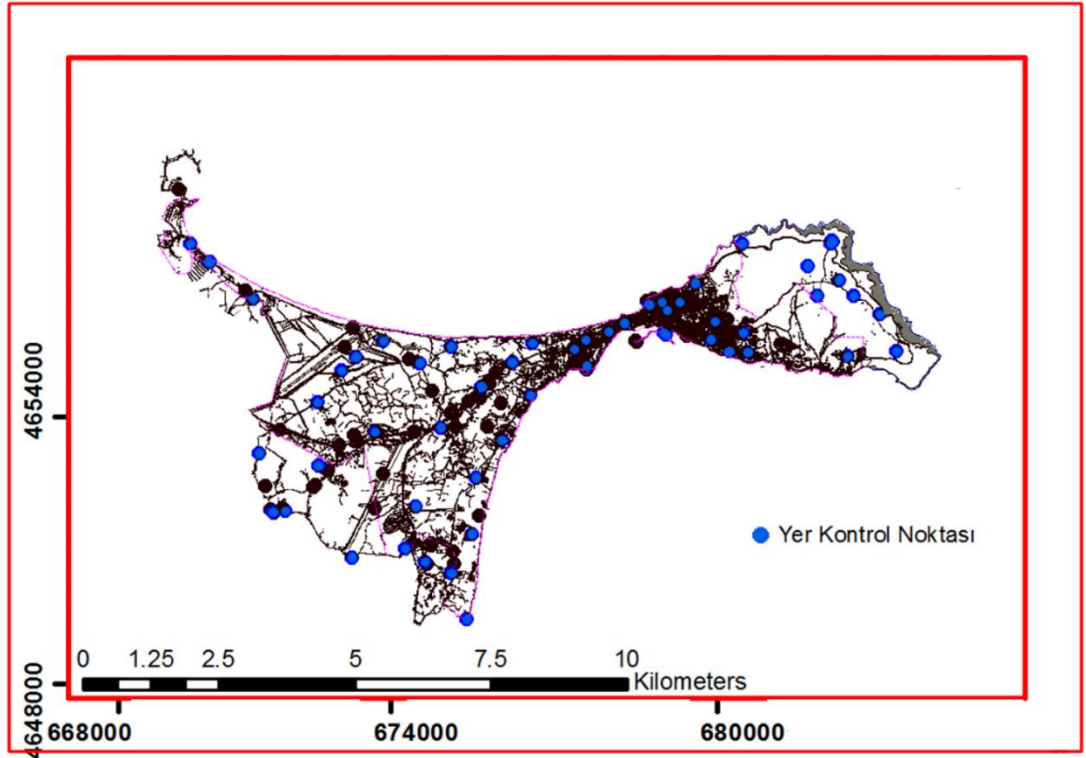
Ortorektifikasyon sırasında kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli, 1:1000 ölçekli halihazır kontur verilerinden ve boş alanların Aster GDEM verisi ile birleştirilmesinden elde edilmiştir. 2m yersel çözünürlüğe sahiptir. Kapsamı Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.2:** Sayısal yükseklik modeli.

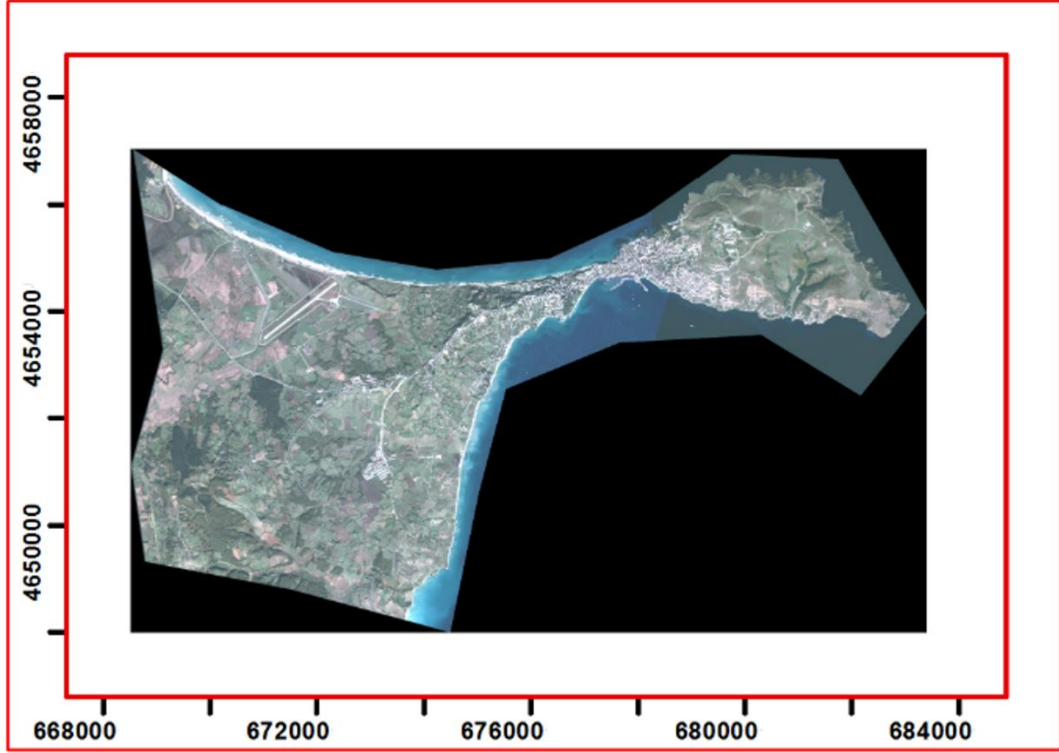
QuickBird uydu görüntüsü 2003-2004 yıllarında çekilmiş 2 parçadan oluşmakta olup ortorektifikasyon sonrasında birleştirilerek kullanılmıştır.

2003 yılına ait QuickBird görüntüsü için 47 adet, 2004 yılına ait QuickBird görüntüsü için 31 adet ve 2014 yılına ait Pleiades uydu görüntüsü için 57 adet yer kontrol noktası kullanılmıştır. Yer kontrol noktaları ve vektörel kadastro haritası genel görünümü Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

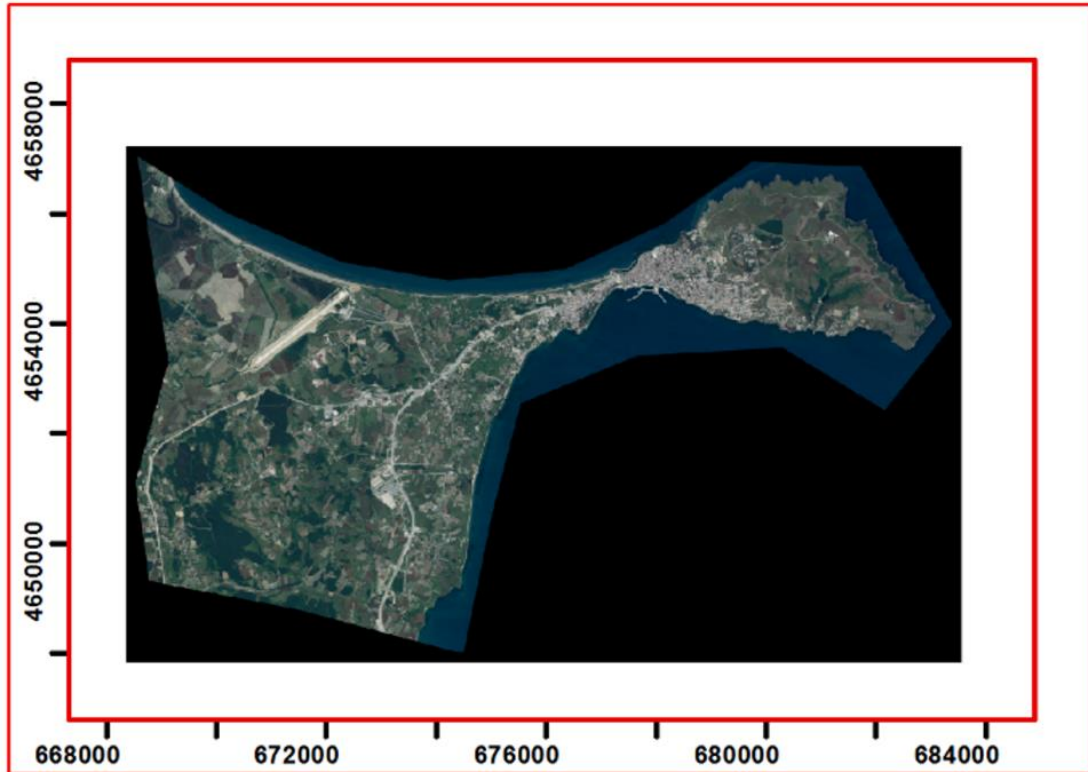


**Şekil 4.3:** Kadaastro haritası ve YKN.

Kullanılan uydu görüntüleri Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.4: 2004 yılı QuickBird uydu görüntüsü.



Şekil 4.5: 2014 yılı Pleiades uydu görüntüsü.



**Şekil 4.6:** 2017 yılı Landsat 8 uydu görüntüsü.

QuickBird uydu teknik özellikleri Çizelge 4.1’de, uydu görüntüsü özellikleri ise Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’te verilmiştir.

**Çizelge 4.1:** QuickBird uydusunun teknik özellikleri.

Uydu Adı	QuickBird
Ülke	ABD
Fırlatma Tarihi	2001
Yükseklik	450km
Spektral Bant	Pan: 0.445-0.900 m; MS: VNIR:0.45-0.52,0.52-0.60,0.63-0.69,0.76-0.89
Çözünürlük	Pankromatik: 0.6m; Multispektral: 2.4m
Çerçeve	16.5 km Genişlik

**Çizelge 4.2:** QuickBird uydu görüntüsü özellikleri.

<b>Uydu Özellikleri</b>	<b>Görüntü</b>
Görüntüleme tarihi ve zamanı	15/Kasım/ 2003
Görüntüleme açısı (nadirden)	4.5 derece
Görüntü Bulut oranı	%0
Görüntü Tipi	Ortho-ready
Görüntü radyometrik çözünürlüğü	orijinal 11bit- 16bit
Görüntü datum ve projeksiyon tipi	WGS84 – UTM 36

**Çizelge 4.3:** QuickBird uydu görüntüsü özellikleri.

<b>Uydu Özellikleri</b>	<b>Görüntü</b>
Görüntüleme tarihi ve zamanı	24/Eylül/ 2004
Görüntüleme açısı (nadirden)	17.3 derece
Görüntü Bulut oranı	%0
Görüntü Tipi	Ortho-ready
Görüntü radyometrik çözünürlüğü	orijinal 11bit- 16bit
Görüntü datum ve projeksiyon tipi	WGS84 – UTM 36

Ortorektifikasyon sonucu, 2004 yıllarına ait QuickBird uydu görüntüleri RMSE konumsal doğruluk değerleri Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’te verilmiştir.

**Çizelge 4.4:** QuickBird (2003) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.

<b>Uydu</b>	<b>RMSE-X (m)</b>	<b>RMSE-Y (m)</b>
QuickBird	0.99	0.48

**Çizelge 4.5:** QuickBird (2004) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.

<b>Uydu</b>	<b>RMSE-X (m)</b>	<b>RMSE-Y (m)</b>
QuickBird	0.32	0.37

Pleiades uydu teknik özellikleri Çizelge 4.6’da, uydu görüntüsü özellikleri ise Çizelge 4.7’de verilmiştir.

**Çizelge 4.6:** Pleiades uydusunun teknik özellikleri.

Uydu Adı	Pléiades1A , Pléiades 1B
Ülke	Fransa
Fırlatma Tarihi	2012
Yükseklik	694km
Spektral Bant	Pan: 0.47-0.83 m; Mavi = 0.43-0.55 m, Yeşil = 0.50-0.62 m, Kırmızı = 0.59-0.71 m, Yakın Kızılötesi = 0.74-0.94 m (NIR)
Çözünürlük	Pankromatik: 0.5m; Multispektral: 2.0m
Çerçeve	20 km Genişlik

**Çizelge 4.7:** Pleiades uydu görüntüsü özellikleri.

Uydu Özellikleri	Görüntü
Görüntüleme tarihi ve zamanı	11/Haziran/ 2014
Görüntüleme açısı (nadirden)	20.2
Görüntü Bulut oranı	%0
Görüntü Tipi	Primary
Görüntü radyometrik çözünürlüğü	Orijinal 11bit- 16bit
Görüntü datum ve projeksiyon tipi	WGS84 – UTM 36

2014 yılına ait uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değeri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8:** Pleiades (2014) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.

Uydu	RMSE-X (m)	RMSE-Y (m)
Pleiades	0.50	0.38

Landsat L8 1972’de başlayan kara uzaktan algılama uydularının en son sürümüdür. L8 verileri, Dünya’nın toprak kütlelerinin büyük ölçüde bulut bulmayan görüntüsü olan Sunlit’in küresel bir arşivini sistematik olarak kurar ve periyodik olarak yeniler. İki sensörden, Operational Land Imager (OLI) ve Thermal Infrared Sensor (TIRS) gelen



veriler, Top of Atmosphere (TOA) yansımaları veya mutlak spektral parlaklık açısından yüzde 5 belirsizlikten daha iyi olacak şekilde kalibre edilir. Yüzde 90 güvenlikte (CE 90) 65 metrelik dairesel hata daha iyi bir jeodezik doğruluğa sahiptir. Landsat 8 uydu görüntüsü teknik özellikleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

**Çizelge 4.9:** Landsat 8 uydusu görüntüleme özellikleri.

Spektral Aralık	Dalgaboyu (µm)	Çözünürlük (m)
Band 1 - Kıyı/ Aerosol	0.433 - 0.453	30
Band 2 - Mavi	0.450 - 0.515	30
Band 3 - Yeşil	0.525 - 0.600	30
Band 4 - Kırmızı	0.630 - 0.680	30
Band 5 - Yakın Infrared	0.845 - 0.885	30
Band 6 - Kısa Dalga Infrared	1.560 - 1.660	30
Band 7 - Kısa Dalga Infrared	2.100 - 2.300	30
Band 8 - Pankromatik	0.500 - 0.680	15
Band 9 - Sirkülasyon	1.360 - 1.390	30
Band 10 - Uzun Dalgaboyu Infrared	10.30 - 11.30	100
Band 11 - Uzun Dalgaboyu Infrared	11.50 - 12.50	100

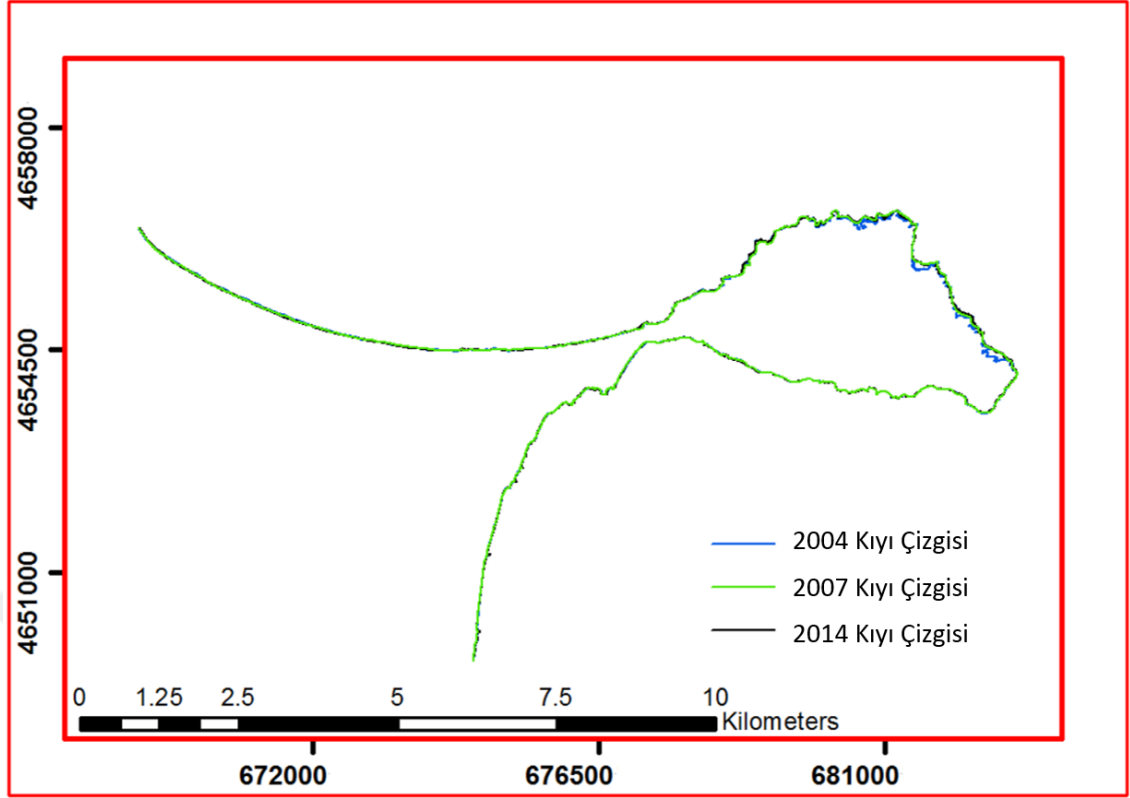
2017 yılına ait uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değeri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

**Çizelge 4.10:** Landsat-8 (2017) uydu görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.

Uydu	RMSE-X (m)	RMSE-Y (m)
Landsat 8	7.164	0.2388

#### 4.2 Uydu Görüntülerinden Kıyı Çizgisinin Çıkarılması ve Değişim Analizi

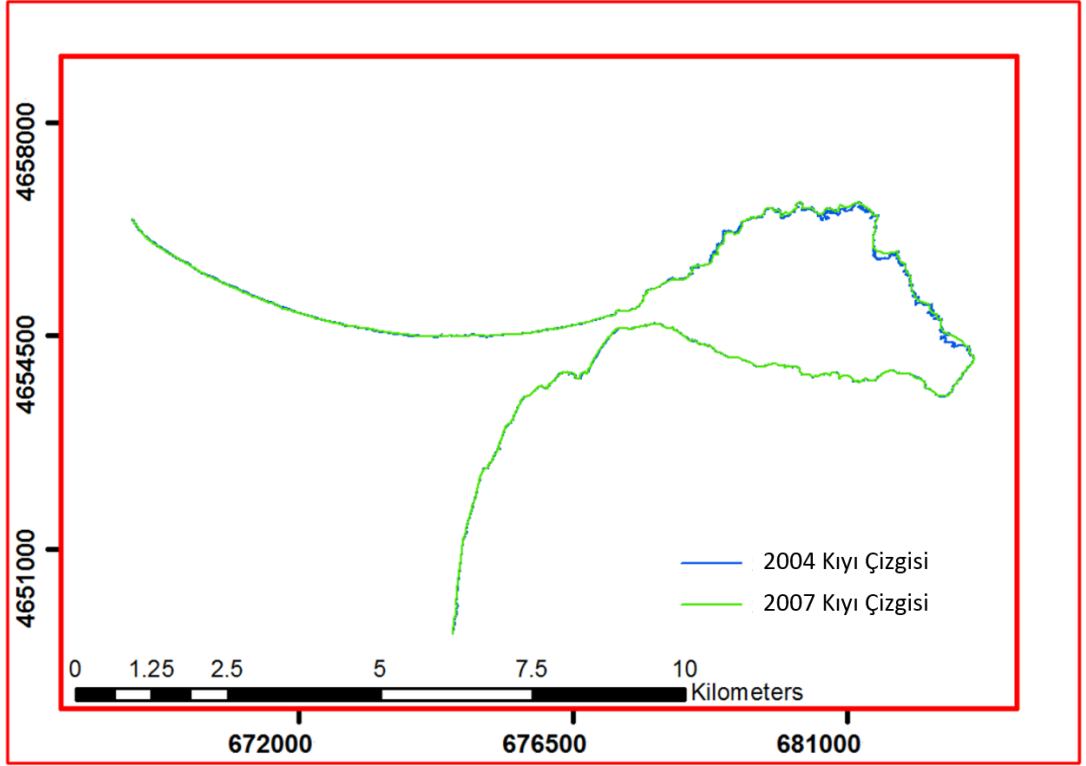
Bütün görüntüler manuel olarak Arcgis yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmış ve kıyı çizgileri üretilmiştir (Şekil 4.7). Oluşturulan sayısal haritalar ile CBS analiz yöntemi olan “overlay” kullanılarak, kara alanlarında meydana gelen değişim alanları oluşturulmuştur.



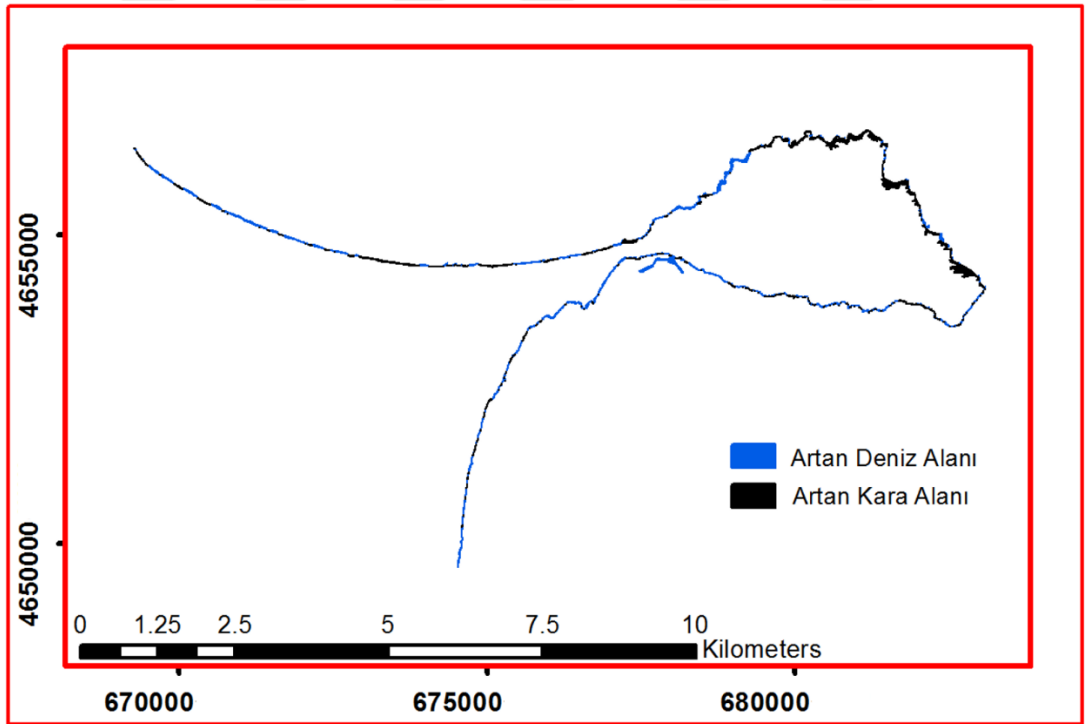
Şekil 4.7: 2004, 2007 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgisi.

2004-2007 Yılları Arası Değişim Belirleme:

Yapılan sayısallaştırma işlemi sonrası 2004-2007 yılları arası sınırlar karşılaştırılarak kıyı çizgisindeki 3 yıllık değişim tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Karşılaştırma sonucu 11,63 ha lık kara alanının deniz alanı olarak ve 21,22 ha lık deniz alanının ise kara alanı olarak değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 4.9). Bu tezin çalışma sınırları içerisinde kalan kara alanındaki toplam değişim miktarı 32,85 ha olduğu tespit edilirken net artış ise 9,59 ha olarak tespit edilmiştir.



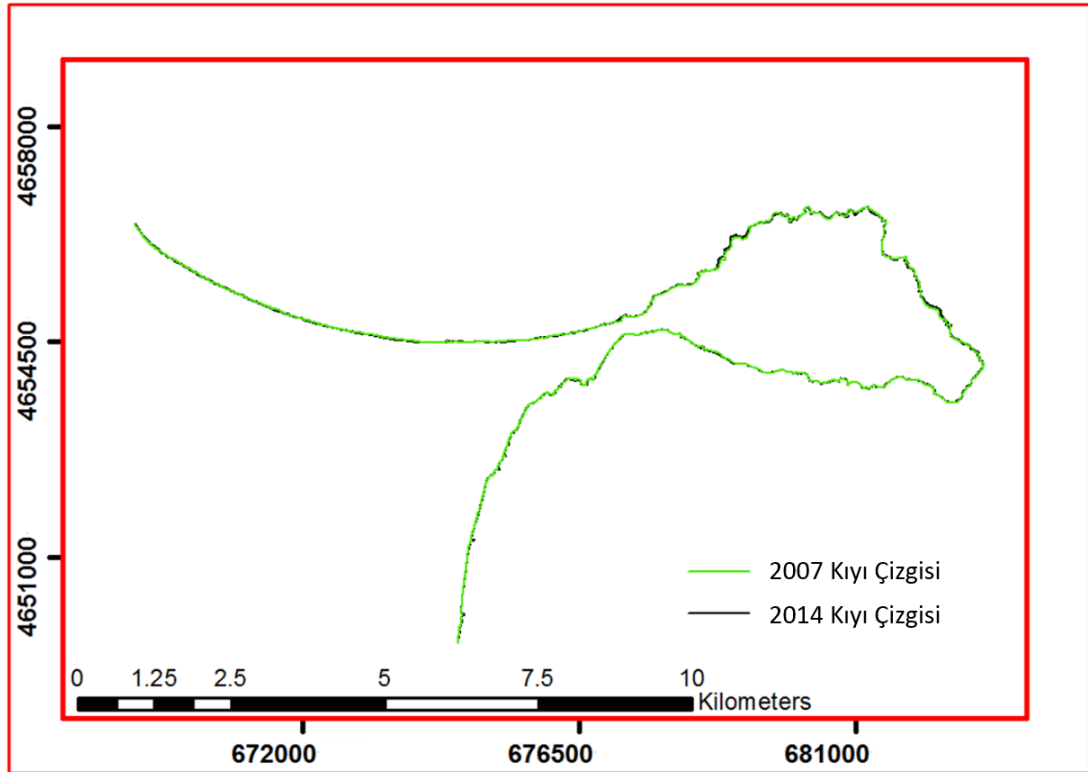
Şekil 4.8: 2004 ve 2007 yıllarına ait kıyı çizgisi.



Şekil 4.9: 2004-2007 yılları arası artan/azalan kara alanı.

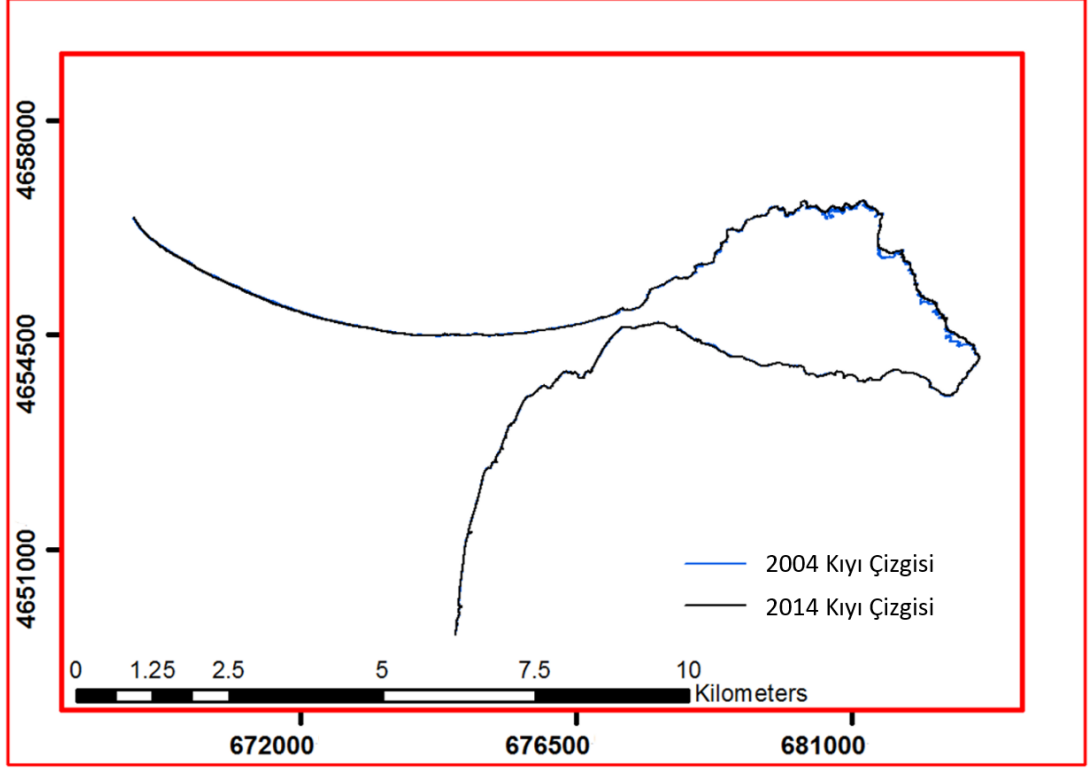
2007-2014 Yılları Arası Değişim Belirleme:

Yapılan sayısallaştırma işlemi sonrası 2007-2014 yılları arası sınırlar karşılaştırılarak kıyı çizgisindeki 7 yıllık değişim tespit edilmiştir (Şekil 4.10). Karşılaştırma sonucu 10,82 ha lık kara alanının deniz alanı olarak ve 12,61 ha lık deniz alanının ise kara alanı olarak (Şekil 4.11) değiştiği tespit edilmiştir. Bu tezin çalışma sınırları içerisinde kalan kara alanındaki toplam değişim miktarı 23,43 ha olduğu tespit edilirken net artış ise 1,79 ha olarak tespit edilmiştir.

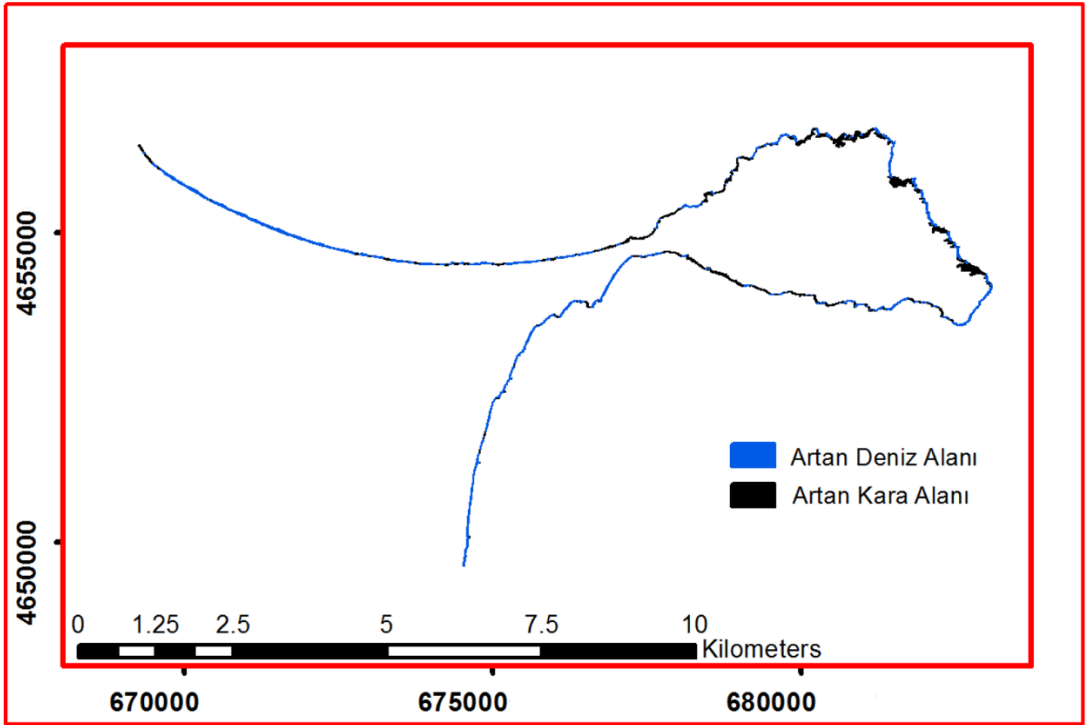


Şekil 4.10: 2007 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgisi.





Şekil 4.12: 2004 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgisi.



Şekil 4.13: 2004-2014 yılları arası artan/azalan kara alanı.

Farklı zaman aralıkları için belirlenen değişim alanları tablo biçiminde Çizelge 4.11’de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** Kara alanlarında meydana gelen değişim miktarları.

TARİH	Artış (ha)	Azalış (ha)	Toplam (ha)	Net (ha)
<b>2004-2007</b>	21.00	11.69	32.69	9.31
<b>2007-2014</b>	12.55	10.51	23.06	2.04
<b>2004-2014</b>	19.76	8.40	28.16	11.36

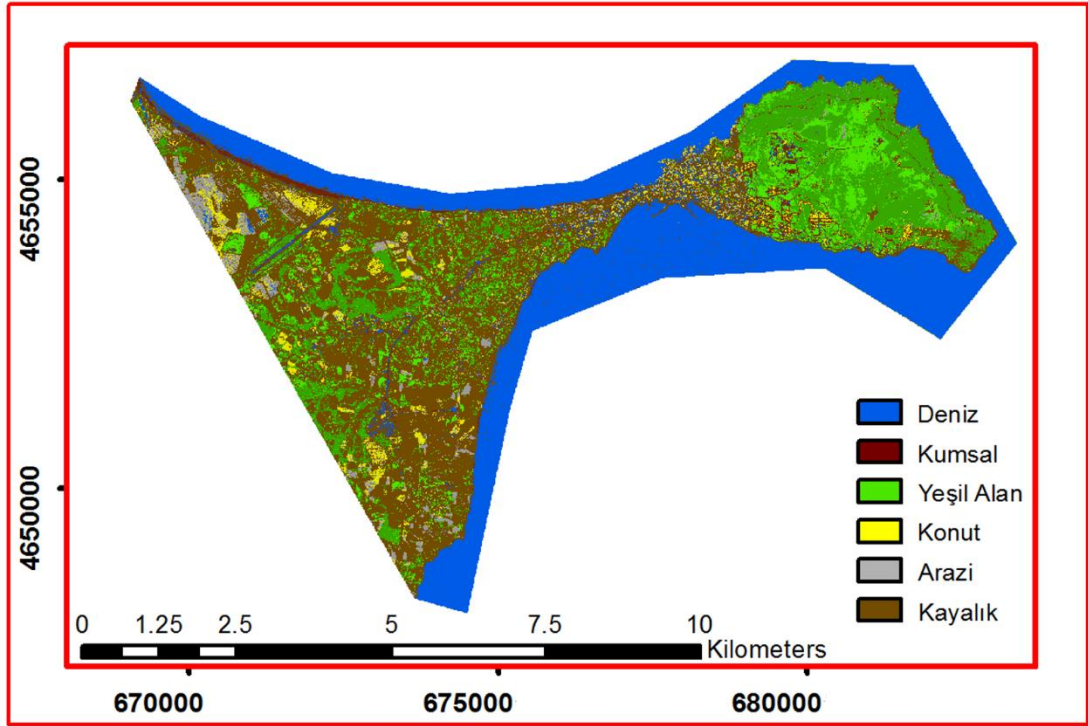
### **4.3 Kontrollü Görüntü Sınıflandırma**

Bilinen ilk uydu görüntüsünün 1972 yılında elde edilmesiyle günümüze kadar farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılmış ve doğruluklarını yükseltmek amacıyla birçok sınıflandırma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında en çok tercih edilen yöntem maksimum olabilirlik yöntemidir. Bunun yanında literatürde yapay sınır ağları, destek vektör makineleri ve karar ağaçları gibi parametrik olmayan yöntemlerinde sık kullanılan yöntemlerden olduğu bildirilmektedir (Çölkesen, 2009). Sınıflandırma için objelere ait özellikler önceden belirlenerek 10 farklı eğitim sınıfı oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sınıflar deniz (deniz+dalga), yeşil alan (ağaç+yeşil alan), konut, kayalık, kumsal (kumsal+ıslak kumsal) ve arazi (tarla+gölge) olmak üzere 6 sınıf altında toplanmıştır.

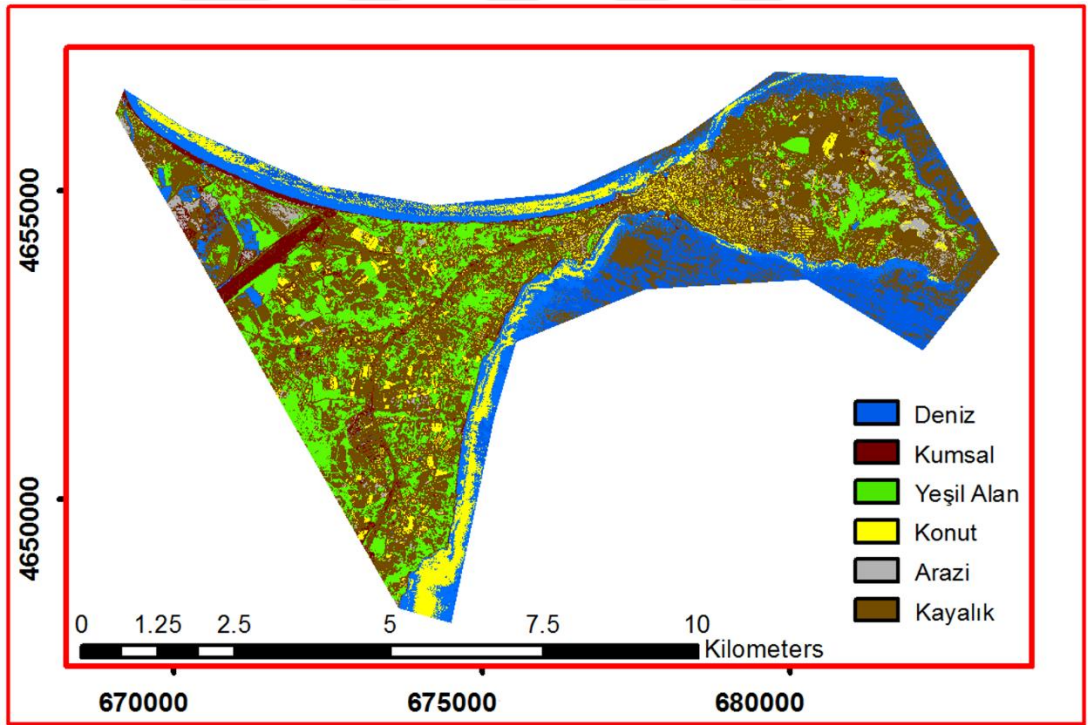
Bu tez çalışmasında, MO, YSA ve DVM yöntemleri ile kontrollü sınıflandırma ve doğruluk analizleri, Envi yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Doğruluk analizi deney pikselleri, orijinal görüntüler üzerinden rastgele seçilerek, sınıflandırma doğruluğu tespit edilmiştir.

#### **4.3.1 Maksimum olabilirlik yöntemi**

Maksimum olabilirlik yönteminin kullanıldığı 2004 yılına ait sınıflandırılmış görüntü Şekil 4.14'te ve 2014 yılına ait görüntü Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14: 2004 yılına ait MO yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü.



Şekil 4.15: 2014 yılına ait MO yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü.

Görüntülere ait deney sayısı, genel doğruluk yüzdesi ve piksel sayısı Çizelge 4.12’de verilmiştir.

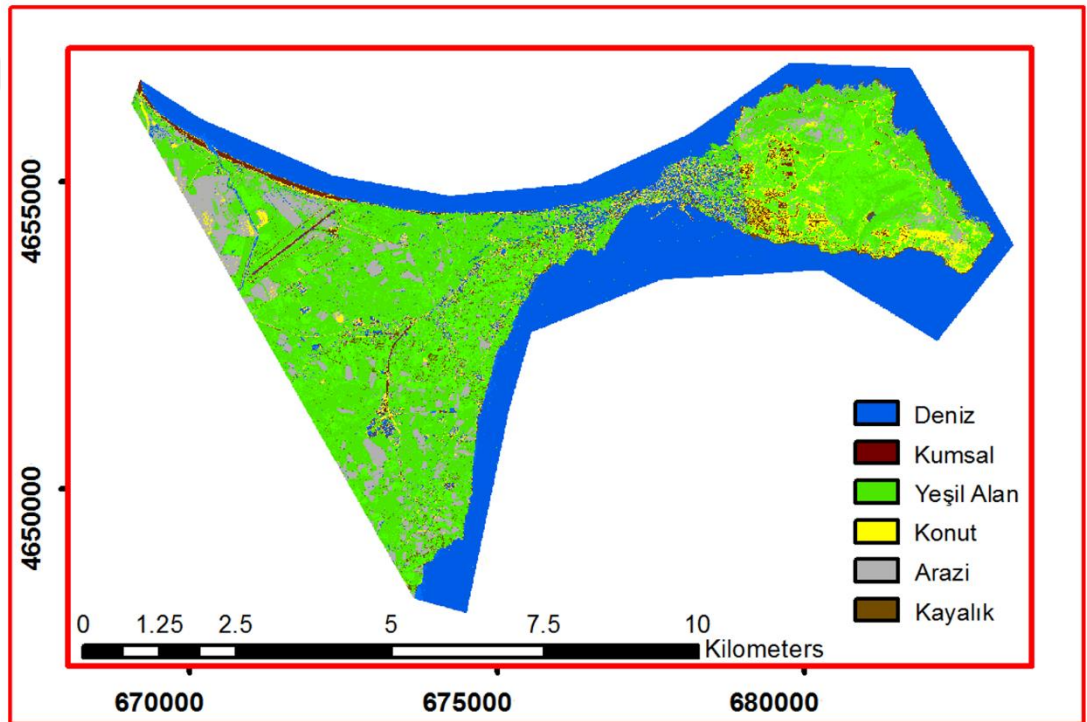


**Çizelge 4.12:** MO doğruluk analizi.

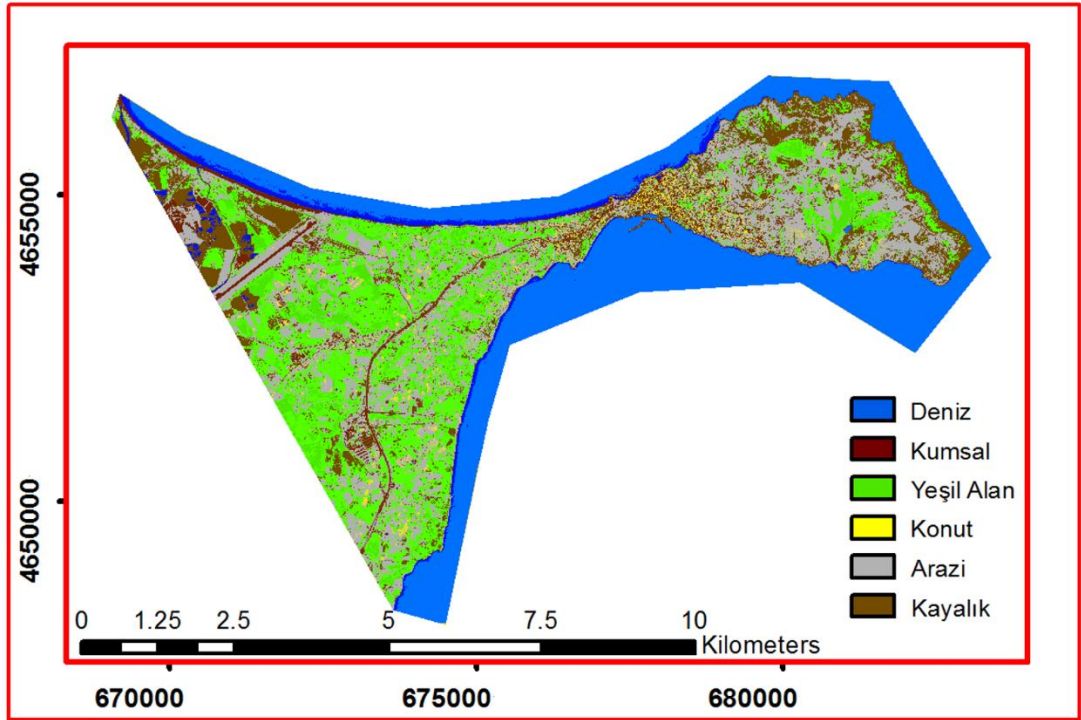
Görüntü	2014	2004
Deney Sayısı	1717	4210
Genel Doğruluk	64.53%	85.41%
Piksel Sayısı	30390/18780	24783/15096

#### 4.3.2 Yapay sinir ağları yöntemi

Yapay sinir ağları yönteminin kullanıldığı 2004 yılına ait sınıflandırılmış görüntü Şekil 4.16’da ve 2014 yılına ait sınıflandırılmış görüntü Şekil.4.17’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.16:** 2004 yılına ait YSA yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü.



Şekil 4.17: 2014 yılına ait YSA yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü.

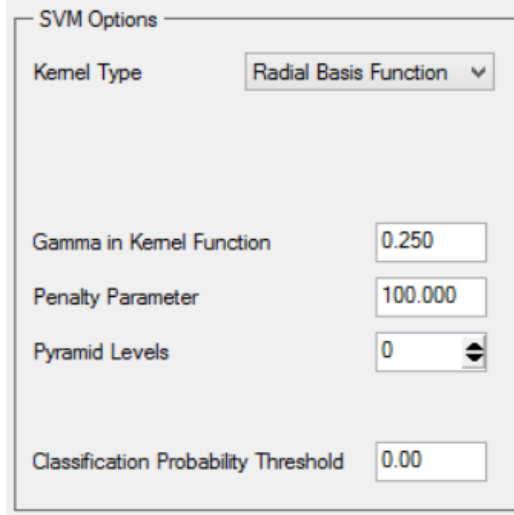
Görüntülere ait deney sayısı, genel doğruluk yüzdesi ve piksel sayısı Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13: YSA doğruluk analizi.

Görüntü	2014	2004
Deney Sayısı	1717	4210
Genel Doğruluk	82.12%	79.66%
Piksel Sayısı	30390/18780	24783/15096

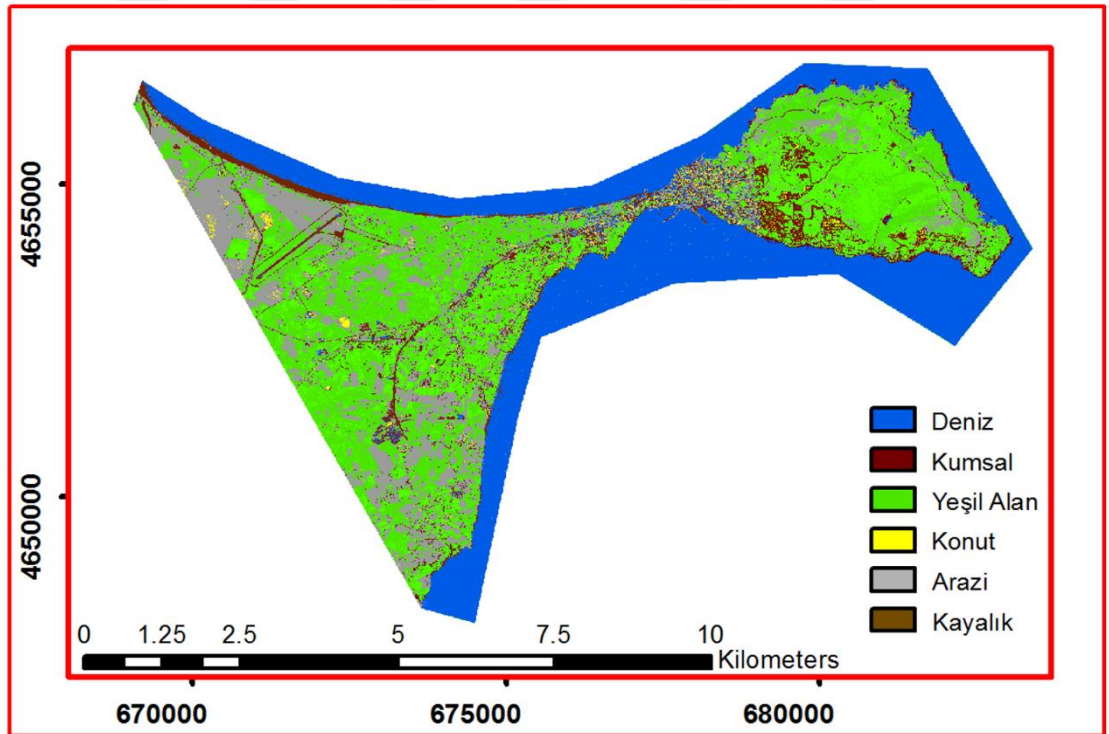
#### 4.3.3 Destek vektör makineleri yöntemi

Destek Vektör Makineleri ile sınıflandırma yapılırken Radyal Tabanlı Kernel fonksiyonu kullanılmıştır. Kullanılan fonksiyon ve bu fonksiyona ait parametreler Şekil 4.18'de belirtilmektedir.

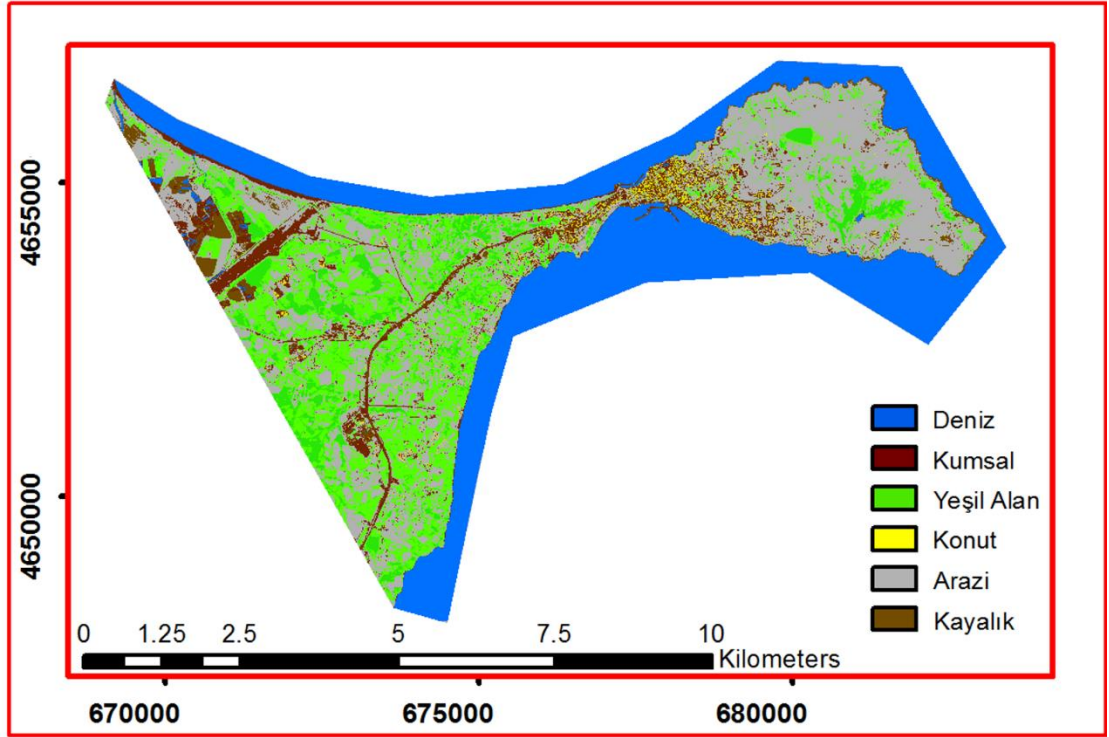


**Şekil 4.18:** DVM yöntemi sınıflandırma parametreleri.

2004 ve 2014 yıllarına ait görüntülerde, DVM kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılarak arazi kullanımları belirlenmiştir. Her iki görüntü de aynı koordinat sisteminde tanımlanarak meydana gelen değişimler alansal olarak belirlenmiştir. Sınıflandırma sonucu elde edilen tematik haritalar, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.19:** 2004 yılına ait DVM yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü.



**Şekil 4.20:** 2014 yılına ait DVM yöntemi ile sınıflandırma görüntüsü.

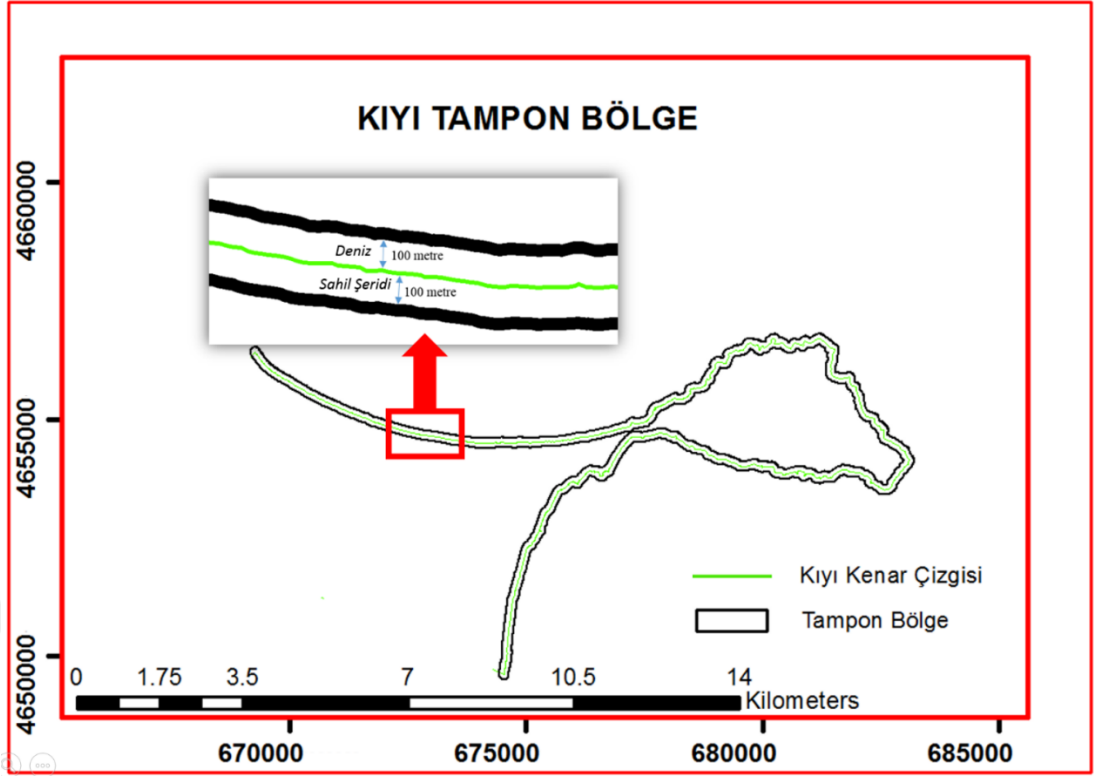
Görüntülere ait genel doğruluk %86-90 dolaylarındadır. Görüntülere ait deney sayısı, genel doğruluk yüzdesi ve piksel sayısı Çizelge 4.14'te verilmiştir.

**Çizelge 4.14:** DVM doğruluk analizi.

Görüntü	2014	2004
Deney Sayısı	1717	4210
Genel Doğruluk	87.82%	86.17%
Piksel Sayısı	30390/18780	24783/15096

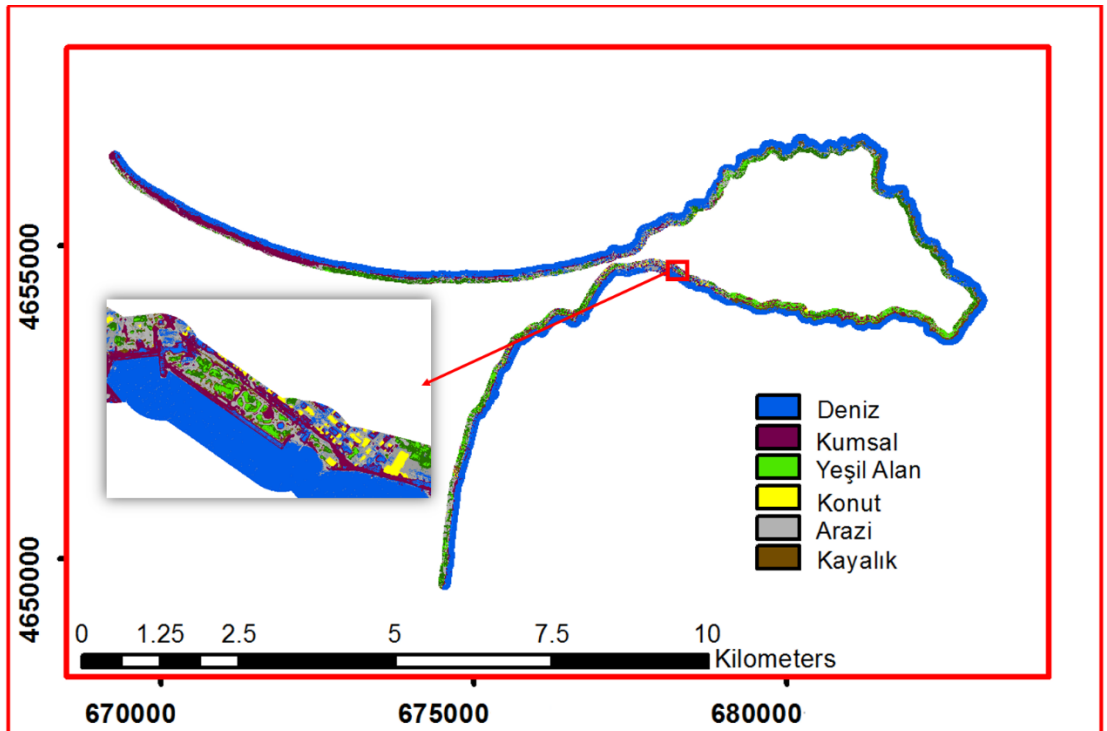
Uydu görüntüleri 3 ayrı sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılarak doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda DVM ile yapılan sınıflandırmanın en doğru sonucu verdiği görülmüştür. Bu yüzden değişim belirleme yüksek sınıflandırma tekniği olan DVM yöntemi ile oluşturulan haritalar ile yapılmıştır.

Arazi kullanımı, sahil şeridini de kapsayan kıyı çizgisi etrafındaki 100 metrelik tampon bölge (Şekil 4.21) içinde kalan DVM ile sınıflandırılmış görüntü ile belirlenmiştir. Bir başka deyişle DVM ile sınıflandırılmış görüntünün tampon bölgeyle çakıştığı alanlarda arazi kullanımı belirlenmiştir.



Şekil 4.21: Tampun bölge kıyı kullanımı değişimi.

2004 ve 2014 yıllarına ait tampon bölge içindeki DVM ile sınıflandırma görüntüleri Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’da verilmiştir.



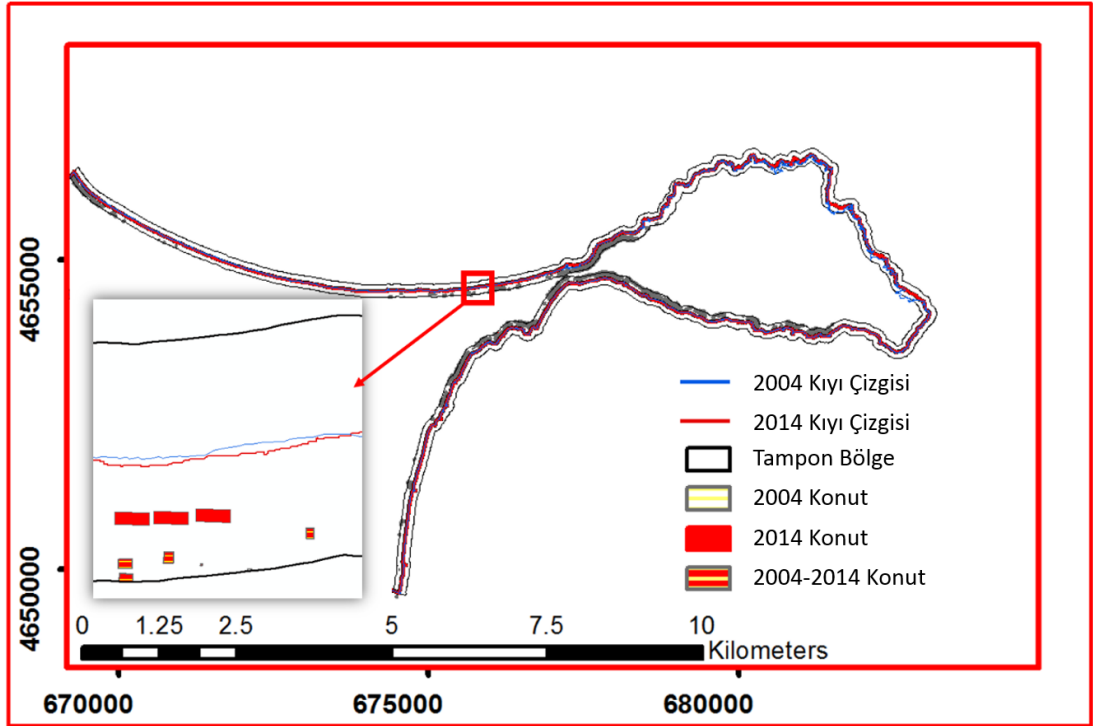
Şekil 4.22: 2004 yılına ait DVM tampon bölge sınıflandırma görüntüsü.



2004-2014 yılları arasında sahil şeridini de kapsayan tampon bölgede konut, kayalık ve arazi alanları artarken yeşil, kumsal ve deniz alanlarında azalma olmuştur. DVM yöntemiyle belirlenen karasal alandaki değişim tespiti sonucunda; değişim gösteren net alan 11.40 ha artış olarak tespit edilmiştir.

Sahil şeridi içerisinde kalan konut alanları halihazır haritadan faydalanılarak uydu görüntüleriyle sayısallaştırılmıştır. Tampon bölge içerisinde kalan deniz alanı ise daha önce kıyı çizgisiyle oluşturulan harita ile sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.25).

Sayısal veriler referans olarak kullanılarak arazi kullanımı sonuçları değerlendirilmiştir. Sayısallaştırılan konut ve deniz alanlarına ait değerler, bu alanların arazi kullanımıyla elde edilen değerleri ve bütün sonuçların karşılaştırılması Çizelge 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25: Tampon bölge; deniz, konut ve kıyı çizgisi.

**Çizelge 4.15:** Tampon bölge konut ve deniz alanları.

	2004 (ha)	%	2014 (ha)	%	Değişim (ha)
Konut	12.23	-	13.26	-	1.03
Konut (Arazi Kullanımı)	4,78	39	9,87	74	5,09
Deniz	324.45	-	314.19	-	10.26
Deniz (Arazi Kullanımı)	318.21	98	306.81	98	11.40

Uydu görüntüleri ile yapılan değerlendirme sonucunda;

- Arazi kullanımıyla değişim belirlemede her iki uydu görüntüsünde de deniz sınıfı konut sınıfından daha başarılı ayırt edilmiştir.
- Konut sınıfında yapılan sınıflandırmada Pleiades uydu görüntüsü QuickBird uydu görüntüsünden daha başarılı ve güvenilir sonuçlar vermiştir.
- Deniz sınıfı, her iki uydu görüntüsüyle yapılan sınıflandırmada tutarlı sonuçlar vererek, 6-8 ha olan farkları 1.14 ha farka indirilerek değişim belirleme başarısını artırmıştır.
- QuickBird uydu görüntüsüyle yapılan sınıflandırma, sayılaştırma sonucu belirlenen konut alanlarının yüzde 39'unu tespit ederken, Pleiades uydu görüntüsüyle yapılan sınıflandırma yüzde 74'ünü tespit edebilmiştir.
- Yapılan sınıflandırmada, bina çatı renklerinin birbirinden farklı olması özellikle gölge, koyu, ve yüksek değerde yansıyan alanlarla karışarak sınıflandırmada konut alanlarının performansını doğrudan etkilemiş ve nesnelere ayırt etmeyi zorlaştırmıştır.

#### **4.4 İHA Görüntülerinden Ortofoto Üretimi ve CBS Entegrasyonu**

Değişim belirleme ve yöntemlerini etkin bir biçimde kullanabilmek ve sürekliliğini sağlayabilmek için, CBS ile Hibrit yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. CBS özellikle veritabanı oluşturmasıyla, nispeten karmaşık, çok sayıda ve farklı türdeki verilerin, birlikte analiz edilebilmesine ve yine bu verilerin daha hızlı güncelleştirilmesine olanak sağlayarak hızlı karar almada etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle tez çalışmasında, İHA ile elde edilen görüntülerden fotogrametrik değerlendirme sonucu üretilen ortofoto, geometrik düzeltmeleri yapılan uydu görüntüleri ve diğer veriler CBS yaklaşımıyla veritabanında birlikte kullanılmış ve analiz edilmiştir.



#### 4.4.1 Resim çekimi

Bu çalışmada resim çekimi için sabit DJI X3 marka kameranın entegre edildiği DJI Inspire-1 İHA modeli kullanılmıştır. Kamera özellikleri Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

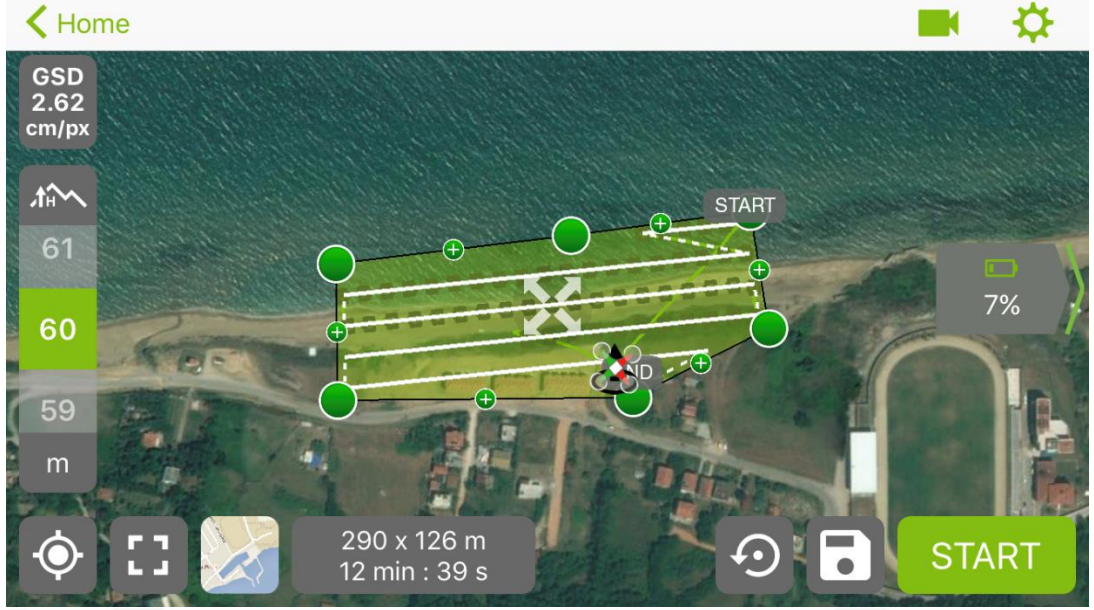
**Çizelge 4.16:** DJI X3 kamera özellikleri.

DJI X3	Özellik
Sensör Boyutu	6.17 x 4.15 mm
Fotoğraf Çözünürlüğü	12.4 MP
Sensör Tipi	CMOS
Lens İris	F / 2.8

Uçuş planı Iphone 7 cep telefonu üzerinde çalışan Pix4D yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır. 60 m uçuş yüksekliği, enine %80 ve boyuna %80 bindirme, düşey kamera açısı, güvenli fotoğraf deklanşör modu ve normal İHA hızı ayarları Pix4D uçuş parametreleri olarak seçilmiştir. Kullanılan İHA resim çekim ayarları Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. Yaklaşık 3 km uzunluğundaki kıyı alanı için maksimum 20 dakika uçabilen İHA ile 7 uçuş gerçekleştirilmiş ve yaklaşık 3 saat süren uçuş işlemi sonunda toplam 623 bindirmeli resim çekilmiştir. Şekil 4.26, ilk uçuşa ilişkin uçuş planını göstermektedir.

**Çizelge 4.17:** İHA çekim ayarları.

DJI INSPIRE-1	Çekim Ayarı
Uçuş Yüksekliği	60 m
Kamera Açısı	Düşey
Yatay Bindirme Oranı	% 80
Düşey Bindirme Oranı	% 80
Yer Örnekleme Aralığı	2,77 cm



Şekil 4.26: Uçuş planı.

#### 4.4.2 Fotogrametrik değerlendirme

İHA ile elde edilen görüntülerin fotogrametrik değerlendirmesinde Agisoft Photoscan Professional 1.3.2 build 4205 yazılımı kullanılmıştır. Havadan çekilen resimlerden ortofoto üretim amaçlı yazılımın iş akışı beş işlem adımından oluşur.

1. Demet dengelemesi ile Kamera hizalama. Her bir resmin kamera dış yöneltme parametrelerini hesaplamak için görüntüler üzerinde ortak bağlantı noktaları çıkarılır ve eşleştirilir. Kamera kalibrasyon parametreleri, Brown'ın distorsiyon modeliyle hesaplanır. Bu model hem radyal hem de teğetsel distorsiyonları düzeltmeye izin verir. Daha doğru kamera konumu hesabı için "Yüksek" doğruluk parametresi seçilebilir (yazılım orijinal boyut görüntülerle çalışır) ve performansı optimize etmek için her resim için eşleşen nokta sayısı (bağlantı noktaları) sınırlandırılabilir. Yer kontrol noktası olarak kullanılan işaretlerin koordinatları, ilgili işaret merkeziyle ilişkilendirilir. Bu prosedür, en doğru yoğun nokta bulutu oluşturmak için işaretlerin kullanıldığı resimleri georeferanslandırma amacına sahiptir. Yazılımda bu işlem ikinci defa uygulanacak demet dengelemesine karşılık gelen "*optimize cameras*" komutuyla gerçekleştirilir.

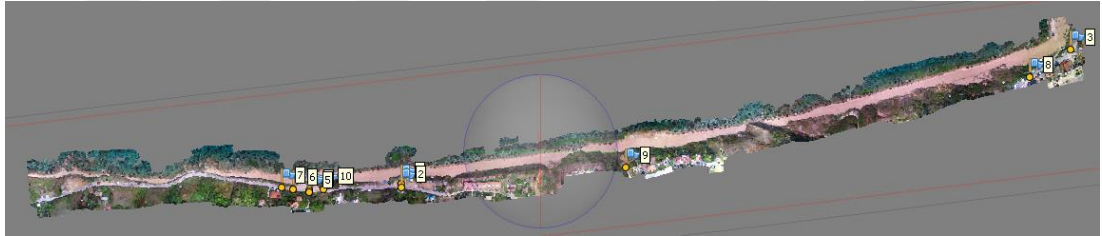
2. İkinci işlem adımı hesaplanan kamera konumlarını ve resimlerin kendilerini kullanarak yoğun nokta bulutunun oluşturulmasıdır. PhotoScan, her bir resim için derinlik haritalarını hesaplar. Daha detaylı ve doğru bir geometri elde etmek için rekonstrüksiyon kalitesi genellikle "Yüksek" olarak seçilir.

3. Üçüncü işlem adımı yoğun nokta bulutuna dayalı nesnenin yüzeyini temsil eden üç boyutlu poligonal modelin üretimidir. Yüzey tipi "Keyfi" (nesnenin türüne ilişkin varsayımlar yapılmaz) veya "Yükseklik alanı" (düzlemsel yüzeylerin 2.5B üretimi) olarak seçilebilir. Çalışma alanının karmaşıklığına göre daha yüksek bellek tüketimi ve daha yüksek işlem süresi gerektirse bile, 3B poligonal model üretimi için yüzey tipi parametresi olarak "Keyfi" seçilir. Kullanıcı maksimum çokgen sayısını belirleyebilir.
4. Dördüncü işlem adımı sayısal yükseklik modelini (SYM) üretip görselleştirmeyi sağlamaktır. SYM, yükseklik değerlerinin düzenli bir gridi olarak yüzey modelini temsil eder. SYM yoğun nokta bulutu, seyrek nokta bulutu veya 3B poligonal modelden üretilebilir. En doğru sonuçlar, yoğun nokta bulutu verilerine dayanılarak hesaplanır.
5. Son işlem adımı kaynak resimlere ve önceki işlem adımlarında üretilmiş yükseklik modeline dayalı olarak yüksek çözünürlüklü ortofoto görüntülerin oluşturulmasıdır. SYM verisine dayalı olarak üretilen ortofoto, özellikle havadan çekilen resimler için uygundur. Alternatif olarak, 3B poligonal model bina cephelerinin ortofoto üretimi için kullanılır.

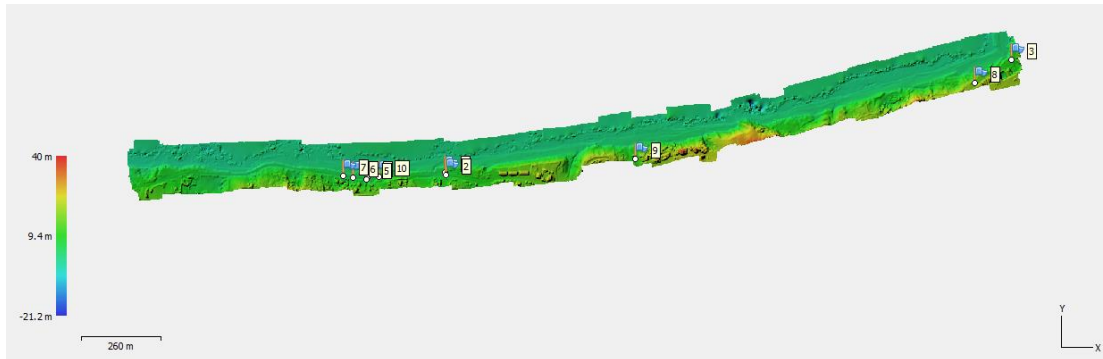
Çizelge 4.18'de özet olarak verilen Photoscan parametre değerleri kullanılarak ortofoto üretimi gerçekleştirilmiştir. Fotogrametrik değerlendirmede diğer verilerle koordinat birliği olması için koordinat sistemi olarak WGS84 datumunda UTM 36N projeksiyonu seçilmiş ve toplam 10 yer kontrol noktası kullanılmıştır. Tüm projede toplam 400 899 bağlantı noktası, yaklaşık 148 000 000 nokta içeren yoğun nokta bulutu üretilmiştir (Şekil 4.27). Bağlantı noktalarına dayalı olarak üretilen SYM'nin (Şekil 4.28) yer çözünürlüğü yaklaşık 5.5 cm, nokta sıklığı 326 nokta/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Üretilen ortomozaikğin (Şekil 4.29) yer örnekleme aralığı yaklaşık 3 cm'dir.

**Çizelge 4.18:** Yoğun nokta bulutu oluşturmak için kullanılan photoscan parametre değerleri ve iş akışı.

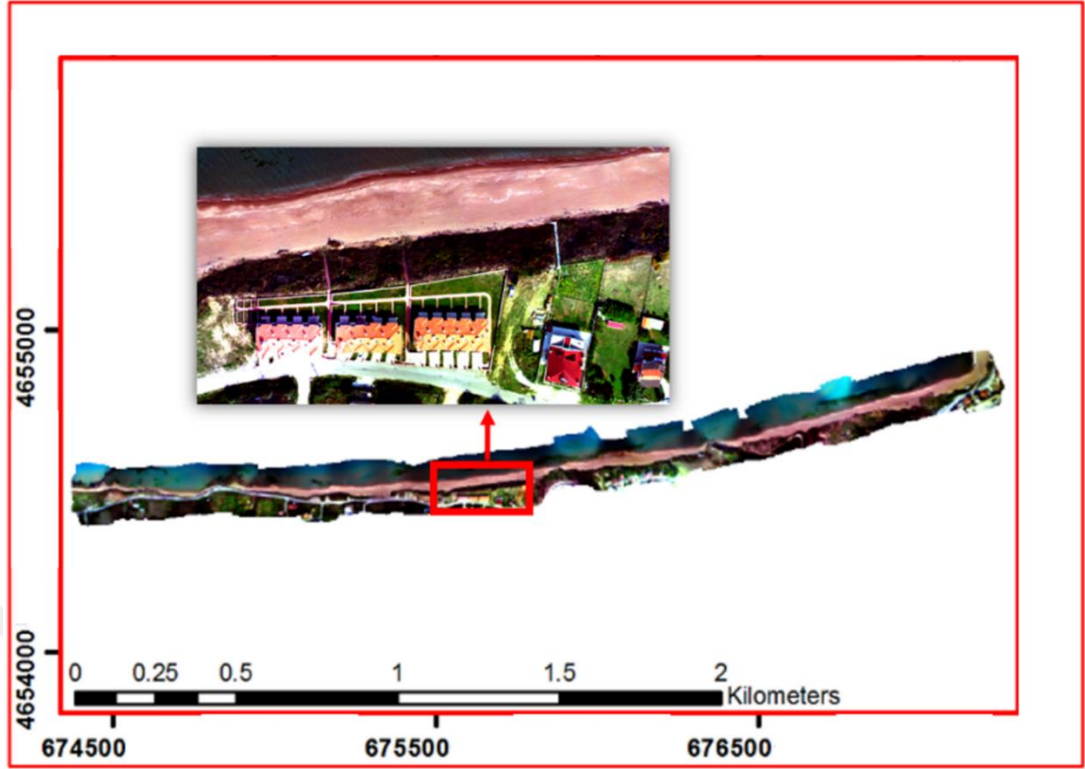
<b>Resimlerin Hizalanması Parametreleri</b>	
Doğruluk (Accuracy)	En yüksek (Highest)
Genel ön seçim (Generic Preselection)	Evet (Yes)
Ortak nokta sayısı sınırı (Key point limit)	40 000
Bağlantı nokta sayısı sınırı (Tie point limit)	4000
<b>Demet Dengelemesi (Optimizasyon) Parametreleri</b>	
Parametreler (Parameters)	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
<b>Yoğun Nokta Bulutu Üretimi</b>	
Kalite (Quality)	Yüksek (High)
Derinlik filtreleme (Depth filtering)	Agresif
<b>3B Poligonal Model Üretimi</b>	
Yüzey tipi (Surface type)	Keyfi (Arbitrary)
Kaynak veri (Source data)	Yoğun (Dense)
SAM Üretimi	
Kaynak veri (Source data)	Yoğun nokta bulutu (Dense)
<b>Ortomozaik Üretimi</b>	
Yüzey (Surface)	SYM (DEM)



**Şekil 4.27:** Yoğun nokta bulutu.



**Şekil 4.28:** Sayısal yükseklik modeli.



Şekil 4.29: Üretilen ortofoto.

Demet dengelemesi sonucunda hesaplanan kontrol noktalarının RMSE konumsal doğruluk değerleri Çizelge 4.19’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.19: (2017) İHA görüntüsü RMSE konumsal doğruluk değerleri.

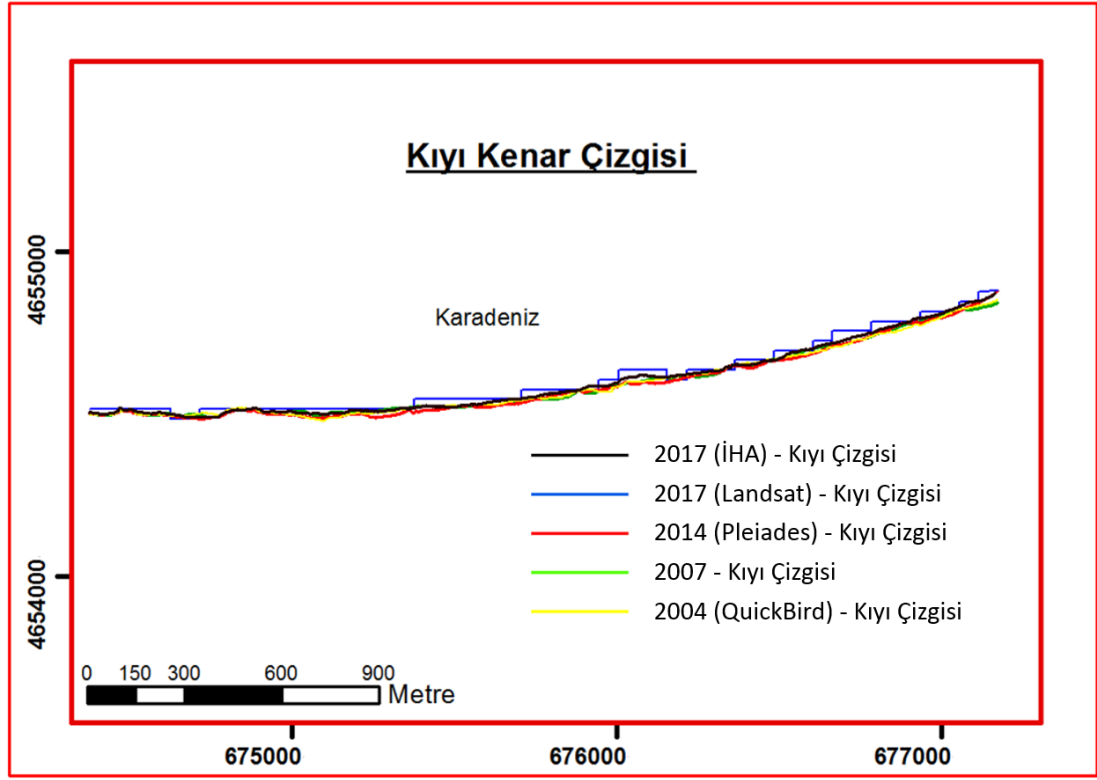
YKN (Adet)	RMSE-X (cm)	RMSE-Y (cm)	RMSE-Z (cm)	RMSE (cm)
10	2,18	2,53	2,40	4,12

#### 4.4.3 CBS entegrasyonu

Üretilen ortofoto üzerinden Arcgis yazılımı ile kıyı çizgisi sayısallaştırılmıştır. Değişim belirleme, İHA görüntülerinden üretilen ortofoto sınırları içerisinde kalan kıyı çizgisi ile yapılmıştır.

Geometrik düzeltme uygulanmış Quickbird (2004) ve Pleiades (2014) uydu görüntüleri ve 2007 yılına ait halihazır haritadan üretilen kıyı sınır çizgileri, 2017 İHA görüntülerinden üretilen ortofoto ve yine 2017 yılına ait geometrik düzeltme uygulanmış Landsat-8 uydu görüntülerinden üretilen kıyı çizgileri ile karşılaştırılmış ve üç ayrı zaman aralığında karada meydana gelen net değişimler belirlenmiştir.

2004-2007-2014-2017-2017 (İHA) kıyı çizgileri Şekil 4.30’da gösterilmiştir. Karada meydana gelen değişim Çizelge 4.20’de gösterilmiş ve birimi hektar olarak verilmiştir.



Şekil 4.30: 2004, 2007, 2014, 2017, 2017 (İHA) yıllarına ait kıyı çizgileri.

Çizelge 4.20: Kara alanlarında meydana gelen değişim miktarları.

	İHA 2017 (ha)	Landsat-8 2017 (ha)
Quickbird (2004)	2,05	4,62
Halihazır harita (2007)	1,61	4,18
Pleiades (2014)	2,52	5,09

Üç farklı zaman aralığı için yapılan karşılaştırmaların tümünde karanın denize ilerlediği ve İHA(2017) ve Landsat 8 (2017) verileri arasında ise 2,57 ha'lık bir fark olduğu görülmüştür.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak yapılan kıyı çizgisi ve kıyı kullanımı değişimi çalışması, planlarla birlikte sayısal olarak analiz edilebilmesi yönünden önem taşımaktadır. Ayrıca planlamada rol oynayan arazi özellikleri ile ilgili analizlerin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi, hızlı ve düşük maliyetlerle yapılabilmesi kullanılabilirliğini artırmaktadır. Bu yönüyle son yıllarda yapılan çalışmalarda daha sık kullanılmaya başlanmıştır.

2004, 2007 ve 2014 yılına ait kıyı çizgileri kullanılarak, CBS yaklaşımı ile kıyıda meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Değişim gösteren alanlar, denizin karaya ve karanın denize ilerlemesi ile oluşan alanlardır. Çalışma alanında karada meydana gelen artış net alan olarak belirtilmiştir.

2004 ve 2014 yıllarına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (Pleiades, Quickbird) kullanılarak, aynı sınıflandırma kurallarıyla yapılan kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden MO, YSA ve DVM karşılaştırılmış, doğruluk analizi ise rasgele belirlenen noktalarla yapılmıştır. 2004 ve 2014 uydu görüntüleri pan-sharpening yapılmış görüntülerdir.

Doğruluk analizleri sonucunda DVM yönteminin en doğru sınıflandırma yaptığı görülmüştür. YSA yönteminin ise DVM yöntemine yakın doğruluğa sahip olduğu ve DVM yönteminden daha hızlı olduğu görülmüştür. Sınıflandırmayı en hızlı tamamlayan yöntemin ise MO yöntemi olduğu gözlenmiştir.

Kıyı çizgisi etrafında sahil şeridini de kapsayan 100 m'lik tampon bölge oluşturulmuş ve DVM yöntemiyle sınıflandırılmış görüntü ile karşılaştırılmıştır. Bu tampon bölge içerisindeki sınıflandırmalar kullanılarak arazi kullanımı belirlenmiştir. Ayrıca tampon bölgede sayısallaştırma sonucu konut ve deniz sınıflarına ait değişim tespiti yapılmış ve referans olarak kullanılarak arazi kullanımı yöntemiyle karşılaştırılmıştır. 2004-2014 yılları arası tampon bölgede DVM yöntemi kullanılarak arazi kullanımı ile değişim belirleme sonucu deniz sınıfındaki değişim 11.40 ha iken, sayısallaştırma sonucu elde edilen deniz alanındaki değişim 10.26 ha olarak tespit edilmiştir. Konut alanında ise arazi kullanımı ile değişim belirleme sonucu değişim 5.09 ha iken, sayısallaştırma sonucu elde edilen değişim 1.03 ha olarak tespit edilmiştir. Konutların

farklı parlaklık değerlerine sahip olmaları ve kullanılan uydu görüntülerine bağlı olarak gölge ve yüksek parlaklık değerine sahip yansımanın fazla olduğu alanlarla karışması konut sınıfındaki performansı doğrudan etkilemiştir.

İHA ile Ortofoto Üretimi ve CBS Entegrasyonunda; 2004, 2007 ve 2014 yıllarına ait kıyı çizgileri, fotogrametrik değerlendirme sonucu 2017 yılına ait İHA ile elde edilen görüntü ve görüntü işleme sonucu 2017 yılına ait uydu görüntüsünden elde edilen kıyı çizgileri ile karşılaştırılarak, üç ayrı zaman aralığında meydana gelen değişimler belirlenmiştir.

2004 uydu görüntüsü ile 2017 İHA ile elde edilen görüntü karşılaştırıldığında, 13 yılda karanın denize ilerlemesiyle oluşan net alan 2,05 ha iken 2017 yılı uydu görüntüsüyle karşılaştırıldığında oluşan net alan 4,62 ha olarak tespit edilmiştir. Uydu görüntüsü İHA ile elde edilen görüntüden 2,57 ha daha fazla karanın denize ilerlediğini göstermektedir. Bunun nedeni ise İHA ile elde edilen görüntünün yer örnekleme aralığı 2,77 cm iken 2017 uydu görüntüsünün 15 m çözünürlüğe sahip olmasıdır.

Değişimler incelendiğinde, doğal liman olan Sinop'un, 2004 yılından 2017 yılına kadar denize doğru ilerlemesiyle karanın sürekli arttığı görülmüştür. Değişimin tespit edildiği 2004 ile 2014 zaman aralığındaki sınırlar incelendiğinde, yüksek miktarlarda değişen alanlar ile ilgili olarak, karanın denize ilerlediği yerlerde, ağaçların da bulunduğu yeşil alanların olduğu gözlemlenmiştir. Bu yönüyle de Sinop kıyı çizgisinin doğal bir şekilde değiştiği söylenebilir. Sahil şeridine konut yapılmasına engel olunarak ve yeşil alanlar artırılarak, denizin karaya ilerlediği yerlerde oluşabilecek tehlikelerin ve denizin ilerlemesinin önüne geçilebilir. Doğal liman olma özelliğiyle Sinop ilinin şehir merkezi alansal olarak küçük ve dar bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla yerleşim alanlarıyla birlikte, ulaşım da ciddi sorunların oluşması kaçınılmaz bir sonuçtur. Kıyıda meydana gelen değişiklikler, gelecekte kıyıda olması muhtemel değişikliklerin önceden tahmin edilmesiyle, şehrin mevcut ihtiyaçları ve oluşabilecek ihtiyaçlarının çözümüne yönelik proje geliştirilmesinde katkı sağlayabilir. Ayrıca imar planlarının revize edilmesinde ve yeniden oluşturulmasında da kıyı çizgisi değişimi dikkate alınmalıdır. Sürekli değişim eğiliminde olan sınırlar, yapay dolgularla, ulaşım ile ilgili sorunları çözüme etkin rol oynayabilir. Farklı kültürlerle ev sahipliği yapmış, eski bir yerleşim yeri olan Sinop, kıyı çizgisi değişimi yardımıyla oluşturulabilecek çok yönlü çözümlerle, yaz turizmi açısından da daha fazla tercih edilen bir bölge haline gelebilir.



## KAYNAKLAR

- Alexakis, D., Sarris, A., Astaras, T. ve Albanakis K., 2011. Integrated GIS, remote sensing and geomorphologic approaches for the reconstruction of the landscape habitation of Thessaly during the neolithic period, *Journal of Archaeological Science*, 38, 1, 89-100.
- Arslan, D., 2005. Kıyı alanlarının yeniden gelişim sürecinde kentsel açık alanların değerlendirilmesi: İstanbul örneği, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atasever, Ü.H., 2011. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında hızlandırma (Boosting), destek vektör makineleri, rastgele orman (Random forest) ve regresyon ağaçları yöntemlerinin kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Banko, G., 1998. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data and of Methods Including Remote Sensing Data in Forest Inventory, interim report, IR-98-081, November.
- Barazzetti, L., Remondino, F. ve Scaioni, M., 2010. Automation in 3D reconstruction: Results on different kinds of close-range blocks, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38, 5, 55–61.
- Berni, J.A.J., Zarco-Tejada, P.J., Suarez, L. ve Fereres, E., 2009. Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47, 3, 722–738.
- Beyazıt, I., 2014. Kızılırmak deltasının zamansal kıyı değişiminin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bilgin, T. M., 2003. Kıyı bantlarının düzenlenmesinin kentsel tasarım yaklaşımı içinde ele alınması, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bozkaya, A.G., 2013. İğneada koruma alanının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile zamansal değerlendirilmesi ve geleceğe yönelik değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Burns, J., Delparte, D., Gates, R. ve Takabayashi, M., 2015. Integrating structure-from-motion photogrammetry with geospatial software as a novel technique for quantifying 3D ecological characteristics of coral reefs. PeerJ 3:e1077; DOI 10.7717/peerj.1077.
- Craig-Smith, S.J. ve Fagence, M., 1995. Recreation and tourism as a catalyst for urban waterfront redevelopment: An international survey, Praeger Publishers, Westport, Connecticut, London.
- Campbell, C. ve Ying, Y., 2011. Learning with Support Vector Machines, Morgan&Claypool Publishers, California, USA.
- Ceylan, M., 2012. Uzaktan algılama ve CBS ile kıyı çizgisi değişiminin belirlenmesi: İzmit körfezi örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakmak, A., 2009. Sinop kıyı kentinin gelişimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çölkesen, İ., 2015. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak benzer spektral özelliklere sahip doğal nesnelerin ayırt edilmesine yönelik bir metodoloji geliştirme, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Demirci, D., 2007. Destek vektör makineleri ile karakter tanıma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, İ., 2008. Uzaktan algılama verileri ile kıyı çizgisi değişiminin zamansal olarak belirlenmesi: Alaçatı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doxani, G., Karantzalos, K. ve Strati, M.T., 2012. Monitoring urban changes based on scale-space filtering and object-oriented classification, International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, 15, 1, 38-48.
- Dunford, R., Michel, K., Gagnage, M., Piégay, H. ve Trémelo, M.L., 2009. Potential and constraints of unmanned aerial vehicle technology for the characterization of mediterranean riparian forest, International Journal of Remote Sensing, 30, 19, 4915-4935.
- Eastman, J.R., 2001. Guide to GIS and image processing, IDRISI32, Release 2, Vol. 1, Manual Version 32.20, pp. 1-161.
- Ekercin, S., 2000. Meriç nehri kıyı çizgisi ve deltasının uydu verileri yardımı ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Ghale, Y.A.G., 2014. Multitemporal change detection on urmia lake and its catchment area using remote sensing and geographical information systems, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hudson, B., 1996. Cities on the shore: The urban littoral frontier, Thomson Learning pressing, Pinter, London, England.
- Hunt, E.R.J., Hively, W.D., Fujikawa, S., Linden, D., Daughtry, C.S. ve McCarty, G., 2010. Acquisition of nir-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring, *Remote Sensing*, 2, 1, 290–305.
- James, G., Witten, D., Hastie, T. ve Tibshirani, R., 2013. An Introduction to statistical learning, Springer, USA.
- Jensen, J.R., 2000. Remote sensing of the environment: An Earth resource perspective, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Ji, L., Zhang, L. ve Wylie B., 2009. Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75, 11, 1307–1317.
- Jianya, G., Haiganga, S., Guorui, M. ve Qiming, Z., 2008 . A review of multitemporal remote sensing data change detection. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, B7, 757-762.
- Johnson, L.F., Herwitz, S.R., Dunagan, S.E., Lobitz, B.M., Sullivan, D. ve Slye, R., 2003. Collection of ultra high spatial and spectral resolution image data over california vineyards with a small UAV, *Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Honolulu, USA, 10–14, p. 3.
- Karakaynak, Z., 2014. Destek vektör makineleri ile sınıflandırma ve görüntü tanıma üzerine bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kavzoglu, T. ve Mather, P.M., 2003. The use of backpropagating artificial neural networks in land cover classification, *International Journal of Remote Sensing*, 24, 23, 4907–4938.
- Kecman, V., 2001. Learning and soft computing: Support vector machines, neural networks, and fuzzy logic models, MIT Press, UK.
- Kesikoğlu, M. H., 2013. Sultan sazlığı milli parkı ve Ramsar alanı kıyı değişiminin uydu görüntü analizleriyle incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kuenzer, C., Ottinger, M., Liu, G., Sun, B., Baumhauer, R. ve Dech, S., 2014. Earth observation-based coastal zone monitoring of the Yellow River Delta: Dynamics in China's second largest oil producing region over four decades, *Applied Geography*, 55, 92–107.

- Kuhn, H.W. ve Tucker, A.W., 1951. Nonlinear programming, Proceedings of 2nd Berkeley Symposium, University of California Pressing, 481-492.
- Leichtle, T., Geiß, C., Wurm, M., Lakes, T. ve Taubenböck, H., 2017. Unsupervised Change Detection in VHR Remote Sensing Imagery an object-based clustering approach in a dynamic urban environment, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 54, 15-27.
- Lelong, C.C.D., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbe, S. ve Baret, F., 2008. Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots, Sensors, 8, 5, 3557–3585.
- Lovell, B.C. ve Walder, C.J., 2006. Support vector machines for business applications, Business applications and computational intelligence, Idea Group, USA.
- Lu, D., Mausel P., Brondizio E. ve Moran E., 2004. Change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, 25, 12, 2365–2407.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S. ve Harley, I., 2006. Close range photogrammetry, Whittles publishing, Caithness, UK.
- Maglione, P., Parente C. ve Vallario A., 2014. Coastline extraction using high resolution WorldView-2 satellite imagery, European Journal of Remote Sensing, 47, 1, 685-699.
- Mas, J.F., 1999. Monitoring land cover changes: a comparison of change detection techniques, International Journal of Remote Sensing, 20, 1, 139-152.
- Mather, P.M. ve Koch, M., 2011. Computer processing of remotely-sensed images: an introduction, Fourth Edition, Wiley-Blackwell, Chichester, UK.
- Mather, P.M., 1999. Computer Processing of Remotely Sensed Images, Second Edition, Chichester, England.
- Mercer, J., 1909. Functions of positive and negative type and their connection with the theory of integral equations, Philosophical Transaction of the Royal Society, 209, 441-458.
- Nebiker, S., Annena, A., Scherrerb, M. ve Oeschc, D., 2008. A light-weight multispectral sensor for micro UAV Opportunities for very high resolution airborne remote sensing, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, 1, 1193–1198.
- Öksüz, K., 2000. Kent ve peyzaj planlaması çerçevesinde kıyı dolgu düzenlemelerinin incelenmesi: Maltepe-Bostancı ve Samatya dolgu alanları sahil parklarının peyzaj planlama açısından irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Özgen, K., 2009. Dikili Kaynarca Ve Bergama ovacık hidrotermal alterasyon zonlarının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Rango, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C. ve Browning, D., 2009. Unmanned aerial vehicle-based remote sensing for rangeland assessment, monitoring and management, *Journal of Applied Remote Sensing*, 3, 1, 1–15.
- Paola, J.D. ve Schowengerdt, R.A., 1995. A detailed comparison of back propagation neural network and maximum likelihood classifiers for urban land use classification, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 33, 4, 981–996.
- Richards, J.A. ve Jia, X., 2005. *Remote sensing dijital image analysis*, 4th edition, Springer, Germany.
- Saroğlu, E., Kaya, Ş. ve Örmeci, C., 2005. Farklı çözünürlükteki uydu görüntülerinin geometrik dönüşümü, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Scaioni, M., Barazzetti, L., Brumana, R., Cuca, B., Fassi, F. ve Prandi, F., 2009. Re-Heli and structure and motion techniques for the 3-d reconstruction of a milan dome spire, *proceedings of the 3rd ISPRS international workshop 3d-arch: 3D virtual reconstruction and visualization of complex architectures*, Trento, Italy, 25–28, pp 8.
- Sesli, A.F., 2006. Sayısal fotogrametri ile kıyı alanlarındaki değişimin izlenmesi, *Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2, 95, 11-17.
- Siewe, S.S., 2007. *Change Detection Analysis Of The Land use and Land cover of The Fort Cobb Reservoir Watershed*, Master of Science, Oklahoma State University, USA.
- Sunar, F., Özkan, C. ve Osmanoğlu, B., 2011. *Uzaktan Algılama*, 1. Baskı, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Yayınevi, Eskişehir.
- Temiz, M.S. ve Doğan, S., 2005. Dijital görüntülerin rektifikasyonu: sensör modelleri, geometrik görüntü dönüşümleri ve yeniden örnekleme, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Turner II, B.L., Clark, W.C., Kates, R.W., Richards, J.F., Mathews, J.T. ve Meyer, W.B., 1990. *The Earth as transformed by human action*, Cambridge University Press, England.
- Turner II, B.L. ve Meyer, W.B., 1994. *Changes in land use and land cover: A global perspective*, Cambridge University Press, England.

- Turner, D., Lucieer A. ve Christopher Watson C., 2012. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (uav) imagery, based on structure from motion (sfm) point clouds, *Remote Sensing*, 4, 5, 1392-1410.
- Tso, B. ve Mather, P.M., 1999. Crop discrimination using multitemporal SAR imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 20, 12, 2443-2460.
- Vapnik, V.N., 1995. *The Nature of Statistical Learning Theory*, SpringerVerlag, USA.
- Volpi, M., Tuia, D., Bovolo, F., Kanevski, M. ve Bruzzone, L., 2013. Supervised change detection in VHR images using contextual information and support vector machines, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 20, 1, 77–85.
- Vural, E., 2008. Boğaziçi sit alanındaki arazi kullanımının zamansal değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wang, B., Choi, S., Byun, Y., Lee, S. ve Choi, J., 2015. Object-based change detection of very high resolution satellite imagery using the cross-sharpening of multitemporal data, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 12, 5, 1151–1155.
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A. ve Avdan, U., 2011. *Fotogrametri*, 1. Baskı, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Yayınevi, Eskişehir.
- Yoo, C. I. ve Oh T.S., 2016. Beach Volume Change Using Uav Photogrammetry Songjung Beach, Korea, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXIII ISPRS Congress, Prague, Czech Republic, Volume XLI-B8, 12–19 .
- Zhang, Y., Xiong J. ve Hao L., 2011. Photogrammetric processing of low-altitude images acquired by unpiloted aerial vehicles, *The Photogrammetric Record*, 26, 134, 190–211.
- Zheng, Y., Zhang, X., Hou, B. ve Liu, G., 2014. Using combined difference image and k-means clustering for SAR image change detection, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11, 3, 691–695.
- URL-1 <<http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm>>, alındığı tarih: 20.03.2017.
- URL-2 <[http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/645/mod\\_resource/content/0/Ek\\_Kaynaklar/siniflandirma.pdf](http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/645/mod_resource/content/0/Ek_Kaynaklar/siniflandirma.pdf)>, alındığı tarih: 20.03.2017.
- URL-3 <<http://www.sinop.gov.tr/cografya>>, alındığı tarih: 20.03.2017.
- URL-4 <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kernel\\_Machine.png](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Kernel_Machine.png)>, alındığı tarih: 20.03.2017.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** : Mustafa GÜREL  
**Doğum Tarihi ve Yeri:** 1986- Kırıkkale  
**E-posta adresi** : mgurel@sinop.edu.tr

### EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

**Lisans** : Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve  
Fotogrametri Mühendisliği (2011)  
**Yüksek Lisans** : Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita  
Mühendisliği A.B.D