

**UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN YARI OTOMATİK KIYI  
ÇIKARIMI VE FRAKTALLARIN BAŞARIM  
DEĞERLENDİRİCİ OLARAK KULLANILMASI**

**SEMI-AUTOMATED SHORELINE EXTRACTION IN  
SATELLITE IMAGERY AND USAGE OF FRACTALS AS  
PERFORMANCE EVALUATOR**

**SİNAN ONUR ALTINUÇ**

**Doç. Dr. EBRU AKÇAPINAR SEZER**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

olarak hazırlanmıştır.

**SİNAN ONUR ALTINUÇ**'un hazırladığı “**Uydu Görüntülerinden Yarı Otomatik Kıyı Çıkarımı Ve Fraktalların Başarım Değerlendirici Olarak Kullanılması**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

(Prof. Dr. Hayri SEVER)

Danışman

(Doç. Dr. Ebru AKÇAPINAR SEZER)

Üye

(Yrd. Doç. Dr. Nazlı İKİZLER CİNBIŞ)

Üye

(Yrd. Doç. Dr. Hakan A. NEFESLİOĞLU)

Üye

(Öğr. Gör. Dr. Murat HACIÖMEROĞLU)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof.Dr. Fatma SEVİN DÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

\_\_/\_\_/2013

Sinan Onur ALTINUÇ

## ÖZET

# UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN YARI OTOMATİK KIYI ÇIKARIMI VE FRAKTALLARIN BAŞARIM DEĞERLENDİRİCİ OLARAK KULLANILMASI

**SİNAN ONUR ALTINUÇ**

**Yüksek Lisans, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. EBRU AKÇAPINAR SEZER**

**Eylül 2013, 77 sayfa**

Kıyı çizgisinin tespit edilmesi coğrafi ve jeolojik çalışma için önem teşkil etmektedir. Kıyı çizgisinin bulunması; kıyılarda zamana bağlı değişikliklerin takip edilmesi, deniz kara ayrımının yapılması, erozyon ve kara hareketlerinin gözlenmesi gibi bir çok konuda önemli bir hedeftir.

Tez kapsamında renkli uydu görüntüleri üzerinde kıyıların tespit edilmesi için kıyı görüntülerinin istatistiksel özelliklerine dayanan yeni bir kıyı tespit yöntemi sunulmuş ve fraktallar kıyı tespiti başarımını ölçmek için bir başarıım ölçüm yöntemi olarak önerilmiştir.

Önce filtreleme uygulanarak gürültü azaltılır. HSV renk uzayından doygunluk kanalı alınarak siyah beyaz bir resim oluşturulur. Ardından varyans haritası hesaplama ve eşikleme kullanılarak kıyılar kabaca tespit edilir. Biçimsel ikili görüntü işleme yöntemleri uygulanır. İnsan etkileşimi kullanılarak deniz üzerinde bir nokta seçilmesiyle kıyı çizgisi bulma tamamlanır.

Başarım değerlendirmesi, bu yöntemle bulunan kıyı çizgileriyle, el ile çizilen kıyı çizgisinin fraktal boyutları karşılaştırılarak yapılır. Fraktal boyutlar arasındaki fark kıyı tespiti işleminde yapılan hatayı temsil etmektedir.

Deney, Google Haritalar'dan ve Quickbird uydusundan alınan renkli uydu görüntüleri üzerinden yapılmıştır. Deney sonucunda görsel değerlendirmeyle kıyıları başarılı bir şekilde bulduğu gözlemlenmiştir. Fraktal boyut değerlendirmesinde görüntülerin çoğunda çok yakın, bir kısmında yakın fraktal

boyutlar elde edilmiştir. Varyans haritası yöntemiyle kıyıların çözünürlüğe bağlı olarak başarılı bir şekilde bulunduğu ve fraktal boyutun ayrıştırma düzeyindeki hataları tespit etmekte başarılı bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı Çizgisi Tespiti, Kıyı Çizgisi Bulma, Fraktal, Başarım Değerlendirmesi, Varyans Haritası

## **ABSTRACT**

# **SEMI-AUTOMATED SHORELINE EXTRACTION IN SATELLITE IMAGERY AND USAGE OF FRACTALS AS PERFORMANCE EVALUATOR**

**SİNAN ONUR ALTINUÇ**

**Master of Science, Department of Computer Engineering**

**Supervisor: Doç. Dr. EBRU AKÇAPINAR SEZER**

**September 2013, 77 pages**

Shoreline extraction has importance on geographic and geologic studies. It is an important objective in many subjects including land-sea segmentation, observation of erosion and land movements.

In this thesis, a method for shoreline extraction in colored images is presented. It's based on the statistical properties of the image and proposes the usage of fractals as a performance evaluation method for shoreline detection.

Filtering is applied to reduce the noise on the image. Then a grayscale image is generated using the saturation channel in HSV color space. Afterward by calculating variance map and thresholding, shorelines are roughly detected. Morphological binary image processing is applied. The shoreline extraction is completed with human interaction by selecting a point in the sea region.

Performance evaluation is performed by comparing the fractal dimension of the hand drawn shoreline with the shoreline generated by the method. The difference between the fractal dimensions represents the error in the shore extraction process.

Experiment is conducted on colored satellite images taken from Google Maps and Quicbird satellite. As a result it is observed that the shorelines are extracted successfully. In fractal dimension evaluation, for most cases very close, for some cases close fractal dimensions are achieved. It is concluded that shoreline can be extracted successfully by variance mapping depending on the resolution of the image and fractal dimension is a good measure for finding detail level errors.

**Keywords:** Shoreline Extraction, Shore Detection, Fractal, Performance Evaluation, Variance Mapping.

## TEŐEKKÖR

BütÖn tez alıŐması boyunca beni yönlendirerek destek olan ve tecrÖbelerini paylaşan danıŐmanım Sayın Doç. Dr. Ebru Akçapınar Sezer'e,

Özellikle görüntÖ işleme alanındaki yardımlarından ve tavsiyelerinden dolayı ArŐ. Gör. Sn. Ali Seydi Keçeli'ye,

Lisans ve yüksek lisans boyunca çok değerli bilgiler öğrendiğim üzerimde emeiği geçen tüm hocalarıma,

Manevi desteğini ve fikirlerini esirgemeyerek daima destek olan değerli arkadaşlarıma,

Her koşulda beni destekleyen, daima yanımda olan ve bunun tohumlarını çok önceden eken sevgili aileme teŐekkÖr ederim.



# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>TEŞEKKÜR.....</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ.....</b>	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....</b>	<b>xi</b>
<b>SÖZLÜK DİZİNİ.....</b>	<b>xii</b>
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.ÖN BİLGİ.....</b>	<b>3</b>
2.1.Görüntü İşleme.....	3
2.1.1. Sayısal Görüntü ve Görüntü İşleme.....	3
2.1.2. Gauss Bulanıklaştırması (Gaussian Blur).....	4
2.1.3. Renk Uzayı Dönüşümü.....	6
2.1.4. Varyans.....	10
2.1.5. İkili (Binary) Sayısal Görüntü İşleme.....	13
2.2.Fraktal Geometri.....	18
2.2.1. Matematiksel (Yapay) Fraktallar.....	20
2.2.2. Doğal Fraktallar.....	21
2.3.Fraktal Boyut .....	22
2.3.1. Hausdorff Ölçüsü.....	23
2.3.2. Hausdorff Boyutu.....	23
2.3.3. Fraktal Boyut Hesaplama.....	24
<b>3.KIYI ÇİZGİSİ TESPİTİ.....</b>	<b>26</b>

3.1.Kıyı Çizgisi Tespitinin Önemi.....	26
3.2.Kıyı Tespiti Yöntemleri.....	27
3.2.1. Eski Kıyı Tespiti Yöntemleri.....	27
3.2.2. Modern Kıyı Tespiti Yöntemleri.....	27
3.3.Önceki Çalışmalar.....	28
<b>4.YÖNTEM.....</b>	<b>31</b>
4.1.Kıyı Tespitinde Renk Uzayı Dönüşümü ve Özellik Seçimi .....	33
4.2.Varyans Haritası.....	35
4.3.Eşikleme.....	40
4.4.İkili Görüntü İşleme.....	41
4.5.El ile İşaretleme.....	43
4.6.Kenar Bulma.....	45
<b>5.DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>47</b>
5.1.Değerlendirmede Ölçmenin Önemi.....	47
5.2.Kıyıların Fraktal Özellikleri ve Değerlendirme Kriteri Olarak Fraktal Boyut...48	
5.3.Fraktal Boyut ile Değerlendirme.....	48
5.4.Fraktal Boyutun Diğer Kullanım Alanları.....	50
<b>6.DENEY.....</b>	<b>52</b>
6.1.Verii Kümeleri.....	52
6.1.1. Google Haritalar Verii Kümesi.....	52
6.1.2. Quickbird Uydu Görüntüleri.....	53
6.2.Uygulama ve Değerlendirme.....	53
6.3.Deney Sonuçları.....	54
6.3.1. Bulunan Kıyıları ve Görsel Değerlendirme.....	54
6.3.2. Fraktal Boyut ile Değerlendirme.....	61
<b>7.SONUÇLAR.....</b>	<b>64</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>68</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>71</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>76</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Gauss Dağılımı.....	4
Şekil 2.2 3 Boyutlu Gauss Dağılımı Gösterimi.....	5
Şekil 2.3 RGB Renk Uzayı .....	6
Şekil 2.4 Örnek Kıyı Görüntüsü.....	7
Şekil 2.5 Örnek Kıyı Görüntüsü Kırmızı Kanal.....	8
Şekil 2.6 Örnek Kıyı Görüntüsü Yeşil Kanal.....	8
Şekil 2.7 Örnek Kıyı Görüntüsü Mavi Kanal.....	9
Şekil 2.8 HSV Renk Uzayı Gösterimi.....	10
Şekil 2.9 Örnek Gürültüsüz Görüntü.....	11
Şekil 2.10 Örnek Gürültülü Görüntü.....	12
Şekil 2.11 Sierpinski Üçgeni.....	19
Şekil 2.12 Koch Eğrisi.....	20
Şekil 2.13 Cantor Tozu.....	20
Şekil 2.14 Mandelbrot Kümesi.....	21
Şekil 2.15 Sierpinski Halısı ve Parçaları.....	24
Şekil 4.1 Kıyı Bulma Yöntemi Adımları.....	32
Şekil 4.2 Örnek Kıyı Görüntüsü Renk Özü (Hue) Kanalı.....	33
Şekil 4.3 Örnek Kıyı Görüntüsü Doygunluk (Saturation) Kanalı.....	34
Şekil 4.4 Örnek Kıyı Görüntüsü Değer (Value) Kanalı.....	34
Şekil 4.5 Deniz Örneği Histogramı.....	37
Şekil 4.6 Kara Örneği Histogramı.....	37
Şekil 4.7 Kara-Deniz Örneği Histogramı.....	38
Şekil 4.8 Örnek Kıyı Görüntüsünün Varyans Haritası Görünümü.....	40
Şekil 4.9 Örnek Kıyı Görüntüsünün Varyans Haritasının İkili Görüntüsü.....	41
Şekil 4.10 Boşlukları Doldurulmuş İkili Görüntü.....	43
Şekil 4.11 Kara ve Deniz Sınıflandırılması Yapılmış Kıyı Resmi.....	45
Şekil 4.12 Tespit Edilmiş Kıyı Çizgisi.....	46
Şekil 6.1 Google Uydu Görüntülerinde Oluşabilen Renk Farklılıklarına Örnek..	53
Şekil 6.2 Google Haritalar Veri Kümesi Akdeniz Bölgesi Görüntüleri.....	55
Şekil 6.3 Google Haritalar Veri Kümesi Ege Bölgesi Görüntüleri.....	56

Şekil 6.4 Google Haritalar Veri Kümesi Karadeniz Bölgesi Görüntüleri.....	57
Şekil 6.5 Google Haritalar Veri Kümesi Marmara Bölgesi Görüntüleri.....	58
Şekil 6.6 Quickbird Veri Kümesi Lara Bölgesi Görüntüleri -1.....	59
Şekil 6.7 Quickbird Veri Kümesi Lara Bölgesi Görüntüleri -2.....	60

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 6.1.Google Haritalar Veri Kümesi İçin Bilgisayarla Bulunmuş ve El ile Çizilmiş Kıyıların Fraktal Boyutları.....	61
Çizelge 6.2.Quickbird Veri Kümesi İçin Bilgisayarla Bulunmuş ve El İle Çizilmiş Kıyıların Fraktal Boyutları.....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

MMS : Mean Shift Segmentation

PSNR : Peak Signal to Noise Ratio

HSV : Hue Saturation Value

RGB : Red Green Blue

Inf : Infimum

Sup : Supremum

## SÖZLÜK DİZİNİ

Alan Açma	: Area Opening
Aşındırma	: Erosion
Benzerlik Boyutu	: Similarity Dimension
Beyaz Gürültü	: White Noise
Biçimsel	: Morphologic
Bulanık Bağlılık	: Fuzzy Connectivity
Çapraz Entropi	: Cross Entropy
Çoğunluk	: Majority
Değer	: Value
Denetimli	: Supervised
Doygunluk	: Saturation
Eşikleme	: Thresholding
Gauss Bulanıklaştırması	: Gaussian Blur
Genişletme	: Dilation
Hücresele	: Roster
İkili	: Binary
İnceltme	: Thinning
Kenar Bulma	: Boundary Detection
Kendine Benzerlik	: Self Similarity

Kıyı izgisi Tanıma	: Shoreline Detection
Köprüleme	: Bridging
Kutu Sayma	: Box Counting
Ön İşleme	: Pre Processing
Renk Özü	: Hue
Sayısal	: Digital
Standart Sapma	: Standard Deviation



# 1. GİRİŞ

Kıyı, kara ile suyun birleştiği yer olarak tanımlanabilir. Kıyı çizgisi bulma işlemi de su ve kara arasındaki kıyı çizgisinin tespiti anlamına gelir. Kıyı çizgisinin tespiti jeoloji bilimi açısından önemlidir. Kara-deniz ayrımı, kıyı erozyonu tespiti, karaların karakteristik özellikleri hakkında bilgi edinilmesi gibi konularda kıyı çizgilerinden faydalanılır. Kıyıların belirlenmesi ve çizilmesi işi eskiden haritacılar tarafından yapılırdı. Kıyı şeritlerinin gezilerek gözlemler ve ölçümler vasıtasıyla kağıt üzerine çizilmesiyle haritalar oluşturulurdu [1]. Havadan görüntüleme teknolojilerinin gelişmesiyle beraber haritalar yukarıdan uçak veya uydu vasıtasıyla çekilmiş fotoğrafların üzerinden elle kıyıların çizilmesiyle oluşturulurdu. Bilgisayar ve bununla birlikte görüntü işleme teknolojilerinin gelmesiyle beraber kıyı tespitini bilgisayarlara yaptırma imkanı doğdu. Fakat bir sayısal görüntü üzerinde karaların ve denizlerin tespit edilmesi bir insan için oldukça kolay bir işlem olmasına karşın bilgisayarlarla kıyıları tespit edilmesi kolay bir problem değildir. İnsanların görüntü üzerindeki algısı ve bilgisayarların görüntüyü işleyiş şekli oldukça farklı olduğundan dolayı bu tür işlemler için matematiksel ve istatistiksel yöntemler geliştirmek gerekmiştir.

Kıyı görüntülerindeki denizlerin ve karaların ayrımı insan gözüne bariz şekilde görünüyorsa da, bilgisayarlarla tespit edilebilmesi için farklılıkların tespit ve analiz edilmesi gerekmektedir. Renkler, değerler, istatistiksel özellikler veya doku özelliklerindeki farklılıklar böyle bir tespit için kullanılabilir. Bu farklılıklar sayısal kıyı görüntüsünün özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Görüntüler renkli, siyah beyaz olabileceği gibi aynı zamanda insan gözünün görüş kabiliyetinin dışındaki kızılötesi, çok spektrumlu da olabilir. Tez kapsamında oldukça yaygın oldukları ve kolay temin edilebildiklerinden dolayı renkli görüntüler tercih edilmiştir. Bu görüntülerin renk doygunluğu (saturation) ve istatistiksel özelliklerinden faydalanan bir model oluşturulmuştur.

Kıyı tespit edilmesi problemine getirilen çözümler, kıyıların ne kadar doğru tespit edildiği problemini de beraberinde getirmiştir. Şu ana kadar bunun

değerlendirilmesi için genellikle uzman görüşünden faydalanılmıştır. İnsanlar tarafından çizilen, uydu görüntüleri üzerinden geçilerek hazırlanan haritalar için bu değerlendirmenin teknolojik imkanlar gereği insanlar tarafından yapılmış olması doğaldır. Çoğu görüntü işleme probleminde olduğu gibi elde edilen sonucun değerlendirilmesi kıyı tespiti için de uzman görüşü aracılığıyla yapılmaktadır. Uzman görüşü çoğu zaman yeterince iyi bir değerlendirme sunuyor gibi görünse bile, sonuçların bir metrikle değerlendirilememesi bir problemdir. Performans için metrik bir kriter koyulabilmesiyle; değerlendirme üzerinde değerlendirenin öznel kararı ve yöntemlerin birbiriyle karşılaştırılmasındaki güçlükler gibi problemler ortadan kalkacaktır. Tez kapsamında kıyı şeritlerinin fraktal özelliklerinden faydalanarak tespit edilen kıyının fraktal boyutu bir başarımlı değerlendirme yöntemi olarak önerilmiştir. Kıyılarının fraktal özellikleri ölçekten bağımsız olarak korunmaktadır. Fraktal boyut üzerinden değerlendirme, iyi tespit edilmiş bir kıyının ilgili fraktal özelliklerini de koruyacağı bu yüzden oldukça yakın bir fraktal boyut bulunması gerektiği varsayımı üzerine kurulmuştur. Bu durumda doğru tespit edildiği kabul edilen bir kıyının fraktal boyutu ile bir yöntem kullanılarak tespit edilen kıyının fraktal boyutu karşılaştırılarak yöntemin ne kadar iyi sonuç verdiği sayısal olarak tespit edilebilir.

## 2. ÖN BİLGİ

### 2.1. Görüntü İşleme

#### 2.1.1. Sayısal Görüntü ve Görüntü İşleme

Sayısal görüntü iki boyutlu bir görüntünün bilgisayardaki sayısal temsili anlamına gelir. Sabit bir çözünürlüğü olup olmamasına göre hücresele (raster) veya vektörel (vectorel) olmak üzere iki çeşit sayısal görüntü çeşidi vardır [2].

**Hücresele Görüntü:** Görüntünün iki boyutlu bir matris şeklinde ifade edilme şeklidir. Bu matrisin her bir elemanına yani her bir hücreye **piksel** adı verilir [3]. Piksel bu tür görüntülerdeki en temel elemandır. Pikseller görüntünün özelliğine göre temsil ettikleri yerin parlaklık, renk, şeffaflık gibi değerlerini barındırırlar. Piksellerden oluşan görüntüler genellikle bir yerden başka bir yere aktarılırken çeşitli yöntemlerle sıkıştırılarak daha ufak boyutlara indirilmeleri sağlanır. Görüntü kalitesini değiştiren ve değiştirmeyen sıkıştırma yöntemleri mevcuttur.

**Vektörel Görüntü:** Görüntü matematiksel vektörler şeklinde ifade edilir. Bu tür görüntülerde ayrıntı düzeyi arttıkça matematiksel vektörlerden görüntü her ayrıntıda oluşturulabileceği için görüntü çözünürlüğü gibi bir kavram vektörel görüntüde anlamlı değildir.

Dış dünyadan kameralar veya çeşitli sensörler aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarılan resimler hücresele görüntü özelliği taşır. Vektörel görüntüler bilgisayarda sıfırdan oluşturularak ya da hücresele bir görüntünün vektörize edilmesi yoluyla oluşturulabilir. Tez kapsamında ele alınacak sayısal görüntülerin tamamı hücresele görüntü türündedir.

**Görüntü İşleme:** Görüntü işleme, bir görüntüyü çeşitli işlemlerden geçirerek görüntü üzerinde değişiklikler yapma, görüntüyü başka bir şekle dönüştürme ya da görüntüden yararlı bilgiler çıkarma işlemidir [4]. Görüntü işleme analog ve sayısal şekilde yapılabilir. Tez kapsamında ele alınan görüntü işleme sayısal görüntü işlemeyi kapsamaktadır. Görüntü işleme genellikle 2 boyutlu hücresele görüntü

üzerinde yapılır. Sayısal görüntü 2 boyutlu değerler kümesi olarak ele alınır ve bu değerler üzerinde matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle değişiklik yapılarak istenilen sonuç elde edilmeye çalışılır.

### 2.1.2. Gauss Bulanıklaştırması (Gaussian Blur)

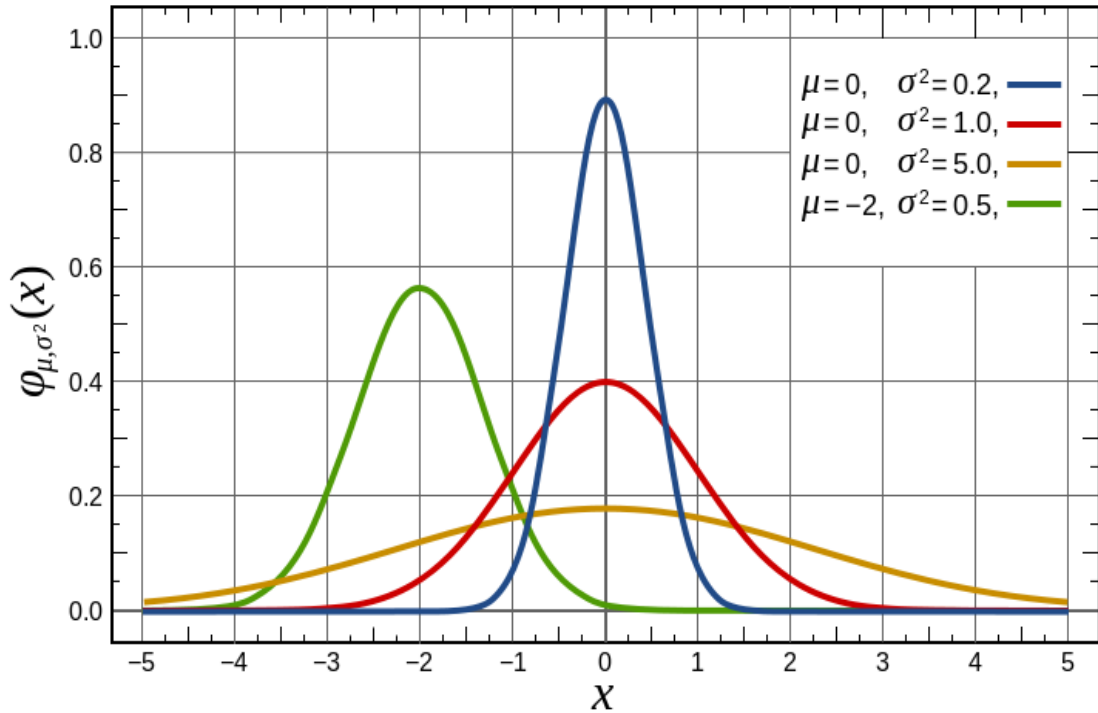
Gauss bulanıklaştırması bir sayısal görüntü üzerine Gauss fonksiyonu kullanılarak yapılan bulanıklaştırma yöntemidir. Gauss fonksiyonu aynı zamanda olasılıktaki standart dağılımı ifade eder.

Bir boyutlu bir uzaydaki gauss fonksiyonu şu şekilde ifade edilir:

$$G(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

$x$  : İki boyutlu uzayda orijine olan uzaklığı ifade eder

$\sigma$  : Standart sapma değeridir.

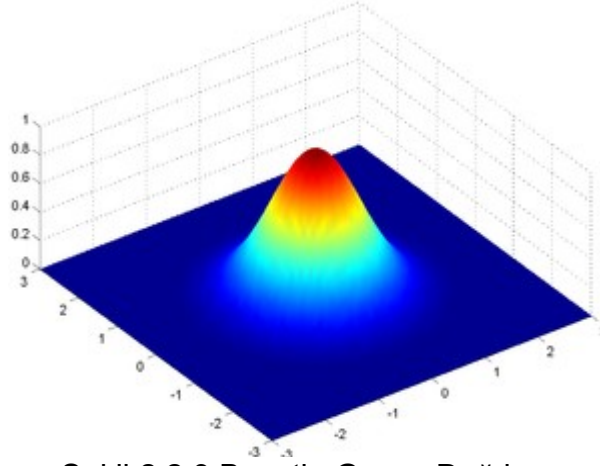


Şekil 2.1 Gauss Dağılımı

Sayısal görüntüler iki boyutlu uzayda yer aldığından sayısal bir görüntü üzerinde

bulanıklaştırma işlemi yapabilmek için iki boyutlu Gauss fonksiyonuna ihtiyacımız vardır. Bu fonksiyon x ve y eksenlerindeki iki Gauss fonksiyonunun çarpımıyla bulunur.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$



Şekil 2.2 3 Boyutlu Gauss Dağılımı Gösterimi

Gauss bulanıklaştırma işleminin yapılması için bu iki boyutlu Gauss fonksiyonundan bir matris çıkartılır. Bu matrisin merkezden kenarlara doğru gittikçe azalan değerleri vardır. Sayısal görüntü üzerinde herhangi bir noktanın yeni değerini hesaplamak için bu matris kullanılır. Matrisin merkezi bu noktanın üzerine gelecek şekilde koyulur. Her piksel ilgili matris elemanı ile çarpılır. Bu çarpımların ağırlıklı ortalaması bulanıklaştırılmış görüntüdeki yeni pikselin değerini verir.

Bu işlem uygulandığında her pikselin yeni değerini, en ağırlıklı olarak kendisi belirler fakat komşu piksellerin değerleri de hesaba katılır. Komşu piksellerin etkisi Gauss fonksiyonuna göre giderek azalacaktır.

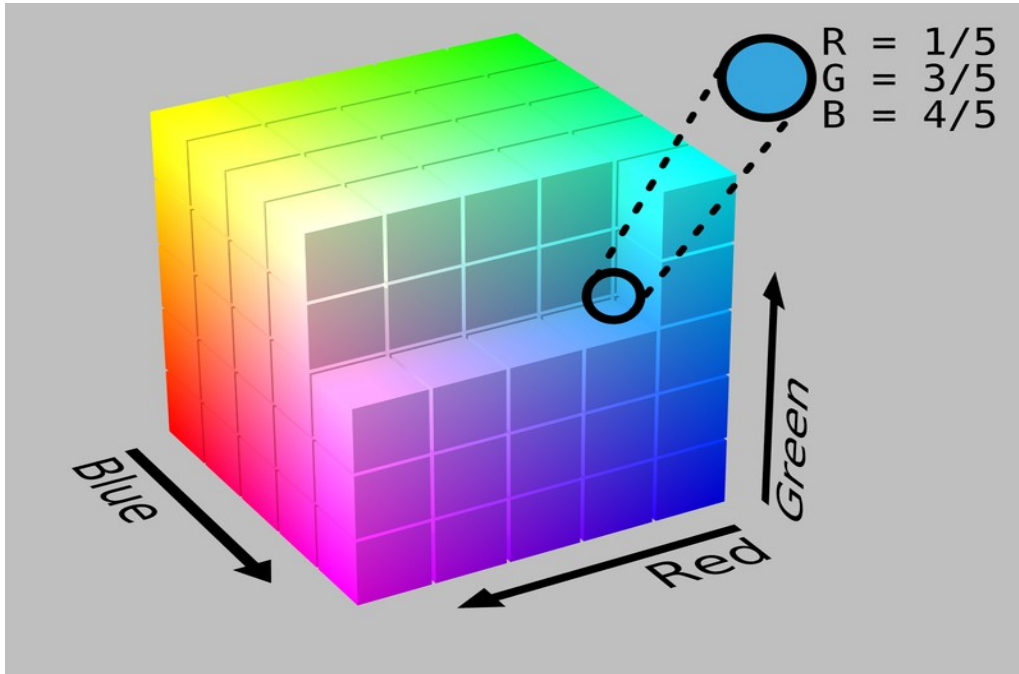
1 Şekil 2.2 [http://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian\\_function](http://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_function) adresinden 04.09.2013 tarihinde alınmıştır

### 2.1.3. Renk Uzayı Dönüşümü

Renkli olmayan görüntüleri her noktaya karşılık gelen tek bir sayı değeriyle ifade etmek mümkündür. Bu değer çok büyük olması o noktanın parlaklığını yani beyaza yakınlığını, değerin küçük olması da değerin siyaha ne kadar yakın olduğunu ifade eder. Bunu ifade etmek için genellikle 0 ile 1 arasında değişen ondalık sayılar veya 0 ile 255 arasında değişen tam sayılar kullanılır. Fakat renkli bir görüntüyü bu şekilde ifade etmek mümkün değildir. Renkleri ifade etmek için renk uzayları kullanılır.

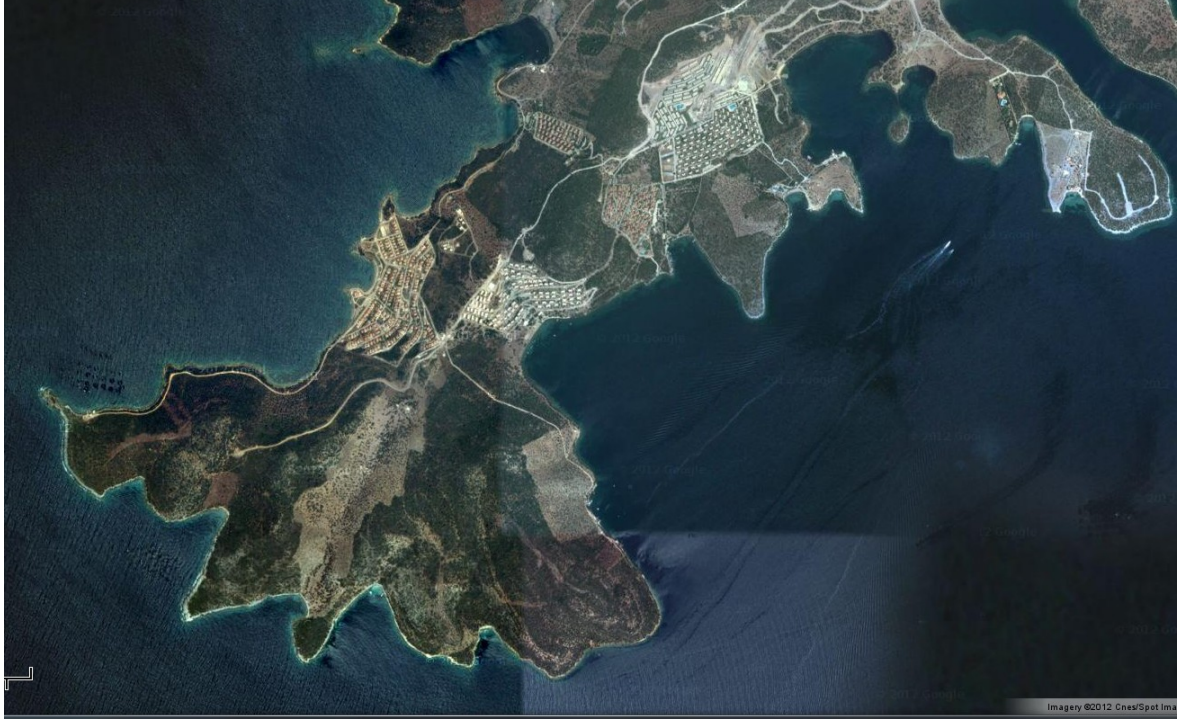
#### 2.1.3.1 RGB Renk Uzayı

RGB renk uzayı renkli sayısal görüntüleri 3 temel renk olan kırmızı, yeşil ve mavinin birleşimi olarak ifade eder. İsmi de bu renklerin İngilizce isimlerinin baş harflerinden almaktadır. Her rengi ifade etmek için 3 ayrı değer kullanılır. Renkler bu 3 temel renkten ne kadar içerdiklerine göre ifade edilir. Bu durumda her renk için 3 ayrı sayısal değer saklanmalıdır. Bir renk için olan değerlerin oluşturduğu matris bir kanal olarak ifade edilir.

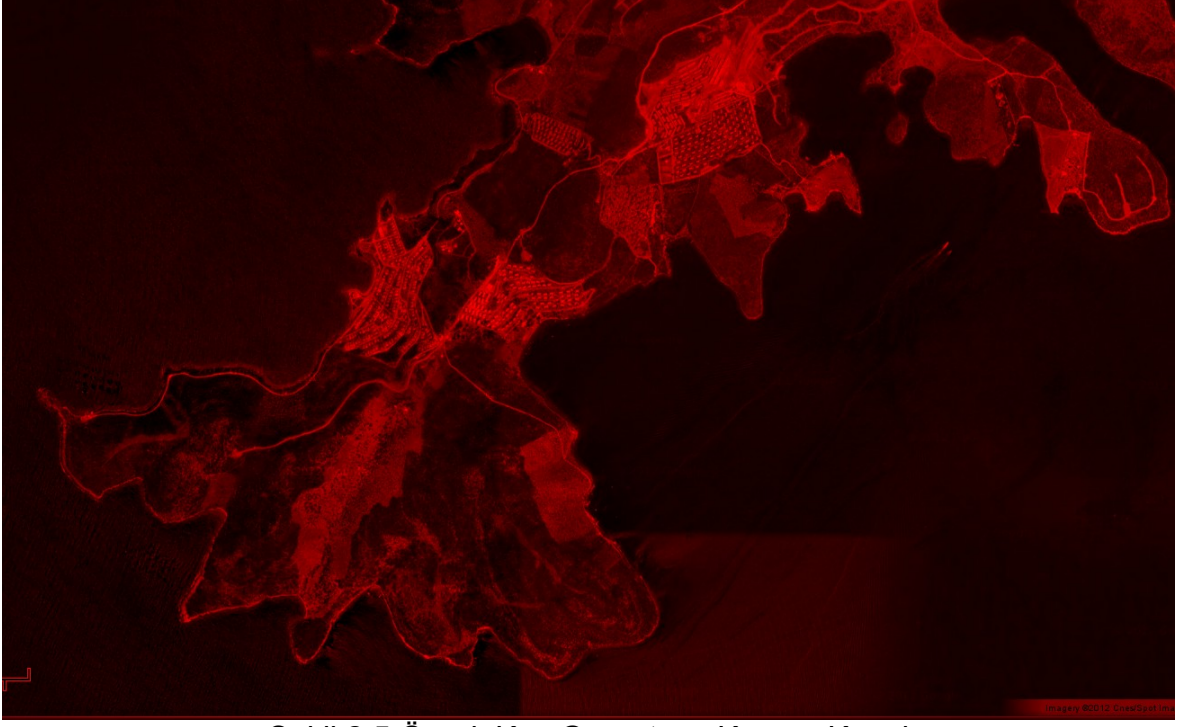


Şekil 2.3 RGB Renk Uzayı

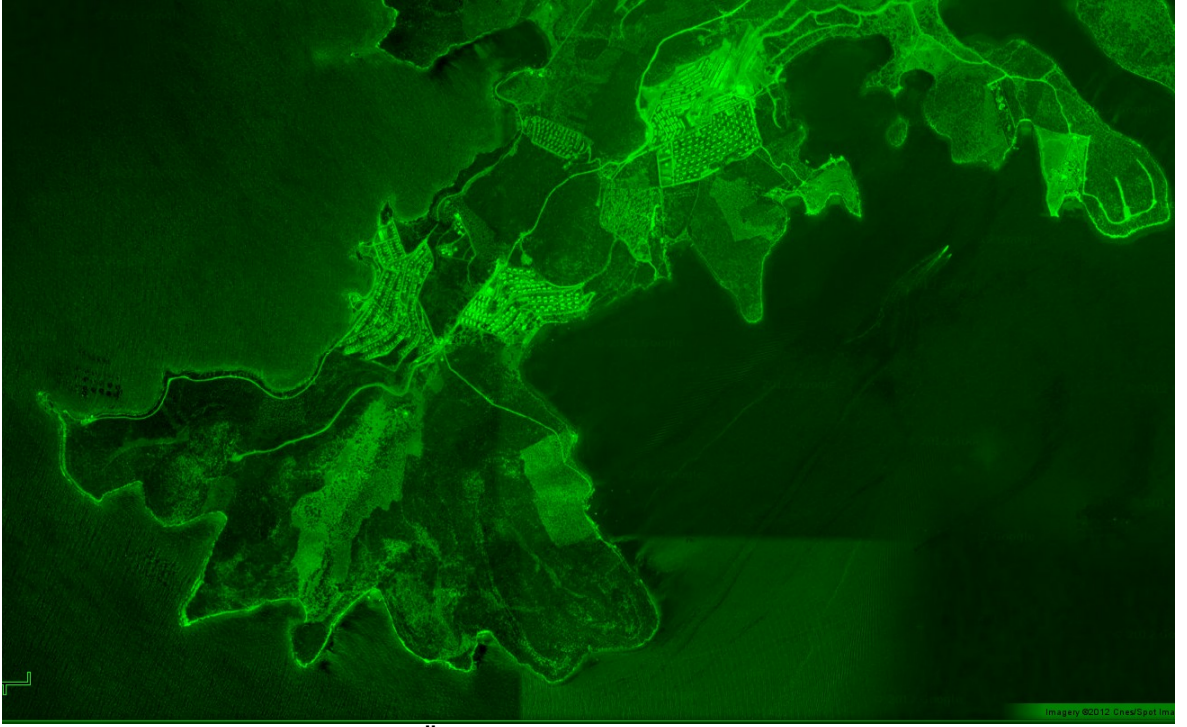
Aşağıda uydudan çekilmiş bir kıyı şeridi resmi ve bu resme ait kanallar gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Örnek Kıyı Görüntüsü



Şekil 2.5 Örnek Kıyı Görüntüsü Kırmızı Kanal



Şekil 2.6 Örnek Kıyı Görüntüsü Yeşil Kanal

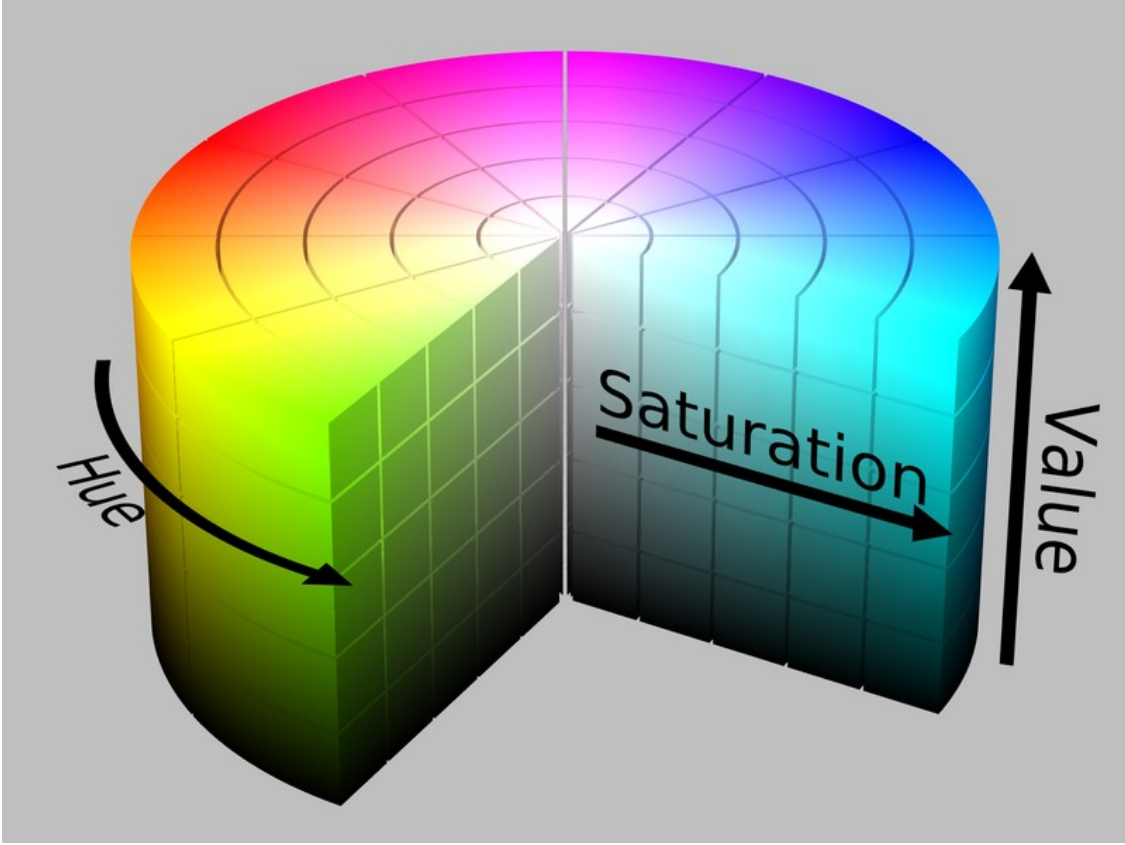




Şekil 2.7 Örnek Kıyı Görüntüsü Mavi Kanal

### 2.1.3.2 HSV Renk Uzayı

HSV renk uzayı renkleri renk özü (Hue), doygunluk (Saturation) ve değer (Value) şeklinde ifade eder. Renklerin birbiriyle toplanmasını düşünmek gerekmediğinden insan algısına daha yakındır. Renk özü, rengin diğer özelliklerinden bağımsız olarak ait olduğu renk tonunu gösterir. Kırmızı sarı yeşil mavi gibi renkler ya da bunların bir kombinasyonuna ne kadar benzediğine göre açısal bir değerle ifade edilir. Doygunluk ne kadar renkli ya da rengin ne kadar canlı olduğunu ifade eder. Doygunluk değeri düşük olduğunda griye daha yakın bir renk elde edilirken doygunluk arttıkça daha canlı bir renk elde edilir. Değer rengin ne kadar parlak ve öz renge yakın olduğunu ifade eder. Değer azaldıkça renk siyaha doğru kayar.



Şekil 2.8 HSV Renk Uzayı Gösterimi

#### 2.1.4. Varyans

Varyans istatistikte bir değer kümesindeki değerlerin genel olarak ortalamaya ne kadar uzak olduğunu ifade eder. Ortalamayla değerlerin merkezini bulmuş olurken, varyans hesaplayarak değerlerin bu ortalamadan ne kadar geniş bir şekilde dağıldığını gösterir.

$$var(X) = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N - 1}$$

Formülde X değer kümesini,  $\mu$  değerlerin ortalamasını, N değer kümesinin eleman sayısını ifade eder.

Sayısal görüntüler için varyans piksellerin ne kadar farklılık gösterdiği anlamına gelir. Yukarıdaki formüldeki X, piksellerin değerlerinin oluşturduğu kümeyi temsil

3 Şekil 2.8 [http://en.wikipedia.org/wiki/HSL\\_and\\_HSV](http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV) adresinden 04.09.2013 tarihinde alınmıştır

eder. Yani bir anlamda görüntünün ne kadar pürüzlü olduğunu gösterebilir. Tamamen düz ve bütün pikselleri aynı olan bir görüntü için, pikseller ortalamayla aynı değere sahip olacakları için varyans 0 olarak hesaplanacaktır. Bunun aksine beyaz gürültü (white noise) eklenmiş bir resimde ortalama değer her bir pikselden farklı olduğu için yüksek bir varyans değeri hesaplanacaktır.



Şekil 2.9 Örnek Gürültüsüz Görüntü



Şekil 2.10 Örnek Gürültülü Görüntü

Şekil 2.9'da ki görüntünün varyansı hesaplandığında sonuç 1840,41 olarak bulunur. Bu görüntüye yüksek oranda gürültü verilmiş hali Şekil 2.10'da verilmiştir ve varyansı 8686,24'dır. Varyansın bu kadar artış göstermesinin sebebi, eklenen gürültüdeki piksellerin değerlerinin birbirinden farkının yüksek olmasıdır. Piksel değerlerindeki bu farklılık ortalamayı çok küçük bir oranda değiştirirken varyans üzerinde büyük etkisi olmuştur.

Yerel varyans bir görüntü içerisinde her bir nokta için çevresindeki noktaları dikkate alacak şekilde, belirlenen bir komşuluktaki varyans değeridir. Daha basit bir ifadeyle belirlenen bir noktanın çevresinde değerlerin ne kadar geniş bir dağılım sergilediğini gösterir. Bir görüntünün, bir  $(x,y)$  noktasındaki yerel varyansı hesaplamak için o noktayı ortalayacak şekilde bir çerçeve yerleştirilir. Bir pikselin bir çerçevenin ortasında olması için çerçevenin bir kenarı tek sayıda ( $n \Rightarrow n = 2k+1, k \in \mathbb{Z}$ ) pikselden oluşmalıdır. Çerçeve içerisinde kalan değerlerin tümünün oluşturduğu küme için hesaplanan varyans değeri o noktadaki  $(x,y)$  yerel varyans

değeridir. Sayısal görüntünün bütün pikselleri için yerel varyanslar hesaplanarak resimle aynı boyutta bir matrisin içine yerleştirilerek bir varyans haritası oluşturmuş oluruz. Varyans haritası hangi bölgelerde yerel varyansın yüksek olduğunu ve değerlerin değişim gösterdiğini kolay bir şekilde anlayabilmemize imkan verir.

### **2.1.5. İkili (Binary) Sayısal Görüntü İşleme**

İkili sayısal görüntü siyah beyaz sayısal görüntü gibi tek kanaldan oluşur ve bir matrisle ifade edilir. Fakat her bir pikselin yalnızca mantıksal 0 ya da 1 değerini almasına izin verilir. Yalnızca iki renk barındırabilir. Bu renkler genellikle siyah ve beyazdır. Değeri 1 olarak ifade edilen pikseller beyaz 0 olarak ifade edilen pikseller siyah şekilde görünürler. İkili sayısal görüntüler normal görüntülerdeki değerlerin bir şekilde sınıflandırılmasıyla elde edilebilirler. Değerlerin mantıksal olması üzerlerinde bir takım ikili görüntü işleme işlemlerinin yapılmasına izin vermektedir. İkili sayısal görüntü bellekte siyah beyaz ya da renkli görüntülerden çok daha az yer kaplar ve işlemleri çok daha az maliyetlidir.

#### **2.1.5.1 Eşikleme (Thresholding)**

Eşikleme siyah beyaz bir sayısal görüntüden ikili sayısal görüntü elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Hesaplanan ya da seçilen bir eşik değere göre piksellerin 0 ya da 1 olacağına karar verilir. Farklı eşikleme yöntemleri mevcuttur:

- Histogram şekli tabanlı yöntemler: Siyah beyaz görüntünün histogramını değerlendirerek tepe, taban ve düzlüklere göre bir eşik değeri belirler
- Kümeleme tabanlı yöntemler: Siyah beyaz görüntü örnekleri önalan ve arkalan olarak iki kümeye ayrılırlar veya alternatif olarak iki Gauss dağılımı olarak ele alınırlar.
- Entropi tabanlı yöntemler, önalan ve arkalan bölgelerinin entropisini, Orijinal görüntüyle ikili görüntünün çapraz-entropisini (cross-entropy) kullanır.
- Nesne özelliği tabanlı yöntemler: siyah beyaz görüntüyle ikili görüntü arasında bir benzerlik ölçüsü arar

- Uzaysal yöntemler: Üst seviye olasılık dağılımı ve/veya pikseller arası ilişki arar.
- Yerel yöntemler: Her piksel için eşik değerini yerel görüntü özelliklerine göre ayarlar [5] .

### **OTSU Eşikleme Yöntemi:**

Otsu yöntemi [6] yaygın olarak kullanılan kümeleme tabanlı bir eşikleme yöntemidir. Siyah beyaz görüntü için, arkan (siyah) ve önal (beyaz) sınıflarının, sınıf içi varyansının ağırlıklı toplamını minimize edecek şekilde bir eşik değeri bulma esasına dayanır.

Sınıf için varyansların ağırlıklı toplamı şu şekilde ifade edilebilir:

$$\sigma_w^2(t) = \omega_1(t) \sigma_1^2(t) + \omega_2(t) \sigma_2^2(t)$$

$\omega_1$  ve  $\omega_2$  t eşik değeriyle ayrılmış olan sınıfların olasılığı

$\sigma_1^2$  ve  $\sigma_2^2$  bu sınıfların varyansını ifade eder.

Otsu yöntemi bütün eşik değerleri(t) arasından  $\sigma_w^2(t)$  için en küçük değeri sağlayan t değerine göre bir eşikleme yapar.

Sınıf içi varyansın minimize edilmesi sınıflar arası varyansın da maksimize edilmesi anlamına gelmektedir. Genellikle uygulamada sınıflar arası varyans daha kısa sürede hesaplanabildiği için sınıflar arası varyans üzerinden hesaplama yapılır:

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_w^2(t) = \omega_1(t) \omega_2(t) [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2$$

$\mu_1$  ve  $\mu_2$  sınıfların ortalamasını ifade eder.

### 2.1.5.2 İkili Görüntü İşleme (Binary Image Processing)

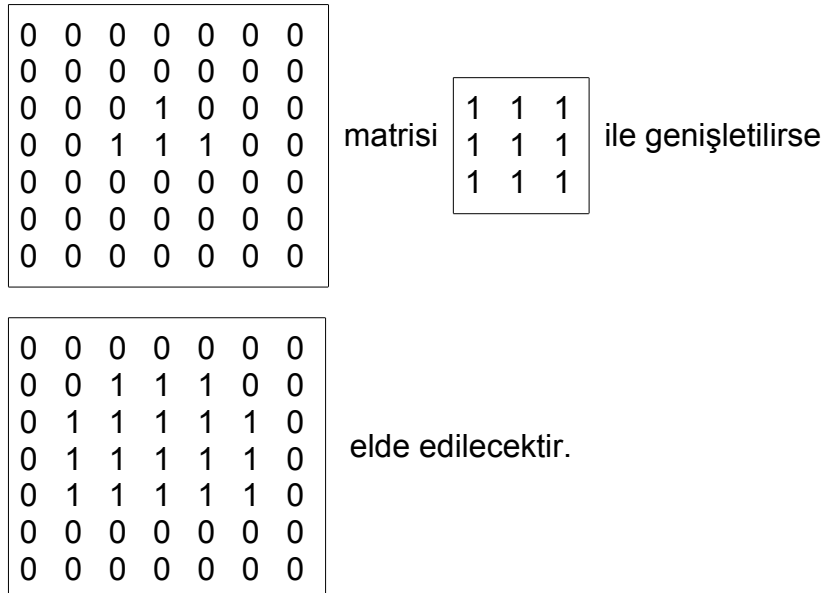
Bir kısım ikili görüntü işleme işlemleri ikili görüntü üzerindeki 3x3'lük bir pencere içinde gerçekleşir. 9 piksellik bir çerçeve içerisinde merkezdeki pikselin 0 ya da 1 değerini alması komşu piksellerin değerine bağlıdır. Yapısal bir elemanla filtrelemeye dayanarak da ikili görüntü işleme işlemleri yapılabilir.

İkili görüntü işleme işlemleri bir çok biçimsel (morfolojik) işlemleri kapsar. Tez kapsamında kullanılan biçimsel işlemler şu şekildedir [3] [7] :

**Genişleme (Dilation):** Matematiksel morfolojide bir şeklin diğer bir şekle göre genişletilmesidir. Genişletme işlemi A ve B  $Z^2$  de kümeler iken şu şekilde tanımlanır:

$$A \oplus B = \{z | (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$

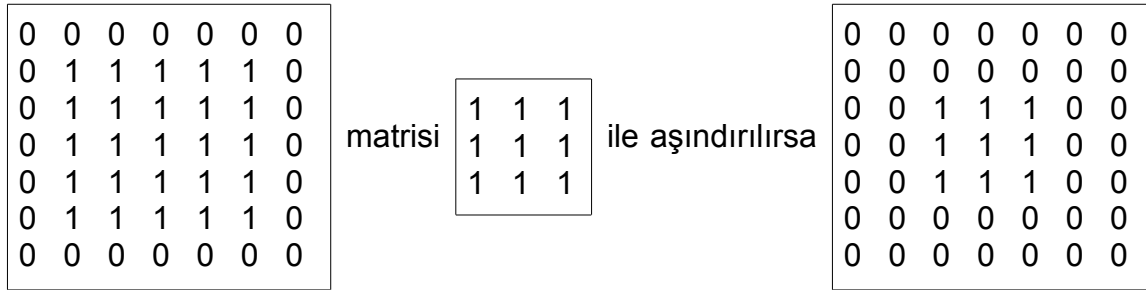
B'nin orijininden yansımasını almak ve yansımayı z kadar oynatılmasına dayanır. Genişleme A ve B'nin yansımasının en az bir noktada kesiştiği noktalarda z'nin bütün hareketleri A'nın B ile genişlemesini ifade eder. Sayısal görüntü işlemede kümelerin elemanları piksellerdir. Örnek olarak:



**Aşındırma (Erosion):** Matematiksel morfolojide bir şeklin diğerine göre aşındırılıp küçültülmesidir. Aşındırma işlemi A ve B  $Z^2$  de kümeler iken şu şekilde tanımlanır:

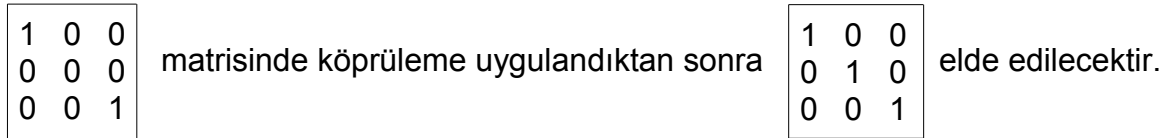
$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$$

B'nin z noktasına kaydırıldığında A'nın B'yi tamamen kapsadığı durumlardaki z noktalarını ifade eder. Sayısal görüntü işlemede kümelerin elemanları piksellerdir. Örnek olarak:

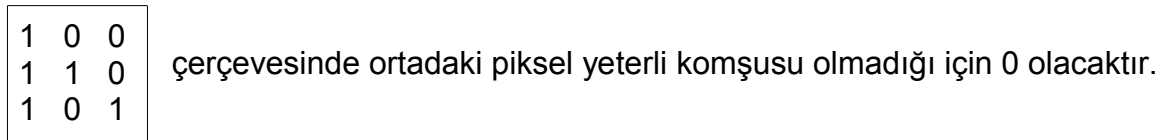


elde edilecektir.

**Köprüleme (Bridging):** En az iki tane 1 komşusu olan 0 değerli pikselleri 1 yapar. Böylece piksellerin arası doldurularak sürekliliği sağlanır. Örnek olarak:



**Çoğunluk (Majority):** Bir pikselin 3'e 3 komşuluğunda 5 ya da daha fazla pikselin değeri 1 ise pikselin değerini 1 yapar değilse 0 yapar. Örnek olarak:



**İnceltme (Thinning):** Nesnelerin sürekliliğini ve içindeki boşlukları koruyacak şekilde kalınlığını azaltır.



**Alan Açma (Area Opening):** Belirtilen sayıdan daha az piksele sahip olan nesnelere yok eder. Örneğin 100 parametresi ile kullanıldığında 9x10 luk kare şeklindeki bir cisim toplamda 100 piksele sahip olmadığı için silinecektir. Cisimlerin şekilleri önemli değildir sadece birbirine komşu piksellerin oluşturduğu küme bir cisim oluşturabilir.

**Boşluk Giderme (Hole Filling):** Bir cismin içerisinde kalan 0 değerlerini 1 yaparak cismin içindeki boşlukları doldurur. Örneğin:

0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0

Matrisi boşluk doldurma işleminden sonra

0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0

şeklini alacaktır.

**Kenar Bulma (Boundary Detection):** Nesnelere kenarlarını bulur. Şu şekilde tanımlanır.

$$\beta(A) = A - (A \ominus B)$$

Anın kenarlarını B yapısal elemanına göre bulmak için A dan A'nın B'ye göre aşındırılmış hali çıkartılır. Örnek olarak:

0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0

matrisinin

1	1	1
1	1	1
1	1	1

'e göre kenarları

0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0

şeklindedir.

## 2.2. Fraktal Geometri

Fraktal geometri basitçe fraktalları inceleyen geometri olarak tanımlanabilir. Fraktallar parçaları da bütünün özelliğini gösteren ve bu özelliği sonsuza kadar tekrar eden nesnelere olarak tanımlanır. Fraktal geometri de doğadaki kendine benzerlik ve pürüzlülük kavramlarıyla ilgilidir.

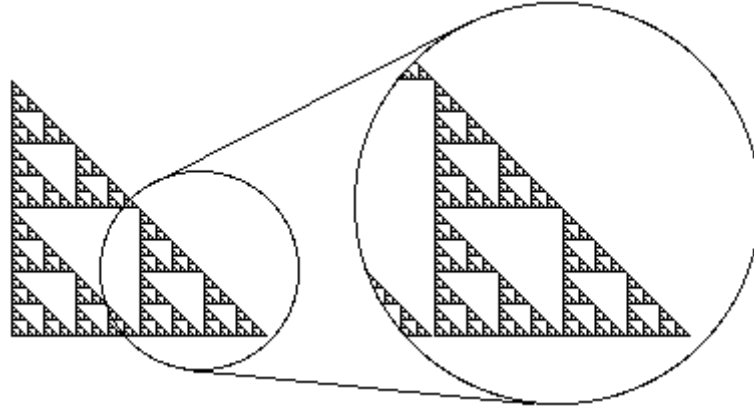
Doğada bulunan şekilleri tanımlamak için zaman zaman öklit geometrisinin yetersiz kaldığı görülmektedir. Öklit geometrisinde şekiller düzgün ve mükemmeldir. Doğadaki cisimler ise bunların kusurlu birer karşılığı ya da bunların birbirleşimi olarak ele alınmıştır. Hatta bilim insanları yakın zamana kadar doğada bulunan özellikleri bir kusur olarak ele alıp incelemekten kaçınmışlardır. Oysa ki doğadaki nesnelere öklit geometrisine uymamasının bunlarda görülen bir karmaşıklık mı yoksa öklit geometrisinin getirdiği bir algıyı olduğu tartışma konusudur.

Mandelbrot 1967 yılında yayınladığı "Britanya'nın Sahil Şeridinin Uzunluğu Ne Kadardır?" [8] başlıklı makalesinde öklit geometrisinin doğadaki şekilleri ifade etmekteki başarısını sorgulamış ve kıyı şeritlerinin uzunluğunun tamamen

kullanılan ölçeğin büyüklüğüne bağlı olmasına rağmen her düzeyde ölçekten bağımsız bir kendine benzerlik olduğunu göstermiştir.

Parçalara ayrıldığında parçaların her biri bütünle ölçek simetrisi (başka simetrilerle birlikte olabilir) özelliği gösteren şekillere fraktal denir. Fraktal sözcüğü Mandelbrot tarafından Latince'de kırık, çatlaklı anlamına gelen fractus sözcüğünden türetilmiştir.

**Ölçek simetrisi:** Bir şeklin bir parçası ölçeklendiğinde şeklin kendisinin elde edilmesi durumundaki simetri tipidir. Örnek olarak Sierpinski Üçgeni verilebilir[9].

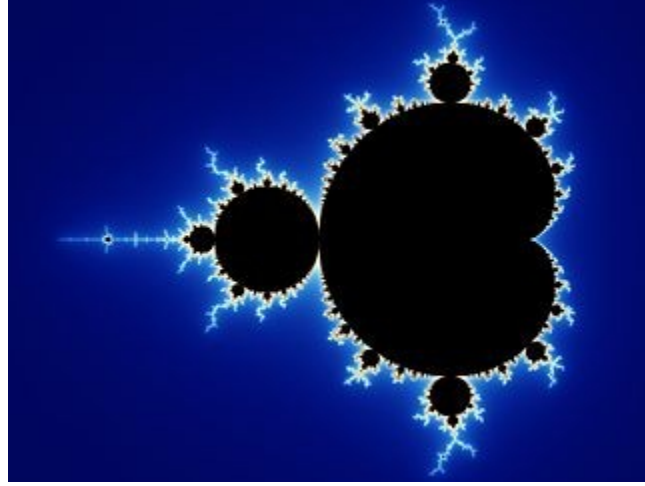


Şekil 2.11 Sierpinski Üçgeni

Fraktallar genellikle aşağıdaki özellikleri sağlarlar:

- Herhangi bir ölçekte ince yapısı vardır.
- Klasik öklit geometrisiyle ifade etmek için fazla düzensizlerdir.
- Kendine benzerlik gösterir.
- Hausdorff boyutu topolojik boyutundan yüksektir.
- Basit ve öz yineli bir tanımı vardır.
- Farklı matematiksel tanımları vardır. Tanımların birbiriyle örtüşmediği örnekler olsa da genellikle birbirine uyarlar [10].





Şekil 2.14 Mandelbrot Kümesi

Matematiksel fraktalların en belirgin özelliği belli bir kurala göre tanımlanabilmeleridir. Bu kurallar yenilemeli olarak sonsuza kadar uygulandığında fraktallar elde edilir. Örneğin Koch eğrisi bir doğru parçasının 3'e ayrılarak ortadaki parçası enine aynı uzunlukta iki parçayı oluşturacak şekilde yukarı kıvrılması kuralına göre oluşur. Bu kural sonsuza kadar tekrarlandığında sonsuz uzunlukta bir eğri elde edilir.

### 2.2.2. Doğal Fraktallar

Doğadaki fraktallar kavramı ilk olarak Mandelbrot'un "Britanya'nın Sahil Şeridi Uzunluğu Ne Kadardır?" [8] makalesiyle gündeme getirilmiştir. Kıyıların uzunluğunu hesaplamanın görüldüğünden daha zor bir problem olduğuna dikkat çekmiştir. Çünkü kıyıların bizim ölçebileceğimiz kesin bir uzunluğu yoktur. Ölçüm tamamen ölçeğe bağlıdır. Bir kilometrelik bir ölçek kullanıldığında kıyılardaki bir kilometrelik ölçeğin yakalayabileceği genel hatlar üzerinden bir ölçüm yapılır. Fakat ölçek bir metreye indirildiğinde kıyılardaki girinti ve çıkıntılar çok daha ayrıntılı ölçülmüş olur ve daha büyük bir uzunluk bulunur. Her zaman daha da küçük bir ölçek kullanarak daha büyük bir uzunluk ölçmek mümkündür. Bir santimetre gibi çok ayrıntılı bir ölçek kullanıldığında kıyılar üzerindeki taşların yarattığı girinti ve çıkıntılar da hesaba katılmış olur. Mandelbrot uzunluğun ölçeğe bağlı olmasına rağmen, ölçeklerin oranlarıyla uzunlukların oranlarını arasında bir

bağıntı olduğunu ortaya koymuştur ve bu özelliğin farklı ölçeklerde ve farklı bölgelerde de benzerlik gösterdiğini ifade etmiştir. Bunun ölçekten bağımsız bir kendine benzerlik (self similarity) kavramını işaret ettiğini ortaya koymuştur.

Doğadaki bazı varlıkların bir parçasının bütüne benzediği gözlemlenebilir. Kıyıların yanında akarsular, çoğu çok hücreli canlıdaki solunum ve dolaşım sistemleri gibi bir çok yapının fraktal özelliği tespit ettiği görülmüştür. Bunların fraktal yapılarının keşfedilmesi doğadaki bu varlıkları daha iyi anlamaya ve taklit etmeye olanak sağlamıştır. Aslında çok karmaşık görünen yapıları ifade edebilecek iterasyona dayalı fraktal kuralları olduğu görülmüştür.

Doğada karşılaştığımız fraktal özellikler sadece görsel öğelerle sınırlı kalmamaktadır. Sinyallerdeki gürültülerin, hatta DNA ve kalp atışın fraktal özellik gösterdiği bilinmektedir [11] .

### **2.3. Fraktal Boyut**

Matematikte boyut kavramı basitçe “Bir cismin üzerinde konum belirtmek için ihtiyaç duyulan koordinat sayısı.” olarak tanımlanmıştır [12]. Fakat bu tanım fraktalların kendine benzerlik özelliklerini ifade etmek için yetersiz kalmıştır.

Örneğin, iki boyutlu bir doğru parçasını ele aldığımızda bunun için bir uzunluk ölçebiliriz fakat bir alan hesaplamaya kalktığımızda bir yüksekliği olmadığı için alanı 0 olarak buluruz. Tek bir uzunluk ifadesi bir noktanın bu doğru parçası üzerindeki konumunu belirtmek için yeterlidir. Benzer şekilde kareyi ele aldığımızda cismin iki boyutlu olduğunu söyleyebiliriz. Bir uzunluk hesaplayamadığımız için uzayda bir başka boyutu, bir alanı kapladığını görürüz. İki farklı uzunlukla bir noktanın yerini belirleyebiliriz. Bir Koch eğrisini ele aldığımızda ise bu cismin çizgilerden oluştuğunu görürüz Fakat başlangıç noktasından olan sabit bir uzaklık bir noktanın yerini belirlemeye yetmez. Çünkü Koch eğrisi (ya da bir parçası) aslında sonsuz uzunluktadır. Buna karşın uzayda bir alan kaplamaz.

Fraktal cisimlerin kendini tekrar eden özelliklerinden dolayı, öklit geometrisindeki tanımıyla boyutunu kavramak pek olanaklı değildir. Bu cisimlerin boyutunu anlamak için Hausdorff Boyutu tanımlanmıştır.

### 2.3.1. Hausdorff Ölçüsü

Hausdorff Boyutunu tanımlayabilmek için öncelikle Hausdorff ölçüsünü tanımlamak gerekir. Bir  $R^n$  n boyutlu uzayında bir noktalar kümesinin  $\delta$  komşuluğu için Hausdorff ölçüsü aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$H_\delta^s = \inf \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} |U_i|^s : \{U_i\} F\text{'in } \delta \text{ komşuluğunda} \right\}$$

$U$ , öklit uzayının boş olmayan herhangi bir alt kümesini ifade eder.  $\delta$  komşuluk uzunluğudur ve 0'dan büyük olmalıdır.  $s$  ölçümün yapıldığı boyutu ifade eder.  $|U|$ ,  $U$  kümesi içerisinde birbirine en uzak olan iki nokta arasındaki uzaklıktır. Başka bir deyişle bütün ikili noktalar arasındaki farklardan en büyüğüdür. Şu şekilde gösterilir:

$$|U| = \sup \{|x - y| : x, y \in U\}$$

Uzunluk buraya kadar küçük bir  $\delta$  komşuluğuna bağlı olarak hesaplanmıştır. Bu kümenin  $s$  boyutundaki Hausdorff ölçüsü ise  $\delta$  değeri 0'a giderken limit alınarak bulunur.

$$H^s(F) = \lim_{\delta \rightarrow 0} H_\delta^s(F)$$

### 2.3.2. Hausdorff Boyutu

$F$  ile belirtilen bir kümenin Hausdorff boyutu, Hausdorff ölçüsünün 0'dan sonsuza geçtiği kırılma noktası olarak belirlenir. Matematiksel olarak şu şekilde tanımlanır:

$$\dim_H F = \inf \{s \leq 0 : H^s(F) = 0\} = \sup \{s : H^s(F) = \infty\}$$

Boş kümenin sup(suprema, ebas) değerini 0 alırsak Hausdorff boyutu şöyle hesaplanır:

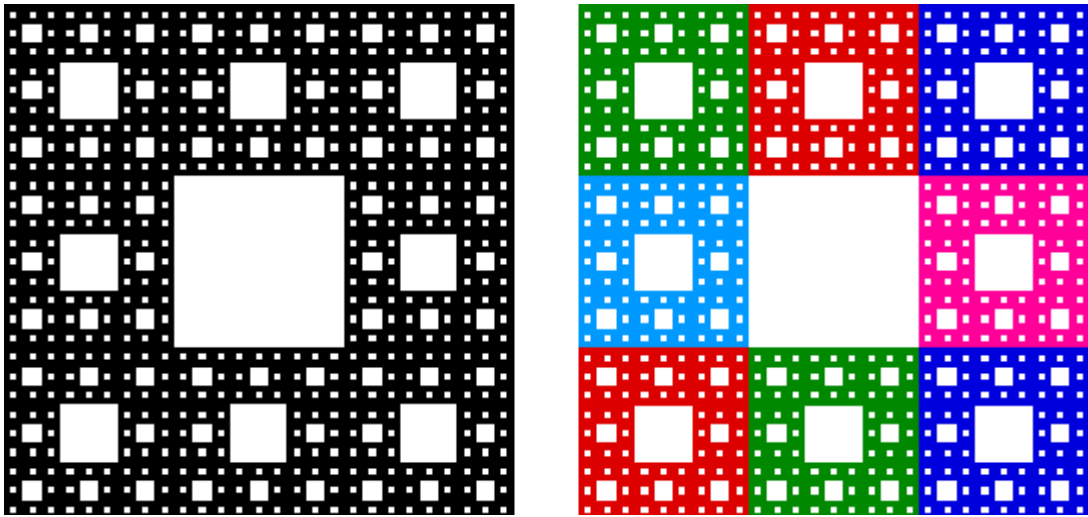
$$H^s(F) = \begin{cases} \infty & 0 \leq s < \dim_H F \text{ ise} \\ 0 & s > \dim_H F \text{ ise} \end{cases}$$

### 2.3.3. Fraktal Boyut Hesaplama

#### 2.3.3.1 Matematiksel Modeli Bilinen Şekiller için Fraktal Boyut Hesaplama

Matematiksel modeli bilinen, kendine benzer parçalardan oluşan cisimler için fraktal boyut hesaplamak için benzerlik boyutu (similarity dimension) kullanılabilir. Kendi N tane Kopyasını içeren ve her bir parça bütünü r oranında küçültülmesiyle oluşturulan bir şeklin benzerlik boyutu şöyle gösterilir:

$$d_s = \log(N) / \log(1/r)$$



Şekil 2.15 Sierpinski Halısı ve Parçaları

Şekil 2.15'de Sierpinski halısı ve kendisini oluşturan 8 parça farklı renklere görünmektedir. Her bir parça her boyutta bütünü 1/3'ü kadardır. Bu durumda  $N=8$ ,  $r=1/3$  e göre cismin benzerlik boyutu hesaplandığında yaklaşık 1,893 bulunur [9].



### 2.3.3.2 Matematiksel Modeli Bilinmeyen Şekiller için Fraktal Boyutunu Hesaplama

Kutu sayma boyutu matematiksel modeli bilinmeyen şekillerin fraktal boyutunun hesaplanması için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Aynı zamanda sığa boyutu olarak da bilinir. Kutu sayma boyutunun hesaplanması için cisim belli büyüklükteki karelerle kaplanır. Bu büyüklükte karelerle bir kaplama için en az kaç kare gerektiğine bakılır. Burada,  $r$  karenin kenar uzunluğu,  $N(r)$  cismi kaplayan  $r$  kenarlı karelerin sayısı olmak üzere:

$$\log(N(r)) = d \log(1/r) + \log(k)$$

şeklinde gösterilebilir. burada  $d$  cismin fraktal boyutu,  $k$  bilinmeyen bir sabittir. farklı  $r$  değerleri için  $N(r)$  ler bulunarak,  $\log(N(r))$  ve  $\log(1/r)$  değerleri bir grafiğe koyularak grafiğin eğimi hesaplandığında bu bize  $d$  değerini yani cismin boyutunu verecektir.

Kutu sayma boyutu aslında matematiksel modeli bilinen cisimler için de uygulanabilir. Ve bir cismin kutu sayma boyutu simetri boyutuna denktir. [9]

İkili sayısal görüntüler 0 ve 1 lerden oluşan bir matristen oluştuğu için görüntünün fraktal boyutunu hesaplamak için fraktal boyut oldukça uygundur. Kullanılan kutular küçüldükçe şekli kaplamak için gereken kutu sayısı da artacaktır.  $\epsilon$  kutunun boyutunu,  $N(\epsilon)$  bu boyutta kaç kutuyla şeklin kaplanabileceğini belirtmek üzere, bir kutu boyutu için fraktal boyut şu şekilde bulunur [13] :

$$d_f \sim \frac{\log N(\epsilon)}{\log \epsilon}$$

Birden çok kutu boyutuna göre hesaplama yapılarak sonuç elde edilince daha doğru bir sonuç elde edilecektir. Bunun için farklı kutu boylarına ( $\epsilon$ ) göre  $N(\epsilon)$  hesaplanır. Yatay ekseninde  $\log(\epsilon)$  dikey ekseninde  $\log(N(\epsilon))$  olacak şekilde bir grafiğe yerleştirilir. Görüntü fraktal özellik gösterdiğinde bu noktalar yaklaşık olarak aynı doğru üzerinde yer alırlar. Bu noktaları en iyi birleştiren doğrunun eğimi ise bize fraktal boyutu verir.

### 3. KIYI ÇİZGİSİ TESPİTİ

Kıyı çizgisi tespiti temel olarak göller, denizler ya da okyanuslar ile karalar arasındaki sınır çizgisinin tespiti başka bir deyişle karaların nerede başlayıp nerede bittiğinin tespiti anlamına gelir. Denizlerin bir ulaşım engeli oluşturduğu eski çağlardan beri insanların karaların nerede bitip denizlerin nerede başladığını bilmesi gerekmiştir. O zamanlardan beri insanların gözlem yeteneğine ve bireysel hafızasına dayalı olarak başlayan deniz ve kara arasındaki sınırın tespit edilmesi çözülmesi gereken bir problem oluşturmaktadır. Medeniyetin ve teknolojik imkanların gelişmesiyle birlikte çağlar boyunca kıyı tespitinde farklı yöntemler uygulanmıştır.

#### 3.1. Kıyı Çizgisi Tespitinin Önemi

Kıyı şeritleri eski çağlardan beri insanların yerleşim yeri olarak yoğun tercih ettiği bölgelerden birisidir [14]. Kıyı bölgeleri ulaşım, tarım, turizm ve sanayi gibi alanlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. İnsanların denizle olan bu yakın etkileşimi hayatlarını daha da kolaylaştırabilmek için çeşitli yöntemler arayışına neden olmuştur.

Başlangıçta insanlar yön bulma amacıyla kıyıların basit çizimlerini kullanmışlardır. Matematik, geometri ve teknik imkanların gelişmesiyle haritacılık kavramı ortaya çıkmıştır. Medeniyetin gelişmesi ve daha uzaklardaki insanların birbiriyle özellikle deniz yoluyla ticaret yapmasıyla beraber haritacılığın önemi giderek artmıştır. Askeri, diplomatik sebepler arazilerin düzgün tespit edilmesi ihtiyacı da karalar ve denizleri düzgün şekilde ayıran haritaların gerekliliğini pekiştirmiştir. Özellikle pusulanın icadıyla başlayan coğrafi keşifler bu alandaki gerekliliğin ve çalışanın artmasına neden olmuştur [1]. Havdan fotoğraflama ve uydu teknolojilerinin gelişmesi çok daha doğru kıyı tespitlerinin yapılmasına olanak sağlasa da fotoğrafların büyük boyutlarda ve sayıca çok olması kıyıların otomatik tanınması konusunda bilgisayar teknolojilerinin kullanılması ihtiyacını doğurmuştur.

Jeoloji, coğrafya ve şehir planlamacılığı alanında yapılan çalışmalarda kıyıların ufak zaman dilimlerindeki değişimleri önemli veriler sağlamaktadır. Kıyıların şeklini ve konumunu tespit ederek ve zaman içerisindeki değişimini izleyerek kara hareketleri, aşınma, erozyon, insan faktörüyle yapılmış değişikliklerin tespit edilmesi mümkün olmaktadır.

### **3.2. Kıyı Çizgisi Tespiti Yöntemleri**

#### **3.2.1. Eski Kıyı Çizgisi Tespiti Yöntemleri**

İnsanların kıyıları tespit ederek kayda geçirmesinin ilk örneklerine yazının bulunmasından da önce mağara duvarlarına çizilmiş basit şekillerde rastlanabilir. Önceleri gözleme dayanan haritacılık teknikleri yerini zaman içerisinde matematik ve geometrinin gelişmesiyle beraber daha tutarlı yöntemlere bırakmıştır. Eski Mısır'da Nil nehrinin taşkınların, nehir ve tarım arazisi arasındaki sınırın tespiti geometrinin gelişmesine neden olmuştur. Antik Yunan'daki matematiksel gelişmelerle beraber haritacılık salt gözlemden çok oran orantı gibi matematiksel ve geometrik yöntemler üzerine kurulur olmuştur. Pusulanın ve matbaanın bulunması ve yaygınlaşmasıyla beraber kıyıların tespiti ile ilgili çalışmalar hız ve önem kazanmış oldu. Dünyanın şeklinin düzgün bir küre değil ekvatorunda şişik kutuplardan basık bir geoid olduğunun tespit edilmesi, matematik alanındaki diğer önemli gelişmeler, haritacılık alanında yapılan çalışmalar ve daha hassas ölçü aletlerinin geliştirilmesi çok daha doğru tespitlerin yapılmasına olanak sağladı [1].

#### **3.2.2. Modern Kıyı Tespiti Yöntemleri**

Havacılık ve fotoğrafın gelişimiyle kıyıların bulunması konusunda yepyeni imkanlar ortaya çıktı. Kıyıları bu fotoğrafların üzerine ince parşömenler koyularak elle çizilmesiyle belirlenebiliyordu. Uydu teknolojileri ve paralelinde bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi uydulardan elde edilen sayısal görüntüler üzerinde işlem yapılarak kıyıların bilgisayarlar tarafından otomatik olarak tespit edilmesine olanak sağlıyordu.

### 3.3. Önceki Çalışmalar

Kıyı çizgisi bulma bir çok yerde karşımıza kara-deniz bölümlendirilmesi (land-sea segmentation), kıyı çizgisi tanıma(shoreline detection) şeklinde çıkmaktadır. Kıyı çizgisi bulma işlemi çoğunlukla kara ve deniz bölgelerinin ve bunların arasındaki sınırın tespit edilmesi şeklinde ortaya koyulmaktadır. Kara-deniz bölümlendirilmesi genel olarak iki ayrı kategoride incelenebilir.

İlk kategori piksel değerleri ve gri değer histogramı kullanan kara-deniz bölümlendirme algoritmalarıdır. Bu tür yöntemlerde gri değerler üzerinden sınıflandırma OTSU [6] gibi eşiklendirme algoritmaları, maksimum entropi [15] , bayes bölümlendirmesi [16] gibi yöntemlerle yapmak mümkündür. Bu yöntemler kara ve denizlerin gri değer ve renk farklılığı üzerine kurulu olduğu için karadaki koyu bölgeler ve denizdeki parlamalar gibi etmenlerden oldukça fazla etkilenirler ve bu duruma birçok örnekte rastlanabilir. Diğer bir kategori görüntülerin dokusal yapısını inceleyen yöntemlerdir. Denetimli makine öğrenmesi kullanan [17] , Gauss dağılımı kullanan [18], görüntünün diğer istatistiksel özelliklerinden [19], [20] faydalanan yöntemlere rastlamak mümkündür.

Kıyı görüntülerinin tanınmasında görünür spektrumdaki fotoğrafların dışında uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilmiş görüntülerin kullanımı da yaygındır. SAR görüntüleri [21], kızıl ötesi görüntüyü de dahil eden çok spektrumlu görüntüler [22] kullanılabilir. Farklı dalga boylarındaki dalgaların yüzeyler üzerindeki farklı etkileri kullanılarak bu yöntemlerden kara deniz ayrımını daha uygun yapmaya müsait görüntüler elde edilebildiği görülmüştür.

Aktaş, Can ve Vural [23] kenarlara duyarlı bir bölümlendirme yöntemi geliştirmişlerdir. Bunun için çok spektrumlu görüntünün her kanalı üzerinde bölümlendirme uygulayıp kenar bilgisini kullanarak bu bölümlendirmeleri birleştirmişlerdir. Daha sonra piksel tabanlı su bilgisi yapılan bölümlendirmeye birleştirilmiştir. Daha sonra kıyıya yakın bölgelerdeki segmentleri birbiriyle birleştirerek yerel optimizasyon sağlayan bir yöntem üretmişlerdir.

Di, Wang, Ma ve Li [24] yüksek çözünürlüklü, çok spektrumlu IKONOS uydu görüntüsü kullanarak MSS (Mean Shift Segmentation) ile homojen bölgelere ayrılarak kıyıyı ana hatlarıyla tespit ederek, daha sonra kıyıya yakın bölgelerdeki bölümleri arındırarak bir sonuç elde etmişlerdir. Bu arındırma işlemi interaktif olarak insan müdahalesiyle yapılmaktadırlar.

Liu ve Jezek [19] istatistiksel yöntemleri, kenar tanımayı ve eşiklemeyi beraber kullanarak bir kenar tanıma yöntemi önermişlerdir. Bu yöntemde görüntü ufak bölgeler şeklinde incelenerek yüksek varyansı olan bölgeleri tespit edilir. Yüksek varyansı olan bölgelerin kıyı olabileceği varsayımıyla bu bölgelerde Canny kenar bulma yöntemi uygulanır. Bimodal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilerek kenar tanıma optimize edilir ve yerel bir eşik değeri hesaplanır. Bu yerel eşik değerlerini optimize edilerek iyileştirir ve kıyı çizgisi tespit edilir. Daha sonra sonuç üzerinde bazı iyileştirmeler yapılır.

Zhang ve Wang [17] denetimli sınıflandırma ve geliştirilmiş minimum filtresi kullanımı üzerine bir yöntem geliştirmiştir. Değer farkından yararlanan bir denetimli sınıflandırma algoritması ortaya koyulmuştur. Su yüzeyinin özellikleri kullanılarak kıyı çizgisinin bulunması gerçekleştirilir. Parlamalardan ve deniz yüzeyinin dokusunun oluşturduğu gürültüden kurtulmak için PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) ve korelasyon katsayısından faydalanan gelişmiş minimum filtresi kullanılmıştır.

Bo, Dellepiane ve De Laurentiis [25] bulanık bağlantılık (fuzzy connectivity) kullanan çok değerli bölümlendirme üzerine bir yöntem geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri yöntem bağlantılık haritası oluştururken bir deniz bölgesi seçilmesi için insan etkileşimine ihtiyaç duymaktadır.

You ve Li [20] OTSU eşikleme ve istatistiksel yöntemleri beraber kullanarak kara deniz ayrımını başarılı bir şekilde kullanan bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntemde OTSU algoritması kullanılarak denizler kabaca belirlenir. Denizden bir kesit alınarak denizin istatistiksel modeli çıkartılır. Bu modele dayanarak bölgeler kara

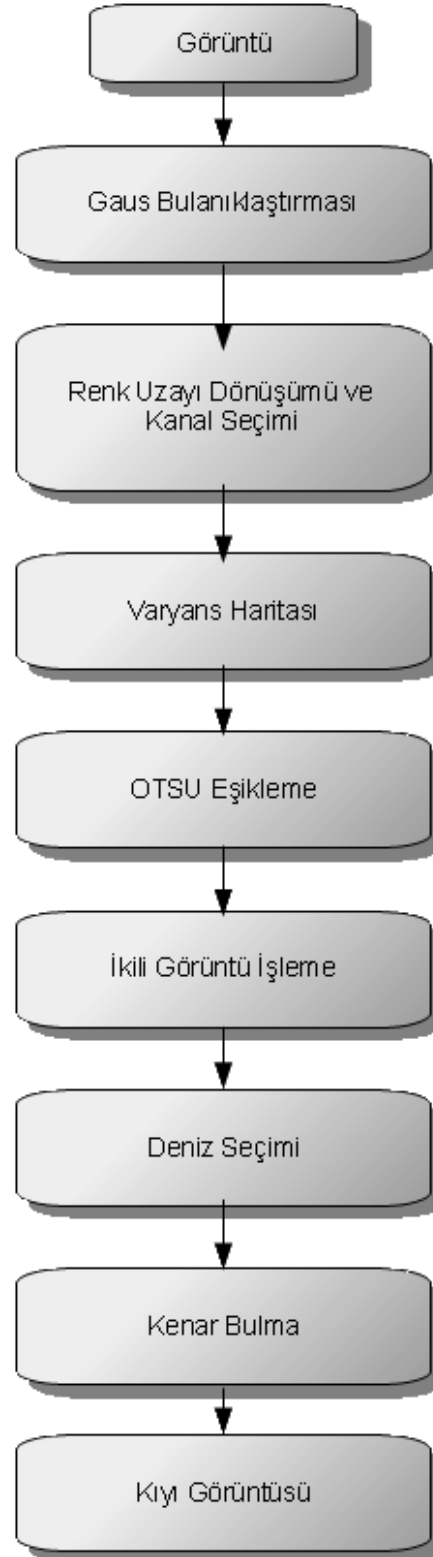
ve deniz olarak sınıflandırılır. Daha sonra yanlış tespit edilmiş karalar deniz ve karalar arasındaki varyans farklılığına bakılarak bulunur.

Pardo-Pascual ve arkadaşları [26] kıyı çizgisini istatistiksel yöntemler kullanarak piksel altı detay seviyesinde tespit eden bir yöntem ortaya koymuşlardır. Bu yöntem kızılötesi spektrumlardaki değerleri inceleyerek bimodal dağılım gösteren bölgeleri tespit ederek kıyı oldukları varsayımıyla çalışır. Bu bölgelerdeki renk değişimlerine bakarak kıyı çizgisini piksel altı hassasiyette tespit eder.

Yapılan çalışmaların genel olarak iyi sonuç verdiği söylenmektedir. Bu başarımlar seçilen görüntünün türüne ve yöntem için uygunluğuna göre değişim gösterebilmektedir. Başta değer tabanlı yöntemler olmak üzere birçok yöntemin başarımı deniz ve kara değerlerindeki değerlerin farklı olmasına oldukça bağlıdır. Bu farkı daha iyi ortaya koyduğu için kızılötesi spektrumdaki görüntülerin kullanımı yaygındır. İstatistiksel ya da doku özellikleri kullanan yöntemlerin daha esnek ve daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenebilir.

## 4. YÖNTEM

Kıyı çizgisi tespitini yapmak için bu tezde görüntünün istatistiksel özelliklerinden faydalanan bir yöntem önerilmiştir. Öncelikle kıyı görüntüsünün özellikleri incelenmiş ve hangi özelliklerden yararlanılabileceği tespit edilmiştir. Daha sonra bu görüntüler daha iyi sonuç alabilmek amacıyla bazı ön işleme (pre-processing) işlemlerinden geçirilmiştir. Tespit edilen özellikler arasında renk uzayları ve kanallar arasından kara ve denizleri en iyi ayıran özellikler seçilmiştir. Kayan çerçeve yöntemiyle varyans haritası hesaplanarak OTSU eşikleme yöntemiyle bir kaba kara ve deniz bölümlendirilmesi elde edilmiştir. Bazı ikili görüntü işleme işlemleri kullanılarak bölümlendirme iyileştirilmiştir. El ile denizden bir nokta işaretlenerek kara deniz ayrımı sonuçlandırılmıştır. Kara ile deniz arasındaki kıyı ikili görüntü üzerinde kenar bulma işlemi yapılarak kıyı tespiti tamamlanmıştır. İşlemin adımları Şekil 4.1'te sıradüzensel olarak verilmiştir.



Şekil 4.1 Kıyı Bulma Yöntemi Adımları

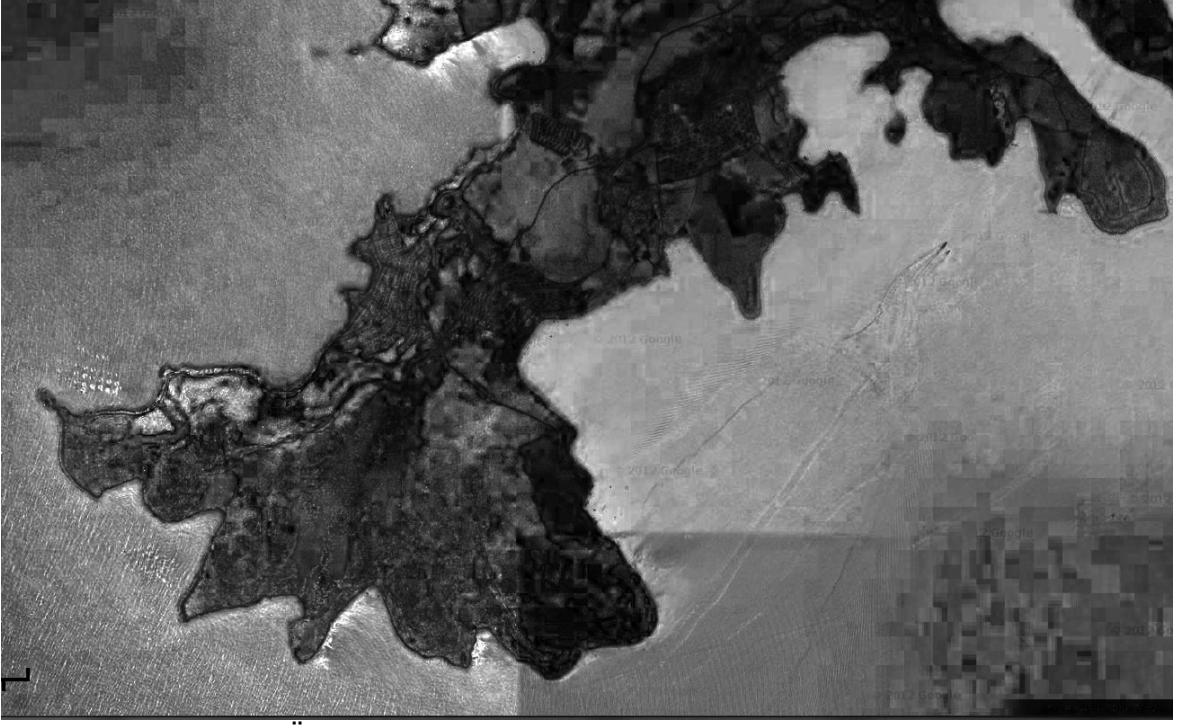


#### 4.1. Kıyı Tespitinde Renk Uzayı Dönüşümü ve Özellik Seçimi

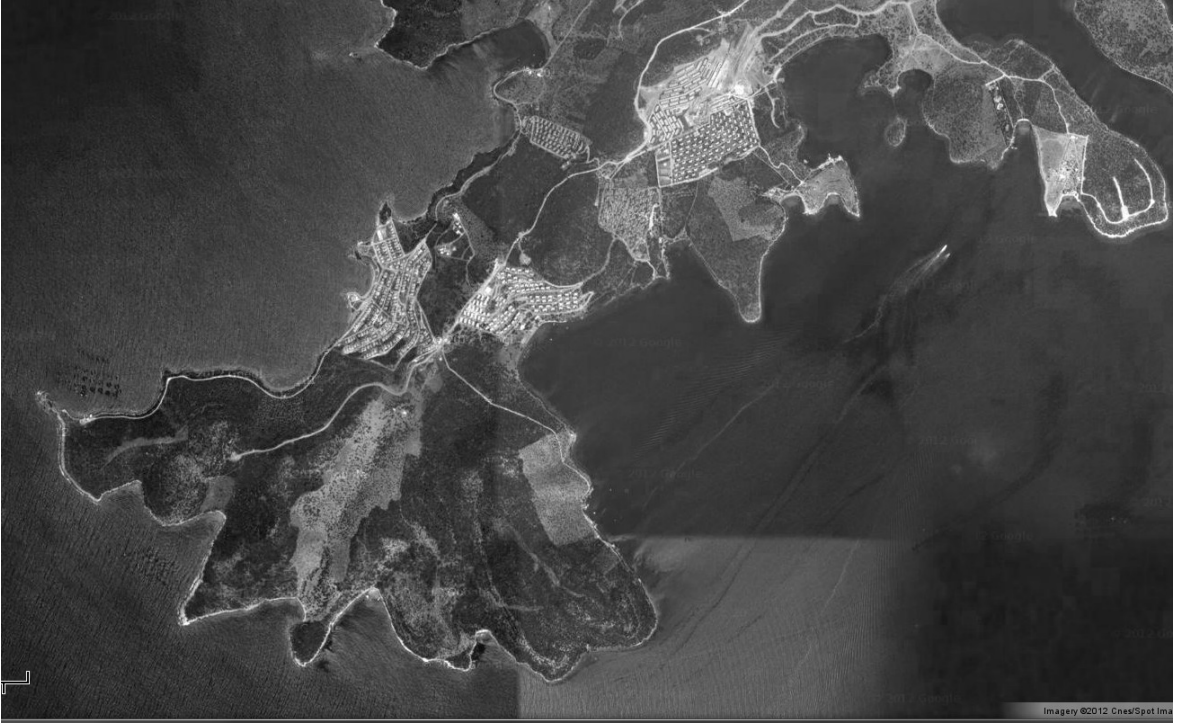
Görüntüler bilgisayar yazılımları tarafından genellikle RGB formatında saklanır ve işlenir. RGB biçimindeki kanallar bize görüntünün 3 temel renk için olan değerlerini aktarır. Şekil 2.5, Şekil 2.6, Şekil 2.7'de bir kıyı görüntüsünün farklı renk değerleri için görünümü verilmiştir. Her renk kanalı farklı bir dalga boyuna sahip olduğu için farklı özellikler gösterebilir. Örnek resimlerde kırmızı ve yeşil kanallarda karalar ve denizler arasındaki farklar mavi kanala göre daha belirgindir. Yeşil kanalda kıyıya yakın olan deniz bölgelerinin değerleri karalara daha yakındır. En keskin farklılık kırmızı kanalda görülebilmektedir. Resimlerde kırmızı kanalı seçerek kıyı tanımayı kırmızı kanal üzerinden yapmak da dikkate alınmıştır fakat elde edilen sonuçlar yeterince iyi olmamıştır.



Şekil 4.2 Örnek Kıyı Görüntüsü Renk Özü (Hue) Kanalı



Şekil 4.3 Örnek Kıyı Görüntüsü Doygunluk (Saturation) Kanalı



Şekil 4.4 Örnek Kıyı Görüntüsü Değer (Value) Kanalı

Kıyı görüntülerinin özellikleri insan algısına daha uygun olan HSV renk uzayına çevirerek özellikleri incelenmiştir. Renkleri HSV biçimine dönüştürmek matematiksel olarak kolaydır. Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4'de H,S,V kanalları için değerler siyah beyaz görüntüler olarak ifade edilmiştir. Bu siyah beyaz resimlerde beyazlar yüksek, siyahlar düşük değerleri ifade etmektedir. Bütün görüntüler anlamlı görünmese de karalar ve denizlerdeki değer farklılıkları görülebilmektedir. Renk özü karalarla denizler arasında yeterince belirgin bir farklılık yaratmamaktadır. Şekil 4.2'de kara ve denizlerdeki değerlerin birbirine yakın olması renk özünün belirgin bir farklılık yaratmadığını gösterir. Bu durumda renkleri dikkate almak mantıklı değildir. Doymunluk değerleri Şekil 4.3'de görülebildiği gibi kara ve denizler için oldukça büyük bir farklılık yaratmaktadır. Denizler çok daha yüksek bir doymunluk değerine sahiptir. Bu değeri kullanmak karalar ve denizleri ayırmak için bir avantaj sağlar. Değer (value) kanalı ise Şekil 4.4'de görüldüğü gibi resmin siyah beyaz görünümünü şekillendirir. Karalar ve denizlerde belirgin bir sayısal farklılık görülmemektedir.

Görüntülerin doymunluk karakterinin kara ve denizlerde oldukça büyük farklılık yarattığı, renkli resmin kendisinden, siyah beyaz gösteriminden, HSV ve RGB ifadelerindeki diğer kanallardan daha belirgin bir fark ortaya koyduğundan dolayı söz konusu özellik kıyı çizgisinin ayırt edilmesinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Kıyı tanıma işleminde girdi resimlerin renk uzayı dönüşümleri yapıldıktan sonra doymunluk kanalı Şekil 4.3'de görüldüğü gibi bir siyah beyaz görüntüye çevrilerek daha sonraki işlemler için saklanmıştır.

#### **4.2. Varyans Haritası**

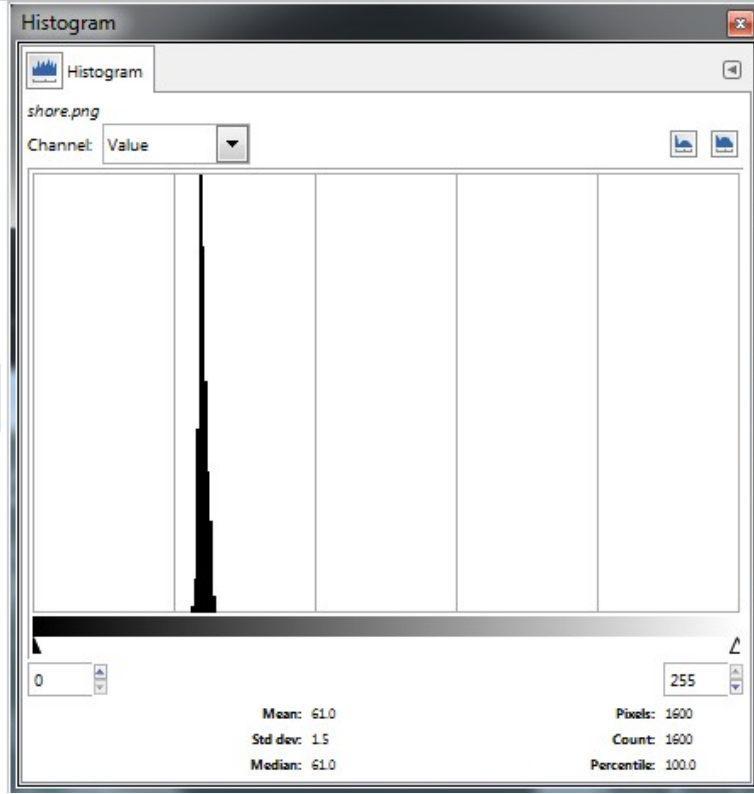
Kıyı görüntüleri üzerinde yerel varyans hesaplanması şu sebeplerden dolayı önemlidir:

- Deniz bölgelerinde yerel varyans düşüktür.
- Karalarda yerel varyans genellikle yüksektir.

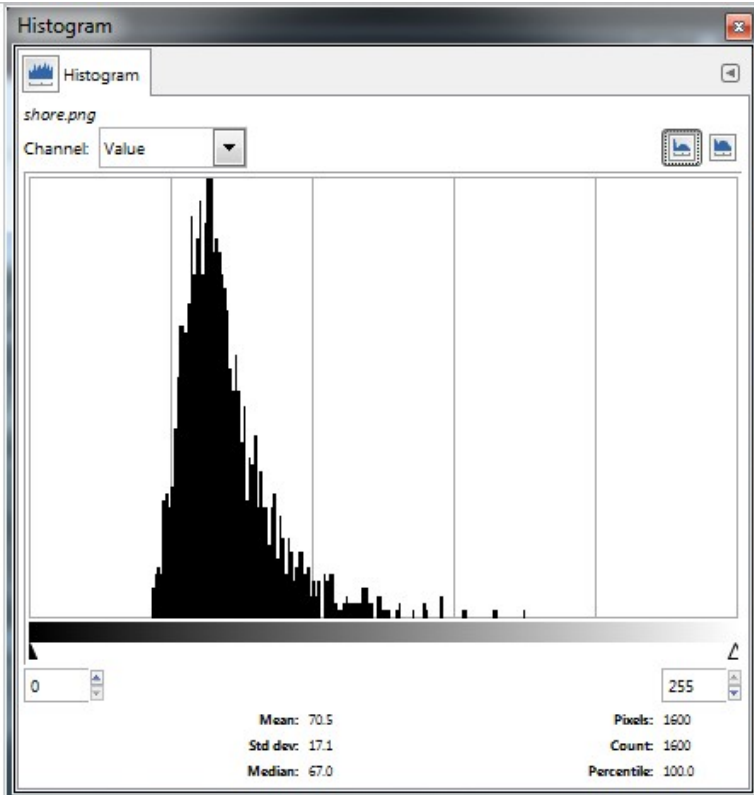
- Kara ve denizin beraber bulunduğu kıyı bölgelerinde yerel varyans yüksektir.

Deniz bölgelerinin genel bir özelliği düşük bir varyansa sahip olmalarıdır. Görüntülerde deniz bölgelerinde ufak cisimler, dalgalanmalar ve köpürmeler dışında varyansı yükselten oluşumlar yoktur. Ufak cisimlerin varyansa etkisi de daha önceden uygulanan bulanıklaştırma filtresiyle oldukça azalır. Karaların büyük kısmı denizlerden çok daha yüksek bir varyans değerine sahiptir. Bunun sebebi karada bulunan nesnelere çeşitliliğidir. Ağaçlar, kayalıklar, insan yapımı nesnelere gibi cisimler pürüzlü bir görünüme sahiptirler ve bu varyansın yüksek çıkmasına neden olur. Ancak karalarda da düzlükler, kumsallar, sık ağaçlıklar gibi düz ve nispeten daha pürüzsüz görüntüsü olan bölgeler düşük varyans değeri verebilir. Karalarla denizlerin kesiştiği bölgelerde karayla denizin renk farkı yerel varyans değerini önemli ölçüde artırır. Tezde ele alınan kıyı bulma yöntemi önemli ölçüde kıyılardaki varyans değerlerinin yüksek olması üzerine kurulmuştur.

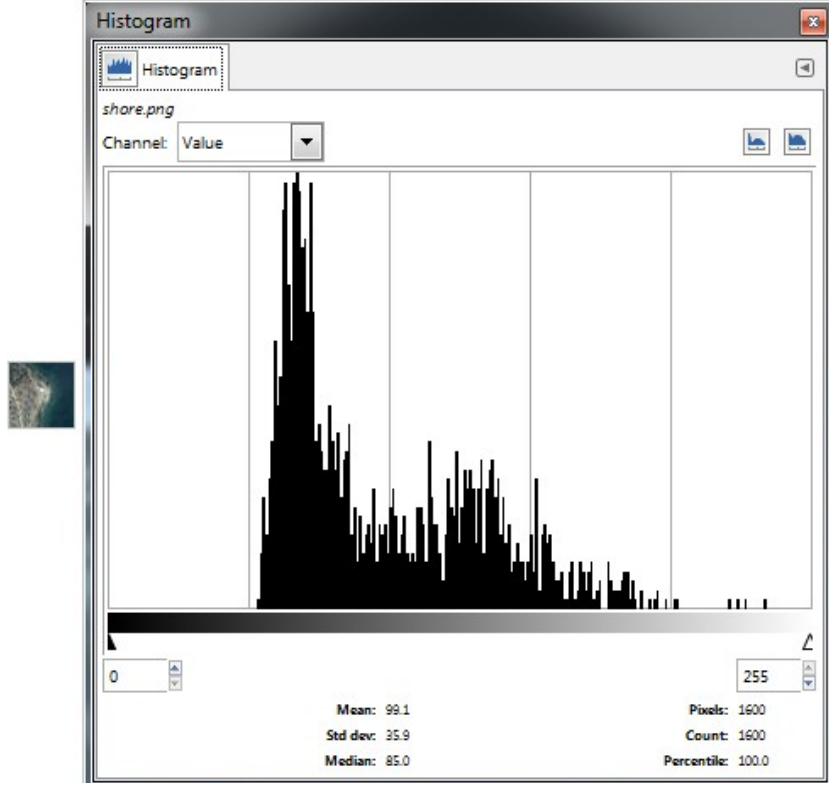
Denizlerin, karaların ve bunları ayıran kıyı çizgisinin tespitini yapmak amacıyla, görüntüdeki her nokta için bir komşuluk belirlenerek yerel varyans hesaplanarak bir varyans haritası oluşturulur. Bir nokta için hesaplanan yerel varyans aynı nokta için varyans haritasının bir noktasının değerini belirler. Böylece benzer ve farklı değerler barındıran bölgeleri tespit edilmiş olunur.



Şekil 4.5 Deniz Örneği Histogramı



Şekil 4.6 Kara Örneği Histogramı



Şekil 4.7 Kara-Deniz Örneği Histogramı

Yukarıda uydu görüntüsünden 40x40'lık örnekler alınmış, HSV renk uzayındaki değer kanalı için bu örneklere ait histogramlar ve ilgili bazı değerler gösterilmiştir. Şekillerde görülen histogramlar siyah beyaz görüntüdeki piksel değerlerinin 0 ile 255 arasında nasıl dağıldığını gösterir. Mean ortalama anlamına gelir. Bütün piksel değerlerinin toplamının toplam piksel sayısına bölümüdür. “Std dev.” (standard deviation) olarak ifade edilen bölüm, standart sapmadır ve varyansın kareköküne eşittir. “Median”, veri kümesinin (piksellerin) büyük kısmıyla küçük kısmını ayıran değerdir. “Pixels” ise hesaplanan kümedeki piksel sayısıdır.

İlk görüntü (Şekil 4.5) tamamı denizden alınmış bir kesittir. Histogramda görüldüğü gibi değerler bir yere kümelenmiştir ve birbirine çok yakınlardır. Standart sapması 1.5 olarak bulunmuştur. Bu durumda varyans 2.25 olarak hesaplanır. İkinci görüntü (Şekil 4.6) karadan alınmış bir örnektir. Histogramda değerlerin daha geniş bir alana yayıldığı ve daha seyrek kümelenildiği gözlemlenebilir. Standart

sapma 17.1 bulunmuştur. Varyans 292.41 olarak hesaplanabilir. İtkine göre oldukça yüksek bir değerdir. Üçüncü örnekte (Şekil 4.7) hem deniz hem de kara parçası içeren bir örnek alınmıştır. Histogramda oldukça geniş bir dağılıma görölmektedir. Hatta kara ve deniz bölgelerinden kaynaklanan iki ayrı dağılımın birleşimine uyan bimodal dağılım örneği olduğu söylenebilir. Standart sapma değeri 35.9'dur. Varyans 1288.81 olarak hesaplanır ve diğer örneklerden daha yüksektir.

Alınan farklı örneklere göre örneklerdeki sayılardan çok farklı değerler gözlemlenebilir. Fakat genel olarak yerel varyans ilişkisinin aşığıdaki gibi olduğu söylenebilir:

$$Var(Deniz) < Var(Kara) < Var(Kıyı)$$

Uydu görüntülerinin bu özelliği bize karaların, denizlerin ve kıyı çizgisinin konumunu tespit etmek için önemli bir bilgi sağlar.

Varyans haritası oluşturulurken de yukarıdaki örnekte olduğu gibi bir pencerenin içerisindeki piksellere göre varyans hesaplanır. Fakat bu pencereden hesaplanacak varyans varyans haritasında bir noktanın değerini belirleyeceğimiz için büyük bir pencere kullanmak uzaktaki komşuları da hesaba kattığımız için bize yerelde doğru bir sonuç vermekten uzaktır. Fakat pencerenin boyutunun çok ufak seçilmesi de çevresini yeterince dikkate alamaması nedeniyle düzgün bir sonuç elde etmemesine neden olabilir. Çok küçük bir çerçevede değeri farklı olan tek bir piksel bile varyansı oldukça yükseltebilecek böylelikle hataya karşı toleransı azaltacaktır. Bunlar dikkate alınarak en uygun sonuçlar 5x5 piksellik çerçevelerde elde edilmiştir. Böyle bir çerçeve 25 piksel içerdiği için değeri farklı olan az sayıdaki pikselin yaratacağı hatalara karşı da dayanıklıdır. Çok daha yüksek çözünürlükte görüntüler ele alındığında bu değer tekrar değerlendirilebilir.

Varyansın alabileceği değerler kümesi görüntünün piksellerinin alabileceği değer aralığından çok daha geniştir. Varyans haritasına görüntüsel işlemler uygulamaya devam edebilmek için bunun bir şekilde sayısal görüntüye uygun aralığa normalize

edilmesi gerekir. Bu normalizasyon işleminden önce değerler kendisiyle çarpılarak büyük değerlerin daha büyük bir aralığa gelmesi sağlanmıştır böylece kıyı olarak tespit edilebilecek değerler için hassasiyet arttırılmıştır. Normalizasyon %1lik en düşük değerleri ve %1'lik en büyük değerleri en büyük ve en küçük piksel değerlerini alacak şekilde ölçeklenerek gerçekleştirilir. Normalizasyon işlemlerinden sonra bile görüntünün net belli olmadığı gözlemlenmiştir. Ve değerlerin tamamı 20 ile çarpılarak bir görüntü elde edilmiştir. Uydu görüntülerinin karakteristiğine göre bu değer farklı bir değerle değiştirilebilir. Denemelerde yeterince iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 4.8 Örnek Kıyı Görüntüsünün Varyans Haritası Görünümü

### 4.3. Eşikleme

Görüntü üzerinde normalizasyon yapıldıktan sonra Şekil 4.8'deki gibi bir görüntü elde edilir. Kıyılar genel anlamıyla varyansı en yüksek bölgelerdir. Ağırlıklı karalarda ve bazen denizlerde, görüntünün kalitesizliği, adacıklar, insan yapımı



nesneler gibi sebeplerden dolayı varyans haritasında değeri yüksek çıkan parçalar da vardır. Karaların ve denizlerin belirlenmesi amacına görüntü bölgeleri sınıflandırılmalıdır. Bu sınıflandırmayı sağlamak amacıyla OTSU eşikleme yöntemi [6] kullanılmıştır. OTSU sınıf içi varyansı düşürerek mümkün olduğunca birbirine yakın değerleri aynı küme içerisine alan bir algoritma olduğu için kıyı çizgilerinin ortaya çıkarılmasında başarılı sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.9 Örnek Kıyı Görüntüsünün Varyans Haritasının İkili Görüntüsü

Görüntü eşikleme işleminden sonra Şekil 4.9'daki hali almıştır. Kıyılar büyük oranda belirgin olmasına karşın kıyı çizgisindeki boşluklar ve deniz üzerinde kara parçalarını temsil etmeyen beyazlıklar gözlemlenebilmektedir.

#### 4.4. İkili Görüntü İşleme

İkili görüntü üzerinde kıyı üzerindeki kesilmeler yok edilip kıyının sürekliliği sağlandığında kıyı çizgisi kara ve denizleri birbirinden ayıran bir sınır görevi görebilir. Sınırları keskin şekilde çizilmiş bir kara parçası için de görüntünün içi

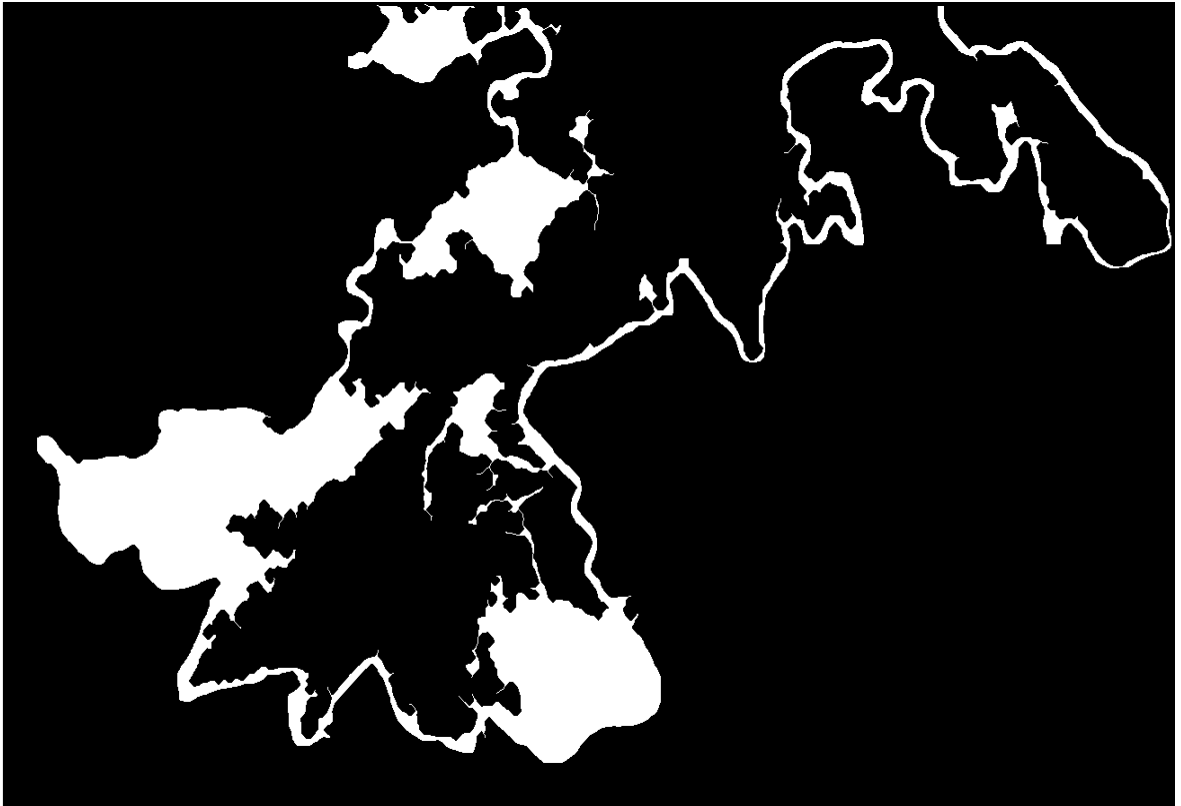
tamamen doldurularak kesin bir kara ve deniz ayrımı yapılması sağlanabilir. Burada esas olan nokta kıyı çizgisinin boşluk bırakmayacak bir şekilde bu ayrımı sağlayabilmesidir. Varyans haritası üzerinde eşikleme gerçekleştirildikten sonra kıyıların büyük oranda düzgün şekilde belirlendiğini görülür. Fakat her durumda kıyı çizgisinin bütünlüğünden ve sürekliliğinden söz etmek mümkün değildir. Bu bir boşluk doldurma işlemiyle karaların kesin biçimde bulunmasını engeller. Kıyı çizgileri üzerinde boşluklar olsa da oldukça küçük boyuttadırlar ve çeşitli ikili görüntü işleme yöntemleri kullanılarak bunların onarılması mümkündür.

Öncelikle bu boşlukları kapatmak ve uçları birbirine yaklaştırmak amacıyla genişletme (dilation) işlemi uygulanmıştır. Bu aynı zamanda çizgilerin kalınlaşmasına da yol açtığı için hassasiyeti düşürür bu yüzden çok fazla ardarda uygulanması bulunan kıyının ayrıntısını azaltır. Görüntü üzerinde iki kez genişletme işlemi uygulanmıştır. Genişletme işleminden sonra bazı boşluklar kapanmış kapanmayan boşluklar için de kıyıların uçları birbirine yakınlaşmıştır. Birbirine yakın pikselleri bağlayarak çizgiyi sürekli hale getirmek amacıyla köprüleme (bridging) işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin ardarda uygulanmasında bir sakınca yoktur fakat iterasyon sayısının artması belli bir noktadan sonra sonucu pek etkilememektedir. Köprüleme işlemi 5 kez yapılmıştır. Görüntüde oluşabilecek sivri uçlar ve çıkıntıların yok edilmesi amacıyla bir kez çoğunluk (majority) işlemi uygulanmıştır.

Genişletme işlemi ve daha sonrasında köprülemeyle piksellerin birbirine bağlanmasının ardından kıyı çizgisi süreklilik kazanmıştır fakat kıyı çizgisi hassasiyeti etkileyebilecek kadar kalınlaşmıştır. Kıyıyı belirtmesi gereken bölgeler denizden de pikselleri kaplamaktadır. Önceki işlemlerden dolayı ortaya çıkabilecek yan etkiyi azaltmak için inceltme (thining) işlemi 4 kez uygulanarak kıyı iskeleti elde edilmiştir. Kıyı çizgisinin sürekliliği sağlandığından dolayı kendisi piksel sayısı büyük bir nesne oluşturur. Kıyı çizgisi karada varyansı yüksek olan bölgelerle birleşmiş şekilde görünür. Bunun dışında resmin içerisinde hala ufak boyutlarda kıyıya ait olmayan cisimler bulunabilir. Bunlar dalgaların oluşturduğu renk değişiklikleri, gemiler ya da adalar olabilir. Belli bir boyutun altındaki nesnelerin yok

edilmesi kıyının bulunmasını kolaylaştıracaktır. Bunun için alan açma (area opening) işlemi kullanılır. Kaldırılacak cisimler için limit piksel sayısı resmin boyutuna ve özelliğine göre belirlenebilir. 5000 gibi bir parametre kullanıldığında çok büyük olmayan resimler için iyi sonuç alındığı görölmüştür.

Bu noktada karanın sınırları tamamen çizilmiştir. Elimizde olan cisimlerin iini doldurarak karaları belirlemek düşünölebilir. Fakat bu bölgelerin içinde kalan alanın mı yoksa dışında kalan alanın mı deniz olacağının kesinliği yoktur.



şekil 4.10 Boşlukları Doldurulmuş İkili Görüntü

#### 4.5. El ile İşaretleme

İkili görüntü işleme işlemleri gerçekleştirildikten sonra görüntüde kıyılar büyük oranda belirgindir. Fakat pratikte, yerel varyansı düşük olan bölgelerden dolayı karalar tamamen doldurulamamış olabilir. Bu durumda denizlerin 0 ile ifade edilmesinin yanında karaların bir kısmının da 0 olarak işaretilenmiş olması olasıdır.

İlk akla gelen yöntem en büyük siyah parçanın deniz olarak seçilmesi olabilir. Fakat karalarda siyah kalan bölgelerin denizden daha büyük olma olasılığı da vardır. Kara ve denizlerin ayrımı varyans üzerinden yapıldığı için karalarda siyah kalan bölgeler de denizler gibi varyansı küçük olan bölgelerdir. Önerilen yöntem bu karalarla denizler arasında kesin bir ayrıma varamaz. Tahmin yürütülecek bir yöntem geliştirildiğinde de tahminin yanlış olduğu durumlarda denizler tamamen kara olarak işaretlenebilir. Bu durum hatayı büyük oranda arttırabileceğinden tercih edilmemiştir. İkinci bir yöntem olarak tespit edilen karaların arasında kalan bölgenin kara, dışında kalan bölgenin deniz olarak belirlenmesi düşünülmüştür. Fakat bu yöntem yalnızca karaların genel hatları dışbükey olan durumlarda düzgün çalışmaktadır. Üzerinde kıyı tespiti yapılmaya çalışılan kıyı görüntüsü içbükeyse diğer bir deyişle görüntü bir körfez ya da koya aitse karaların arasında kalacak bölge karaya değil denize ait olabilir.

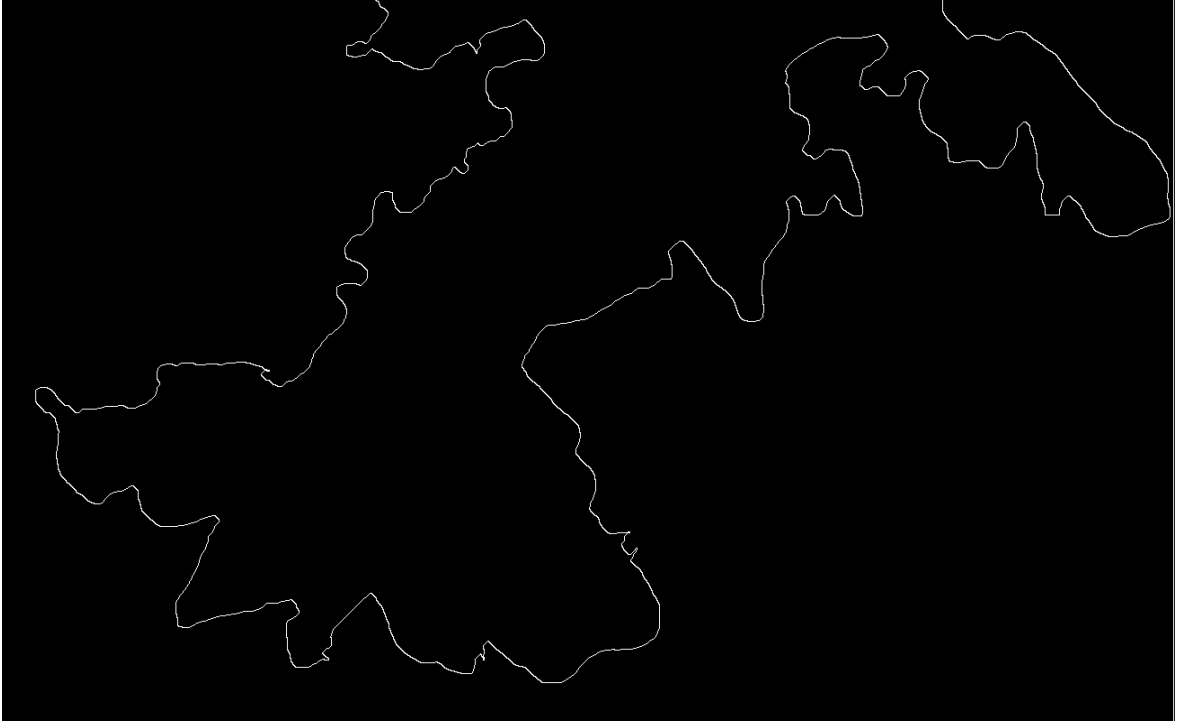
Çözüm olarak bu noktada bir insan yardımı alınması tercih edilmiştir. Yapılması gereken işlem kıyayı elle çizmenin yanında çok daha kolay bir işlem olduğundan ve sonucun doğruluğuna etkisinden dolayı tercih edilmiştir. Girdi olarak sadece denizden bir noktanın işaretlenmesi beklenmektedir. Bu nokta işaretlendiğinde ikili görüntü üzerinde bu noktayla bağlantılı bütün siyah bölgeler deniz olarak kabul edilir. Bunun dışındaki bölgeler beyaz olarak işaretlenir. Böylece karalar ve denizler görüntüde işaretlenmiş olur.



Şekil 4.11 Kara ve Deniz Sınıflandırılması Yapılmış Kıyı Resmi

#### 4.6. Kenar Bulma

Karalar ve denizler ikili görüntü üzerinden işaretlendikten sonra denizlerle karaları ayıran çizginin yani kıyının tespit edilmesi gerekmektedir. Kenar bulma işlemi kıyı çizgisinin çıkarılması için son derece uygun bir işlemdir. Kenar bulma işlemi sayısal görüntülerin sürekliliğini kaybettiği bölgelerin tespit edilmesiyle yapılır. Kenar bulma işlemi için bir çok yöntem kullanılabilir ve hepsi de görüntünün sınırları belli olduğu için yeterince iyi sonuç verecektir. Fakat zaten elimizde bir ikili görüntü olduğundan dolayı ikili görüntü üzerinde görüntünün kendisini aşındırılmış halinden çıkartarak bir kenar tespiti yapmak mümkündür.



Şekil 4.12 Tespit Edilmiş Kıyı Çizgisi

Bu işlemler sonucunda kıyı görüntüsünü Şekil 4.12'deki şekilde tespit etmek mümkündür.

## 5. DEĞERLENDİRME

### 5.1. Değerlendirmede Ölçmenin Önemi

Deniz ve kara parçaları barındıran bir resimdeki kıyıların tespiti insan kabiliyetlerine göre çoğu zaman oldukça kolay bir iştir. İnsan görüntüyü algılayış biçiminden ve bilinçli algısından dolayı görüntü üzerinde kara, deniz, kıyı gibi kavramları kolaylıkla ayırt edebilmektedir. Fakat bilgisayarların görüntü üzerinde bir algısı olmaması görüntüyü sayılardan oluşan bir matrise dönüştürür. Bu matrisler üzerinde yapılan işlemler sonucu çıkan sonuçları görecelidir ve sınanmalıdır. Çoğu görüntü işleminde olduğu gibi kıyı tespit etme işleminde elde edilen sonucun doğruluğunun sınanması genellikle bir insan uzmanın yargısına kalmıştır. Bulunmuş kıyılar resmin gerçeğiyle karşılaştırılarak girdi ve çıktıları ne kadar büyük bir hassasiyetle tespit ettiğine dair bir yargıya varılabilir.

Bilimsel çalışmalar söz konusu olduğunda ölçüm yapabilmek oldukça önemlidir. Hatta bilimsel yöntemin özünde önemli bir yeri vardır. Modern fiziğin kurucusu kabul edilen Galileo Galilei şöyle söylemiştir:

“Sayılabileni sayın, ölçülebileni ölçün, ölçülemeyeni ölçülebilir yapın.”

Benzer şekilde 1883 yılında Lord Kelvin şöyle söylemiştir [27] :

“Genellikle şunu söylerim: Bahsettiğiniz şeyi ölçebiliyorsanız ve sayılarla ifade edebiliyorsanız, onun hakkında bir şey biliyorsunuz demektir; ama sayılarla ifade edemediğiniz şeyler hakkındaki bilginiz zayıf ve tatmin edici olmayan türdendir.”

Öyleyse kıyı bulduğumuz sonuçları değerlendirirken ölçülebilir bir yöntem kullanılması oldukça faydalıdır. Metrik bir yöntemin varlığı farklı kıyı tespit yöntemlerinin birbiriyle karşılaştırılmasına olanak da sağlayacaktır. Fakat problemde ayrıntıya indikçe nerenin karaya ve nerenin denize ait olduğunun insan algısına göre bile öznelleşmesi kıyının genel hatlarıyla beraber özelliklerinin de

değerlendirilmesinin zorluğu bu konuda metrik bir ölçüm yönteminin uygulanmasını zorlaştırmaktadır.

## **5.2. Kıyıların Fraktal Özellikleri ve Değerlendirme Kriteri Olarak Fraktal Boyut**

Kıyıların fraktal özelliğe sahip olmasının ortaya koyulması fraktalların ilk ortaya çıkışına dayanır. Mandelbrot fraktal ve kendine benzerlik kavramlarını Britanya'nın kıyı şeridi uzunluğunu sorgulayan bir makalede ortaya atmıştır. Bu makalede kıyıların uzunluğunun tamamen kullanılacak ölçeğe bağlı olduğunu farklı ölçek kullanıldığında farklı uzunluklar elde edileceğini söylemiştir. Fakat aynı zamanda bu farklı uzunluklar arasındaki bağıntıyı da ortaya koymuştur [8]. Kıyıları fraktal, yani kendine benzerlik özelliği göstermektedirler. Bu kıyı şeridinden bir parçanın kıyı şeridinin tamamıyla ortak özelliklere sahip olduğu anlamına gelir. Ortak olan özellik o kıyının fraktal boyutudur.

Kıyıları farklı coğrafi oluşumlar gösterebilirler ve onlara şekil veren birçok faktör vardır. Bu faktörlerin ölçekten bağımsız olarak benzer bir etki göstermesi kıyıların da ölçekten bağımsız olarak benzer özelliklere sahip olmasına neden olmuştur. Genel anlamıyla girdili çıktı olan kıyı bölgelerinin daha alt seviyelere indikçe de bu girintili çıkıntılı yapısını koruduğunu görürüz. Aynı şekilde uzaktan bakıldığında düz görünen bir kıyı daha yakından bakıldığında aynı ölçüde düz görüncektir. Böylelikle belirli bir bölge içerisindeki kıyı parçasının önemli özelliklerinden birinin fraktal boyutu olduğunu söyleyebiliriz.

## **5.3. Fraktal Boyut ile Değerlendirme**

Görüntü işleme ve uzaktan algılama teknolojilerinin gelişmesiyle beraber kıyıların tespit edilmesi oldukça büyük başarımlarla yapılabilmektedir. Fakat ayrıntı düzeyinde baktığımız zaman denizin nerede bitip karanın nerede başladığının her zaman keskin bir sınırını koymak güç olabilir. Görüntü işleme teknolojileri de bundan dolayı belli bir hassasiyette sonuç üretebilirler ve üretilen sonuçların genel hatlarına göre insan tarafından doğru olarak nitelendirilmesi zor değildir. Fakat bu



bize kıyının özelliklerini düzgün şekilde yansıtarak doğru bir kıyı tespiti yapıldığına dair kesin bir bilgi vermez.

Tez kapsamında fraktal boyut, bulunan kıyıların doğruluğunu sınamak için bir yöntem olarak önerilmektedir. Bir kıyı tespit yöntemi kıyıyı düzgün olarak tespit ederse aynı zamanda kıyının fraktal özelliklerini de aynı beceriyle korumalıdır. Kıyıyı tespit ederken yapılan hata ne kadar artarsa kıyının fraktal özelliği de o denli bozulacaktır. Fraktal boyut ayrıntı düzeyindeki değişikliklere bile oldukça hassastır.

Bulunan bir kıyı görüntüsünün fraktal boyut kullanarak doğruluğunu kontrol etmek için her yöntemde olduğu bir referans noktasına ihtiyaç vardır. Doğru olduğu kabul edilen bir kıyının fraktal boyutu referans alınarak tespit edilen kıyının fraktal boyutuna bakılır. Doğruluğa bu iki fraktal boyut arasındaki farka bakılarak karar verilir. Bir kıyı görüntüsünden kıyı çizgisinin düzgün şekilde çıkarılması en güvenilir kıyı tespit yöntemi olan insanların kıyı çizgisi bulmasına dayanır. Yüksek çözünürlükteki bir görüntü üzerinde bir insanın bunu yapması zahmetli bir iştir. Fakat bir kez yöntemin güvenilirliği ispatlandıktan sonra bunun yapılmasına gerek yoktur. Bunun yerine doğruluğuna güvenilebilecek başka bir kaynaktan gelen kıyı bilgisi de kullanılabilir. Fakat kıyı bilgisinin değerlendirme yöntemiyle aynı ayrıntı seviyesinde kıyıları tespit etmiş olması önemlidir. Aksi takdirde hatalar yöntemin kendisinden değil görüntünün kalitesinden etkilenebilir.

Elimizde bir yöntem tarafından tespit edilmiş doğruluğu sınanacak bir kıyı görüntüsü ve doğru kabul edilen bir kıyı görüntüsü olduğunda fraktal boyutla başarımlı değerlendirme yapmak için gereken şey, iki kıyı için de fraktal boyut hesaplaması yapmaktır. Bu hesaplama herhangi bir fraktal boyut bulma yöntemiyle yapılabilir. Tez kapsamında güvenilir bir yöntem olan kutu sayma (box counting) metodu kullanılmıştır. Teorik olarak bir kıyı çizgisinin fraktal boyutu [1,2] aralığında olmalıdır. Fakat hesaplama yönteminde yapılan varsayımlardan ve görüntünün matematiksel model aksine yalnızca belli bir ayrıntı seviyesine inebilmesinden dolayı. Bu aralığın dışında fakat sınırlara yakın sonuçlar elde etmek mümkündür. Fakat iki kıyı için de fraktal boyutu aynı yöntemle hesapladığımız sürece bunları birbiriyle karşılaştırmakta bir sakınca yoktur.

#### 5.4. Fraktal Boyutun Diğer Kullanım Alanları

Fraktal boyut Mandelbrot tarafından [8] Britanya kıyıları üzerinde bir örnekle ortaya atılmış olsa da birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmış bir ölçme ve değerlendirme yöntemi olarak kabul görmüştür.

Daniel Barbara ve Ping Chen [28] veri tabanında kayıtlı olan verilerde kümeleme uygulandığında, aynı kümeye ait verilerin fraktal özelliklerinin birbirine benzeyebileceğini göstermişlerdir. Verilerin öznitelik uzayında dağılımlarından kutu sayma metoduyla verilerin fraktal özelliklerinin tespit edilip yeni gelen verilerin önceki kümelerle dahil edilmesi durumunda fraktal boyutunun nasıl etkilendiğini incelemişlerdir. Fraktal boyutun sabit kalması ya da ufak değişiklikler olması durumunda o kümeye ait olması, bütün kümelerin fraktal boyutunu bir limitin üstünde değiştirmesi durumunda bu verinin bu kümeler dışında başka bir kümeye ait olması ihtimali üzerinde durulmuştur. Bu şekilde yeni oluşabilecek kümeler de tahmin edilebilir olmuştur.

Bitkilerde yaprak gibi yapıların fraktal özellik gösterdiği bilinmektedir. Brezilya Atlantik ormanındaki ağaç türlerini yaprak görüntülerine göre sınıflandırmak amacıyla yaprakların bu fraktal özelliklerinden yararlanılmıştır. Yaprak resimleri kameralara dijital ortama aktarılıp ön işleme yapıldıktan sonra yaprakların şekilleri ve damar yapıları görüntülerinin fraktal boyutları hesaplanarak hangi türe ait oldukları tespit etmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [29].

Yu, Zhang, Wang ve Yang 2005 yılında büyük bir iris veri tabanında sorgulara daha hızlı yanıt verilebilmesi amacıyla fraktal geometri kullanan bir iris sınıflandırma yöntemi önermişlerdir [30]. Resimler kızıl-ötesi kamerayla çekilmiş siyah beyaz iris resimleridir. Resimler üzerinde belirli ön işlemlerden sonra iris dokusunu göz bebeğine yakın ve uzak olarak ikiye bölmüşlerdir. Bu iki bölgedeki resimlerin dokusunun pütürlülüğünü diferansiyel kutu sayma yöntemiyle tespit ederek iki bölge için eşik değerleri koymuşlardır. İki ayrı bölgedeki eşik değerlerinin altında ya da üstünde olmasına bakılarak iris resimleri 4 ayrı sınıfa ayrılabilir. Aynı

kişiyeye ait farklı bir iris resmi geldiğinde yüksek oranda aynı sınıfa ait olduğu ve bunun büyük veri tabanlarında yapılan sorgularda verilerin ön elemeyeden geçirilmesi konusunda yardımcı olabileceğini söylemektedirler.

Geleneksel, lineer geometrik jeo-istatistik yöntemleriyle cevher dağılımı hesaplamak yerine cevherlerin değişken ve asimetrik dağılımlarını fraktal geometriyle modellemişlerdir. Bu model jeolojik modelin eksik olması, asimetrikliğin fazla olması, düzensiz sondaj deliğiyle veri toplanmış olması gibi durumlarda klasik yöntemlerden daha iyi sonuç verebilen daha esnek bir yöntem ortaya koymuşlardır [31].

Granüllü kayaçlarda, kayaçların özelliklerinin belirlenmesi için kayaçlardan örnek tanecikler toplanmıştır. Taneciklerin modelleri fotoğraf çekilerek ve bilgisayar ortamında modellenerek çıkartılmıştır. Bu modeller üzerinden taneciklerin fraktal boyutu hesaplanarak bir pürüzlülük değeri hesaplanmıştır. Bu değerlerin toprağın özelliklerini yansıttığı görülmüştür [32].

Sel, orman yangını, deprem, erozyon gibi doğa olaylarının farklı ölçeklerde benzer özellikler gösterdiği ve fraktal bir özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Bu özelliklerden yararlanarak bir model kurarak tahmin yürütmek, alınacak tedbirleri belirlemek mümkün olabilmektedir [33].

Sezer [34] tarafından biçimsiz alanların fraktal özellikleri ve bunların kütle hareketleri ile ilişkisi araştırılmış ve fraktal boyutu hesaplamak amacıyla FRACEK isimli uygulama geliştirilmiştir.

## 6. DENEY

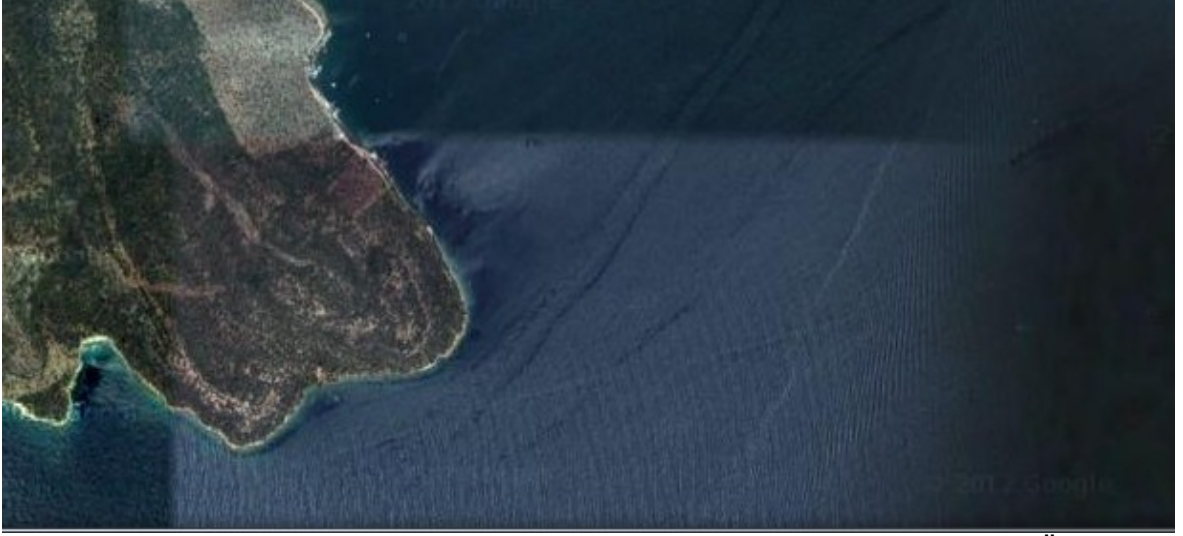
### 6.1. Veri Kümeleri

Tez kapsamında kıyıları tespit edilmek üzere renkli uydu görüntüleri kullanılmıştır. Kıyı tespitinin düzgün yapılabilmesi ve gürültüden mümkün olduğunca az etkilenmesi için görüntülerin bulutsuz bir havada çekilmiş yüksek çözünürlüklü görüntüler olması gerekir. Yöntemin düzgün işleyebilmesi için çok az miktarda deniz içeren kıyı resimlerinden kaçınılmıştır. Deneylerde iki farklı veri kümesi kullanılmıştır.

#### 6.1.1. Google Haritalar Veri Kümesi

İlk veri kümesi Google Haritalar hizmetinden alınan renkli (RGB) uydu görüntüleridir [35]. Bu görüntüler farklı coğrafi bölgelerden alınmıştır. Farklı coğrafi bölgelerin farklı oluşum ve aşınma şekilleri birbirinden farklı kıyıların oluşmasına neden olmuştur. Bu durum farklı seviyelerde girinti ve çıkıntıya sahip sahiller üzerinde kıyı bulma yöntemlerinin nasıl çalıştığının sınanması için tercih edilmiştir. Karadeniz, Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinden 4'er tane olmak üzere toplamda 12 uydu görüntüsü toplanmıştır.

Google Haritalar hizmeti farklı zamanlarda çekilmiş farklı görüntüleri birleştirerek bütünleşik bir görüntü vermeye çalışmaktadır. Fakat farklı zamanlarda ve ışık koşullarında çekilmiş görüntüler birleştirildiğinde bu farklılık hala görülebilmektedir. Şekil 6.1'de bunun bir örneği gösterilmiştir. Işık durumunda oluşan bir farklılık nedeniyle denizin aynı bölgesi içerisinde farklı renk ve parlaklık değerleri gözlemlenmiştir. Yerel varyansı yüksek göstererek olumsuz sonuçlar doğurabileceğinden ötürü örnek görüntüler alınırken bu tür renk farklılıklarından kaçınılmıştır.



Şekil 6.1 Google Uydu Görüntülerinde Oluşabilen Renk Farklılıklarına Örnek

Aynı zamanda Google Haritalar farklı bölgeler için farklı çözünürlükte görüntüler sunmaktadır. Örneğin yerleşim yeri olan ve daha sıkça bakılması muhtemelen bölgeler denizin iç bölgelerine nazaran çok daha yüksek çözünürlükte verilmiştir. Seçilen görüntülerdeki bir kriter de çözünürlüğü yeterince iyi olan bölgelerden örnek alınması olmuştur.

### 6.1.2. Quickbird Uydu Görüntüleri

Diğer veri kümesi Gökçeoğlu ve arkadaşları [36] tarafından derlenen Quickbird uydusunun renkli (RGB) görüntüsüdür. Görüntüler Akdeniz kıyısının Lara bölgesinden alınmıştır. Google Harita hizmetinden alınan uydu görüntülerine göre daha yüksek çözünürlüklüdürler. Görüntülerin tamamı uzun bir kıyının parçalara bölünmüş şekliyle deneyde kullanılmıştır.

## 6.2. Uygulama ve Değerlendirme

Tez kapsamında ele alınan yöntemin uygulaması için Mathworks'ün Matlab uygulaması [37] kullanılmış ve yer yer bir özgür yazılım olan GIMP'ten (GNU Image Manipulation Program) faydalanılmıştır [38]. Yöntemde anlatılan adımlar Matlab koduyla kodlanmıştır. Renkli uydu görüntüleri PNG dosya biçiminde girdi olarak verilmiş ve tespit edilen kıyılar ikili resim dosyası olarak oluşturulup kaydedilmiştir.

Bu görüntülerin değerlendirilmesi için gerekli referans kıyı bilgisi kıyı görüntüleri üzerinden GIMP kullanılarak çizilmiştir. Kıyılar mümkün olduğunca ayrıntılı bir şekilde çokgen şeklinde çizilmiştir. Bu işlem sonucunda çokgenin iç bölgesi beyaz dış kısmı siyah renge boyanmıştır. Elde edilen kıyı bilgisinin fraktal değerlendirmede kalınlıktan dolayı farklı sonuçlara neden olmasını engellemek amacıyla bu görüntüler üzerinde bölüm 2.1.5.2'te bahsedilen kenar bulma yönteminin aynısı uygulanmıştır. Bu sonuçlar doğru kıyı bilgisi olarak kaydedilmiştir.

Değerlendirme uygulaması da benzer şekilde Matlab kullanılarak kodlanmıştır. Değerlendirme yöntemi için girdiler otomatik kıyı bulma yöntemiyle bulunan kıyı görüntüsü, elle tespit edilmiş doğru kabul edilen kıyı görüntüsüken çıktılar bu iki kıyı görüntüsü için hesaplanan fraktal boyutlardır. Değerlendirme bu fraktal boyutların karşılaştırılmasıyla yapılır. Fraktal boyut hesaplamak için kutu sayma yöntemi tercih edilmiştir. Bunun yerine farklı bir yöntem tercih edilebilir. Fakat değerlendirmenin düzgün yapılabilmesi için bütün kıyılarının fraktal boyutu aynı yöntemle hesaplanmalıdır.

### **6.3. Deney Sonuçları**

#### **6.3.1. Bulunan Kıyılar ve Görsel Değerlendirme**

İki farklı veri kümesinin kıyı görüntüleri üzerinde kıyı bulma algoritması çalıştırıldığında girdi olarak verilen kıyı görüntüleri ve bulunan kıyı sonuçları Şekil 6.1 - Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Önerilen kıyı bulma yöntemi görsel olarak değerlendirildiğinde kıyıların yerini doğru tespit ettiğini, bulunan kıyı çizgisiyle gerçek kıyı çizgisinin örtüştüğü söylenebilir. Ayrıntı düzeyindeki bazı küçük girdi ve çıktılarının yer yer bulunan kıyıda yer almadığı, bazı şekillerin de belli bir oranda yuvarlandığı söylenebilir fakat bu örnekler genele oranla az miktardadır. Varyans haritası yönteminde kullanılan pencere boyutu piksel bazındaki hassasiyeti etkilemektedir. Kıyı görüntülerinin çözünürlüğü arttıkça yuvarlamalar azalacak ve ayrıntı seviyesi artacaktır.

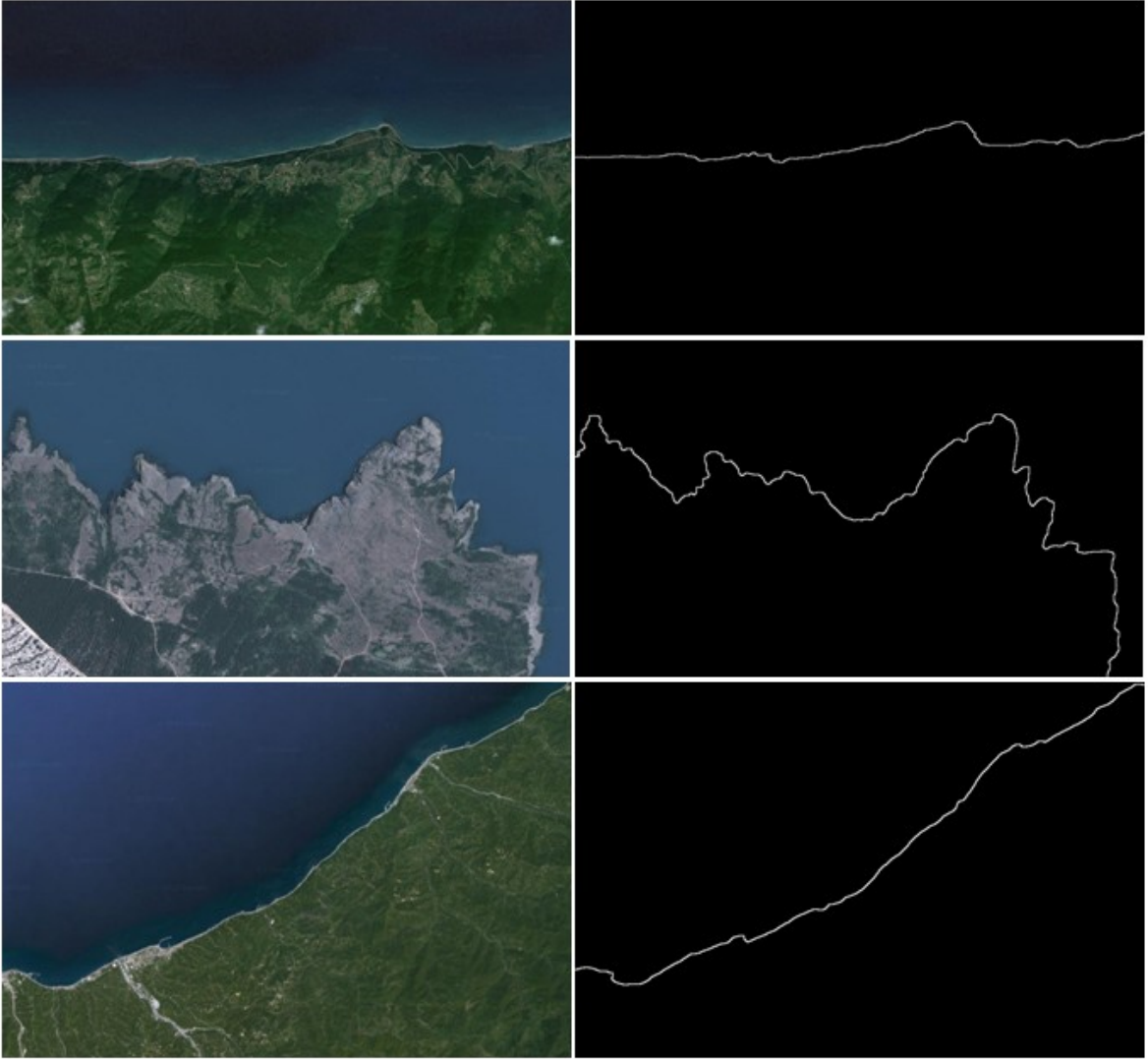


Şekil 6.2 Google Haritalar Veri Kümesi Akdeniz Bölgesi Görüntüleri



Şekil 6.3 Google Haritalar Veri Kümesi Ege Bölgesi Görüntüleri

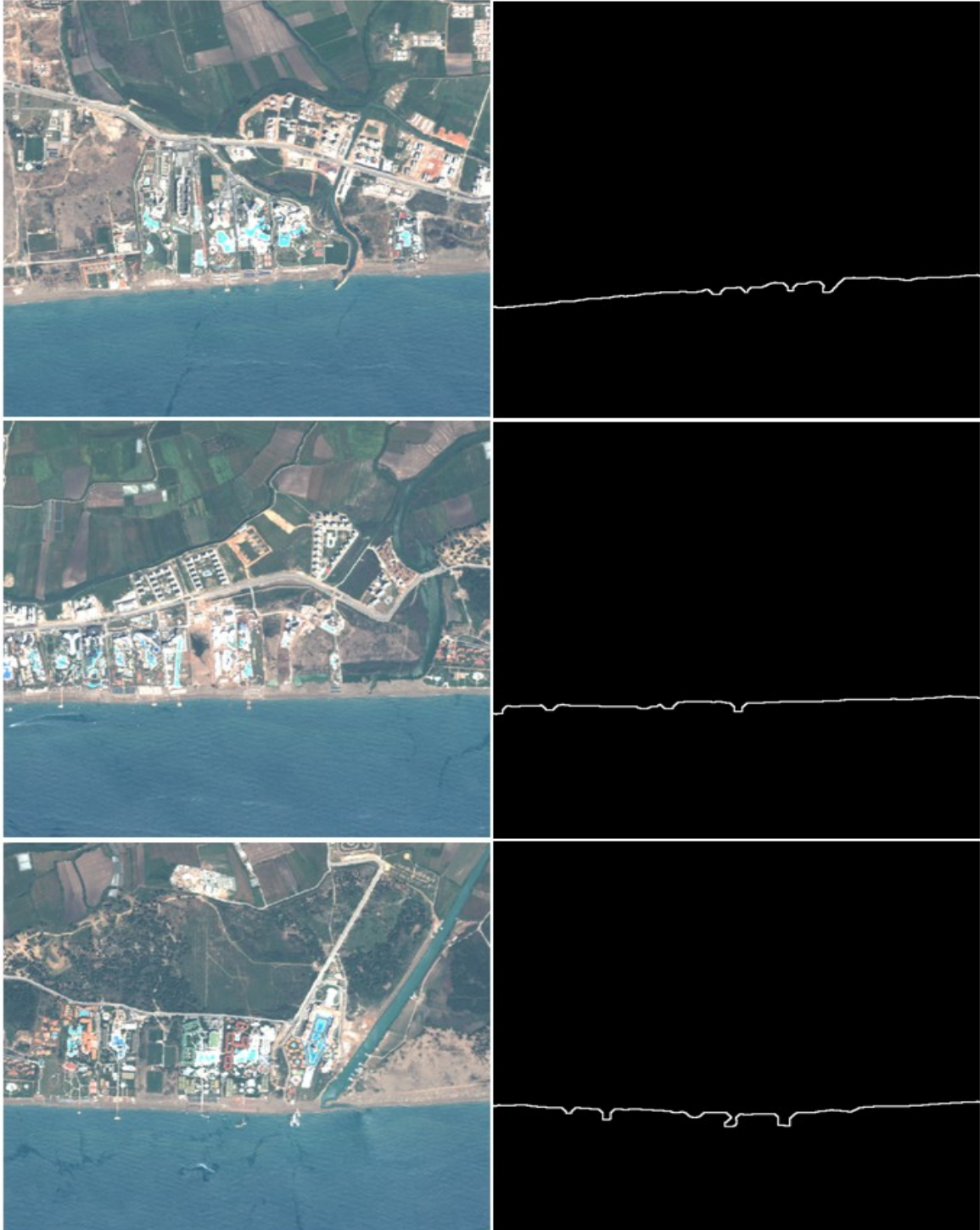




Şekil 6.4 Google Haritalar Veri Kümesi Karadeniz Bölgesi Görüntüleri



Şekil 6.5 Google Haritalar Veri Kümesi Marmara Bölgesi Görüntüleri



Şekil 6.6 Quickbird Veri Kümesi Lara Bölgesi Görüntüleri -1



Şekil 6.7 Quickbird Veri Kümesi Lara Bölgesi Görüntüleri -2

### 6.3.2. Fraktal Boyut ile Değerlendirme

Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'de bilgisayar tarafından oluşturulmuş ve elle çizilmiş kıyılar için kutu sayma yöntemiyle hesaplanmış fraktal boyutlar gösterilmektedir. Aynı zamanda bu iki fraktal değer arasındaki farkın mutlak değeri hesaplanarak hata sütununa yazılmıştır. Fraktal değer farklı olması durumunda daha yüksek ya da düşük hesaplanmasının bir önemi yoktur.

Bir kıyı çizgisi için fraktal boyut teorik olarak [1,2] aralığında olmalıdır. Fakat hesaplama yönteminin getirdiği bazı yöntemler nedeniyle bu aralığa çok yakın olmasına rağmen aralığı aşan örnekler gözlenebilmektedir. Yapılan deneylerde sadece Quickbird veri kümesindeki Lara 2 görüntüsünün el ile çizilen fraktal boyutu bu sınırlar dışındadır.

Çizelge 6.1. Google Haritalar Veri Kümesi İçin Bilgisayarla Bulunmuş ve El ile Çizilmiş Kıyıların Fraktal Boyutları

Bölge	El ile Çizilmiş	Hesaplanmış	Hata
Akdeniz 1	1.0821	1.0885	0.0064
Akdeniz 2	1.1434	1.1086	0.0348
Akdeniz 3	1.0866	1.0802	0.0064
Ege 1	1.1728	1.1718	0.0010
Ege 2	1.2486	1.1921	0.0565
Ege 3	1.1832	1.1702	0.0130
Karadeniz 1	1.0390	1.0517	0.0127
Karadeniz 2	1.1225	1.1091	0.0134
Karadeniz 3	1.1181	1.1134	0.0047
Marmara 1	1.1292	1.0932	0.0360

Marmara 2	1.0758	1.0824	0.0066
Marmara 3	1.1536	1.1949	0.0413

Çizelge 6.2.Quickbird Veri Kümesi İçin Bilgisayarla Bulunmuş ve El İle Çizilmiş Kıyıların Fraktal Boyutları

Bölge	El İle Çizilmiş	Hesaplanmış	Hata
Lara 1	1.0600	1.1165	0.0565
Lara 2	0.9898	1.0339	0.0441
Lara 3	1.0476	1.0589	0.0113
Lara 4	1.0378	1.0473	0.0095
Lara 5	1.0474	1.0471	0.0565

Sonuçlar incelendiğinde değerler birbirine çok yakındır. Çoğu resim için hesaplanmış ve el ile çizilmiş fraktal boyutun birbirine yakın olduğu görülmektedir. Fakat bu yakınlık dikkatli incelenmelidir. Fraktal boyut 1 ile 2 arasında değişebilmesine karşın örnekler arasında hesaplanan fraktal değer en fazla 1.25'e yakınlaşmıştır. Bu durumda 0.01 gibi bir fark kabul edilebilirken 0.02 den büyük farklarda ayrıntı düzeyinde tespitteki farklılıklardan şüphelenmek gerekir.

Çoğunluk için hata oldukça düşüktür. Fakat bazı görüntüler farklarıyla öne çıkmıştır. Google Haritalar veri kümesi için, Akdeniz bölgesinden alınan ikinci örnekte 0.0348'lik bir fraktal boyut farkı gözlemlenmektedir. Görüntü ve bulunan kıyı incelendiğinde kıyı şeridinin ortasındaki insan yapımı koy dikkat çeker. Görüntü çözünürlüğü çok yüksek olmadığı için kıyı tespiti yapılırken bu iki ucun birleştiği ve koyun içindeki deniz alanının kıyıya dahil edildiği görülür. Bir başka fark da Ege bölgesindeki ikinci görüntüdedir. Fraktal boyutlar arasındaki fark

0.0565'tir. Bu görüntüde de bazı sivri kenarların yuvarlandığı ve daha önemlisi kıyıya yakın bölgelerdeki bazı parlamaların kara olarak algılandığı görülmektedir. Çözünürlük yükseldiğinde varyans haritası oluşturulurken sivri kıyılar daha iyi şekilde tanınabilecekken parlayan bölgeler görüntünün özelliği ile ilgilidir ve bu bir çok kıyı bulma yöntemi için ortak sorun oluşturmaktadır. Marmara bölgesindeki ilk örnek 0.0360'lık bir fark göstermektedir. Görsel olarak yapılan karşılaştırmada sonuç iyi görünse de bazı girinti ve çıkıntıların varyans haritası yönteminde yuvarlanmasının fraktal boyuta bir etkisi olmuştur. Marmara bölgesindeki üçüncü görüntü de 0.0413'lük bir fark göstermektedir. İnsan yerleşim bölgesine bir örnektir. Buradaki fark da kıyıdaki küçük insan yapımı etkilerden kaynaklanmaktadır.

Quickbird uydusundan alınan örnekler incelendiğinde görsel olarak kabul edilebilir sonuçlar elde edildiği halde hata oranının daha fazla olduğunu görürüz. Fraktal boyuttaki farklılıklar benzer şekilde çözünürlüğe bağlı olarak yapılan yuvarlamalarla ve insan yapımı şekillerin kıyıyı değiştirmesiyle açıklanabilir.

## 7. SONUÇLAR

Sayısal görüntüden kıyı tanıma problemi görüntünün niteliğine göre oldukça karmaşıklaşabilen bir problemdir. Kıyıları bulmak için kullanılan yöntemler görüntülerin özelliklerine, görüntünün özellikleri de görüntünün elde edildiği şartlara ve görüntünün ait olduğu bölgeyle doğrudan ilişkilidir. Görüntüdeki gürültü ve görüntünün kalitesindeki düşüklük de görüntü tanıma sürecini zorlaştıran etmenler arasındadır. Gürültüyle başa çıkmak için çeşitli filtreler ve yumuşatmalar uygulanabilir. Bu filtreler fazla miktarda uygulandığında gürültüyü azaltırken kıyı tanıma yararı olabilecek bilgileri de yok edebilmektedirler. Kıyılarda ve denizlerde doğal olarak bulunmayan insan yapımı iskele gemi gibi yapıların varlığı deniz ve karaların taşınması beklenen bazı özelliklere uymadığından bu süreci zorlaştırabilecek etmenler arasındadır.

Kara ve denizlerin sınıflandırılması işlemleri için bir çok araştırmada uzaktan algılama yöntemleri kullanılmış ve görünen dalga boyunun ötesinde farklı spektrumlardaki verilerle dayanarak gerçekleştirilmiştir. Işığın değişik dalga boylarında farklı yüzeylerdeki davranışının farklı olmasından yararlanarak görünür spektruma oranla daha önemli farklar yakalamak mümkündür. Örneğin deniz bölgelerinin kızıl ötesi ışınları soğurma özelliğinin karaya oranla daha fazla olmasından dolayı kızılötesi görüntülerde denizlerin daha düşük değer taşıdıkları görülmüştür. Fakat bu tür görüntülerin miktarının görünür spektrumdaki görüntülere oranla az olması ve elde etmesinin daha maliyetli olması nedeniyle tez kapsamında renkli görüntüler tercih edilmiştir.

Kıyı tanıma işlemlerini bir çeşit kenar tanıma problemi olarak ele almak mümkündür. Fakat bu karalarda ve denizlerde çeşitli sebeplerle oluşabilecek kenarlardan dolayı tek başına yeterli değildir. Birçok faktörden dolayı kıyıları dışında birçok kenar ortaya çıkar. Bir diğer yaklaşım da denizler ve karalardaki renk ve değer farklarından yararlanarak deniz ve kara sınıflandırması yapmaktır. Bu yaklaşım karaların ve denizlerin konumlarıyla ilgili genel bir bilgi verebilse de kıyı tespit etmek için tek başına yeterli değildir. Bu değerlerin denizlerde yer yer



yüksek, karalarda da yer yer düşük çıkmasını sağlayabilecek etmenler vardır. Deniz ve karaların dokusal özelliklerine bakarak da kara ve denizlerin ayrımını yapmak da mümkündür. Bu tür yöntemlerde ortaya çıkan problem doku kavramının bir piksel grubu için anlamlı olmasıdır. Yani ancak dokusu incelenen bir çerçeve içindeki bölgenin sınıflandırılmasına yardım olacağından, hem kara hem deniz içeren çerçeveler için tek başına kullanıldığında piksel düzeyindeki ayrıntıların kaybolmasına sebep olabilir. Görüntünün çözünürlüğünün yeterince yüksek olması bu durumun getirdiği dezavantajı azaltabilir. Kullanılan yöntemlerin hiçbiri tek başına her durum için mükemmel bir kıyı tanıma sağlayamamaktadır. Bu yöntemleri birlikte kullanarak ve kıyı bilgisi üzerinden bazı varsayımlar yaparak görüntüyü daha da iyileştirmek mümkündür.

Tez kapsamında renkli görüntü üzerinde kıyı tanınması yapılabilecek özellikler araştırılmıştır. HSV gösterimindeki doygunluk (saturation) kanalının diğer kanallar ve gösterimlerden daha belirgin bir fark yarattığı tespit edilmiş bu yüzden işlemler bu kanalın siyah beyaz görüntüye dönüştürülmesi üzerinden yapılmıştır. Değer farklarına göre bir eşikleme ya da kenar bulmanın yeterince iyi sonuç vermemesi üzerinde kıyıların istatistiksel özellikleri incelenmiştir. Denizden alınan parçaların çoğu zaman karadaki parçalara oranla daha yüksek bir varyansa sahip olması belirgin bir özelliktir. Kıyı bölgelerinde ise hem kara hem denizden gelen farklı piksel değerlerinin oluşturduğu daha da yüksek bir varyans farkı görülmüştür. Kıyı bulma işlemi kıyı kesimlerinde varyansın yüksek, denizlerde ise düşük olduğu ve kıyı şeridinin bir şekilde süreklilik göstermesi gerektiği bilgisi üzerine kurulmuştur. Bu durum, karalarda varyansı düşük bölgelere rastlansa bile kıyı sınırları içerisinde kalan bölgenin kara olarak işaretlenebilmesine olanak tanımıştır. Bazı örneklerde kıyı görüntüsünün alınış şekline göre varyansı düşük kara bölgelerinin büyüklüğünün denizlerden daha büyük olabildiği görülmüştür. Bu durum varyansı düşük olarak bulunan en büyük bölgenin deniz olarak sınıflandırılması varsayımının yapılmasını engellemiş ve hangi bölgenin deniz bölgesinde bir noktanın da girdi olarak verilmesi gerekliliğini doğurmuştur.

Otomatik kıyı tanıma amacıyla kullanılan yöntem temel olarak görüntünün doku ve istatistiksel özelliklerini kullanır. Genel anlamda görsel karşılaştırma yapıldığında kıyı tespitlerinin başarılı olduğu görülmektedir. Fakat diğer doku tabanlı yöntemlerin çoğunla olduğu gibi bir çerçeve kullanılması piksel seviyesindeki ayrıntıların bir kısmının gözden kaçmasıyla sonuçlanabilmiştir. Çözüm olarak pencere boyutunun düşürülmesi daha ufak bir alanda varyans ölçülmesine neden olduğu için ayrıntı seviyesini arttırabilmesine rağmen genel anlamdaki başarımı olumsuz etkilemiştir. Görüntülerin yeterince ayrıntılı olması durumunda bu durumun yarattığı sıkıntı ortadan kaybolmaktadır.

Kıyılarının bulunması sırasında denizden bir nokta seçilmesi gereksinimi, önerilen yöntemin yarı otomatik olarak sınıflandırılmasına neden olmuştur. Varyansı çok düşük olan bölgelerden en büyüğünün kara olduğu varsayımıyla bunun önüne görüntülerin çoğunda geçilebilmiştir ama az sayıdaki aksi yönde olan örneğin kıyı tespitinin tamamen yanlış yapılmaması için tercih edilmiştir. Burada beklenen bilgi bir insan tarafından çok kolay girilebilir. Görüntü üzerinde fare yardımıyla tek bir noktaya tıklanması yöntemiyle elde edilebilmektedir ve kıyının insan tarafından tanımlanmasına göre çok daha tercih edilebilir bir yöntemdir.

Kıyı çizgisi yakalama başarımı genellikle görsel olarak kontrol edilmektedir. Oysa ki; tespit edilen kıyı çizgisinin başarımının görsel kontrolden ziyade ölçülebilir bir metrik ile ifade edilmesi karşılaştırılabilir ve yorumlanır sonuçların üretilmesinde büyük önem taşır. Fraktal geometrinin doğa oluşumlarını ifade etme yeteneğinden ve kıyıların fraktal özelliklerinden hareket edilerek, fraktal boyutun performans metriği olarak kullanılması önerilmiştir. Fraktal boyut, üzerinde hesaplama yapılan şeklin üzerindeki olası değişimlerin tamamını değerine yansıtabilecek biçimde kutu sayma yöntemi ile uygulanmıştır. Dolayısı ile kıyı çizgilerinin uzunluklarındaki farklılığı da doğrudan yansıtacaktır. Yani elle çizilen ve doğruluğu yüzde yüz olarak kabul edilen kıyı çizgisi ile, otomatik hesaplanan kıyı çizgisinin fraktal boyutları ne kadar yakın ise başarımları o oranda yüksek kabul edilebilir. Fraktal boyutun ayrıntı düzeyindeki farklılıkları tespit etmekte oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir. Kıyılarda tespit edilirken keskinliğini kaybeden bölgelerin, birbirine

çok yakın kara parçalarının birleştirilerek tam bir kıyı gibi algılanmasının, renk farklılıklarının yarattığı çizgi farklılıklarının fraktal boyuta yarattığı etkiden dolayı fraktal boyut bilgisayarla tespit edilen kıyıların doğruluğunun sınanması için etkili bir yöntemdir.

El ile çizilmiş kıyılarla bilgisayar tarafından tespit edilmiş kıyıların fraktal boyutları karşılaştırıldığında sonuçların çoğundaki fraktal boyut farkının 0.03'ten küçük olduğu görülmektedir. Fraktal boyutlardaki farklar yüksek olan resimler incelendiğinde bazı ayrıntıların kaybolduğu, özellikle insan yapımı cisimlerde çok ufak cisimlerin varyans haritalama yöntemiyle yakalanamamasından dolayı oluşan farklar olduğu görülmektedir. Aynı zamanda kıyıya yakın yerlerde görüntüdeki parlamalar ve renk değişimleri de duruma etki etmektedir.

Görüntü kalitesinin artması, kaybolan ayrıntıları geri kazandırabilme potansiyeline sahiptir. Çünkü varyans haritalamada kullanılan çerçeveler şekillerin çok daha küçük bir kısmını kaplayacaktır. Renkli resimlerden tez kapsamında elde edilebilen en belirgin görüntü doygunluk kanalına ait olandır. Fakat yöntem bu kanal görüntüsünün farklı spektrumlarda çekilmiş ya da farklı uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilmiş görüntülerle çalışması da muhtemeldir.

## KAYNAKLAR

- [1] S. ÖZAĞAÇ, “Cumhuriyet Dönemi Türk Haritacılık Tarihi,” Ankara Üniversitesi, **2006**.
- [2] “Digital image - Wikipedia, the free encyclopedia,” 2013. , [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_image](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_image). [Erişim: 08.09.2013].
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing (3rd Edition)*. Prentice Hall, **2007**, p. 976.
- [4] “Image processing - Wikipedia, the free encyclopedia,” 2013. , [http://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_processing](http://en.wikipedia.org/wiki/Image_processing). [Erişim: 08.09.2013].
- [5] B. Sankur, “Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation,” *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, no. 1, p. 146, Jan. **2004**.
- [6] N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms,” *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, **1979**.
- [7] “Courses on Mathematical Morphology.” , <http://cmm.ensmp.fr/~serra/cours/index.htm>. [Erişim: 04.09.2013].
- [8] B. Mandelbrot, “How long is the coast of britain? Statistical self-similarity and fractional dimension.,” *Science (New York, N.Y.)*, vol. 156, no. 3775, pp. 636–8, May **1967**.
- [9] M. Frame, B. Mandelbrot, and N. Neger, “Fractal Geometry.” , <http://classes.yale.edu/fractals/>. [Erişim: 01.09.2013].
- [10] K. Falconer, *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications*. John Wiley & Sons, **2007**, p. 366.
- [11] J.-F. Gouyet, *Physics and fractal structures*. Springer Verlag Gmbh, **1996**, p. 234.
- [12] E. W. Weisstein, “Dimension -- from Wolfram MathWorld.” , <http://mathworld.wolfram.com/Dimension.html>. [Erişim: 07.09.2013].
- [13] R. Voss, “Fractals in nature: From characterization to simulation,” in in *The Science of Fractal Images SE - 1*, H.-O. Peitgen and D. Saupe, Eds. Springer New York, **1988**, pp. 21–70.
- [14] Z. Üzmez, “İstanbul Kıyı Alanları Yönetimi ve Silivri Kıyı Alanı Stratejik Planlaması,” Yıldız Teknik Üniversitesi, **2006**.
- [15] J. N. Kapur, P. K. Sahoo, and A. K. C. Wong, “A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram,” *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 29, no. 3, pp. 273–285, Mar. **1985**.
- [16] M. T. Figueiredo, “Bayesian Image Segmentation Using Gaussian Field Priors,” in in *Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern*

- Recognition SE - 6*, vol. 3757, A. Rangarajan, B. Vemuri, and A. Yuille, Eds. Springer Berlin Heidelberg, **2005**, pp. 74–89.
- [17] X. Zhang and Z. Wang, “Coastline extraction from remote sensing image based on improved minimum filter,” *2010 Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 2, pp. 44–47, Aug. **2010**.
- [18] W. Li, “Detection Of Ship In Optical Remote Sensing Image Of Median-low Resolution,” National University of Defense Science and Technology, **2008**.
- [19] H. Liu and K. Jezek, “Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating Canny edge detection and locally adaptive thresholding methods,” *International Journal of Remote Sensing*, **2004**.
- [20] X. You and W. Li, “A sea-land segmentation scheme based on statistical model of sea,” *Image and Signal Processing (CISP), 2011 4th ...*, **2011**.
- [21] J. Bijaoui and F. Cauneau, “Separation of sea and land in SAR images using texture classification,” in *Proceedings of OCEANS’94*, **1994**, vol. 1, p. I/522–I/526.
- [22] K. Di, R. Ma, J. Wang, and R. Li, “Coastal mapping and change detection using high-resolution IKONOS satellite imagery,” *Proceedings of the 2003 annual national conference on Digital government research*, **2003**.
- [23] U. R. Aktas, G. Can, and F. T. Y. Vural, “Edge-aware segmentation in satellite imagery: A case study of shoreline detection,” in *7th IAPR Workshop on Pattern Recognition in Remote Sensing (PRRS)*, **2012**, pp. 1–4.
- [24] K. Di, J. Wang, R. Ma, and R. Li, “AUTOMATIC SHORELINE EXTRACTION FROM HIGH-RESOLUTION IKONOS SATELLITE IMAGERY,” *Proceedings of the 2003 annual national conference on Digital government research Boston MA*, vol. 130, no. May, pp. 1–4, **2003**.
- [25] J. G. Bo, S. Dellepiane, and R. De Laurentiis, “Semiautomatic coastline detection in remotely sensed images,” *IGARSS 2000. IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Taking the Pulse of the Planet: The Role of Remote Sensing in Managing the Environment. Proceedings (Cat. No.00CH37120)*, vol. 5, no. 2, pp. 1869–1871, **2000**.
- [26] J. E. J. Pardo-Pascual, J. Almonacid-Caballer, L. A. Ruiz, and J. Palomar-Vázquez, “Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision,” *Remote Sensing of Environment*, vol. 123, no. null, pp. 1–11, Aug. **2012**.
- [27] O. Aumala, “Fundamentals and trends of digital measurement,” *Measurement*, vol. 26, no. 1, pp. 45–54, Jul. **1999**.
- [28] P. C. Daniel Barbará, “Tracking Clusters in Evolving Data Sets.”, **2001**

- [29] O. M. Bruno, R. de Oliveira Plotze, M. Falvo, and M. de Castro, "Fractal dimension applied to plant identification," *Information Sciences*, vol. 178, no. 12, pp. 2722–2733, Jun. **2008**.
- [30] L. Yu, D. Zhang, K. Wang, and W. Yang, "Coarse iris classification using box-counting to estimate fractal dimensions," *Pattern Recognition*, vol. 38, no. 11, pp. 1791–1798, Nov. **2005**.
- [31] Q. Wang, J. Deng, H. Liu, L. Yang, L. Wan, and R. Zhang, "Fractal models for ore reserve estimation," *Ore Geology Reviews*, vol. 37, no. 1, pp. 2–14, Feb. **2010**.
- [32] J. P. Hyslip and L. E. Vallejo, "Fractal analysis of the roughness and size distribution of granular materials," *Engineering Geology*, vol. 48, no. 3–4, pp. 231–244, Dec. **1997**.
- [33] *Fractal Analysis for Natural Hazards*. Geological Society, **2006**, p. 172.
- [34] E. Sezer, "A computer program for fractal dimension (FRACEK) with application on type of mass movement characterization," *Computers & Geosciences*, vol. 36, no. 3, pp. 391–396, Mar. **2010**.
- [35] "Google Haritalar, Türkiye Bölgesi Uygu Görüntüleri." , <http://maps.google.com>. [Erişim: 10.04.**2013**].
- [36] C. Gokceoglu, H. A. Nefeslioglu, A. Akgun, D. Turer, and M. Temimhan, "Determination of the shore edge line at Kundu (Antalya, Turkey)," in *Proceedings of the Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, **2011**, pp. 221–228.
- [37] "MATLAB version 7.10.0." The MathWorks Inc., Natick, Massachusetts, USA, **2010**.
- [38] "GIMP - The GNU Image Manipulation Program." , <http://www.gimp.org/>. [Erişim: 08.09.**2013**].

### Semi-Automated Shoreline Extraction in Satellite Imagery and Usage of Fractals as Performance Evaluator

Sinan O. Altinuc, Ali S. Keceli and Ebru A. Sezer

**Abstract**—Analysis of shoreline detection has importance in many investigations undertaken by coastal zone and coastal management studies. These studies require tracking changes in shorelines to reach many objectives such as detecting erosion and land mass movements, discriminating land and sea and etc. At the same time shorelines are important features to display dynamic nature of Earth's surface.

In this paper a novel shoreline extraction method and use of fractals as a performance evaluator are proposed. As a first step of shore line extraction, blurring is done on shoreline image to reduce noise. Then variance map calculation and thresholding are applied. In second stage, a series of morphological binary image processing techniques are performed. After user feedback, boundary of the resulting connected component is extracted. Performance evaluation of the proposed method is done by using fractal values. Evaluation is done by matching calculating fractal values of extracted lines and fractal values of handdrawn shorelines. A high correlation has been seen between fractal values of computed and handdrawn shorelines. Considering the ability of fractal geometry to express natural entities, fractal dimension is contributed as a performance metric.

**Index Terms**— Shoreline extraction, fractal, performance evaluation, image processing

#### I. INTRODUCTION

Shoreline can be defined as the fringe of land at the edge of sea or river. Shoreline detection studies have many important uses and applications in geological sciences such as discrimination of land and sea, detecting erosion and obtaining information about the characteristics of land masses. Land sea segmentation is previously performed manually by cartographers. With the advancement in satellite and aerial imaging technologies, shoreline detection between land and the sea can be obtained automatically. As image processing and remote sensing methods emerged, some methods were developed for automatic shoreline detection.<sup>1</sup>

Some previous researches [1, 2, 3] based on the color or gray level difference between land and sea use thresholding and adaptive thresholding methods to categorize land and sea. However, these methods work under the assumption the sea regions are darker which may not be true in several cases.

Di and Li [4] proposed region-based approach. Di and Li [4] presents semi-automatic method that takes feedback from user to extract shoreline flawlessly.

Another group of researches in this area are based on texture properties of land and sea. These studies uses supervised machine learning to classify land and sea by using remote sensing image features [5]. There are statistical models to perform segmentation [6]. Li and Yu [6] use local boundary optimization to extract shoreline. This method uses OTSU [7] segmentation to perform a rough estimation of the statistical properties of the land and sea and a better segmentation is performed by using this assumption and estimation. Lui and Jezek [8] proposed another statistical method that uses locally adaptive thresholding and Canny edge detection. General purpose of edge detection is to reduce the amount of data in an image keeping its structural properties. Canny Edge detection is an edge detection method that performs well optimizing detection localization and number of responses criteria [9].

In this study we propose a method that utilizes the statistical properties of the image. Local variance of the input images are calculated based on saturation values with a sliding window approach, then a variance map is created. After normalization on variance map, OTSU adaptive thresholding is performed. To clean noise and irregularities in the variance map such as waves and ships in the image, a set of binary image processing operations are performed. Human interaction is needed to mark a single point in the sea region. Finally boundary detection is used to complete shore detection.

#### II. PROPOSED METHOD

Our method includes several stages, these stages are preprocessing, color space conversion, saturation channel selection, variance map calculation, thresholding, post processing user correction and boundary detection. Stages are given in Figure-1 with effectuation order.

##### A. Preprocessing

In preprocessing step, Gaussian filter is used to decrease the effect of the noise and prevent the high local variance values caused by single or small group of pixels. Throughout the examination on the land-sea images it is observed that saturation value in HSV [10] color space provides better discrimination of land and the sea rather than regular grayscale values. So image color space is converted to HSV from RGB and ignoring the Hue and Value channels, only the saturation channel, which is the depth and purity of color, is taken as grayscale image. Then the Image is reversed so that the land regions correspond to the higher values.

Manuscript received September 1, 2013  
S. O. Altinuc is with the Computer Engineering Department of Hacettepe University, Ankara, Turkey, (sinanonur@hacettepe.edu.tr)  
A. S. Keçeli is with the Computer Engineering Department of Hacettepe University, Ankara, Turkey, (alisedy.keceli@hacettepe.edu.tr)  
E. A. Sezer is with the Computer Engineering Department of Hacettepe University, Ankara, Turkey, (ebru@hacettepe.edu.tr)

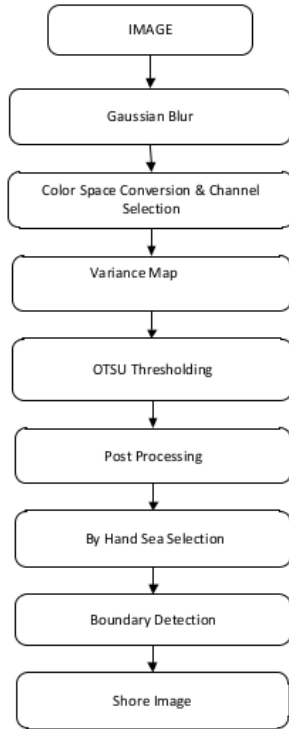


Fig. 1. Steps of Proposed method

Sea regions tend to have a low value difference between pixels whereas land regions tend to have a higher value difference. This is usually caused by roughness and variety of material on land. This property of land results in a higher variance for sections taken from land regions than sections taken from sea regions. Sections that contain both land and sea parts have even higher local variances due to value differences between land and sea. This variance difference property is used to discriminate land and sea regions.

#### B. Variance Map

After preprocessing step, variance map of the image is calculated. Variance map is a reconstruction of an image according to their local variance values. Local variance of a point can be found by calculating the variance of pixels in a frame centering the point. Definition of the variance is given in Eq. (1).

$$var(X) = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N-1} \quad (1)$$

where  $\mu$  is the mean on the values,  $N$  is the number of the pixels in a frame (window size). We can generate a variance map for the image using a moving  $n \times n$  frame over the image where  $n$  is an odd number  $N$  is calculated as:  $N = n \times n$ . In this case a  $5 \times 5$  frame is used ( $n=5$ ). The calculated variance value is taken as the value for pixel in the center of the frame.

The calculated variance value corresponds to the pixel value for the variance map image. After constructing the

whole variance map the values are normalized. After normalization, highest valued pixel corresponds to the highest possible value in the image. Even after this normalization the variance map is barely visible. The image is further enhanced by multiplying the whole image by a coefficient which can be taken as parameter. For this experiment 20 is used as the parameter.

#### C. Thresholding and Binarisation

After the variance map is created correctly to discriminate the borders of the land and sea mass, global thresholding is enforced with OTSU method. Otsu method [4] is a clustering based thresholding method. This method based on finding the best threshold that separates pixels into 2 classes. Threshold is found by calculating the probabilities of intensity levels and finding the threshold which minimizes intra class variance and maximizes inter-class variance.

After thresholding the image is converted to a binary image. The thresholding and binarisation process provides a rough estimation of land and sea regions. To improve accuracy some binary image processing operations are applied. Purposes of these operations are to basically remove small objects that have no connection to the shoreline, repair possible broken links in the shoreline and thus reduce the error. Morphological dilation, bridging, majority and thinning binary image operations are performed with the given order [10, 11]. After this point to remove unwanted small objects, pixels that have fewer than 4 neighbors are removed from binary image with binary opening. Since our purpose is detection of shoreline that separates land and sea masses, the water masses covered by the land such as lakes are discarded and are marked as a part of land. In this case we can assume that any mass fully covered by land mass should be a part of the land mass itself. The holes in the binary images are filled with 1's under this assumption.

#### D. Manual Land-Sea Selection

Except some special cases we have a one large connected component of 1's in final binary image. This connected component represents land and zeros represent sea regions. However some 0 regions can be seen where they supposed to be marked as land region. This is caused by the land regions (such as sand dense forests) that might have a low local variance.

Despite of the local variance in the land regions, shores should have positive values in the binary image and sea is expected to have a low variance and therefore represented by 0 valued regions in the binary image. 1's separate the land from the sea but there may be 0's on the both sides. Selecting the largest set of connected 0's is considered for marking sea region but in some cases the 0 region in the land is larger than the 0 region on the sea and it may lead to defective detection. For this reason a human is expected to mark a point in the sea region. All 0's connected to selected point are considered as sea and all other points are marked as land

After land and sea regions are correctly marked. A simple boundary detection operation is able to determine the border as shoreline on an image that has correctly marked land and sea regions. Most of the edge detection algorithms also provide the same result with boundary tracing on a binary image.



### III. FRACTAL GEOMETRY IN PERFORMANCE EVALUATION

Like most of the image recognition problems, detection of the shorelines are evaluated by expert opinion. The results from the algorithm are compared with the result gathered from experts. This gives a sense of how good the algorithm is performing but lacks the stability of a metric measurement.

Fractal dimension is a alternative measure for dimension that indicates how measure of objects change as the scale of measurement changes. Fractal dimension is a widely used measurement method on different kinds of data. First Mandelbrot [12] mentioned the difficulty of measuring coastlines and their fractal properties. Yu, Zhang, Wang and Yang proposed a fractal based classification for infrared iris image databases. [13] Fractal geometry is also used in a variety of geographical subjects. It is used to model the model the variant distribution of ores. It's stated that it performed better than linear geometric statistical models when a decent geological model isn't present, asymmetry is high and data is collected with irregular drilling holes.[14] Fractal properties of amorphous areas and their relation to mass movements are also studied and a computer program, FRACEK was developed for the purpose of calculating fractal dimensions. [15]

Since we know the fractal properties of shorelines, a successfully detected shoreline must preserve the fractal properties of that shore. By comparing the fractal dimension of the shores found by the expert and the algorithm we have a metric insight on how well the detection is performed.

Here fractal dimension of the shoreline is proposed as a metric on how successful the detection operation is. To perform this evaluation we need both computer generated shore and a shore that is considered to be correct. Since there is no commonly accepted algorithmic method to do so, we expect the shore that is considered as a correct representation to be generated by a human expert. Both of the generated shores is expected to have same line length to expect a correct result.

For fractals with unknown mathematical models box counting is a widely used method to determine the fractal dimension. This method is based on covering the shape with boxes of same sizes. If any part of the shape is contained by a box that box that box is taken to cover the shape. When the size of the boxes  $\epsilon$  decreases, the number of boxes required to cover the shape  $N(\epsilon)$  increases. Fractal dimension can be stated as: [16]

$$d \sim \frac{\log N(\epsilon)}{\log \epsilon} \quad (2)$$

Since we can find different sizes and counts for different box sizes usually  $N(\epsilon)$  and  $\epsilon$  is found for many box sizes. Logarithms of this values are placed on a graph with  $\log \epsilon$  in horizontal and  $\log N(\epsilon)$  in vertical axis. Each point corresponds to values taken in a different box size. These points are then fit to a line and slope of this line is the box counting dimension for the corresponding shape.

### IV. EXPERIMENT

Proposed method is experimented on two different datasets. First one of these datasets is Satellite images of

different regions of Turkey retrieved from Google Maps [17]. The dataset focuses on different geographical regions that have different geographical formations. While selecting the images quality and solidity of the images are taken into consideration. In Google Maps some regions tend to have lower image resolution than the others and image for some regions may be constructed by combining different satellite images taken in different times which can lead to certain color differentiations due to light differences. This color difference may produce a high variance where should not have occurred and may have a negative effect in our algorithm. Both of these cases are avoided during image selection.

Second dataset is the sections of The Quickbird satellite imagery product RGB composite (123) produced by Gokceoglu et al. [18]. These images are from Lara region by Mediterian sea.

Fig. 2 shows examples of images taken from Google Maps and the computer generated shoreline. The shoreline seems to overlap with the original shore in general. Because of the size of the frame used for calculating the local variances, variance map method may end up rounding up small details of bays and gulfs.

The method is applied on both Google Maps and Quickbird satellite image data sets. For each image the shoreline is also constructed separately by human expert. Fractal dimension is calculated for these images.

By decreasing the frame size for variance mapping these details may be enhanced but decreasing window size has negative effect on robustness. As the resolution of the input image increases, the detail of the processed shoreline increases as well.

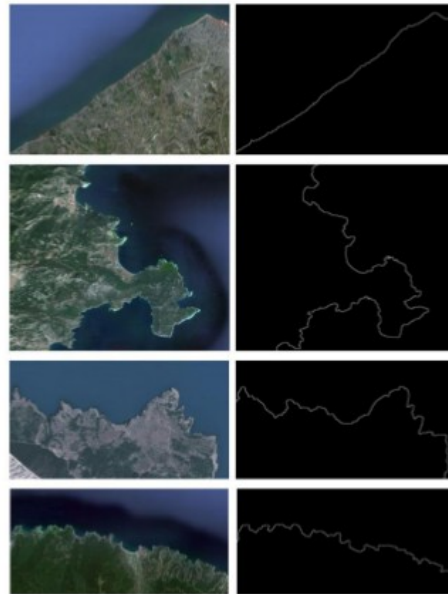


Fig. 2. Original images and extracted shorelines

TABLE I.  
FRACTAL DIMENSIONS OF COMPUTER GENERATED AND HUMAN GENERATED SHORELINES BY USING SATELLITE IMAGES

Region	Hand Drawn	Processed
Lara 1	1.0600	1.1165
Lara 2	0.9898	1.0339
Lara 3	1.0476	1.0589
Lara 4	1.0378	1.0473
Lara 5	1.0474	1.0471

TABLE II.  
FRACTAL DIMENSIONS OF COMPUTER GENERATED AND HUMAN GENERATED USING GOOGLE MAPS IMAGES

Region	Hand Drawn	Processed
Black Sea 1	1.0390	1.0517
Black Sea 2	1.1225	1.1091
Black Sea 3	1.1181	1.1134
Marmara 1	1.1292	1.0932
Marmara 2	1.0758	1.0824
Marmara 3	1.1536	1.1949
Mediterranean 1	1.0821	1.0885
Mediterranean 2	1.1434	1.1086
Mediterranean 3	1.0866	1.0802
Aegean 1	1.1728	1.1718
Aegean 2	1.1832	1.1702
Aegean 3	1.2486	1.1921

Table 1 and Table 2 give the fractal dimensions for both computer generated and human generated shorelines. The fractal dimensions are calculated by box counting method differ approximately between 1 and 1.2 . Fractal dimensions of the computer generated shores are in general close to the fractal dimensions of human generated shores. But there are some cases that the fractal properties of the shore could not be represented by the computer generated shores.

Possible reasons for these cases are:

1. Large amount of human made objects
2. Insufficient resolution that may lead to too much rounding up.

## V. CONCLUSION

Usually shoreline extraction performance is evaluated visually. However, representation of performance with a measurable metric rather than visual evaluation performance of extracted shoreline is of capital importance to produce comparable and interpretable results. Considering the ability

of fractal geometry to express natural entities, fractal dimension is proposed to be used as a performance metric. Our contribution is measuring the performance of a automated shoreline extraction method by using fractals. Comparison is made between the calculated fractal values of extracted shoreline and man drawn shoreline. Fractal dimension is calculated by box counting method which reflects the fullest extent of possible alterations on the image on which calculations are performed, on its value. Consequently the differentiation of length of the shorelines can be reflected directly. Namely, the closer fractal dimensions of hand-drawn, accepted as gospel shoreline and automatic calculated shoreline considered as the better performance. In this study, on shore images taken from Google Maps, there are occasions where fractal dimensions are close and distant. Hereby the factors that affect the results are noise, low image resolution and amount of man-made objects. As seen in the sample pictures in Figure-2, there is intensity and color gradient from close sea shore to offshore. These arise from changes in illumination and reflection differences of sea regions due to depth difference, shallow regions are darker then brighter ones. A common way to deal with this problem is image-smoothing which is applied in our case too. Illumination discontinuity is another determiner on result. Illumination discontinuity hides the edge discontinuities and results with wrong shoreline detection. Despite of these factors, in the study on satellite images very close fractal dimensions are observed and it is evaluated as high performance. Proposed method has a mid -level complexity.

## REFERENCES

- [1] S. Sural, G. Qian, and S. Pramanik, "Segmentation and histogram generation using the HSV color space for image retrieval," in *Proc. International Conference on Image Processing*, vol. 2, pp. II-589, IEEE, 2002.
- [2] U. R. Aktas, G. Can and F. T. Y. Vural, "Edge-aware segmentation in satellite imagery: A case study of shoreline detection," in *Proc. Pattern Recognition in Remote Sensing 2012*, pp. 1-4, Nov 2012.
- [3] Z. Y. Zhang, W. F. Feng and J. H. Zhang, "A Coastline-detection Method Based on the Color Difference for the RS Image," *Journal of Institute of Surveying and Mapping*, 4, 007, 2005.
- [4] K. Di, J. Wang, R. Ma and R. Li , "Automatic shoreline extraction from high-resolution Ikonos satellite imagery," in *Proceeding of ASPRS 2003 Annual Conference* ,vol. 3, May 2003.
- [5] X. Zhang and Z. Wang, "Coastline extraction from remote sensing image based on improved minimum filter," in *Proc. Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 2, pp. 44-47, Aug 2010.
- [6] X. You and W. Li, "A sea-land segmentation scheme based on statistical model of sea", in *Proc. 4th International Congress on Image and Signal Processing*, vol. 3, pp.1155-1159, Oct 2011.
- [7] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *Automatica*, 11(285-296), 23-27,1975
- [8] H. Liu and K. C. Jezek, "Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating Canny edge detection and locally adaptive thresholding methods", *International Journal of Remote Sensing*, 25(5), 937-958, 2004
- [9] J. Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (6),679-698, 1986
- [10] J. Ponce, D. Forsyth, E. P. Willow, S. Antipolis-Méditerranée, R. d'activité-RAweb, L. Inria, and I. Alumni, *Computer vision: a modern approach* ,16-11,2011
- [11] L. Shapiro, *Computer vision and image processing*, Academic Press., 1992

- [12] B. Mandelbrot, "How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension", *Science*, vol. 156, No. 3775, pp. 636-638, May 1967
- [13] L. Yu, D. Zhang, K. Wang, W. Yang, "Coarse iris classification using box-counting to estimate fractal dimensions", *Pattern Recognition*, Volume 38, Issue 11, Pages 1791-1798, ISSN 0031-3203, Nov 2005.
- [14] Q. Wang, J. Deng, H. Liu, L. Yang, L. Wan and R. Zhang, "Fractal models for ore reserve estimation," *Ore Geology Reviews*, Volume 37, Issue 1, Pages 2-14, ISSN 0169-1368, Feb 2010.
- [15] E. Sezer, "A computer program for fractal dimension (FRACEK) with application on type of mass movement characterization," *Computers and Geosciences*, Volume 36, Issue 3, Pages 391-396, ISSN 0098-3004, Mar 2010.
- [16] R. F. Voss, "Fractals in nature: from characterization to simulation," *The Science of Fractal Images*, Springer-Verlag, New York, pp. 21-70, 1988
- [17] Turkey region satelite images, Retrieved on April 10, 2013 from <http://maps.google.com>
- [18] C. Gokceoglu, H. A. Nefeslioglu, A. Akgun, D. Turer and M. Temimhan, "Determination of the shore edge line at Kundu (Antalya, Turkey)," in *Proceedings of the Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 11*, E. Ozhan (Editor), Rhodes, Greece, 221-228, 2011



**Sinan O. Altınuç** was born in Niğde, Turkey in 1986. Altınuç received his B.Sc. degree from Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey in 2010. He is M.Sc. student at Department of Computer Engineering, Hacettepe University. The author's major field of study is fractal geometry, artificial intelligence and chaotic systems.



Ali S. Keçeli was born in Gaziantep, Turkey in 1984. Keçeli received his B.Sc. degree from Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey in 2006. He received his M.Sc. degree from Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey in 2009. He continues his Ph.D. education at the same department since 2009. He works as a Research and Teaching Assistant at Hacettepe University Computer Engineering Department since 2007. The author's major field of study is computer vision, data mining, image processing.



Ebru A. Sezer was born in Ankara, Turkey in 1974. Sezer received her B.Sc. degree from Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey in 1996. She received her M.Sc. degree from Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey in 2000. She received her Ph.D. degree from Department of Computer Engineering, Hacettepe University, Ankara, Turkey in 2006. She continues her research activities at the same department and works as an Assoc. Prof. at Hacettepe University Computer Engineering Department. The author's major field of study is information retrieval, data mining, fuzzy logic

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : SİNAN ONUR ALTINUÇ  
Doğum Yeri : Niğde  
Medeni Hali : Bekar  
E-posta : [soaltinuc@gmail.com](mailto:soaltinuc@gmail.com)  
Adresi : Balgat mah. 1441. sok. No:23/1 / ANKARA

### Eğitim

Lise : Samsun Fen Lisesi, Samsun (2001-2004)  
Lisans : Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği  
Bölümü, ANKARA (2005-2010)

### Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce : İleri

### İş Deneyimi

ETC Türkiye : Yazılım Mühendisi (2010-...)

### Deneyim Alanları

C, C++, C#, Assembly, Java, Scala, UML, SQL, Labview, Matlab, Python, Linux, Kontrol Sistemleri, Makine Öğrenmesi, Fraktal Geometri, Karınca Koloni Optimizasyonu, Görüntü İşleme

### Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

## Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

## Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu İle Katıldığı Toplantılar

**Tebliğ** : Semi-Automated Shoreline Extraction in Satellite Imagery and Usage of Fractals as Performance Evaluator  
**Yer** : International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT 2013, Paris)