

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**SPOT 6 UYDU GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE
UZAKTAN ALGILAMA SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİYLE
ORMAN ARAZİSİNDE AZALMA TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülşah BAYHAN

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedef KENT PINAR

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**SPOT 6 UYDU GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE
UZAKTAN ALGILAMA SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİYLE
ORMAN ARAZİSİNDE AZALMA TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Gülşah BAYHAN
705081005**

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedef KENT PINAR

MAYIS 2015

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün **705081005** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Gülşah BAYHAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**SPOT 6 UYDU GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE UZAKTAN ALGILAMA SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİYLE ORMAN ARAZİSİNDE AZALMA TESPİTİ** ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sedef KENT PINAR**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İbrahim AKDUMAN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Serdar KARGIN

Beykent Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**

Savunma Tarihi : **29 Mayıs 2015**

Değerli anneme, babama ve kardeşime,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince, desteğini benden esirgemeyen, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Sedef Kent Pınar'a en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi bünyesinde bulunan ve eğitimim boyunca, beni birikimleri ve emekleri ile aydınlatan güzide hocalarıma şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam esnasında, yardımları için İTÜ Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Araştırma Merkezi (UHUZAM) çalışanlarına, manevi destekleri ile beni bir an bile yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşlarım ve yakınlarım Sertaç Yaman, Çiğdem Aysan, Alper Akoğuz, Nigar ve Vehbi Kırca'ya, bana her daim ince zekâsı ve engin tecrübeleriyle destek olan ve başka pencerelerden bakmayı öğreten Barış Çağrı Genç'e, zorlu mücadelede desteklerini esirgemeyip, bugünlere ulaşmamı sağlayan ve mühendis olmamda etkileri yüksek olan, çok değerli hocalarım Sayın Emekli Albay Yrd. Doç. Dr. Sefer Kurnaz ve ailesi, Sayın Prof. Dr. Arsev ve Henrietta Eraslan, Sayın Emin Arıkan, Sayın Ahmet Akgün, Sayın Kemal Duman, Sayın Cengiz Çarkacı ve bana göre matematiğin dahisi Sayın Hafize Algın'a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmamı, başarımın en büyük mimarı değerli anneme, babama ve kardeşime ithaf ediyorum.

Mayıs 2015

Gülşah Bayhan
(Bilgisayar Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	3
2. UYGULAMA VERİLERİ	5
2.1 Pan-Keskinleştirilmiş Multispektral Uydu Görüntüleri	5
2.2 Spot Uyduları ve Ürünleri	6
3. UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA	7
3.1 Eğitimsiz Sınıflandırma.....	7
3.1.1 K-Ortalamalar Algoritması	7
3.1.2 ISODATA	9
3.2 Eğitilmiş Sınıflandırma.....	11
3.2.1 Paralelyüzlü Sınıflandırma Yöntemi.....	12
3.2.2 En Yakın Komşuluk Yöntemi.....	14
3.2.3 En Yüksek Olasılık Yöntemi	15
3.3 Sınıflandırma Kalite Değerlendirmeleri.....	18
3.3.1 En Küçük Kareler Yaklaşımı	18
3.3.2 Q Görüntü Kalite İndisi.....	18
3.3.3 Korelasyon Katsayısı	18
4. UYGULAMA VE SONUÇLAR	21
4.1 Uygulama Adımları.....	22
4.1.1 Referans Sınıflandırma	24
4.2 Sonuçlar.....	26
4.3 Öneriler.....	26
KAYNAKLAR	27
ÖZGEÇMİŞ	29

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: SPOT uydu görüntüleri çözünürlükleri ve bantları.....	6
Çizelge 4.1: Şehir Görüntüsü Köşe Koordinatları.....	21
Çizelge 4.2: Çalışma Alanı Köşe Koordinatları.....	23
Çizelge 4.3: Orman ve alanlarının hesaplanması.	24
Çizelge 4.4: Hata metrikleri sonuçları.	25

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : SPOT 6 uydusundan edinilmiş, 16/08/2014 tarihli pan-keskinleştirilmiş uydu görüntüsü.....	2
Şekil 1.2 : 3. Boğaz köprüsü inşaatı ve yakınlarındaki kesilmiş orman arazileri.....	3
Şekil 2.1 : SPOT uyduları ve yörüngeye oturma tarihleri.....	6
Şekil 3.1 : 2 boyutlu renk uzayında pattern grupları merkezlerinin iteratif hesaplanması.....	8
Şekil 3.2 : K- Ortalamalar algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları.....	9
Şekil 3.3 : Standart sapma eşiklerini aşan kümenin ayrılması.....	10
Şekil 3.4 : ISODATA algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları.....	11
Şekil 3.5 : Görüntüden alınan eğitim örnekleri.....	12
Şekil 3.6 : Paralelyüzlü sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırma.....	12
Şekil 3.7 : Paralelyüzlü sınıflandırma algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları.....	13
Şekil 3.8 : En Yakın Komşuluk yöntemi ile sınıflandırma.....	14
Şekil 3.9 : En Yakın Komşuluk algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma.....	15
Şekil 3.10 : X ve Y bantlarına gerilmiş verilerin farklı sınıflarda bulunma olasılık yoğunluk fonksiyonları.....	16
Şekil 3.11 : En Yüksek Olasılık algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma.....	17
Şekil 4.1 : 23 Nisan 2013 tarihli SPOT 6 uydusundan alınan pan-keskinleştirilmiş uydu görüntüsü.....	20
Şekil 4.2 : 16 Ağustos 2014 tarihli SPOT 6 uydusundan alınan pan-keskinleştirilmiş uydu görüntüsü.....	21
Şekil 4.3 : Üzerinde çalışılan 3. Boğaz Köprüsü Civarı Kuzey Ormanları Bölgesi Kesiti.....	22
Şekil 4.4 : Üzerinde çalışılan 3. Boğaz Köprüsü Civarı Kuzey Ormanları Bölgesi.....	22
Şekil 4.5 : Elle sınıflandırma ve temizleme işlemleriyle elde edilmiş köprü yolu görüntüsü.....	24

KISALTMALAR

SPOT	: Satellite Pour l'Observation de la Terre (Dünya Gözlem Uydusu)
CNES	: Centre National d'Etudes Spatiales (Fransız Ulusal Uzay Araştırmaları Merkezi)
ISODATA	: Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
UHUZAM	: Uydü Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Uygulama ve Araştırma Merkezi

OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDE UZAKTAN ALGILAMA SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİYLE ORMAN ARAZİSİNDE AZALMA TESPİTİ

ÖZET

İstanbul Boğazı'nda yapılan 3. Boğaz Köprüsü projesi ile İstanbul Kuzey Ormanları'nda ortaya çıkan küçülme, bölgenin en güncel ve ciddiye kazanmış coğrafi sorunları arasında belki de başı çekmektedir. Bölgedeki ağaç sayısındaki azalmanın coğrafi temellere dayanarak tespiti, birçok beşeri bilim dalında yapılacak çalışmalara bilimsel kaynak sağlamakla birlikte, haberleşme ve görüntü işleme alanlarında da geliştirilmeye açık bir uygulama problemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışması, literatürde bulunan birçok görüntü sınıflandırma ve nesne tanıma yöntemlerinin incelenmesi, pan-keskinleştirilmiş orto rektifiye optik uydu görüntüleri uygulanması ve karşılaştırılmasına dayanmaktadır.

Fransız Ulusal Uzay Araştırmaları Ajansı (CNES) 'na ait olan SPOT 6 uydu görüntüleri, bahsi geçen güncel problemde kullanılmak üzere yüksek derecede elverişli verilere sahiptir. Bu nedenle çalışmada,orman/ağaç tanıma yöntemleri SPOT 6 uydusu 1,5 metre mekânsal çözünürlüklü pan-keskinleştirilmiş görüntüler üzerinde uygulanmış ve başarımları karşılaştırılmıştır. Üzerinde çalışılan görüntüler, İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Uygulama Araştırma Merkezi'nden temin edilmiştir. SPOT 6 uydusundan ham olarak, pan-kromatik ve multispektral olarak elde edilen görüntüler, bu merkezde pan-keskinleştirme yöntemleriyle birleştirilmiş ve farklı tarihli uydu görüntüleri eş koordinatlara oturtularak (orto rektifikasyon) çalışmaya elverişli hale getirilmiştir.

Bu çalışmadaki görüntü sınıflandırma yöntemleri, piksellerin bant değerlerinin dik kesişimlerinin oluşturduğu geometrik bir temel üzerinde gerçekleştirilmektedir. Farklı bantlardaki tüm olası renk değerlerinin oluşturduğu çok boyutlu uzayda, her bir piksel spektral özelliklerine göre oluşan gruplardan birine yerleşir. Sınıflandırma, eğitimsiz ve eğitilmiş sınıflandırma olarak ikiye ayrılır. Aralarındaki fark; sınıflandırma sisteminin arazi bilgisine daha önceden sahip olup olmamasına bağlıdır. Eğitimsiz sınıflandırma yöntemleri olarak çalışmada, K-ortalama algoritmaları ve ISODATA yöntemleri, eğitilmiş sınıflandırma yöntemleri olarak da istatistiksel sınıflandırma yöntemleri olan Paralelyüzlü Sınıflandırma Yöntemi, En Yakın Komşuluk ve En Yüksek Olasılık yöntemleri incelenmiş ve uygulanmıştır.

Uygulanan sınıflandırma yöntemlerinin yüzde skalasındaki sonuçları, aynı coğrafyada öncül bir çalışma yapılmadığı için elle yapılmış olan sınıflandırma bilgileriyle karşılaştırılmıştır. Elle sınıflandırma, bilgisayar ortamında Adobe Photoshop ve MATLAB programları üzerinde gerçekleştirilmiştir ve İstanbul Kuzey Ormanları'ndaki küçülmenin literatüre girebilecek tek göstergesidir. Karşılaştırmada, sınıflandırma algoritmaları, kendileriyle aynı matematiksel temellere dayanan, En Küçük Kareler Yaklaşımı, Q Görüntü Kalite İndisi ve Korelasyon Katsayısı yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarına göre algoritmaların bir kısmının, ilgili bölümde de görülebileceği gibi, elle sınıflandırmaya yeterince yakın sonuçlar verdiği söylenebilir. Bu sonuçların ışığında, aynı coğrafyanın daha ileri sınıflandırma yöntemleriyle de karşılaştırılması amaçlanmış ve ileriye dönük çalışmalar arasında planlanmıştır.

DETERMINATION OF FOREST AREA CLEARCUTTING ON OPTICAL SATELLITE IMAGERY WITH CLASSIFICATION TECHNIQUES IN REMOTE SENSING

SUMMARY

Forest area clearcutting on North Istanbul Forests during the process of 3rd Bosphorus Bridge Project, is an actual and one of the most serious geographical issues around the area. Determination of forest area decrease based on geographical facts can be accepted as a potential background for lots of forward scientific studies, as well as an open subject to develop for communication and image processing studies.

3rd Bosphorus Bridge Project started on May 29, 2015 together with North Marmara Highway Project. As it is mentioned on authorized webpages, the bridge will be one of the biggest around Europe, meaning also that is one of the biggest threats for ecology with 59 meters width on the bridge. This width means that the highway will be much larger thus causes larger forest clearcutting, including building and working areas.

Along the 5 km long impact belt of the proposed route of the 3rd bridge and its approach roads, 34% of the private forests, 46% of the forest areas, 38% of the 2B areas and 43% of the agricultural areas are present). This impact belt also covers 18% of the absolute protection zone of the water basins that has a strict ban on settlements except purification facilities. In the meantime, a total 29,000 hectares of natural protection zone (45% of the entire protection zones) are under the risk of destruction. Inside the proposed expropriation area of 150 m, lie 680 hectares of natural protection zone, 931 hectares of agricultural area, more 2.5 million trees and 1453 hectares of forest areas that will be directly affected and entirely demolished because of being on the route of the new highways.

A significant portion of the approach roads of the 3rd bridge will lay along important drinking water reservoirs of Istanbul. The related areas are expected to be exposed to residential pressure. Although the population settled around Omerli basin from 1935 and 1975 tripled, when the connecting highways of the second bridge became after 1990 its population exploded to a figure close to 600,000 with a 50 times increase. This specific situation clearly exhibits the residential pressures on the vital basins of Istanbul.

Main and secondary arterials connecting the route of the 3rd bridge will adversely affect the forests in the north and the wildlife around these forests. Especially, the highways with safety barriers put physical obstacles for the strolling and break-up the living areas of wild animals while limiting the dispersion areas of them at the north of Istanbul.

Today the city has to cope with many problems related with the migration which in many cases is accepted as the natural result of the formation of the new bridges. Unplanned urbanization, diminishing of the water resources, the social polarization of the rich and poor neighborhoods, the lack of the healthy urban planning decisions and gentrification of land users in urban renewal projects are but a few of the problems the city is facing today.

The experiences of the first two bridges show that the last remaining natural living areas of the city and the ecological balance in these areas will be subject to a permanent transformation after the construction of the third bridge. The map of Istanbul prepared by a natural structure analysis which depicts tolerance thresholds against the physical impacts presents only one of the objections against the forming of a new bridge and its false land-use decisions.

This Master of Thesis study includes investigation of several popular image classification and pattern recognition algorithms, application to pan-sharpened optical satellite imageries and comparison of imageries.

SPOT 6 Satellite Imageries belonging to French Satellite Agency (CNES) include very efficient spectral data to process on the actual thesis problem. Thus, those forest recognition techniques are applied on SPOT 6 pan-sharpened imageries have 1,5 meters spatial resolution and performances are compared.

The imageries compared and studied in this study are taken from Istanbul Technical University Research and Application Center for Satellite Communications and Remote Sensing. The original imageries produced by SPOT 6 satellite in pan – chromatic and multispectral format, are fused by pan-sharpening algorithms and stretched to same geographical coordinates in the Center to have a useful data to study on classification.

Classification techniques in this study are computed on a geometric base defined on orthogonal intersections of different band values of all pixels. In the multi – dimensional space created by all color values in different bands, each pixel allocates a place in automatically created groups due to spectral features.

Classification is separated into two main groups as unsupervised and supervised classification, due to its difference on initial classification information existence in advance. As unsupervised classification techniques K-means Clustering and ISODATA are investigated and applied to the area. As supervised classification techniques, Parallelepiped Classification Method, K-Nearest Neighborhood method and Maximum Likelihood Method are investigated and applied to the area.

Results of the applied algorithms are compared with the clearcutting statistics of the same area classified manually because of lack of background examination on the same geographical area. Manual classification is processed on Adobe Photosop and MATLAB programmes on computer and this classification is the only realistic information shows forest area clearcutting on North Istanbul Forests . Investigated comparison algorithms are Least Mean Square Errors, Q Image Quality Index and Correlation Coefficient which are based on same mathematical basis with classification algorithms.

At it can be examined on the concerned chapter, some of classification algorithms have enough close results to manual classification, due to the comparisons and results. Classification on the same geographical area can be researched by some other advanced classification techniques. Forward studies are planned on this advanced techniques.

The advanced image classification techniques which is planned to apply on Forest Clearcutting on North Forests of Istanbul are fuzzy classification algorithms, neural network based classification algorithms, pixel based classification algorithms and as last spectral angle mapping. Those techniques are already computed on MATLAB. Therefore, there are several mathematical details to improve and some more literature research to do and analyse.

1. GİRİŞ

Görüntü sınıflandırma, herhangi bir görüntü üzerinde bulunduğu önceden tahmin edilen bir nesnenin, kendisinde var olduğu kabul edilen piksellerin, spektral özelliklerinin temel alınarak konumu, boyutu, sayısı gibi niceliklerin sayısal ortamda belirlenmesidir. Nesneyi belirten bu piksel grubuna pattern (örnek, model) adı verilir.

Uzaktan algılamada pattern sınıflandırma, uzaktan algılanmış optik görüntülerin - bu çalışmada yalnızca uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma ile ilgilenilmektedir - içerdiği nesnelere niceliklerinin, patternleri ve patternlerinin nicelikleri belirlenerek ortaya çıkarılması ve sınıflandırılması adımlarını içerir.

Sınıflandırmada, optik yeryüzü görüntüleri üzerinde sınıflandırılacak nesnelere belirlenmesi ve bu nesnelere sınıflandırma yöntemine dayalı birer etiket, ya da indisle eşleştirilmesi gibi iki temel aşama söz konusudur. İlk aşamada; coğrafi görüntüdeki bulut, deniz, orman, çıplak arazi, şehir gibi sınıflandırma alanları belirlenir. Bu alanların çeşitleri ve detayları (örneğin yağmur ormanı, maki vb.) görüntünün sahip olduğu nesne çeşitlerine ve sınıflandırmanın amacına bağlıdır. İkinci aşama ise belirlenmiş olan nesnelere, kullanılacak sayısal sınıflandırma yöntemlerine uygun spektral özelliklerinin niceliksel olarak belirlenmesi ve gruplanması, gruplara verilen indislerle de isimlendirilmesi ve ayrıştırılmasından oluşur.

Sınıflandırma, bazı kaynaklarda sınıflandırma ve kimliklendirme olarak da adlandırılabilir ve önceden belirlenmiş sınıflara dayanarak görüntüdeki nesnelere ayırır. Bunun dışında, görüntüde herhangi bir sınıfın tanımlanmadan ayrıştırmanın yapıldığı kümeleme (clustering) işlemleri de nesne tanımada kullanılmaktadır. Kümeleme, görüntüdeki belirgin spektral ayrılıklara dayanarak sınıfları -ya da etiketleri- tanıma sürecinde üretilen nesnelere bu yeni üretilmiş indisler altında sınıflandırma işlemidir.

Bu iki ayrı spektral sınıflandırma yöntemi, genel olarak eğitimli ve eğitimsiz sınıflandırma başlıkları altında incelenir. İkinci kısımda bu başlıklar ve altındaki yöntemler daha detaylı olarak açıklanacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Bilindiği gibi, 20.04.2012 tarihinde yapılan, “Yap-İşlet-Devret” modelindeki Kuzey Marmara Otoyolu Projesi, özellikle 3. Boğaz Köprüsü inşaatı etrafında olmak üzere, İstanbul genelinde belirgin bir orman arazisi kesimine sebep olmuştur. Karayolları Genel Müdürlüğü’nün toplam 95 kilometrelik olduğunu belirttiği otoyol, 59 metre genişliğindeki 8 otoyol ve 2 demiryolu şeridinde sahip olan 3. Boğaz Köprüsü’nü de içermektedir. Köprü’nün genişliği, 95 kilometrelik bu yolun birçok yerinde değişken olan genişliğinin ortalamada 59 metreden geniş olacağını ifade etmektedir (3. Boğaz Köprüsü Ve Kuzey Marmara Otoyolu, Proje Hakkında, n.d).



Şekil 1.1 : SPOT 6 uydusundan edinilmiş, 16/08/2014 tarihli pan-keskinleştirilmiş uydu görüntüsü. Görüntü, İstanbul’da Kuzey Marmara Otoyolu’nun ormanlık araziye etkisini açıkça göstermektedir.

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi, Kuzey Marmara Otoyolu Projesi’nin gerek tüm Kuzey İstanbul Ormanları için, gerekse 3. Boğaz Köprüsü civarı için yarattığı etki beklenen değerlerden çok daha fazladır. İstanbul Boğazı’ndan bakılırsa yolun coğrafyaya etkisinin ne benli belirgin olduğu Şekil 1.2’de de görülmektedir.

Bu tezde, giriş kısmında bahsedilen görüntü sınıflandırma teknikleri ile farklı tarihlerde çekilmiş optik uydu görüntüleri üzerinde sınıflandırma çalışması yapılacaktır. Belirlenen eş koordinatlı bölgelerdeki şehir, orman, deniz, çıplak arazi alanları patternleri belirlenecek ve bu şekilde, iki görüntü arasındaki ormanlık alanlardaki değişim göreceli olarak ortaya konacaktır.



Şekil 1.2 : 3. Boğaz Köprüsü inşaatı ve yakınlarındaki kesilmiş orman arazileri (Kuzey Marmara Otoyolu, n.d).

Bu amaç doğrultusunda çalışmada, literatürde bulunan görüntü sınıflandırma yöntemleri ile Kuzey Ormanları'na ait optik uydu görüntüleri üzerinde karşılaştırma yapılacaktır.

1.2 Literatür Araştırması

Görüntü sınıflandırma ile ilgili detaylı teorik bilgi Chen (2007), Landgrebe (2003), Theodiris ve Koutroumbas (2006), Lu ve Weng (2007) ve Tso ve Mather (2009)' dan edinilebilir. Bunlarla birlikte, Special Issue on Pattern Recognition (IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2007) süreli yayınlarında pattern sınıflandırma ile ilgili güncel çalışmalar incelenebilir. 1990 – 2005 yılları arasındaki görüntü sınıflandırma çalışmaları, Wilkinson (2005) tarafından kullanışlı bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca Rogan ve Chen (2004) sınıflandırma metodlarıyla ilgili genelleştirilmiş ve detaylı bir çalışma sunmaktadır.

Veri kümelenme yöntemleriyle ilgili detaylı bilgi öncelikle Wemmert ve diğeri (2009)'nin SPOT ve Quickbird'den alınan farklı mekânsal çözünürlükteki uydu verilerini kullanarak yaptığı kümelenme çalışmalarından edinilebilir. Ayrıca, Lark (1995) tarafından, gerçel verilerin kümelendirilmesiyle ilgili sonuçlar açıklanmış ve kategorize edilmiştir. Tran ve diğeri (2005) de multispektral görüntülerin öncül bir bilgi edinme sınıflandırılmasıyla ilgili iyi bir yol haritası sunmaktadır.

2. UYGULAMA VERİLERİ

2.1 Pan-Keskinleştirilmiş Multispektral Uydu Görüntüleri

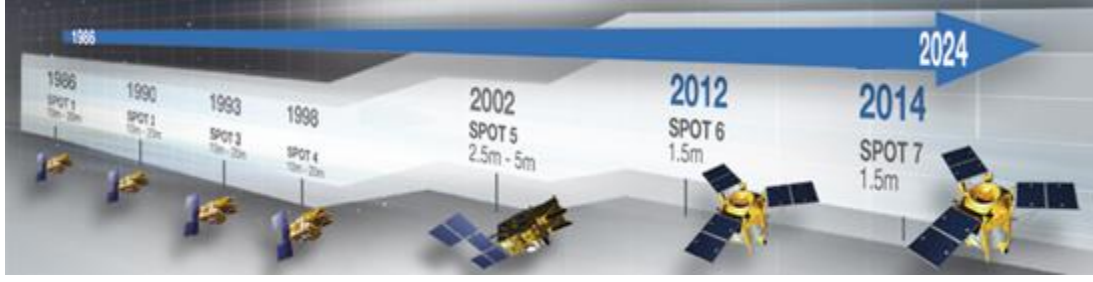
Optik uydulardan edinilen ham görüntüler, pankromatik ve multispektral görüntü olmak üzere ikiye ayrılır.

Pankromatik görüntü, mekânsal çözünürlüğü görece olarak multispektral görüntüye göre daha yüksek olan, tek bir bantta daha yüksek keskinlikte algılama kapasitesine sahip sensörler sayesinde üretilen görüntüdür. Tek spektral banda sahip olduğu için siyah-beyaz renk tonlarından oluşan görüntü, spektral bilgi zayıflığına karşın çok yüksek keskinlikte ve detaylı mekânsal bilgiye sahiptir.

Multispektral görüntü ise spektral çözünürlüğü, yani algılanmış renk dalga boyları detay ve çeşidi, pankromatik görüntülere görece olarak çok daha yüksek görüntülerdir. Spektral çözünürlüğün yüksekliği, görüntünün birden fazla spektral banda sahip olmasından ileri gelir. Buna karşın, optik uydu sensörleri yüksek spektral çözünürlüklü algılama yaparken mekânsal çözünürlükten kaybetmektedir.

Optik uydulardan alınmış bu iki çeşit ham görüntüler, literatürde genişçe yer alan çeşitli görüntü birleştirme yöntemlerine tabii tutularak hem spektral hem de mekânsal çözünürlüğü tatmin edici seviyede yüksek olan pan-keskinleştirilmiş görüntüler olarak elde edilir. (El-Samie ve diğ., 2012). Bu çalışmada, SPOT 6 uydusundan edinilmiş 1,5 metre mekânsal çözünürlüklü, 4 spektral banda sahip pankromatik uydu görüntüleri kullanılmıştır.

2.2 Spot Uyduları ve Ürünleri



Şekil 2.1 : SPOT uyduları ve yörüngeye oturma tarihleri.

SPOT, açık hali ile *La Satellite/Système Pour l'Observation de la Terre* (Türkçe: *Yeryüzü Gözlemi Yapan Uydu/Sistem*) 1978 yılından beri var olan, Fransız Uzay Ajansı (CNES)'in yürüttüğü uzaktan algılama programıdır. 1986 yılında SPOT 1 uydusu ile uzaktan algılama çalışmalarına başlanmıştır. Sayısal isimleri ardışıl olarak devam eden SPOT uydularından (Şekil 2.1), günümüzde aktif olarak sadece SPOT 6 ve 7 uzaktan algılama görüntüsü üretmektedir. Son yıllarda çalışmalarda kullanılmış olan SPOT 4,5,6 ve 7 uydularının görüntüleri ve nitelikleri Çizelge 2.1'de yer almaktadır (Technical Information about the SPOT Satellites n.d.).

Çizelge 2.1 : SPOT uydu görüntüleri çözünürlükleri ve bantları

Uydu	PAN Çözünürlük	MS Çözünürlük	Görüntü Bantları
SPOT 4	10 metre	20 metre	P(PAN), B1(yeşil), B2(kırmızı), B3(yakın-kızılötesi),
SPOT 5	5 metre	10 metre	P(PAN), B1(yeşil), B2(kırmızı), B3(yakın-kızılötesi), B4(kısa dalga kızılötesi)
SPOT 6	1.5 metre	6 metre	P(PAN), B1(yeşil), B2(kırmızı), B3(mavi), B4(kısa dalga kızılötesi)
SPOT 7	1.5 metre	6 metre	P(PAN), B1(yeşil), B2(kırmızı), B3(mavi), B4(kısa dalga kızılötesi)

Çalışmada kullanılmış olan SPOT 6 uydusu pan-keskinleştirilmiş görüntüleri, İstanbul Teknik Üniversitesi – Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Uygulama ve Araştırma Merkezi'nden edinilmiştir.

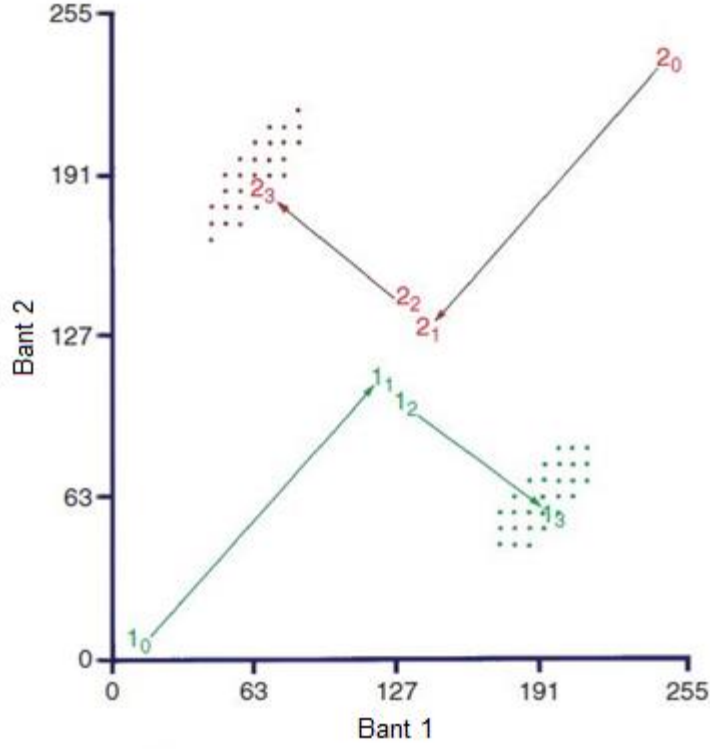
3. UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA

3.1 Eğitimsiz Sınıflandırma

Eğitimsiz sınıflandırma, görüntüdeki nesne paterninin bilinmediği, paternin ve sınıf etiketlerinin, kullanılacak algoritma tarafından belirleneceği sınıflandırma yöntemlerinin genel adıdır. Kullanılacak spektral bilginin, uygun bir piksel-bant uzayına gerilerek, bu uzay üzerinde bazı noktalar etrafında gruplaşmalar olacağı varsayılır. (Mather, P., & Koch, 2011). Bu gruplaşmalar ve merkezleri, çeşitli iterasyonlarla iyileştirilerek, pattern sınıfları ve etiketleri belirlenir (Gure, M. ve diğerleri, 2009).

3.1.1 K-Ortalamlar Algoritması

K-ortalamlar algoritması, k adet nesne paterninin oluşacağını ve bunların piksel-bant uzayında k adet kümeleme oluşturacağı varsayıldığında, rastgele k adet küme ortalaması noktası atayarak, verileri bunlar etrafında toplama yoluyla başlatılan iteratif sınıflandırma algoritmasıdır. Bahsedilen k adet ortalamaya göre birer piksel atandığında, bu piksellerin verilerinin de yardımıyla tekrardan ortalaması hesaplanır. Bu adımlar ile tekrar tekrar yeni bir küme ortalaması ve bu yeni ortalamalara göre kümelemeler iteratif olarak tekrar edilir. Küme ortalamalarının Öklid uzaklıklarının değişimi, önemsiz miktarda az olduğunda da iterasyon durdurulur. (Tso ve Mather, 2009).

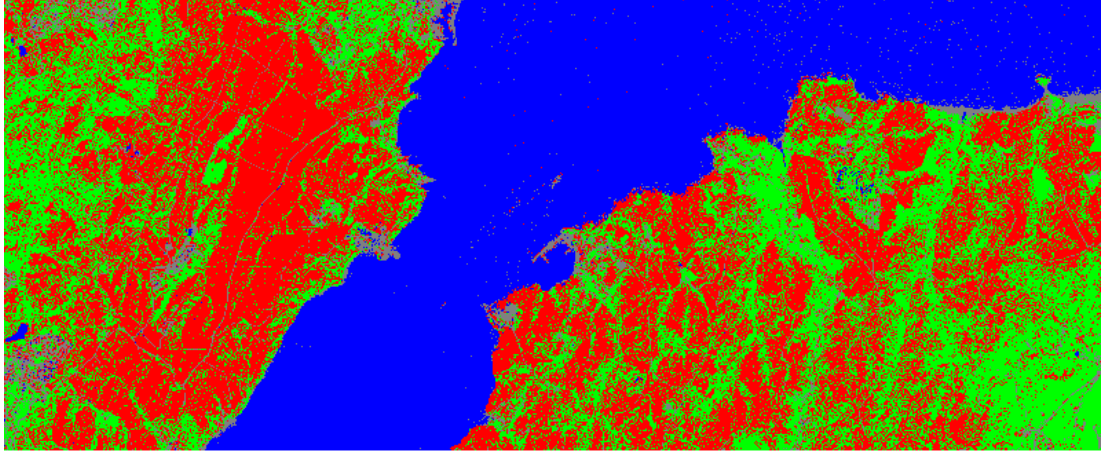


Şekil 3.1 : 2 boyutlu renk uzayında pattern grupları merkezlerinin iteratif hesaplanması. 0 indisli iki merkez algoritma tarafından rastgele belirlenmiştir.

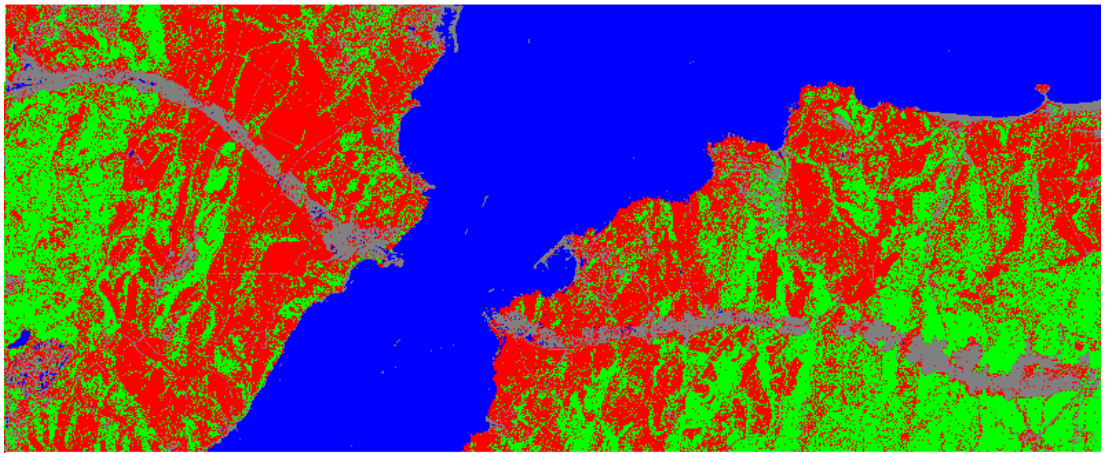
Şekil 3.1, K-ortalamlar algoritması iterasyonlarını kabaca göstermektedir. Spektral ayrımı, belirgin iki grubun 2 band üzerinde atanacağı başlangıç ortalama noktaları ve veri kümesine piksel eklendikçe oluşan yeni ortalama noktaları olarak görülmektedir.

İteratif olmasından dolayı uzun süren bu yöntemi kısaltmak için görüntü alt alanlara ayrılabilir. Bunun yerine, iterasyondaki merkez değişiminin önemsiz olduğu kabul edilen sınır belirlenirse, iterasyonlar azaltılmış, algoritma hızlandırılmış olur.

Bu iterasyonlar sonucunda, ayrılmış gruplara indisleri ve merkez noktaları atandığında, orijinal görüntüdeki her piksel bir sınıfa ayrılmış olur.



a



b

Şekil 3.2 : K- Ortalamalar algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları.

(a) 23.04.2013 tarihli ilk görüntü, (b) 16.08.2014 tarihli son görüntü.

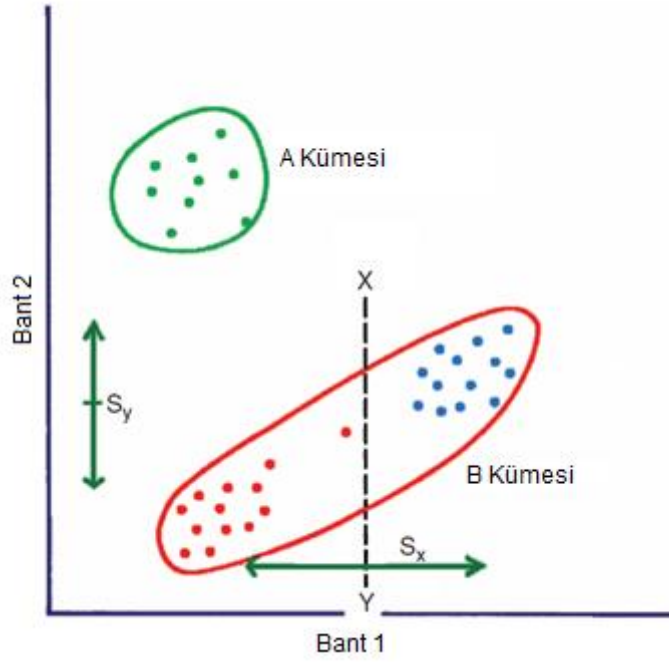
Mavi : Deniz/Su **Kırmızı:** Orman **Gri:** Kent/Köprü Yolu **Yeşil:** Ormansız
Yeşil Arazi

3.1.2 ISODATA

Eğitimsiz sınıflandırmada her ne kadar başlangıç verisi kullanılmamış olsa da, K-ortalamlar algoritmasının çalıştırılması için önceden küme sayısının belirlenmesi gerektiği görülmektedir. Fakat, çeşitli görüntülerde küme sayısını önceden vermek mümkün olmayabilir. Bu genellikle, çeşitli nesnelere görsel olarak belirgin olmayan spektral farklarının varlığının bir sonucudur. Bu gibi durumlarda küme sayısının da algoritma tarafından belirlenmesi için ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Techniques) algoritması kullanılabilir.

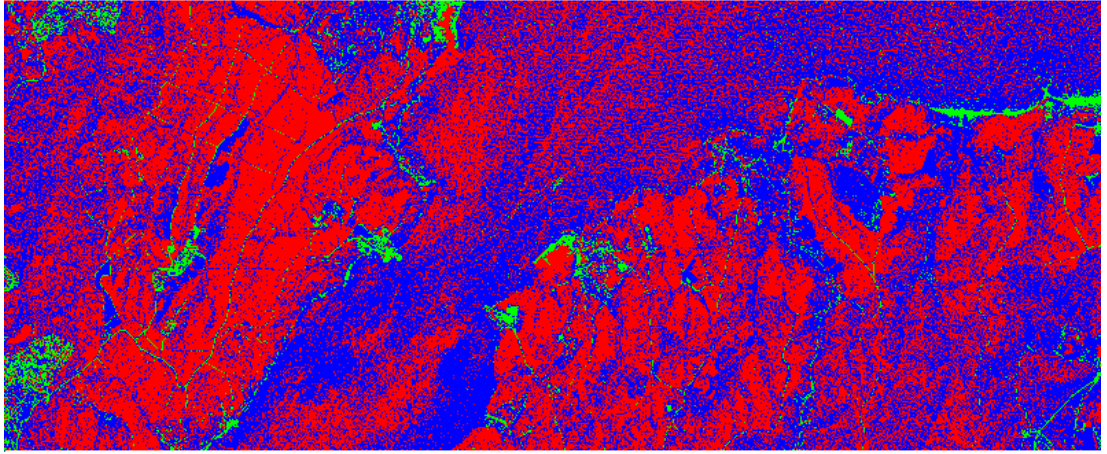
ISODATA, piksel-bant uzayındaki kümelenmeleri, herhangi bir ön bilgi olmadan, kümeler arasında beklenen standart sapmalardan faydalanarak ortaya çıkarır.

Bu algoritmayı çalıştırmak için ise kullanıcıdan belirleyici standart sapma eşikleri istenir. Her bir banda ait standart sapma eşikleri alındıktan sonra, piksel-bant uzayında veri gruplarının standart sapmaları iteratif olarak hesaplanır. Standart sapma eşığının üstünde olan veri grubu iki ayrı gruba bölündüğünde, tekrar grup içinde standart sapma hesabı yapılarak yöntem tekrarlanır.

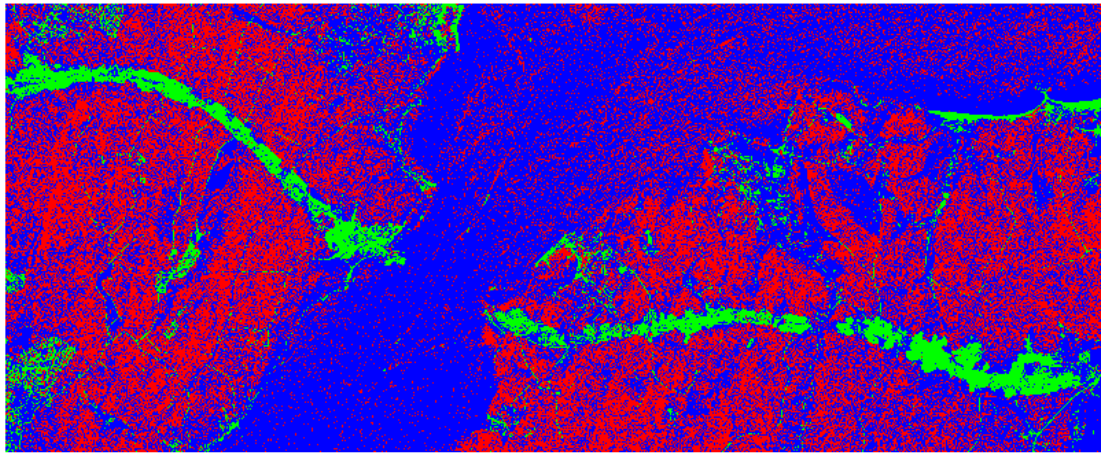


Şekil 3.3 : Standart sapma eşiklerini aşan kümenin ayrılması. Küme X-Y doğrusu boyunca ikiye ayrılır.

Şekil 3.3'te, veri kümesini ikiye ayırma adımı görülmektedir. Bu işlem iteratif olarak tekrarlanıp standart sapma eşığının altına düşülmesiyle, patern kümelerinin oluştuğu kabul edilir.



a



b

Şekil 3.4 : ISODATA algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları.

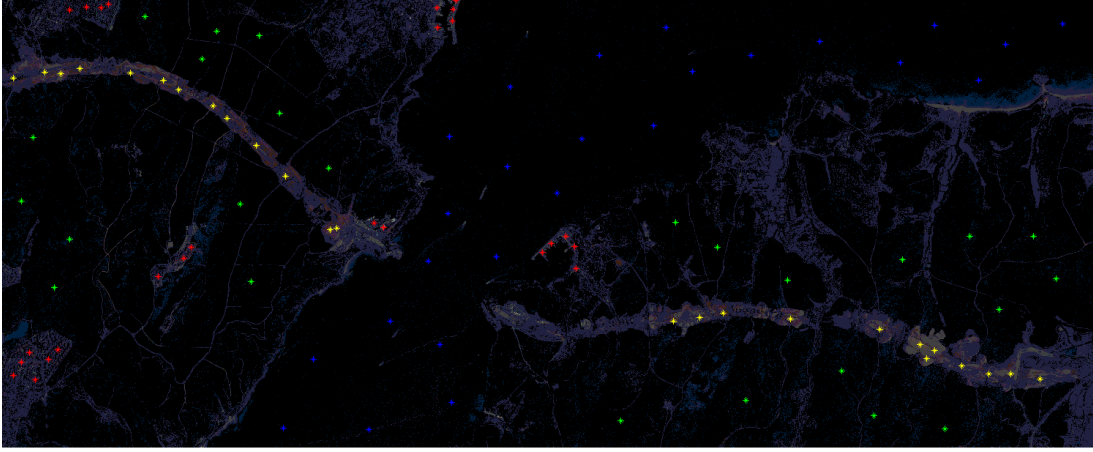
(a) 23.04.2013 tarihli ilk görüntü, (b) 16.08.2014 tarihli son görüntü.

Mavi : Deniz/Su **Kırmızı:** Orman **Yeşil:** Kent/Köprü Yolu.

3.2 Eğitimli Sınıflandırma

Eğitimli sınıflandırma teknikleri, optik görüntü var olması beklenen sınıfların algoritmaya önceden öğretilmesi ile başlar. Bu teknikleri eğitimsiz sınıflandırma tekniklerinden ayıran bu adımda, spektral olarak homojen olan sınıflara ait sayısal özellikler belirlenir. Eğitim aşaması olarak adlandırılan bu ilk adımda edinilen sayısal bilgiler, diğer adımlarda sınıflandırma için ön bilgi olarak kullanılır.

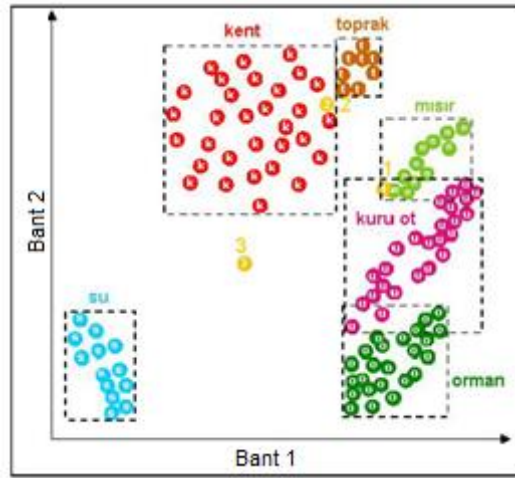
İkinci adım olan sınıflandırma aşamasında ise sınıflandırmaya tabi tutulan görüntüdeki piksellerin, sınıfların spektral özelliklerine yakınlığı incelenir. Aşağıda işlenen yöntemlerle tüm piksellerin istatistiksel olarak hangi sınıfa daha yakın olduğu belirlenir ve piksellere sınıf atamaları yapılır (Lu, D., & Weng, Q., 2007).



Şekil 3.5 : Görüntüden alınan eğitim örnekleri. 4 görüntü türü için 25'er tane örnek piksel alınmıştır. **Mavi :** Deniz/Su **Kırmızı:** Şehir **Yeşil:** Orman **Sarı:** Köprü Yolu

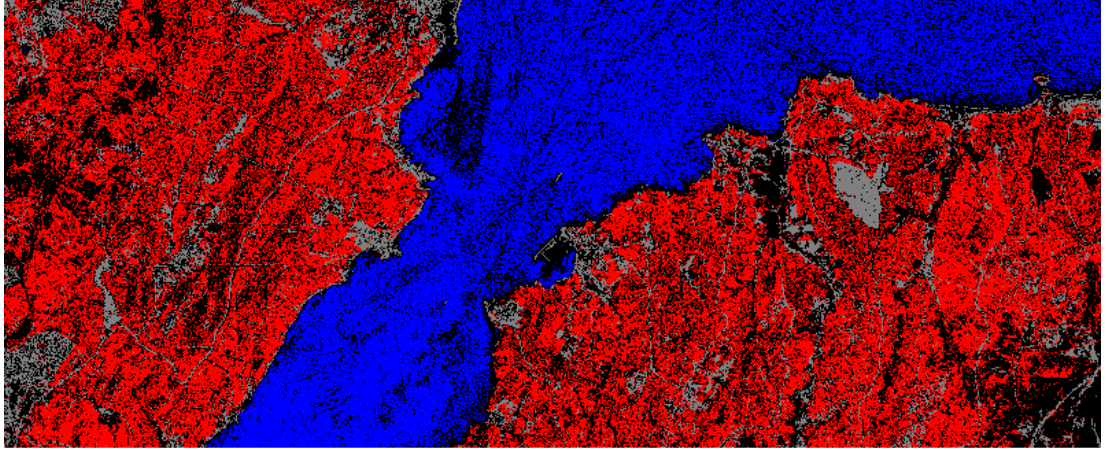
3.2.1 Paralelyüzlü Sınıflandırma Yöntemi

Paralelyüzlü sınıflandırma yöntemi, piksel-bant uzayında öğrenilmiş sınıfların etrafında yayılmış olan veriyi, kümelerin merkezleri beklenen değer olarak kabul edilmek üzere, veri kümelerinin varyanslarına bağlı sınıflar oluşturularak yapılmasını sağlar.

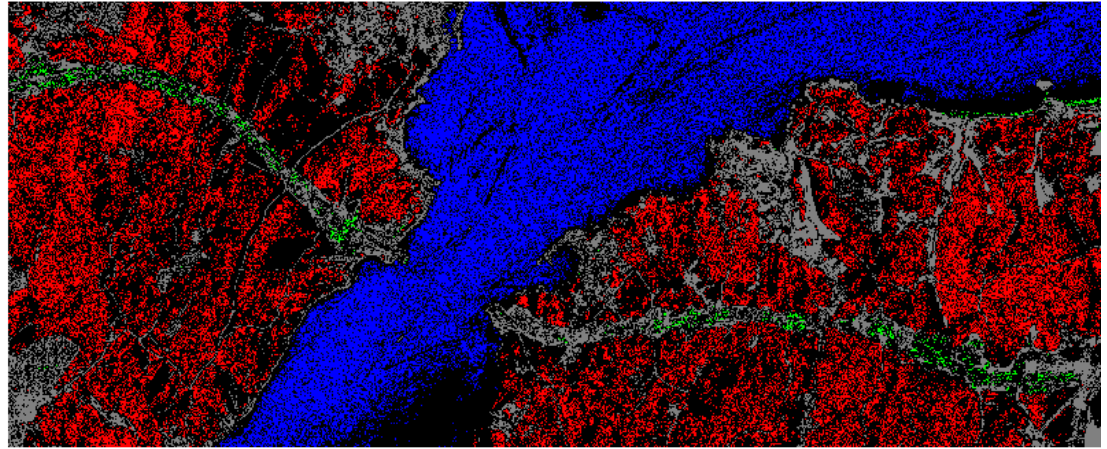


Şekil 3.6 : Paralelyüzlü sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırma.

Şekil 3.6’da sınıfların iki bant düzeyinde de ilk sınırlarını ve bunların varyanslarına bağlı olarak paralelkenarların oluşturulması görülmektedir. Birçok pikselin piksel-bant uzayında birden fazla paralelkenara dahil olduğu görülebilir. Bu durumda paralelkenar beklenen değer ve varyansları, her bir bilinen sınıfın dışına çıkmayacak biçimde değiştirildiğinde, paralelkenar basamaklanmaları biçiminde gözlenebilecek iteratif tekrarlarla, kümeleme işlemleri tamamlanabilir. (Lillesand ve diğerleri, 2004).



a

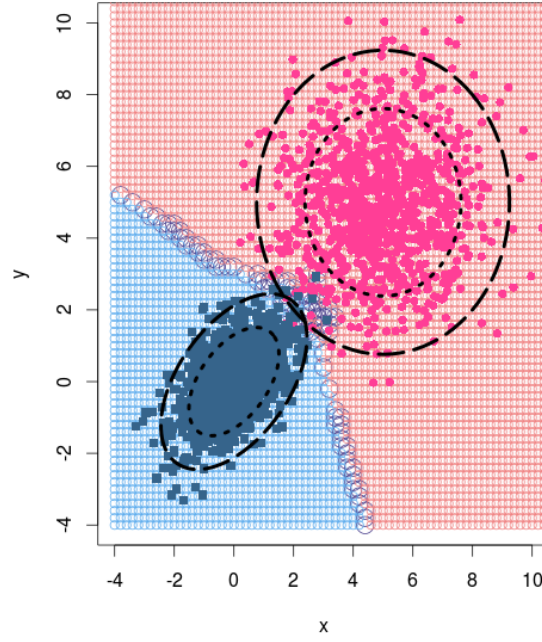


b

Şekil 3.7 : Paralelyüzlü sınıflandırma algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları. (a) 23.04.2013 tarihli ilk görüntü, (b) 16.08.2014 tarihli son görüntü. **Mavi :** Deniz/Su **Kırmızı:** Orman **Gri:** Kent/Köprü Yolu **Yeşil:** Kent **Siyah:** Sınıflandırılmamış Alan

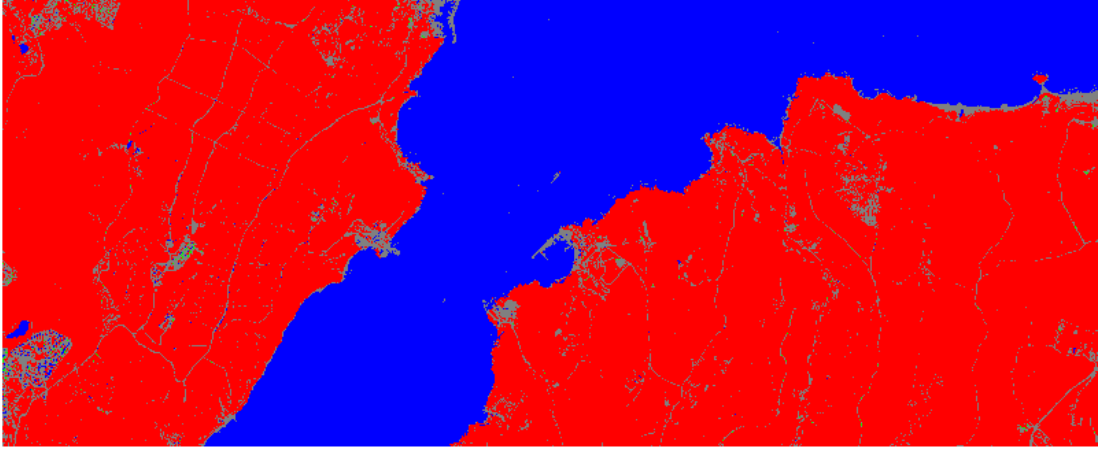
3.2.2 En Yakın Komşuluk Yöntemi

En yakın komşuluk yöntemi, piksel-bant uzayında verilerin, öğrenilmiş sınıfların merkezlerine en yakın uzaklıkların bulunmasıyla gerçekleştirilen sınıflandırmadır. Her sınıfın merkez noktalarının piksel-bant uzayında belirlenmesinin ardından, her bir pikselin tüm merkezlere olan Öklid uzaklıkları hesaplanır. Bu şekilde her bir piksel, vektörel olarak kendisine en yakın olan sınıfa atanır. (Chen, 2007).

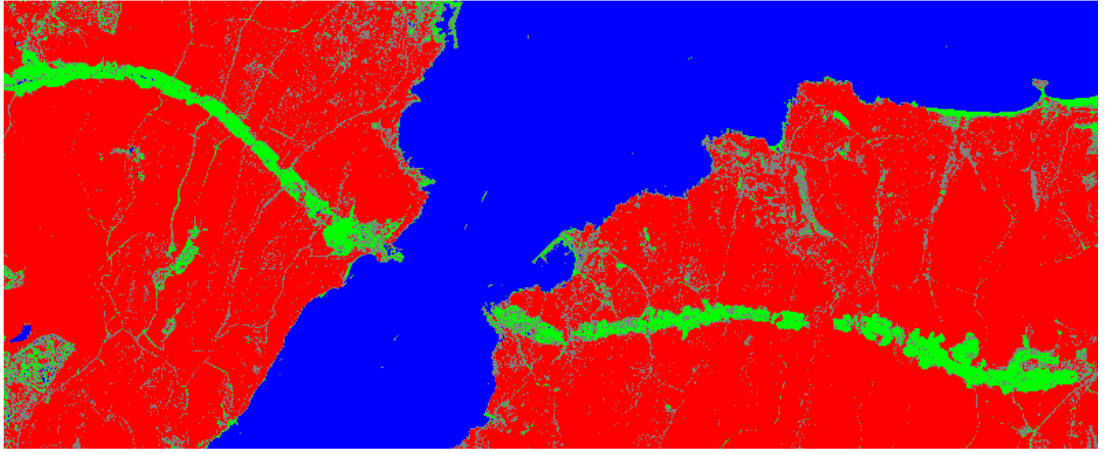


Şekil 3.8 : En Yakın Komşuluk yöntemi ile sınıflandırma. x ve y, iki farklı spektral bantı ifade etmektedir.

Şekil 3.8’de verinin iki ayrı küme merkezine göre sınıflandırılması gösterilmiştir. Sınıflandırmayı bozacak derecede farklı spektral bilgi içeren piksellerin ayrıştırılması için, vektörel uzaklığa da bir eşik değeri atanabilir. Bu şekilde sınıflandırılmış kümelerin istatistiksel özellikleri de korunmaktadır.



a

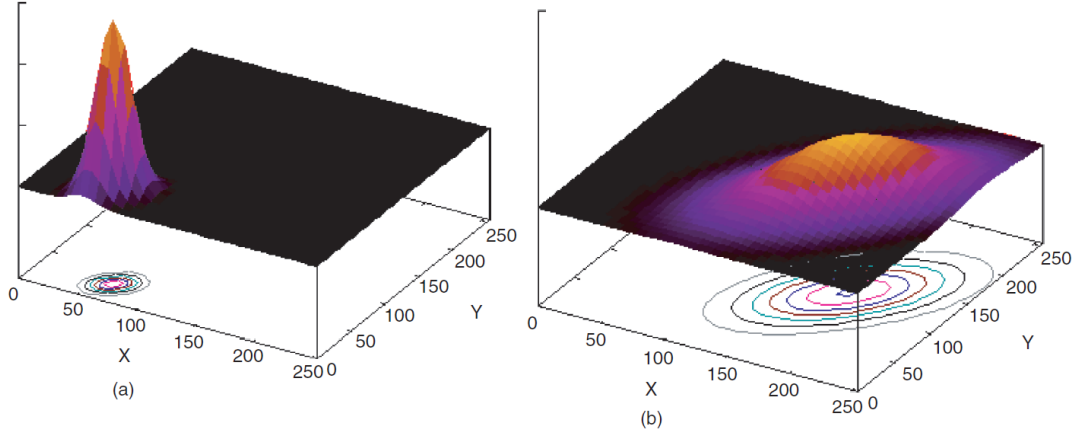


b

Şekil 3.9 : En Yakın Komşuluk algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları. (a) 23.04.2013 tarihli ilk görüntü, (b) 16.08.2014 tarihli son görüntü. **Mavi :** Deniz/Su **Kırmızı:** Orman **Gri:** Kent **Yeşil:** Köprü Yolu/Kumsal

3.2.3 En Yüksek Olasılık Yöntemi

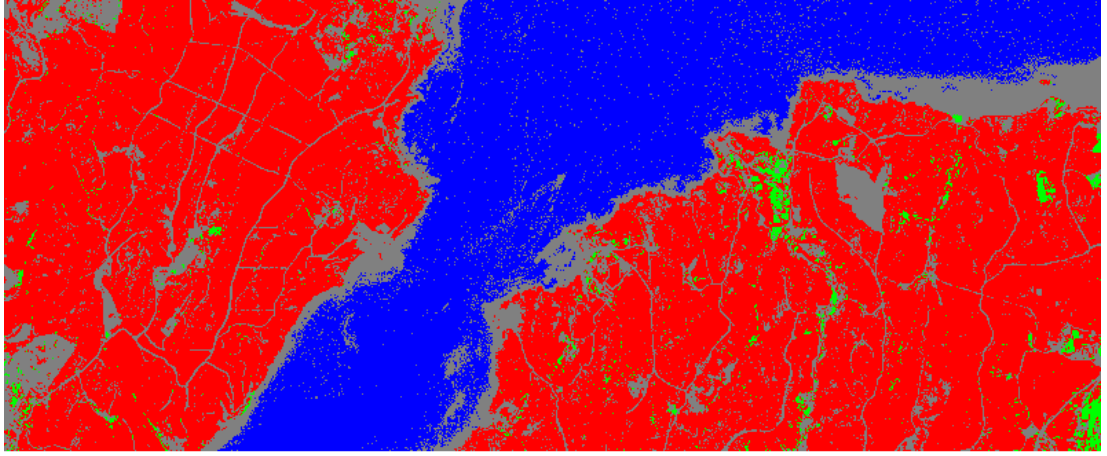
En yüksek olasılıklı sınıflandırma yöntemi, piksel-bant uzayında sınıflandırılacak verilerin varyans ve kovaryanslarının, öğrenilmiş küme merkezlerinin vektörel bilgisi ve kovaryansları ile karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilen sınıflandırmadır. Sınıf desenlerinin ortalamalarının vektör ve kovaryansları ile oluşturulan matris kullanılarak, her bir pikselin, her bir sınıfta yer alma olasılığı hesaplanır ve en yüksek olasılıklı olan sınıfa atanır (Landgrebe, 2005).



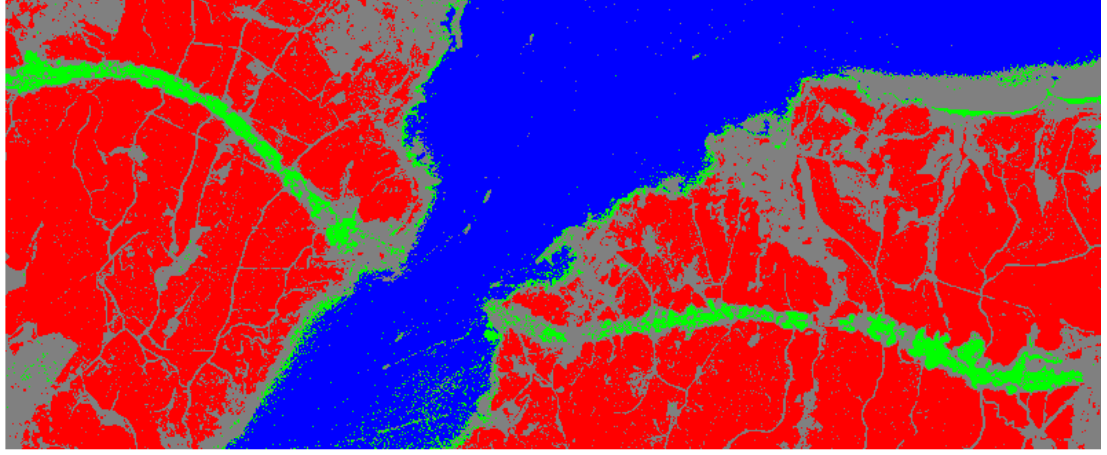
Şekil 3.10 : X ve Y bantlarına gerilmiş verilerin farklı sınıflarda bulunma olasılık yoğunluk fonksiyonları. X(a) ve Y(b), farklı iki sınıfa ait olasılık yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir.

Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, piksel-bant uzayındaki verilerin herhangi bir sınıfa ait olma olasılıklarının normal dağılımı olduğu söylenebilir. Şekildeki elipsoid konturlar, eş olasılık konturlarıdır ve herhangi bir pikselin sınıfa dahil olup olmadığının karar verilmesinde kullanılır. (Puzzolo, V., De Natale, F., & Giannetti, F.,2003).

Bu yöntem, piksel-bant uzayında verilerin elipsoid benzeri şekilde gruplandırıldığı görüntülerde, yüksek başarımlı sonuçlar vermektedir.



a



b

Şekil 3.11 : En Yüksek Olasılık algoritması uygulanarak alınmış sınıflandırma sonuçları. (a) 23.04.2013 tarihli ilk görüntü, (b) 16.08.2014 tarihli son görüntü. **Mavi** : Deniz/Su **Kırmızı**: Orman **Gri**: Kent **Yeşil**: Köprü Yolu.

3.3 Sınıflandırma Kalite Değerlendirmeleri

3.3.1 En Küçük Kareler Yaklaşımı

Kök-karesel ortalama hata (Root Mean Square Error), her bantta pan-keskinleştirilmiş görüntü ile referans görüntüsü arasındaki, piksel değerlerinin farkının ortalamasıdır. Eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$RMSE(i) = \frac{1}{TP} \sqrt{\sum_{k=1}^{TP} (M_i(k) - \widehat{M}_i(k))^2} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1'de $M_i(k)$ ve $\widehat{M}_i(k)$, bahsi geçen görüntüdeki k indisindeki piksel değerleridir. RMSE yönteminin, idealde sifıra yakın olması beklenir.

3.3.2 Q Görüntü Kalite İndisi

Q kalite indisi, diğer kalite yöntemlerine göre daha istatistiksel bir karakter sergiler.

$$Q = \frac{4\sigma_{MN} \cdot \bar{M} \cdot \bar{N}}{(\sigma_M^2 + \sigma_N^2)[\bar{M}^2 + \bar{N}^2]} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2'de, M pan-keskinleştirilmiş MS görüntüyü, N de referans MS görüntüsünü ifade etmektedir. σ_{MN} terimi, iki görüntünün kovaryansını, σ_M^2 ve σ_N^2 değerleri varyanslarını, \bar{M} ve \bar{N} de görüntü bantlarının beklenen değerlerini ifade etmektedir. (Wang ve Bovik, 2002). Q kalite indisi, ideal durumda 1'e eşittir. Bu nedenle, diğer hata metriklerinden farklılık göstermektedir.

3.3.3 Korelasyon Katsayısı

Korelasyon sabiti (correlation coefficient), iki görüntü matrisinin kovaryanslarının, bu iki matrisin standart sapmalarının çarpımına oranıyla elde edilir.

$$CC = \frac{\sigma_{MN}}{\sigma_M \sigma_N} \quad (3.3)$$

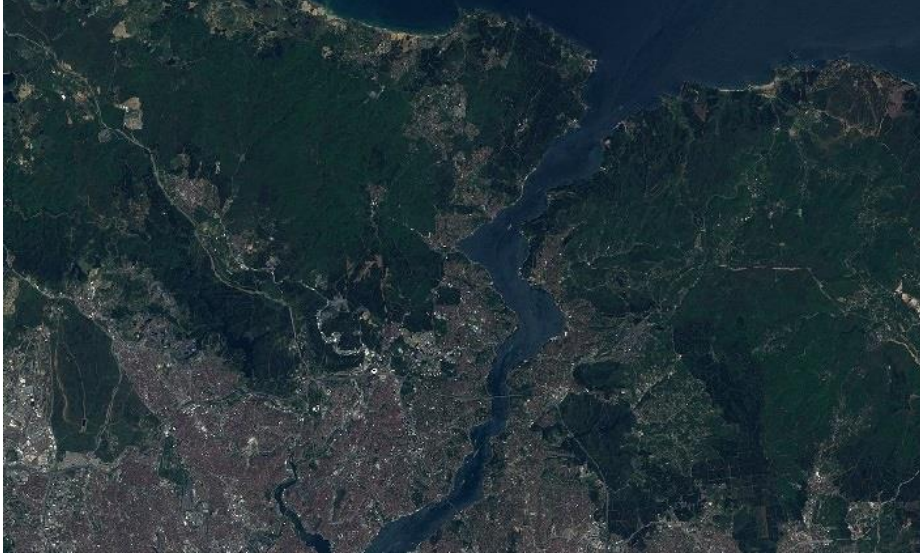
Denklem 3.3'te σ_{MN} terimi iki görüntünün kovaryansını, σ_M ve σ_N terimleri M ve N matrislerinin standart sapmalarını temsil etmektedir. M pan-keskinleştirilmiş MS

görüntüyü, N de referans MS görüntüsünü ifade etmektedir. Korelasyon sabiti, $[-1,+1]$ aralığında değişmektedir ve bu sabitin 1'e yaklaşması iki matrisin birbirine yakınsadığını gösterir.

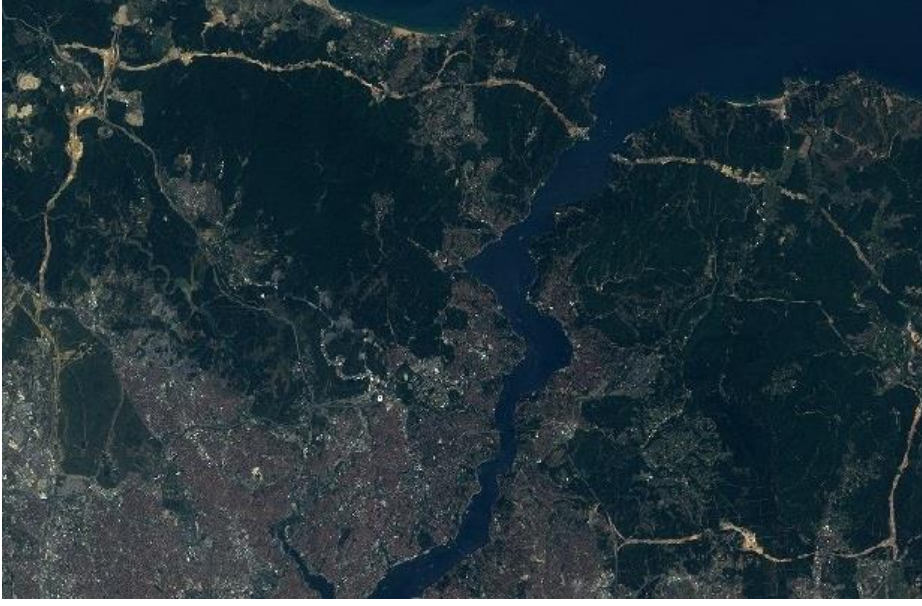
4. UYGULAMA VE SONUÇLAR

Uygulamada kullanılan uydu görüntüleri, daha öncesinde bahsedildiği gibi SPOT 6 uydusuna ait pan-keskinleştirilmiş, ortorektifiye edilmiş farklı tarihlere sahip, İstanbul 3. Boğaz Köprüsü inşaat alanına ait olan uydu görüntüleridir.

Uydu görüntüleri, uydu sensöründen alındığında koordinatlara oturtulmamış, dörtgen kesitleri olan, “R-Sensör” olarak adlandırılan bir türe sahiptir. Multispektral ve pan-kromatik olarak edinilen bu görüntüler, R-Sensör türünde iken pan-keskinleştirme işlemi uygulanır. Pan-keskinleştirilmiş R-Sensör uydu görüntüsü piksellerinin hangi koordinattaki bölgeyi ifade ettiği bilgisini eklemek için, görüntü koordinatlara oturtulur. Bu işlemlerden sonra elde edilen paralelkenar ya da yamuk şeklindeki koordinat bilgisi içeren görüntülere “ortorektifiye” görüntü adı verilir.



Şekil 4.1 : 23 Nisan 2013 tarihli SPOT 6 uydusundan alınan pan-keskinleştirilmiş uydu görüntüsü. Kuzey İstanbul Otoyolu inşaatı başlamadan önce, bölgedeki ormanların ilk durumu görülmektedir.



Şekil 4.2 : 16 Ağustos 2014 tarihli SPOT 6 uydusundan alınan pan-keskinleştirilmiş uydu görüntüsü. Kuzey İstanbul Otoyolu'nun ormanlara olan etkisi gözle de rahatça görülmektedir.

Şekil 4.1 ve 4.2'de yer alan, çalışma kapsamında eş koordinatlara oturtulmuş İstanbul görüntüleri, Çizelge 4.1'deki köşe koordinatlarına göre kesilmiştir.

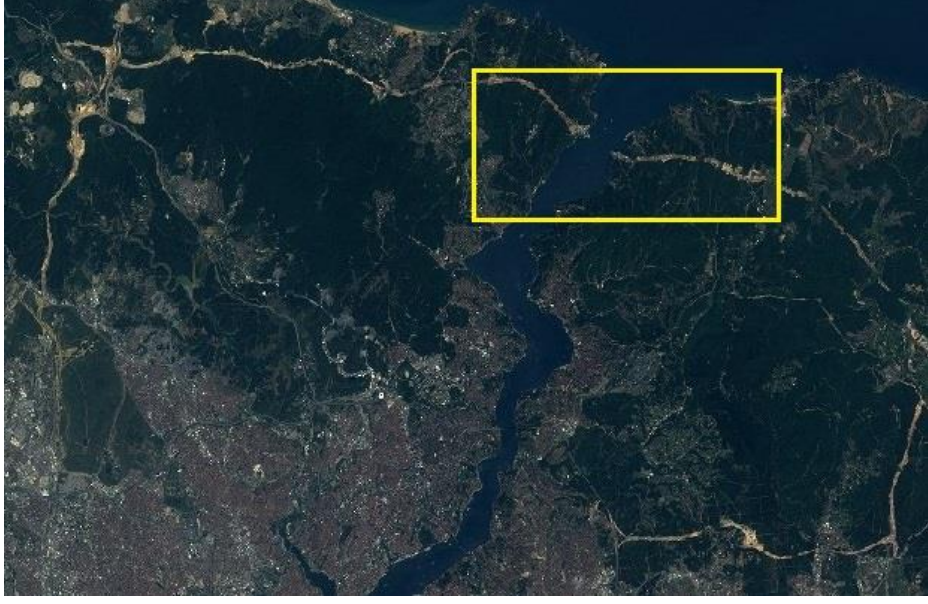
Çizelge 4.1 : Şehir görüntüsü köşe koordinatları.

	Enlem	Boylam
Kuzey Batı	28°46'22.93"D	41°15'27.17"K
Kuzey Doğu	29°19'42.80"D	41°15'27.17"K
Güney Batı	28°46'22.93"D	40°05'16.00"K
Güney Doğu	29°19'42.80"D	40°05'16.00"K

4.1 Uygulama Adımları

Görüntülerin eş koordinatlara göre kesilmesi, görüntü matrislerinin her bir elemanının aynı coğrafi nesneye ait pikseli ifade edeceğini göstermektedir. Bu sayede, uygulama adımlarında koordinat detayına girmeye gerek kalmamaktadır. Ortorektifiye görüntülerin eş koordinatlı kesilmesi sonucu, ürünlerin aynı mekânsal çözünürlüğe sahip olması da çalışmada veri manipülasyonuna sebebiyet verecek bir görüntü boyutlandırma interpolasyonuna duyulan gerekliliği ortadan kaldırmaktadır.

Bu nedenle, iki görüntü matrisi de 3. Boğaz Köprüsü civarında kesilmiştir.



Şekil 4.3 : Üzerinde çalışılan 3. Boğaz Köprüsü Civarı Kuzey Ormanları Bölgesi Kesiti.

Şekil 4.3, üzerinde çalışılan bölgeyi göstermektedir. Görüntü, algoritmalara uygulanmadan önce aşağıda görülebilecek şekilde kesilmiş ve kesilen bu görüntü üzerinde algoritmalar çalıştırılmıştır.



Şekil 4.4 : Üzerinde çalışılan 3. Boğaz Köprüsü Civarı Kuzey Ormanları Bölgesi.

Şekil 4.4'te sınıflandırmaya tabi tutulan bölge daha ayrıntılı olarak görülebilmektedir. Alanın köşe koordinatları Çizelge 4.2'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.2 : Çalışma alanı köşe koordinatları.

	Enlem	Boylam
Kuzey Batı	41°14'7.33"K	29° 2'49.81"D
Kuzey Doğu	41°14'7.33"K	29°12'33.81"D
Güney Batı	41°10'56.60"K	29° 2'49.81"D
Güney Doğu	41°10'56.60"K	29°12'33.81"D

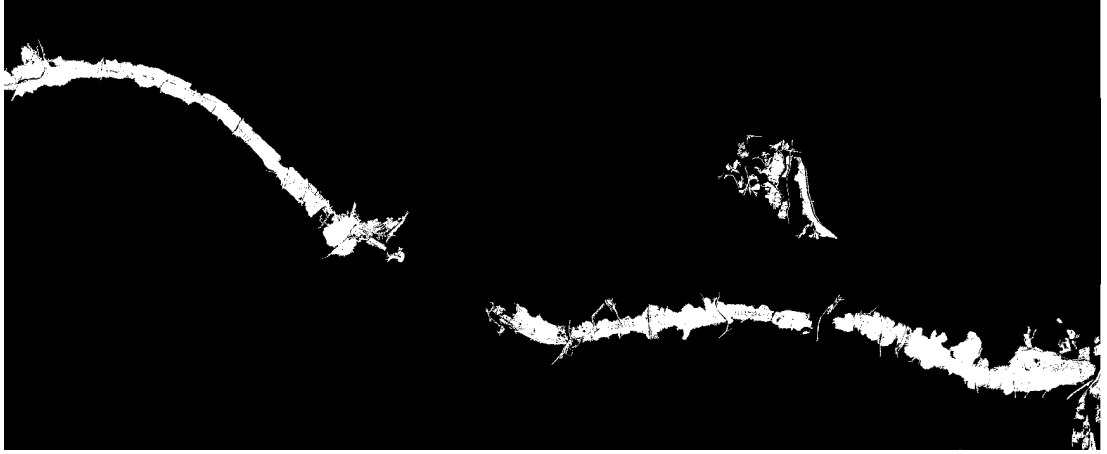
SPOT 6 pankromatik uydu görüntülerinde mekânsal çözünürlük, 1 piksel için 2,25 m² (1,5 m x 1,5 m)'dir. Kesilmiş son görüntüde 33.300.000 piksel olduğu için, görüntü sınıflandırması ve karşılaştırması yapılan bu son görüntünün **74,925 km²**'lik bir yüzey alanına tekabül ettiği söylenebilir.

SPOT 6 görüntüleri 4 bantlı olduğu için, görselleştirmelerde 4. bant olan kızılötesi band kullanılmamıştır, fakat sınıflandırma algoritmalarında deniz paterninin ayırımında önemli rol oynamakta olduğu için kullanılmıştır.

4.1.1 Referans Sınıflandırma

Referans sınıflandırma, kesilmiş çok bantlı multispektral görüntülerin yol ve orman arazilerinin görsel analizle sınıflandırılması işlemidir. Sınıflandırma algoritmalarının başarımlarının karşılaştırılması için gerekli olan referans sınıflandırma bilgisi, bu yolla üretilmiştir.

Öncelikle, iki görüntüde de orman ve kesilmiş yol arazisinin 4 banttaki piksel değerleri belirlenmiş, ve gerekli piksel değeri eşikleri kullanılarak gereksiz pikseller temizlenmiştir. (Theodoridis ve Koutraumbas, 2006). Aynı piksel değerlerinde fakat orman ya da köprü yolu olmayan pikseller ise Adobe Photoshop kullanılarak temizlenmiş ve sonucunda, yalnızca köprü yolunu ve ormanları belirten referans görüntüler bitmap olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.5 : Elle sınıflandırma ve temizleme işlemleriyle elde edilmiş köprü yolu görüntüsü.

Şekil 4.5, bu yöntemlerle elde edilen köprü yolu görüntüsünü vermektedir. Köprü yolunun inşaatı süresince, Anadolu Kavağı civarındaki kentleşme ve ağaç kesimi süreçlerinden ötürü, köprü yolu dışarısında da orman arazisinde azalma görülmüştür. Bu sebepten, bu alan da çalışmaya dahil edilmiştir. Elle sınıflandırmanın sonucunda, köprü yolu ve orman bitmap görüntülerinin beyaz pikselleri sayılarak, piksel başına yeryüzü alanıyla oranlanmış ve gerçek alanları tespit edilmiştir. Çizelge 4.3, bu alanların ve piksellerin niceliklerini belirtmektedir.

Çizelge 4.3 : Orman ve alanlarının hesaplanması.

Arazi Türü	Tarih	Piksel Sayısı	Alanı (km ²)
Orman Alanı	23 Nisan 2013	21433298	48,225
Orman Alanı	16 Ağustos 2014	21370270	44,388
Köprü Yolu Alanı	16 Ağustos 2014	63028	3,837
Toplam Alan	16 Ağustos 2014	33300000	74,925

Çizelge 4.3'teki veriler ışığında, orman arazisinin iki tarih aralığında % 8 azalarak 48,225 km²'den 44,338 km²'ye düştüğü görülmektedir.

4.2 Sonuçlar

Çizelge 4.4 : Hata metrikleri sonuçları.

Sınıflandırma Algoritmaları	RMSE	Q Kalite İndisi	Korolasyon Katsayısı
K-Ortalamlar	0.0160	0.7131	0.7918
ISODATA	0.0156	0.7641	0.8041
Paralelyüz	0.0188	0.8012	0.6893
En Yakın Komşuluk	0.0173	0.8507	0.8245
En Yüksek Olasılık	0.0149	0.9030	0.9021

Çizelge 4.4, çalışmada uygulanan verilerin ortaya çıkarttığı yzde değişiminin, referanslardan edinilen orman arazisi değişimine göre kıyaslamalarını ortaya koymaktadır.

4.3 neriler

Bu çalışmada uygulanan algoritmalar, görüntü sınıflandırmanın temel yöntemlerinden türetilmiştir. Aynı coğrafya üzerinde daha kapsamlı ve piksel tabanlı sınıflandırma çalışmaları yapabilmek için, yapay sinir ağları, bulanık sınıflandırıcılar, spektral açık haritalama gibi ileri sınıflandırma yöntemleri analiz edilip uygulanabilir. (Foody, 1992). Ayrıca, uydu görüntülerinin benzerliğini arttırmak için kullanılmış olan histogram germe, eşitleme ve kontrast germe yöntemleri, amaca yönelik olarak istatistiksel biçimde geliştirilebilir. (Wilkinson, G., 2005). Bu yöntemler, ileride yapılacak olan çalışmalarda analiz edilip, uygulanarak sonuçlandırılacaktır.

3. Boğaz Köprüsü Kuzey Ormanları civarındaki ağaç kaybının, yol inşaati bitiminden itibaren ekilecek yeni ağaçlarla iyileştirilmesi, kaybın giderilmesinde, büyük oranda yarar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- 3. Boğaz Köprüsü Ve Kuzey Marmara Otoyolu, Proje Hakkında. (n.d.).** 1 Mayıs 2015, tarihinde alıntlandı, kaynak: <http://www.3kopru.com/proje/PROJE-HAKKINDA/1>
- Chen, C. H. (Ed.). (2007).** Image processing for remote sensing. CRC Press.
- El-Samie, F. E. A., Hadhoud, M. M., & El-Khamy, S. E. (2012).** Image Super-resolution and Applications. CRC press.
- Foody, G. M. (1992).** A fuzzy sets approach to the representation of vegetation continua from remotely sensed data: an example from lowland health. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 58(2), 221-225.
- Gure, M., Ozel, M. E., Yildirim, H. H., & Ozdemir, M. (2009).** Use of satellite images for forest fires in area determination and monitoring. In Recent Advances in Space Technologies, 2009. RAST'09. 4th International Conference on (pp. 27-32). IEEE.
- Landgrebe, D. A. (2005).** Signal theory methods in multispectral remote sensing (Vol. 29). John Wiley & Sons.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. W. (2004).** Remote sensing and image interpretation (No. Ed. 5). John Wiley & Sons Ltd.
- Lu, D., & Weng, Q. (2007).** A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. International journal of Remote sensing, 28(5), 823-870.
- Kuzey Marmara(3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu . (n.d.).** 1 Mayıs 2015, tarihinde alıntlandı, kaynak: <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Projeler/OtoyolProjeleri/KuzeyMarmara.aspx>
- Mather, P., & Koch, M. (2011).** Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. John Wiley & Sons.
- Puzzolo, V., De Natale, F., & Giannetti, F. (2003).** Forest species discrimination in an alpine mountain area using a fuzzy classification of multi-temporal SPOT (HRV) data. In Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International (Vol. 4, pp. 2538-2540). IEEE.
- Technical Information about the SPOT Satellites. (n.d.).** 1 Mayıs 2015 tarihinde alıntlandı, kaynak: <http://www.astrium-geo.com/en/191-spot-technical-information>
- Theodoridis, S. and Koutraumbas, K. (2006)** Pattern Recognition, 3rd edn, Elsevier and Academic Press, Amsterdam.

- Tso, B. and Mather, P.M. (2009)** Classification Methods for Remotely Sensed Data, 2nd edn, CRC Press, Boca Raton.
- Wang, Z., & Bovik, A. C. (2002).** A universal image quality index. Signal Processing Letters, IEEE, 9(3), 81-84.
- Wilkinson, G. (2005).** Results and implications of a study of fifteen years of satellite image classification experiments. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 43, 433–440.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Gülşah BAYHAN

Doğum Yeri ve Tarihi: BURSA, 31.03.1984

Adres: Bostancı Mah. Bahçelerarası Sok.No.7 Çiğdem Apt. C Blok Bostancı,
İstanbul

E-Posta: gulsahbayhan@gmail.com

Lisans: Maltepe Üniversitesi - Bilgisayar Mühendisliği (2003-2008)

Yüksek Lisans: İTÜ - Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama

Mesleki Deneyim ve Ödüller: Fulbright Amerika Birleşik Devletleri Yüksek Lisans Eğitim Bursu, İTÜ Bilişim Enstitüsü Yarı Zamanlı Asistan, Huawei Yazılım Geliştirme Mühendisi, Turkcell Teknoloji Yazılım Test Uzmanı, Ericsson Test Takım Lideri, Kliksa Teknik Proje Lideri