

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GÜRÜLTÜ GİDERMENİN HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜ
DEĞİŞİM TESPİTİNE ETKİSİ**

Ekram Hussien MOHAMMED

KOCAELİ 2012

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜRÜLTÜ GİDERMENİN HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜ
DEĞİŞİM TESPİTİNE ETKİSİ

Ekram Hussien MOHAMMED

Prof. Dr. Sarp Ertürk
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Osman BÜYÜK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Behçet Uğur Töreyn
Jüri Üyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 21.06.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tezdeki açıklanan çalışma hiperspektral görüntülerin, gürültü giderme yöntemi kullanılarak ve gürültü giderme yöntemi kullanılmadan, hiperspektral görüntü değişim tespitinin performansını incelemektedir. Ayrıca kullanılan gürültü giderme yöntemlerinden değişim tespiti için en uygun olanı belirlenmektedir.

Bu çalışmanın oluşmasında, hem araştırma konusunun belirlenmesinden son aşamasına kadar yardımcı olan hem de çalışmanın her aşamasında bana yol gösteren ve benden desteklerini esirgemeyen sayın hocam Prof.Dr. Sarp Ertürk'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında gerek duyduğum zamanlarda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Ahmed Alraimi, Batuhan Hangün, Dicle Memiş, Duygu Kaya, Merve Öztürk ve katkısı olan tüm dostlarıma teşekkürü borç bilirim. Son olarak, bütün ömrüm boyunca her türlü desteği hiç bir zaman eksik etmeyen sevgili anneme, ağabeylerime ve ablalarıma teşekkür ederim.

Mayıs – 2018

Ekram Hussien MOHAMMED

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ii
TABLolar DİZİNİ	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
GİRİŞ	1
1. GENEL KAVRAMLAR AÇIKLAMASI	4
1.1. Hiperspektral Görüntüleme	4
1.1.1. Uzaktan algılama	5
1.1.2. Elektromanyetik dalga	7
1.1.3. Spektroskopi	8
1.2. Hiperspektral Görüntü Gürültü Giderme	10
1.3. Hiperspektral Görüntü Değişim Tespiti	11
2. YÖNTEM	14
2.1. Gürültü Giderme Yöntemi	14
2.1.1. Genel sentez öncesi algoritma (GSP)	15
2.1.1. Genel analiz öncesi algoritma (GAP)	18
2.2. Değişim Tespiti Yöntemi	20
3. KULLANILAN HSI VERİLER VE DENEYSEL SONUÇLAR	25
3.1. Gerçek Veri Kümesi 1	25
3.2. Gerçek Veri Kümesi 2	28
3.3. Deneysel Sonuçlar	30
3.3.1. Doğruluk değerlendirmesi	33
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	42
KAYNAKLAR	44
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	48
ÖZGEÇMİŞ	49

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Hiperspektral imge küpü (hiperküp) ve bir pikselin bantlar ile örneklenen spektrası	4
Şekil 1.2.	Uzaktan tespiti şeması	6
Şekil 1.3.	Spektral Aralığı	9
Şekil 1.4.	Goruntuleme spektrometrisi	10
Şekil 1.5.	Değişim tespiti gösterimi	12
Şekil 2.1.	Değişim vektör analizine (CVA)	20
Şekil 2.2.	Radyometrik Uzayda Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi	22
Şekil 2.3.	Değişim Uzayında Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi.....	23
Şekil 3.1.	Hyperion Hiperspektral Görüntüleyici.	26
Şekil 3.2.	Atina, Yunanistan'ın RGB görüntü: (a) Eylül 2003, (b) Eylül 2004 ve c) zemin gerçeği.....	27
Şekil 3.3.	AVIRIS cihazının görünümü	28
Şekil 3.4.	New Orleans'ın RGB görüntü: a) Eylül 2010, b) Ekim 2011 ve c) zemin gerçeği.....	29
Şekil 3.5.	Çalışma alanı penceresinde saklanan Matlab veri dosyası.	30
Şekil 3.6.	GAP ile Gürültüsü gidermiş Atina, Yunanistan görüntü	31
Şekil 3.7.	GSP ile Gürültüsü gidermiş Atina, Yunanistan görüntü.....	31
Şekil 3.8.	GAP ile Gürültüsü gidermiş New Orleans görüntü	32
Şekil 3.9.	GSP ile Gürültüsü gidermiş New Orleans görüntü.....	32
Şekil 3.10.	Yaklaşımın blok şeması	33
Şekil 3.11.	Alıcı İşletim Karakteristik (ROC) eğrisi.....	35
Şekil 3.12.	Kappa İndeksi [34].....	36
Şekil 3.13.	Yunanistan veri kümesinin A ve B gürültülü değişim haritası ve gürültülü fark görüntüsü C ve D GAP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü, E ve F GSP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü.....	38
Şekil 3.14.	New Orleans veri kümesinin A ve B gürültülü değişim haritası ve gürültülü fark görüntüsü C ve D GAP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü, E ve F GSP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü.....	39
Şekil 3.15.	Yunanistan veri kümesinin A) Gürültülü ROC eğrisi ve GAP ile denoised ROC eğrisi, B) Gürültülü ROC eğrisi ve GSP ile denoised ROC eğrisi.....	40
Şekil 3.16.	New Orleans veri kümesinin A) Gürültülü ROC eğrisi ve GAP ile denoised ROC eğrisi, B) Gürültülü ROC eğrisi ve GSP ile denoised ROC eğrisi.....	41

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1.	Elektromanyetik spektrum	7
Tablo 1.2.	Spektral Aralığın Bölgeleri	9
Tablo 3.1.	Görüntü veri kümelerinin bazı özellikleri	25
Tablo 3.2.	ROC Eğrisi Kestirimcileri için Doğru Atama Tablosu	34
Tablo 3.3.	Veri kümesinin kappa coefficients, AUC, OA	37



SİMGELER KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AUC	:	Area Under the ROC Curve (ROC Eğrisi Altında Kalan Alan)
AVIRIS	:	Airborne Visible-Infra Red Imaging Spectrometer (Havadan Görülebilir / Kızılötesi Görüntüleme Spektrometresi)
CVA	:	Change Vector Analysis (Değişim Vektör Analizine)
FN	:	False Negative (Yanlış Negatif, YN)
FP	:	False Positive, (Yanlış Pozitif, YN)
GAP	:	General Analysis Prior (Genel Analiz Öncesi)
GSP	:	General Synthesis Prior (Genel sentez öncesi)
HSI	:	Hyperspectral Imaging (Hiperspektral Görüntüleme)
LULC	:	Land Use Land Cover (Arazi kullanımı ve arazi örtüsü)
OA	:	Overall Accuracy (Genel doğruluk)
PCA	:	Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
ROC	:	Receiver Operating Characteristic (Alıcı İşletim Karakteristik)
RGB	:	Red-Green-Blue (Red-Green-Blue)
TN	:	True Negative, (Doğru Negatif, DN)
TP	:	True Positive (Doğru Pozitif, DP)
TNR	:	True Negative Rate (Doğru Negatif Oranı, DNO)
TPR	:	True Positive Rate (Doğru Pozitif Oranı, DPO)

GÜRÜLTÜ GİDERMENİN HİPERSPEKTRAL GÖRÜNTÜ DEĞİŞİM TESPİTİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, hiperspektral görüntülerin, gürültü giderme yöntemi kullanılarak ve gürültü giderme yöntemi kullanılmadan, hiperspektral görüntü değişim tespitinin performansını incelemektir. Bu arada, hiperspektral uzaktan algılama alanında, değişim tespiti ve gürültü giderme yönteminin ilgi alanı günden güne artmaktadır.

Değişim tespiti, aynı hedef bölgeden farklı zamanlarda elde edilen görüntüler arasındaki ilginç değişikliklerin belirlenmesi işlemi ifade eder. Görüntüdeki ilginç değişiklikler, esas olarak malzeme yansımadaki değişiklikler, sahnedeki piksellerle ilişkili olarak, sahne içerisine giren veya çıkan nesnelere nedeniyle oluşmaktadır. Değişim tespiti sorununu karmaşık hale getiren başka faktörler de vardır. Bu faktörler içinde gürültü giderme klasik bir sorundur çünkü görüntüler genellikle farklı gürültü türleriyle bozulmaktadır. Değişim tespiti zorlukları incelerken, görüntü gürültüsü giderme yöntemi, görüntü işleme alanındaki temel zorluklardan biridir.

Bu çalışmanın esas amacı hiperspektral görüntüler (HSI) için gürültü giderme yöntemi kullanarak ve gürültü giderme yöntemi kullanılmadan farklı nedenlerden dolayı oluşabilecek değişiklikleri tespit etmektir ve performansını analiz etmektir.

Bu tez çalışmasında incelenen yöntemler, ana araç olarak MATLAB yazılımını uygulayarak gürültü azaltma yöntemi olarak Genelleştirilmiş Sentez (GSP) ve Analiz Öncesi (GAP) algoritmaları ve değişiklik algılama yöntemi olarak değişim vektör analizini (CVA) içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Değişim Vektör Analizi (CVA), Genelleştirilmiş Analiz Öncesi (GAP), Genelleştirilmiş Sentez Öncesi (GSP), Gürültü Giderme, Hiperspektral Görüntüleme (HSI).

INFLUENCE OF NOISE REDUCTION ON HYPERSPECTRAL IMAGE CHANGE DETECTION ACCURACY

ABSTRACT

Purpose of this work is study a performance of change detection with and without noise reduction method for hyperspectral images. Meanwhile, in the field of hyperspectral remote sensing, change detection becomes a day to day area of interest.

As change detection refers the process of identifying interesting changes that occur to a spatial area over which imagery has been collected on multiple and different times. Interesting changes in imagery mainly related to changes in material reflectance associated with pixels in the scene, due to objects entering or leaving the scene, there are other factors also have in complicating the problem of change detection. Within these factors, image noise reduction is a classical problem as images are often corrupted by different kinds of noises. In addressing these change detection difficulties, image noise reduction is one of the fundamental challenges in the field of image processing.

The main objectives of this study are detect changes in hyperspectral image (HSI) that may occur due to different natural disasters by using noise reduction method and without noise reduction method and analyse the performance of change detection with both condition.

The methods studied in this thesis include Generalized Synthesis (GSP) and Analysis Prior (GAP) Algorithms as noise reduction method and change vector analysis (CVA) as the change detection method by implementing MATLAB software as a main tool.

Keywords: Change Vector Analysis (CVA), General Analysis Prior (GAP), Generalized Synthesis (GSP), Noise Reduction, Hyperspectral Imaging (HSI).

GİRİŞ

Hiperspektral kelimesindeki ‘hiper’; aşırı, çok fazla anlamına gelir ve çok sayıda dalga boyu bandının ölçüdüğüne işaret eder. HySpex hiperspektral kamera, insan gözünün spektral görüş aralığının çok ötesindeki verileri elde eder., hiperspektral görüntüler olarak adlandırılır. Ancak, alıcıları hiperspektral yapan özellik bant sayısından çok, bantların ne kadar dar ve birbirine ne kadar bitişik olduğudur [1, 2].

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle, hiperspektral uzaktan algılama bilimi; teorik, teknolojik ve uygulamalı alanlardaki önemli gelişmelerin yanı sıra kapsamlı bir gelişim kazanmıştır. Hiperspektral görüntülerin taşıdığı zengin spektral bilgi sayesinde kullanıcıların dünya hakkında bilgi sahibi olmaları ve bu bilgiyi uygun şekilde değiştirmeleri için güçlü teknik destek sağlar. Hiperspektral uzaktan algılama tıp, çevre izleme, bilimsel uzaktan algılama, havacılık mühendisliği, uzayın incelenmesi gibi birçok farklı alanlarda yaygın olarak uygulanmaktadır [3-7].

Son on yılda hiperspektral görüntüler (HSI) tarafından sağlanan zengin bilgiler, tekrar edilmiş verilerin elde edilmesi ve bilgisayar uygulamalarını mümkün kılan dijital format sayesinde çeşitli uygulamalar için birçok görüntü işleme yöntemi geliştirilmiştir. Bu görüntü işleme tekniklerinin biri değişim tespittir [8]. Değişim tespiti, aynı coğrafi bölgeden farklı zamanlarda alınan görüntülerin arasındaki önemli değişiklikleri tanımlama sürecini ifade eder. Zaman içinde neyin değiştiğini belirlemek için farklı durumlarda toplanan aynı mekansal bölgenin dijital görüntülerinin karşılaştırılmasını içerir [9]. Değişim tespitinde yüksek başarımlı için görüntülerdeki piksellerin ayırt ediciliği yüksek öznelik sayısı önem taşımaktadır. Hiperspektral görüntülerin sağladığı yüksek spektral bant sayısı sayesinde, piksel vektörleri arası yüksek ayrıştırıcılık elde edilebilmekte ve değişim tespiti başarımlı arttırılabilmektedir [10].

Önemli değişiklik, farklı insanlar tarafından farklı anlaşılabilceği için yorumlamaya tabidir, gözlemciler tipik olarak bir nesnenin sahne içerisinde hareket etmesi, sahneye girmesi ve sahneden çıkması, materyal kompozisyonunda veya görünür optikte bir değişimin olduğu durumlarda meydana gelen değişikliklerle ilgilenir. Elektro-optik görüntüleme sensörlerde, bu fiziksel değişiklikler yansıma gibi malzeme özelliklerinde meydana gelen değişikliklere bağlıdır. Bu, değişim tespitiyle ilgili temel hipotez test problemini belirtir [10].

Değişiklik tespitinin doğru zamanda ve doğru şekilde uygulanması, insan ve doğa arasındaki ilişkilerin ve etkileşimlerin daha iyi anlaşılması için ve doğal kaynakları daha iyi yönetmek ve tahsis etmek için çok önemli rol oynamaktadır. Hiperspektral görüntüler kullanılarak değişim tespiti arazi kullanımı ve arazi örtüsü izleme, kentsel gelişim, ekosistem izleme, ve afet izleme gibi pek çok uygulamada önemli bir rol oynamaktadır [11-15]. Uzaktan algılama ile değişim tespiti için farklı yöntemler önerilmiştir, bu çalışmada uzaktan algılama verilerindeki değişimleri tespit etmek için doğrudan spektral görüntü bantlarının arasındaki farkı hesaplayıp sonrasında bu fark değerinin eşiklenmesi ile değişim tespiti gösterilmiş olan değişim vektör analizi (CVA) kullanılmıştır [8,16].

Hiperspektral uzaktan algılama uygulamalarından toplanan bilgilerin güvenilirliği, elde edilen verilerin kalitesine bağlıdır. Bu görüntüler genellikle çok dar ve birbirini takip eden yüz'den fazla sayıda spektral banda sahiptir. Dar dalga boylu bantlar nedeniyle, görüntüler yüksek spektral korelasyon göstermektedir. Hipperspektral sensörlerde kullanılan ileri teknolojiye rağmen, elde edilen verilerden bilgi çıkarma ve sahnenin yorumlamasını etkileyen gürültüleri görüntüden arındırmada yetersizdir. Görüntüler genellikle monokromatik gürültü, beyaz Gauss gürültüsü, beyaz olmayan gürültü, dürtü gürültü v.b gibi farklı gürültüler tarafından bozulur [17-20].

Bu çalışma, hiperspektral görüntüden dürtü gürültüsünü giderme yönetimi kullanmaktadır. Genellikle uydu algılayıcısının güç kaynağındaki rastgele dalgalanmalar, hiperspektral görüntüleri rastgele değerli dürtü gürültüsüyle bozar [21, 22]. Dürtü gürültüsü, sensörün yanıtı dolduğunda veya sensörün örnek almaması durumunda da ortaya çıkabilir. Dürtü gürültüsü, sabit değerli dürtü gürültüsü veya rastgele değerli dürtü gürültüsü olarak sınıflandırılabilir. Sabit değerli dürtü

gürültüsü, her gürültülü pikselin maksimum ve ya minimum yoğunluk değerine sahip olduğu tuz-biber gürültüsü olarak da adlandırılır. Rastgele değerli dürtü gürültüsü bozuk piksel yoğunluğu aralığında herhangi bir rastgele değer alabilir [22].

Bu çalışmada ana başlıklarda şunlar ele alınacaktır:

Bölüm 1'de; uzaktan tespiti, hiperspektral görüntüleme ve uygulamaları, hiperspektral gürültü, değişim tespiti gibi kavramlar açıklanarak bu çalışmada belirtilen genel kavramlar tanımlanmıştır.

Bölüm 2'de, bu tezde hiperspektral görüntüler için önerilmiş olan değişim tespiti, gürültü giderme yaklaşımlarından literatürde mevcut ilgili çalışmalar açıklanmıştır.

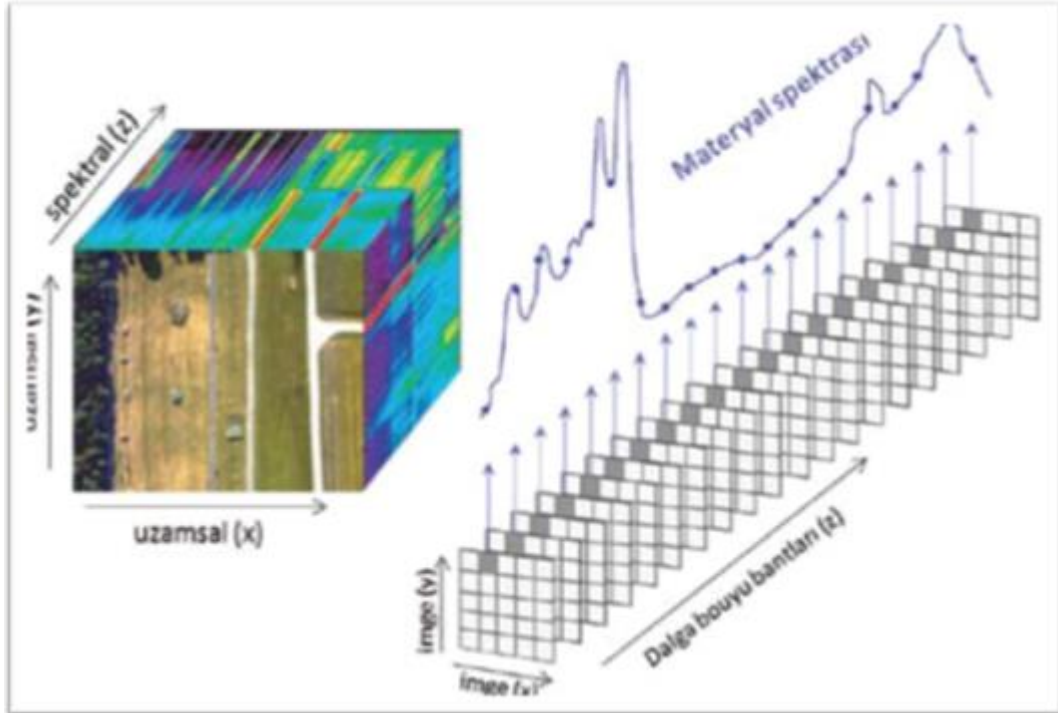
Bölüm 3'te, bu tezde hiperspektral görüntüleri kullanarak değişiklikleri tespit etmek için çalışma alanları ve dahil edilmiş görüntü veri kümeleri, önerilen yaklaşımın deneyleri ve çıkarılan sonuçlar sunulmaktadır.

Son olarak bölüm 5'te, bu çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yer verilmiştir.

1. GENEL KAVRAMLAR AÇIKLAMASI

1.1. Hiperspektral Görüntüleme

Görüntüleme spektrometrisi (imaging spectrometry) olarak da bilinen hiperspektral görüntüleme, spektrometre adı verilen cihazlarla gerçekleştirilir. Hiperspektral görüntüleme hem dijital görüntüleme gücü hem de spektroskopinin bir araya geldiği bir teknolojidir. Bu kompleks sensörlerin gelişimi, spektroskopi ve uzaktan görüntüleme denilen birbiriyle ilişkili iki ayrı teknolojinin yakınsamasını içermektedir. HSI sensörleri hareketsiz kameralar olmasına rağmen, bitişik dalga boylarında toplanan görüntüler video çerçeveleri olarak da düşünülebilir. Hiperspektral kamera ile elde edilen görüntüler bu özellikler nedeniyle ilk iki boyut uzamsal, üçüncü boyut spektral bilgi olmak üzere, üç boyutlu hiperspektral imge küpü (hiperküp) olarak ifade edilir. Yani, HSI verileri bir küp olarak birleştirilmiş çoklu görüntüler olarak kabul edilir. Bir hiperspektral görüntü ve bir pikselin bantlar ile örneklenen spektrası Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Hiperspektral imge küpü (hiperküp) ve bir pikselin bantlar ile örneklenen spektrası [23]

Bir 3D HSI görüntü küpünün toplanması 100 saniyeden birkaç saniyeye kadar sürebilir. İki boyut normalde bir imgeyi x,y uzamsal koordinatlarında ifade eder ve her bir x,y noktasına görüntü elemanı (piksel) adı verilir. Hiperspektral görüntülerde ise z ekseninde, her bir bant aralığı için bir katman olmak üzere yüzlerce görüntü vardır [23]. Görüntü küpü yüzlerce kat içerir, her katman belli bir dalga boyunda elde edilir. Hiperspektral görüntüdeki bir piksel, o piksel alanının yansıtma (reflektans) spektrumunun ölçüsü olan bir vektör içerir. Materyal spektrası (Reflektans spektrumu), nesneden yansıyan ışığın farklı dalga boylarındaki enerjisinin ölçümü ile elde edilir. Her yansıma, malzemeden malzemeye farklıdır, bu nedenle, farklı malzemeler tanımlanmasını ve etiketlenmesini sağlar.

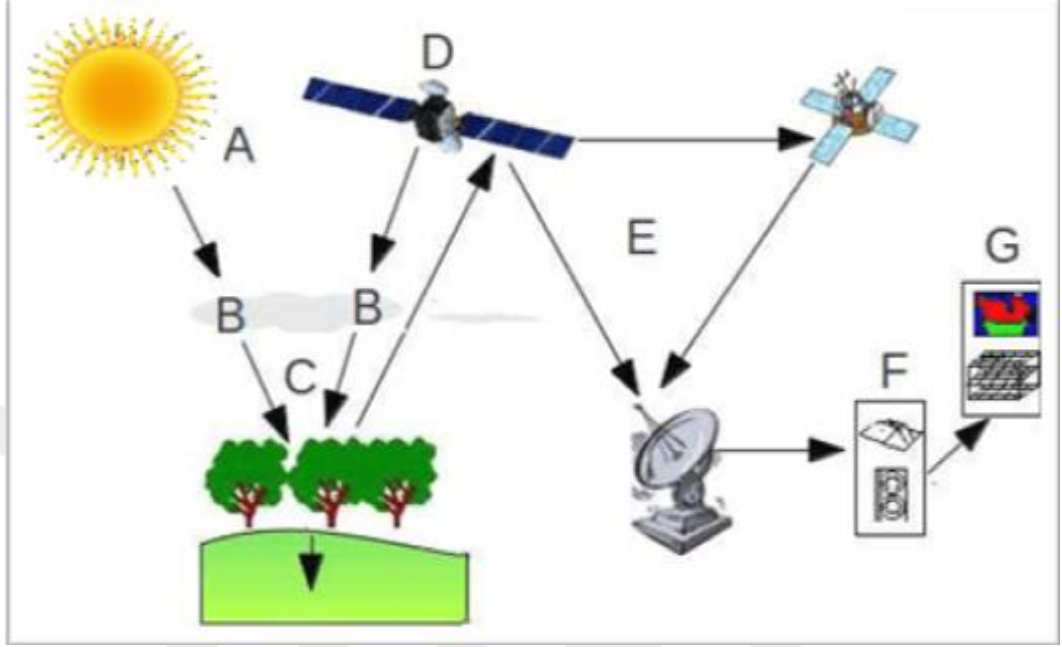
Hiperspektral görüntüler sahne hakkında çok daha detaylı ve kesin bilgi verebilirken, yaygın olarak kullanılan renkli görüntüler sadece üç spektral kanalı (kırmızı, yeşil ve mavi) tespit etmektedir. Bu yüzden, farklı nesnelerin spektral özelliklerine göre sınıflandırılması konusunda hiperspektral görüntüler oldukça etkili çözüm sağlamaktadır. Bilimsel uzaktan algılama, ayın incelenmesi, çevre gözleme de dahil olmak üzere birçok farklı alanda hiperspektral görüntülerin taşıdığı geniş ve zengin spektral bilgilerin kullanılabilirdiği keşfedilmiştir. Ayrıca havadan uzaktan algılama, askeri hedef tespiti, tıp ve biyofizik alanında ve aynı zamanda farklı laboratuvar uygulamaları gibi uygulamalarda da hiperspektral görüntüleme kullanılabilmektedir [3].

1.1.1. Uzaktan algılama

Uzaktan algılama, incelenen nesne, alan ya da fenomen ile temassız bir cihaz tarafından edinilen verilerin analizi yoluyla bir nesne, alan ya da fenomen hakkında bilgi edinmenin bilimi ve sanatı olarak tanımlanır. Uzaktan algılama süreci, olay radyasyon ve ilgilenilen hedefler arasındaki etkileşimi içerir. Aşağıdaki yedi elemanın dahil olduğu görüntüleme sistemlerinin kullanılmasıyla örneklendirilir. Bununla birlikte, uzaktan algılama, yayılan enerjinin algılanmasını ve görüntüleme dışı sensörlerin kullanılmasını da içerir. Bu sürecin şeması Şekil 1.2'de gösterilmektedir [24].

A. Enerji Kaynağı veya Aydınlatma - uzaktan algılama için ilk gereken, ilgilenilen hedefe elektromanyetik enerji sağlamak ya da bir enerji kaynağına sahip olmaktır.

B. Radyasyon ve Atmosfer - enerji kaynağından hedefe doğru giderken içinden geçtiği atmosferle temas eder ve etkileşime girer. Bu etkileşim, enerji hedeften sensöre geçerken ikinci kez gerçekleşebilir.



Şekil 1.2. Uzaktan tespiti şeması [24]

C. Hedefle Etkileşim - enerji, atmosferin içinden geçerek hedefe doğru yol aldığı anda, hem hedefin hem de radyasyonun özelliklerine bağlı olarak hedefle etkileşir.

D. Sensör Tarafından Enerji kaydı - enerjinin hedef tarafından dağılmasından veya hedeften yayılmasından sonra, elektromanyetik radyasyonu toplanması ve kaydedilmesi için bir sensör (uzaktan - hedefle temas halinde olmayan) gerektirir.

E. İletim, Alım ve İşlem - genellikle elektronik formda sensör tarafından kaydedilen enerji, bir alıcı ve işleme istasyonuna işlenmek ve görüntüye (basılı ve / veya dijital) dönüştürülmek üzere gönderilir.

F. Yorumlama ve Analiz - işlenmiş görüntü görsel, dijital ve ya elektronik olarak, aydınlatılan hedef hakkında bilgi elde etmek için yorumlanır.

G. Uygulama - uzaktan algılama sürecinin son unsurudur. Daha iyi anlayabilmemiz için görüntüden elde ettiğimiz bilgileri uygulayabilmede, bazı yeni bilgileri ortaya koymada veya belirli bir problemi çözmeye yardımcı olur [24].

1.1.2. Elektromanyetik dalga

Uzaktan algılama, hedef nesneyi ve doğal olayı toplanan elektromanyetik dalgaya uygun olarak yayar. Çünkü farklı kategoriler, özellikler ve çevre koşulları nedeniyle tüm nesnelere tamamen farklı elektromanyetik dalga yansımalarına veya yayılan radyasyon özelliklerine sahiptir. Spektral uzaktan algılama kavramında, her bir ışık fotonu kendi enerji seviyesine göre belirlenen bir dalga boyuna sahiptir. Işık ve diğer elektromanyetik ışınım biçimleri yaygın olarak dalga boyları bakımından tanımlanır. Uzaktan algılama tekniği esas olarak nesne yansıması veya elektromanyetik dalga yayılımı prensibi üzerine kurulmuştur.

Tablo 1.1. Elektromanyetik spektrum[25]

Dalga bandı		Dalga boyu	
Uzun dalga		3000 m'den fazla	
Orta dalga ve kısa dalga		10–3000 m	
Ultra kısa dalga		1–10 m	
Mikrodalga		1 mm–1 m	
Kızılötesi bant	Ultrafar kızılötesi	0,76	15–1000 μm
	Uzak kızılötesi		6–15 μm
	Orta kızılötesi	1000 μm	3–6 μm
	Yakın kızılötesi		0,76–3 μm
Görülebilir ışık	Kırmızı	0,38	0,62–0,76 μm
	Turuncu		0,59–0,62 μm
	Sarı	0,76 μm	0,56–0,59 μm
	Yeşil		0,50–0,56 μm
	Siyah		0,47–0,50 μm
	Mavi		0,43–0,47 μm
	Mor		0,38–0,43 μm
Ultraviyole ışınlar		$10^{-3} \sim 3,8 \times 10^{-1} \mu\text{m}$	
X ışını		$10^{-6} \sim 10^{-3} \mu\text{m}$	
γ ışını		10 ⁻⁶ μm 'den küçük	

Değişen elektrik alanı, her yönden değişen manyetik alan olmasına neden olabilir, ve değişen manyetik alan, başka bölgedeki yeni değişen elektrik alanına neden olur. Bu da daha uzak bölgedeki manyetik alanın değişmesine neden olur. Değişen elektrik alan ve manyetik alan değişkendir ve yakın mesafeden uzak mesafeye sınırlı hızda

uzaydaki iletim süreci elektromanyetik dalga olarak adlandırılır. Vakumdaki elektromanyetik dalganın uzunluğu veya frekansına göre artan veya azalan düzenleme, bölüm başına bölünmüş elektromanyetik dalga spektrumunu oluşturur.

Elektromanyetik dalga spektrumu, yüksek frekanstan düşük frekansa kadar düzenlenir ve γ ışını, χ ışını, ultraviyole ışınları, görünür ışık, kızılötesi ışın ve radyo dalgasına bölünebilir [25].

1.1.3. Spektroskopi

Spektroskopi konuyu niteliksel ve ya niceliksel olarak ya da fiziksel süreçleri incelemek için elektromanyetik radyasyonun emilimini, yayılmasını ve saçılmasını kullanır. Işık ve madde arasındaki üç temel etkileşim şunlardır [26].

- Emilme: Radyasyon alanından bir emici, atom, molekül ve ya katıya enerji aktarımı ile daha düşük bir seviyeden daha yüksek bir seviyeye geçiştir.
- Emisyon: Vericiden radyasyon alanına enerji aktarımı ile daha yüksek bir seviyeden daha düşük bir seviyeye geçiştir. Herhangi bir radyasyon yayılmazsa, daha yüksekten daha düşük enerji düzeylerine geçiş, radyoaktif olmayan bozulma olarak adlandırılır.

- Saçılma: Maddeyle etkileşimi nedeniyle ışığın yeniden yönlendirilmesi anlamına gelir. Saçılma, bir enerji transferi ile meydana gelebilir. Yani, dağınık radyasyon, numunedeki ışık olayına kıyasla biraz farklı bir dalga boyuna sahip olabilir.

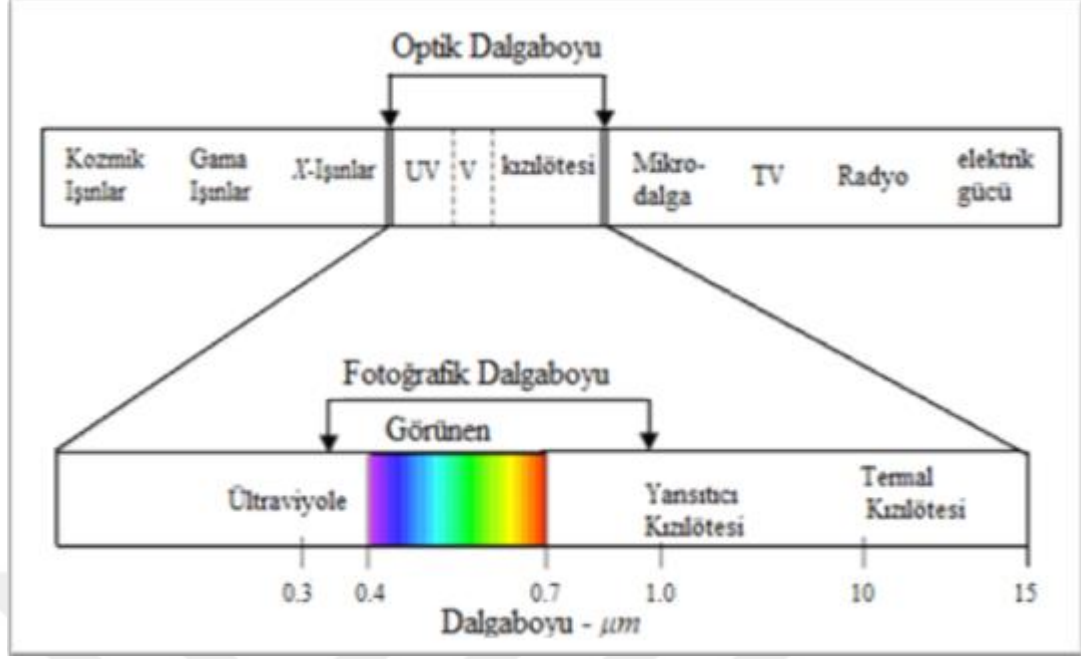
Bir nesnenin spektral özelliklerini kaydetmek için kullanılan enstrümana spektrometre denir. Spektrometrenin kapasitesini açıklayan dört genel parametre vardır.

A. Spektral aralık, Cihazla ölçülen dalga boyu aralığıdır. Işık spektrumu beş bölüme ayrılmıştır. Hiperspektral bir görüntü, tam dalga boyu bölgesidir. Yani, tüm spectrum, her uzamsal nokta için ölçülür. (Şekil 1.3 ve Tablo 1.2) [26].

B. Spektral çözünürlük, Spektrometredeki tek bir spektral kanalın genişliğidir.

C. Spektral örnekleme, Spektrometredeki her bir kanal için spektral band geçiş profilleri arasındaki dalga boyundaki uzaklık, dalga boyunun bir fonksiyonudur.

D. Sinyal-gürültü oranı, Arka plan gürültüsüne kıyasla spektral sinyalin gücünün bir ölçüsüdür, genellikle ortalama sinyalin kök-karesel ortalama gürültüsüne bölünmesi şeklinde hesaplanır.

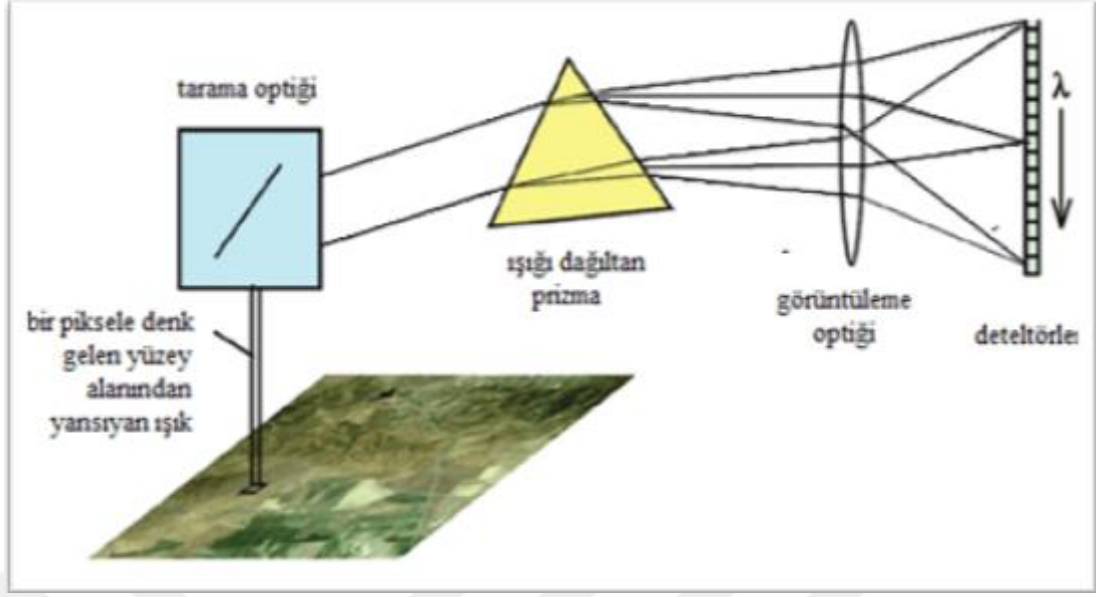


Şekil 1.3. Spektral Aralığı [26]

Tablo 1.2. Spektral Aralığın Bölgeleri[26]

Bölge	Spektral Aralığı
Ültraviyole	0,001 to 0,4 μ m
Görünen	0,4 to 0,7 μ m
Yakın Kızılötesi	0,7 to 3,0 μ m
Orta Kızılötesi	3,0 to 30 μ m
Uzak Kızılötesi	30 μ m to 1mm

Spektrometre (veya spektrometre) genellikle örnek materyalin yüzeyinden yansıyan ışığın, bulunduğu yerde veya laboratuarda ölçümü için kullanılır. Spektrometre içindeki prizmaya benzer optik bir bileşen, spektrometreye ulaşan ışığı dar ve birbirini takip eden çok sayıda dalga boyu bandına ayırır. Yüzeyden gelen enerji her bir bant için ayrı bir algılayıcı (dedektör) ile ölçülür. Spektrometreler, yüzlerce hatta binlerce algılayıcı kullanarak, geniş bir spektrum için, tipik olarak en az 0,4 ila 2,4 mikrometre (orta kızılötesi dalga boyu aralıklarında görünür) 0,01 mikrometre'ye kadar dar bantların spektral ölçümlerini yapabilir [27,28]. Bir görüntüleme spektrometresinin temel elemanlarının şematik diyagramı Şekil 1.4'de verilmiştir.



Şekil 1.4. Görüntüleme spektrometrisi [23]

1.2. Hiperspektral Görüntü Gürültü Giderme

Gürültü, ağırlıklı olarak imge edinme ve aktarma süreçlerinde üretilen görüntü kalitesini etkileyen önemli bir faktördür. Gürültü giderme, görüntü işleme ve görüntü yorumlama için ve istenilen yararlı bilgileri edinmek için gereklidir. Görüntü vericisinin çalışma durumu, elde edilen görüntü ortamı gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği için farklı gürültüler farklı şekillerde ele alınabilir. Hiperspektral uzaktan algılama uygulamalarından toplanan bilgilerin güvenilirliği, yakalanan verilerin kalitesine çok bağlıdır.

Hiperspektral sensörlerde ileri teknoloji kullanılmış olmasına rağmen, yakalanan HSI verileri radyometrik gürültüler tarafından bozulur ve bunun karşılığında bilgi çıkarma ve sahne yorumlamayı etkiler [29].

Ölçülen dalga boyu bantlarının büyüklüğü nedeniyle, HSI görüntüler çoğunlukla kalibrasyon hatası, atmosferik saçılma, sensör gürültüsü, foton gürültü ve absorpsiyon gibi radyometrik gürültüden dolayı bozulmaktadır. HSI görüntülerini etkileyen iki gürültü kategorisi vardır, bunlar rasgele gürültü ve sabit desenli gürültülerdir. Sabit desen gürültüsü çoğunlukla kalibrasyon nedeniyle uygun yöntemlerle hafifletilebilir. Buna karşın, rastgele gürültü stokastik doğasından dolayı

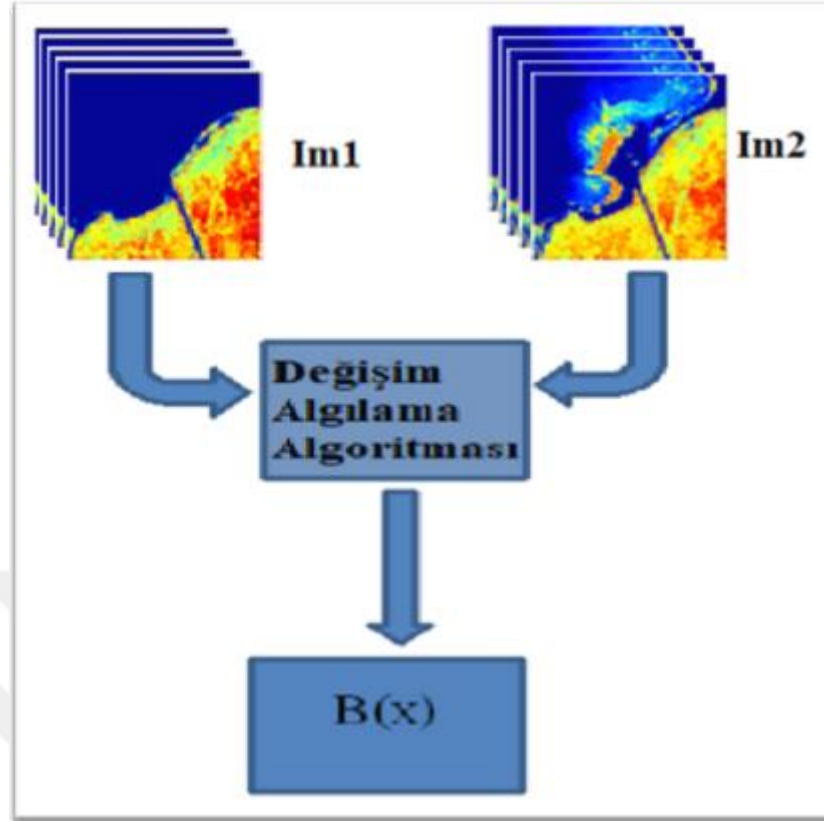
tamamen ortadan kaldırılamaz. HSI'daki rassal gürültü, beyaz, Gauss ve sinyalden bağımsız olduğu varsayılacak katkı modelidir [1].

1.3. Hiperspektral Görüntü Değişim Tespiti

Değişim tespiti, aynı topoğrafik bölgenin farklı zamanlarda alınan iki hyperspectral görüntüyü gözlemleyerek değişimleri tespit etmek için uygulanan bir işlem süreci olarak tanımlanabilir. Değişim tespiti genellikle bir veri setinde oluşan zamansal etkileri tespit etmek için kullanılır [30]. Uzaktan algılama teknolojisinde farklı zamanlarda aynı fiziksel bölgeden alınmış görüntüler kullanılarak değişim tespiti gerçekleştirilebilmektedir. Hiperspektral görüntüler kullanılarak yapılan değişim tespiti, çevresel özelliklerin belirlenmesi ve görüntü işleme konularında önemli kolaylıklar sağlar.

Zamanında ve doğru bir şekilde değişim tespiti uygulaması, doğal kaynakları daha iyi yönetmek ve tahsis etmek için insan ile doğa arasındaki ilişkileri ve etkileşimleri daha iyi anlamının temelini verir. Zamansal veri setlerinde zamansal etkileri zamansal değişim olarak adlandırılır ve farklı zamanlarda hazırlanmış iki veri setini içeren sistematik bir değişim algılama çalışması olarak yapılır.

Değişiklikler nesne hareketi, ekleme, silme, kaldırma veya deformasyona bağlı olabilir ve değişiklikler genellikle aynı sahnenin iki görüntülerinin aynı piksel konumlarındaki spektral imzalarını etkiler. Genellikle değişim tespiti ve temsil etme belirli bir sahnenin zamanla uğradığı olası dönüşümlerin değerli bilgilerini sağlar. Tipik bir değişim tespiti algoritması görüntüleri I_{m1} ve I_{m2} 'yi girdi olarak alır ve değiştirilmiş bölgeleri tanımlayan değiştirme maskesi adı verilen ikili bir görüntü B 'yi üretir [31]. Şekil 1.5'da değişim tespitine örnek gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Değişim tespiti gösterimi

Değişim tespiti modeli Denklem (1.1)'deki gibi ifade edilebilir;

$$B(x) = \begin{cases} 1, & \text{Piksel önemli bir değişime karşılık gelirse} \\ 0, & \text{Aksi takdirde} \end{cases} \quad (1.1)$$

Piksel x'deki karar genellikle bir maliyet fonksiyonunun değerlendirilmesini ve uygun bir karar eşliğinin seçilmesini içerir.

Değişim tespiti, arazi kullanım değişimi, yaşam alanlarının ayrıştırılması, ormansızlaşma, oranın tespiti, kıyı değişimi, kentsel yayılım ve diğer birikimli değişimlerin bulunması gibi pek çok uygulamada kullanılabilir [15,16,30]. Görüntülere uygulanan değişim tespiti algoritmaları uzamsal, spektral, radyometrik ve zamansal değişikliklerden etkilenmektedir. Literatürde yaygın kullanılan değişim tespiti yaklaşımları cebirsel işlem temelli yaklaşımlar (görüntü farkı, görüntü regresyonu ve CVA gibi), dönüşüm tabanlı yaklaşımlar (PCA, Gram-Schmidt gibi), sınıflandırma tabanlı yaklaşımlar (sınıflandırma sonrası işlem, Hibrid değişim tespiti, Yapay Sinir Ağları gibi) olarak ele alınabilir.

Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak uygulanan, değişim tespiti birçok uygulamada yarar sağlamaktadır [4, 5, 32]. Örneğin:

- Orman veya bitki örtüsü değişimi.
- Ormansızlaşma
- Göl ve okyanus ortamları için ekosistem ve kirlilik düzeylerindeki değişimin izlenmesi.
- Kentsel yayılım
- Arazi kullanımı ve arazi örtüsü. (LULC- Land Use Land Cover)
- Sulak alan
- Medikal alan (Saptama kavramları sıklıkla vücuttaki anormalliklerin belirlenmesi veya bir hastalığın zaman içinde ilerlemesinin gözlenmesi için MRG verilerine uygulanır).
- Peyzaj veya bitki örtüsü değişimi ve ürün izleme gibi pek çok uygulamada kullanılabilir.

2. YÖNTEM

2.1. Gürültü Giderme Yöntemi

Bu çalışmada, geliştirilmiş sentez öncesi algoritma (GSP) ve analiz öncesi algoritmalar (GAP) dayanan gürültü giderme tekniği sunulmuştur. Bu yöntemler, tuz-biber gürültüsünün yanı sıra rastgele değerli dürtü gürültüsünü gidermek için kullanılmıştır. Dürtü gürültüsünün ana kaynağı, görüntü yakalama cihazının güç kaynağındaki rastgele dalgalanmalardır. 1.2.'den yukarıda bahsedilen iki gürültü kategorisi dürtü gürültüsü olarak bilinir. Sabit değerli dürtü gürültüsü (tuz-biber) olarak da adlandırılan gürültü, her gürültülü pikselin maksimum veya minimum yoğunluk değerine sahiptir. Rastgele değerli dürtü gürültüsü bozuk pikseller yoğunluk aralığında herhangi bir rastgele değer alabilir [22].

Bu çalışmalar, dürtü gürültüsü ile bozulmuş hiperspektral görüntülerin gürültüsünü gidermek için bantlar arası spektral korelasyonu ve bant içi uzamsal korelasyonunu kullanır. Gürültü seyrek olduğundan, veri doğruluğu ℓ_1 normunu en aza indirilir. Spatio-spektral korelasyon, belirli dönüşüm alanlarında hiperspektral veri küpünün seyrek bir temsiline yol açar; dönüşüm, ana seyreklik ℓ_1 -norm doğruluğunun ℓ_1 -norm düzenlenmesine yol açar. Bu sorunu çözmek için verimli bir bölünmüş Bregman tabanlı bir algoritma kullanıldı [22].

$m \times n \times d$ boyutlu d spektral bantları olan bir hiperspektral veri küpü şu şekilde temsil edilebilir:- $X=[x_1, x_2, \dots, x_d]$. Burada her $x_i \in \mathbb{R}^{m \times n \times 1}$, dikey birleştirme yoluyla elde edilen bir spektral banttır. $y = \text{vec}(Y)$ yi matris Y sütunlarının dikey olarak istiflenmesiyle elde edilen herhangi bir 2D matrisin vektör temsili olarak tanımlanır ve $Y = \text{mat}(y)$ ters işlemidir. Vektörler için küçük harfler ve matrisler için büyük harfler kullanıldı. Gürültü modeli Denklem (2.1) gibi ifade edilebilir;

$$Y = X + N \quad (2.1)$$

Burada, X orijinal (bozulmamış) görüntüdür, N gürültü ve Y gürültüyle bozulmuş bir görüntüdür.

X kolonları görüntülerdir dolayısıyla dalgacık (wavelet) veya sonlu fark gibi dönüşüm alanlarında seyrek bir temsile sahiptir. Görüntüler spektral olarak korelasyonlu olduğundan, X'in sıraları boyunca varyasyonun, Fourier, dalgacık (wavelet) veya sonlu farklılaşmada seyrek bir temsile yol açacak kadar düz olduğu varsayılabilir. Spatio-spektral korelasyon, veri küpünü seyrek bir sinyal temsil ederek birlikte kullanılabilir: $Z=D_1XD_2$. Burada D_1, D_2 sırasıyla uzaysal ve spektral boyutlar yanına değişen dönüşümdür ve Z seyrek dönüşüm katsayılarını gösterir.

Seyrek sinyal gösterimini kullanarak, sorun çözme Gürültü Giderme problemi Denklem (2.2) şeklinde çerçeveselenebilir;

$$\min_Z \|Y-D_1^T Z D_2^T\|_1 + \lambda \|Z\|_1 \quad (2.2)$$

Burada, λ bir düzenleyici parametresidir. Bu genel sentez öncesi (GSP) formülasyonudur. Analiz öncesi problemi çerçevelemek için görüntüleri parçalı pürüzsüz olacak şekilde modellemek ve sonlu farklılaşma kullanarak uzamsal boyut boyunca yayılmaktır. Spektral boyut boyunca ortogonal değişen dönüşümü Denklem (2.3) gibi D'yi kullanılır;

$$\min_Z \|Y-X\|_1 + \lambda \|D_h X D\|_1 + \lambda \|D_v X D\|_1 \quad (2.3)$$

Burada, D_h, D_v yatay ve dikey sonlu fark operatörleridir ve λ düzenleyici terimdir. Bir sonraki kısımda bunları çözmek için algoritmalar çıkarıldı.

2.1.1. Genel sentez öncesi algoritma (GSP)

Kolaylık sağlamak için GSP problemini aşağıdaki gibi tekrarlanır;

$\min_Z \|Y-D_1^T Z D_2^T\|_1 + \lambda \|Z\|_1$, Z değişkeni ayırlamayacağından, aşağıdakileri yerine koyarız;

$P=Y-D_1^T Z D_2^T$ Ve $Q=Z$ (2.3) kısıtlı optimizasyon problemi olarak yeniden yazılabilir.

$$\minimize_Z \|P\|_1 + \lambda \|Q\|_1$$

$$P=Y-D_1^T Z D_2^T, \quad Q=Z \text{ Tabi olmak üzere}$$

Yukarıdaki sınırlandırılmış optimizasyon problemi, zayıf ceza fonksiyonunu kullanarak aşağıdaki gibi kısıtsız optimizasyon problemi olarak ifade edilebilir;

$$\min_{Z,P,Q} \|P\|_1 + \lambda \|Q\|_1 + \mu_1 \|P - Y + D_1^T Z D_2^T\|_F^2 + \mu_2 \|Q - Z\|_F^2$$

Burada μ_1 ve μ_2 düzenleme parametreleridir. $\|\cdot\|_F$ Bir matrisin Frobenius normunu temsil eder. Bu sebeple birden çok normalleştirme terimi olduğundan split Bregman yaklaşımı bu problemi çözmek için uygulanabilir;

$$\min_{Z,P,Q} \|P\|_1 + \lambda \|Q\|_1 + \mu_1 \|P - Y + D_1^T Z D_2^T - B_1^k\|_F^2 + \mu_2 \|Q - Z - B_2^k\|_F^2$$

Bregman değişkenleri B_1 ve B_2 aşağıdaki gibi yinelenen güncellenir;

$$B_1^{k+1} = B_1^k + Y - P - D_1^T Z D_2^T \quad \text{Ve} \quad B_2^{k+1} = B_2^k + Z - Q$$

Yukarıdaki sorunun üç ayrılabilir değişkeni vardır (Z, P, Q) ve bu nedenle sorunu üç alt problemde şu şekilde bölebilir;

$A \otimes B$, matrisler $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ ve $B \in \mathbb{R}^{p \times q}$ arasındaki Kronecker ürününü gösterir. Aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$A \otimes B = \begin{bmatrix} a_{11}B & a_{12}B & \dots & a_{1n}B \\ a_{21}B & a_{22}B & \dots & a_{2n}B \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1}B & a_{m2}B & \dots & a_{mn}B \end{bmatrix}_{mp \times nq}$$

$y_1 = \text{vec}(P - Y - B_1^k)$, $y_2 = \text{vec}(Q - B_2^k)$, $D = D_2 \otimes D_1^T$ olsun, alt problemler aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$P1: \min_z \mu_1 \|y_1 + D z\|_2^2 + \mu_2 \|y_2 - z\|_2^2$$

$$P2: \min_p \|p\|_1 + \mu_1 \|p - y - b_1^k + D z\|_2^2$$

$$P3: \min_q \|q\|_1 + \mu_2 \|q - z - b_2^k\|_2^2$$

Burada $Y = A \times B$ 'nin $Y = (B^T \otimes A)x$, olarak yazılabileceği kimlik kullanılmıştır.

Yukarda problem (P1) ayrılabilir ve konveks problemi çözünerek elde edilebilir.

$$(\mu_1 D^T D + \mu_2 I)z = \mu_2 y_2 - \mu_1 D^T y_1$$

Yinelemeli olarak en az kare çözümler kullanır. D_1 ve D_2 'nin ortogonal dönüşüm olması durumunda, $D^T D$ 'yi aşağıdaki gibi kolaylaştırılabilir;

$$D^T D = (D_2^T \otimes D_1)(D_2 \otimes D_1^T) = D_2^T D_2 \otimes D_1 D_1^T = I$$

P1 problemi için Denklem (2.4) gibi kapalı bir form çözümü verir;

$$z = \frac{\mu_2}{\mu_1 + \mu_2} y_2 - \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2} D^T y_1 \quad (2.4)$$

P2 ve P3 problemleri Denklem (2.5)'deki formda ℓ_1 -norm minimizasyon problemleridir;

$$\arg \min_x \|y - x\|_2^2 + \lambda \|x\|_1 \quad (2.5)$$

Yumuşak eşik algoritması kullanılarak çözülebilir SoftTh(y, λ) operasyon:

$$\hat{x} = \sin(y) \times \max \left\{ 0, |y| - \frac{\lambda}{2} \right\}. \text{ Algoritma 1, GSP algoritmasının adımlarını özetler.}$$

Algoritma 1 Genel Sentez Öncesi Algoritma (GSP)

- 1: input: $D_1, D_2, D = D_2 \otimes D_1^T, Y, \lambda, \mu_1, \mu_2, \text{MaxIter}$.
- 2: output: \hat{x} , denoised image.
- 3: for $k = 1$ to MaxIter do
- 4: $z^{k+1} = \text{mat}(z^k)$ from (2.4)
- 5: $P^{k+1} = \text{SoftTh} \left(Y + B_1^k - (D_2 z^k), \frac{1}{\mu_1} \right)$
- 6: $Q^{k+1} = \text{SoftTh} \left(Z + B_2^k, \frac{\lambda}{\mu_2} \right)$
- 7: $B_1^{k+1} = B_1^k - P^{k+1} + Y - D_1 Z^{k+1} D_2$
- 8: $B_2^{k+1} = B_2^k + Z^{k+1} - Q^{k+1}$
- 9: end for
- 10: $\hat{x} = D_1^T Z^{k+1} D_2^T$

2.1.1. Genel analiz öncesi algoritma (GAP)

Kolaylık sağlamak için GAP problemini aşağıdaki gibi tekrarlanır

$$\min_z \|Y-X\|_1 + \lambda \|D_h XD\|_1 + \lambda \|D_v XD\|_1,$$

Daha önce olduğu gibi, yukarıdaki denklemi şu şekilde tekrarlanır:

$$\text{minimize}_{P,Q,R} \|P\|_1 + \lambda \|Q\|_1 + \lambda \|R\|_1$$

$$P=Y-X, Q=D_h XD, R=D_v XD, \text{ Tabi olmak üzere}$$

Bölünmüş Bregman yaklaşımını kullanarak şöyle ifade edilebilir:

$$\begin{aligned} \text{minimize}_{X,P,Q,R,S} & \|P\|_1 + \lambda \|Q\|_1 + \lambda \|R\|_1 + \mu_1 \|P-Y+X-B_1^k\|_F^2 + \\ & \mu_2 \|Q-D_h XD-B_2^k\|_F^2 + \mu_2 \|R-D_v XD-B_3^k\|_F^2 \end{aligned}$$

Bregman değişkenlerinin şu şekilde güncellenbilir:

$$B_1^{k+1} = B_1^k + Y - X - P$$

$$B_2^{k+1} = B_2^k + D_h XD - Q$$

$$B_3^{k+1} = B_3^k + D_v XD - R$$

$$y_1 = \text{vec}(P - Y - B_1^k), y_2 = \text{vec}(Q - B_2^k), y_3 = \text{vec}(R - B_3^k),$$

$W_h = D^T \otimes D_h$, $W_v = D^T \otimes D_v$ olsun, yukarıdaki sorun, aşağıdaki gibi dört ayrılabilir sorunlara ayrılabilir:

$$P4: \min_x \mu_1 \|y_1 + x\|_2^2 + \mu_2 \|y_2 - W_h x\|_2^2 + \mu_2 \|y_3 - W_v x\|_2^2$$

$$P5: \min_P \|P\|_q + \mu_1 \|Y - X + P - B_1^k\|_F^2$$

$$P6: \min_Q \|Q\|_1 + \mu_2 \|Q - D_h XD - B_2^k\|_F^2$$

$$P7: \min_{\mathbf{R}} \|\mathbf{R}\|_1 + \mu_2 \|\mathbf{R} - \mathbf{D}_v \mathbf{x} \mathbf{D} - \mathbf{B}_3^k\|_F^2$$

P4 problemi Denklem (2.6) gibi ayrılabilir ve basitleştirildikten sonra;

$$[\mu_1 \mathbf{I} + \mu_2 \mathbf{W}] \mathbf{x} = \mu_2 (\mathbf{W}_h^T \mathbf{y}_2 + \mathbf{W}_v^T \mathbf{y}_3) - \mu_1 \mathbf{y}_1 \quad (2.6)$$

Burada, $\mathbf{W} = \mathbf{W}_h^T \mathbf{W}_h + \mathbf{W}_v^T \mathbf{W}_v$ Sonlu fark operatörü ortogonal olmasa da (2.6) 'daki karşılık gelen matrisler çok seyrekdir çünkü

$$\mathbf{W}_h^T \mathbf{W}_h = (\mathbf{D}^T \otimes \mathbf{D}_h^T)(\mathbf{D}^T \otimes \mathbf{D}_h) = \mathbf{I}_d \otimes \mathbf{D}_h^T \mathbf{D}_h$$

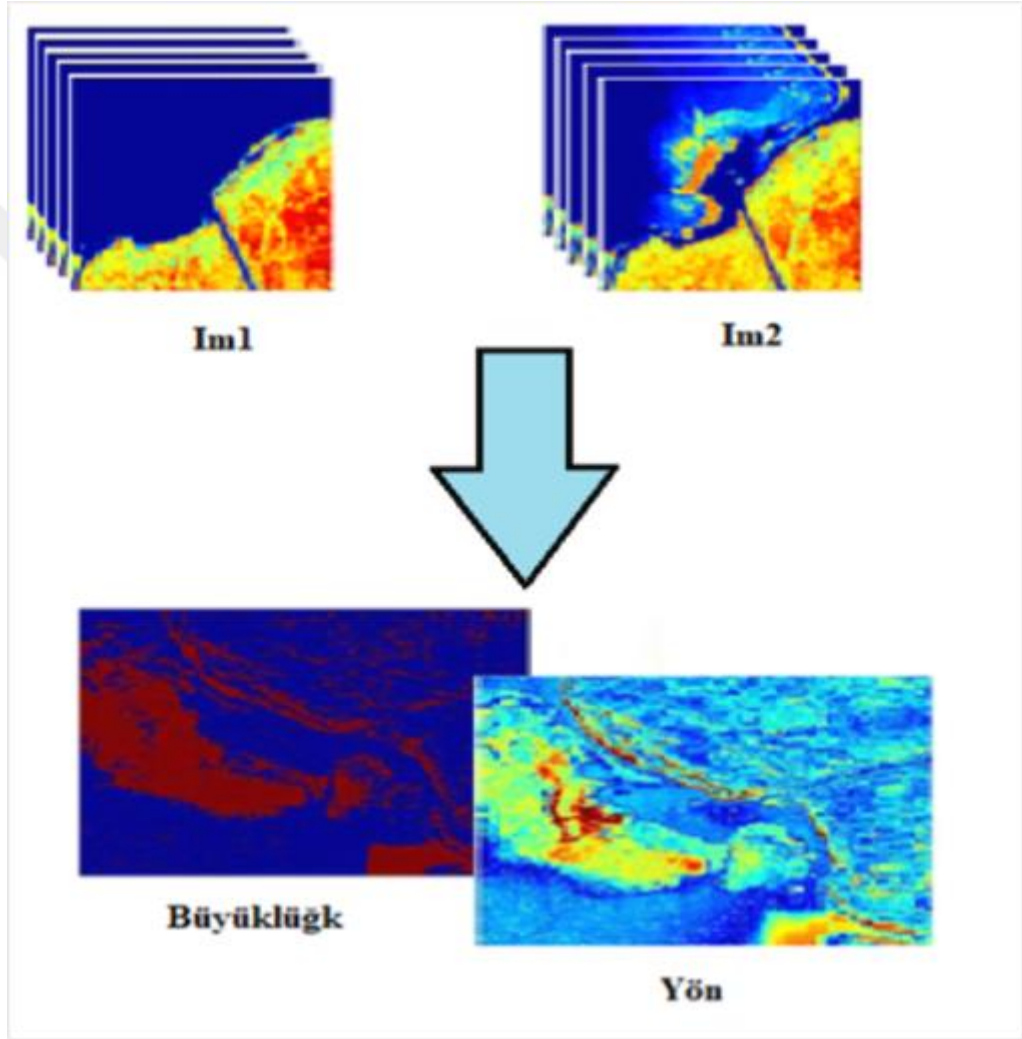
Ve benzer şekilde $\mathbf{W}_v^T \mathbf{W}_v = \mathbf{I}_d \otimes \mathbf{D}_v^T \mathbf{D}_v$ Denklem sistemini (2.6) büyük ve seyrek sistemde yapar, dolayısıyla iteratif çözücünün az sayıda yinelemesi yaklaşık olarak \mathbf{x} için yeterli olacaktır. Problemler (P5), (P6) ve (P7), daha önce açıklandığı gibi yumuşak eşik kullanılarak çözülebilir. Algoritma 2 GAP algoritmasını özetler.

Algoritma 2 Genel Analiz Öncesi Algoritma (GAP)

- 1: Giriş: $\mathbf{W}_h, \mathbf{W}_v, \mathbf{Y}, \lambda, \mu_1, \mu_2, \text{MaxIter}$.
- 2: Çıkış: $\hat{\mathbf{x}}$, Gürültü azaltmış görüntü.
- 3: for $k = 1$ to MaxIter do
- 4: $\mathbf{x}^{k+1} = \text{mat}(\hat{\mathbf{x}}) \dots (2.6)$ den
- 5: $\mathbf{P}^{k+1} = \text{SoftTh}\left(\mathbf{Y} - \mathbf{X} + \mathbf{B}_1^k, \frac{1}{\mu_1}\right)$
- 6: $\mathbf{Q}^{k+1} = \text{SoftTh}\left(\mathbf{D}_h \mathbf{x}^{k+1} \mathbf{D} + \mathbf{B}_2^k, \frac{\lambda}{\mu_2}\right)$
- 7: $\mathbf{R}^{k+1} = \text{SoftTh}\left(\mathbf{D}_v \mathbf{x}^{k+1} \mathbf{D} + \mathbf{B}_3^k, \frac{\lambda}{\mu_2}\right)$
- 8: $\mathbf{B}_1^{k+1} = \mathbf{B}_1^k + \mathbf{Y} - \mathbf{P}^{k+1} - \mathbf{X}^{k+1}$
- 9: $\mathbf{B}_2^{k+1} = \mathbf{B}_2^k + \mathbf{D}_h \mathbf{x}^{k+1} \mathbf{D} - \mathbf{Q}^{k+1}$
- 10: $\mathbf{B}_3^{k+1} = \mathbf{B}_3^k + \mathbf{D}_v \mathbf{x}^{k+1} \mathbf{D} - \mathbf{R}^{k+1}$
- 11: end for
- 12: $\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{x}^{k+1}$

2.2. Değişim Tespiti Yöntemi

Bu çalışmada, değişim vektör analizine (CVA) dayanan bir değişim tespiti tekniği sunulmuştur. Birçok değişim analizi yöntemin içerisinde CVA, oldukça faydalı bir yöntem olarak belirlenmiştir. Özellikle CVA, oluşan bütün değişimleri toplama ve ayırmada ya da istenilen değişimin vurgulanmasında oldukça önemli bir araç olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2.1. Değişim vektör analizine (CVA) [41]

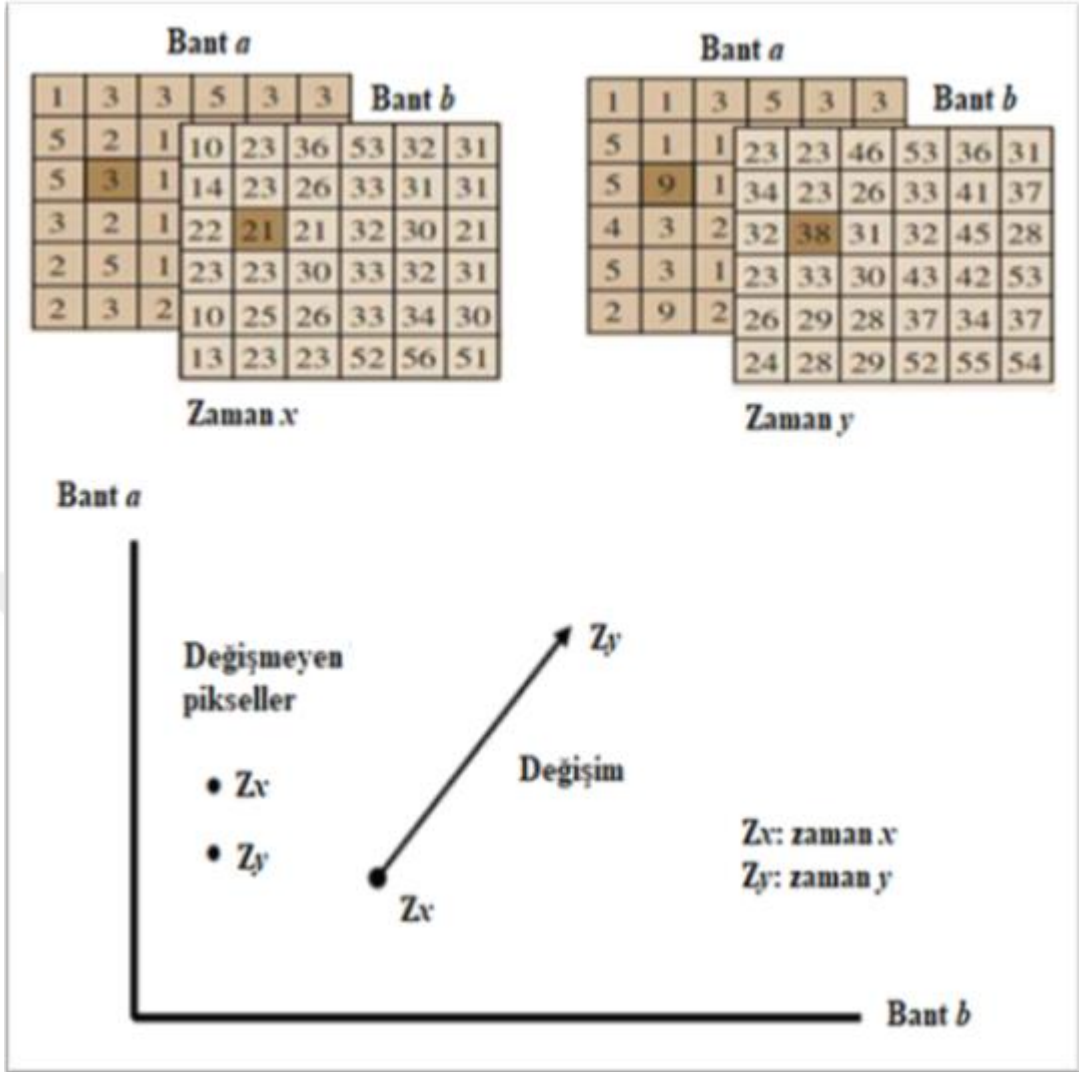
Değişim vektörü analizi çok bantlı giriş verisi içerisindeki tüm değişimleri tespit edebilen radyometrik bir yaklaşımdır. Ayrıca farklı algılama sistemleri kullanıldığında da yeteri kadar verim alınabilecek bir yöntemdir ve kategorik bilgileri de birleştirebilme özelliği vardır. İki tarih arasındaki vektör farkı, bir piksel için değişikliği gösterir. CVA algoritması çıkış verisine ait iki değişim bilgisi içerir,

biri değişimin büyüklüğü ve diğeri vektör değişimin yönüdür, Değişim vektörü analizi (CVA) ilkesi Şekil 2.1’de verilmiştir. İlkinden ikinci tarihe değişikliğinin yönünü ve büyüklüğünü açıklayan vektör bir spektral değişim vektörüdür.

Değişim alanları coğrafi konum ve alan gibi yer verileri olarak bu iki terim altında tanımlanabilir. Buna ek olarak bir zemin görüntüsü üzerinde çıkış verisindeki sadece istenilen ya da bütün değişimlerin gösterilmesi yararlı bir uygulama olarak belirlenmiştir. CVA, n tane bandı ya da her bir görüntü çiftindeki (Birinci tarihli görüntü, İkinci tarihli görüntü) yansıma öğeleri, giriş verisi olarak işleyebilen bir yöntemdir. Bu yaklaşım, bir spektral uzaydaki değişimin mekansal temsiline dayanmaktadır [33].

Diğer metotlara kıyasla CVA’nın bazı avantajları şunlardır[34];

1. Tüm multi-spektral giriş verisi katmanlarındaki ya da sadece seçilen bantlardaki değişimi aynı zamanda işlemde geçirme ve analizi,
2. Çok zamanlı veri sınıflamalarında çoğunlukla yersel-yansıma kaynaklı hataların (spatial-spectral errors) bileşiminin önlenmesi,
3. Hem arazi örtüsünde hem de koşullarda meydana gelen değişimin tespiti edilebilmesi,
4. Çok boyutlu vektör değişim bileşenlerini hesaplanması ve ayırt edilebilmesi, değişim bileşenlerinin kompozisyonu, değişimin yorumlanması ve nitelendirilmesidir.

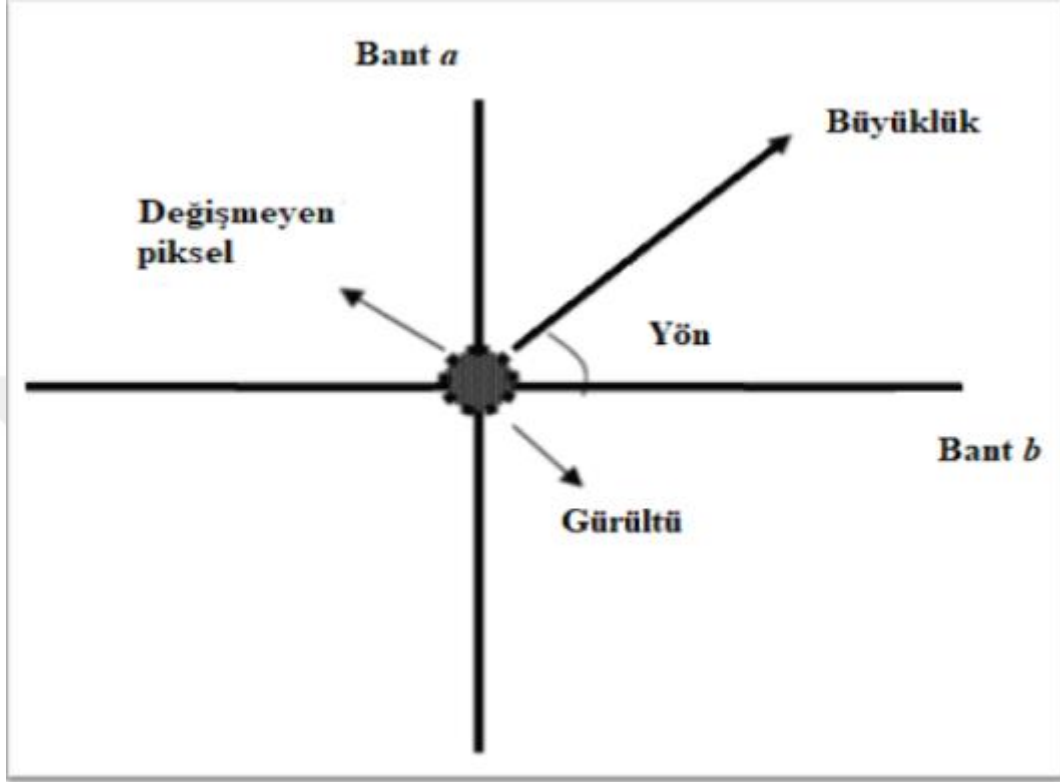


Şekil 2.2. Radyometrik Uzayda Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi [34,32]

Yukarıda bahsedildiği gibi değişim iki faktörle tanımlanan bir vektöre değişimin niteliği hakkında bilgi veren yön ve değişim seviyesi hakkında bilgi sağlayan büyüklük ile temsil edilmektedir. Değişimin olduğu alanlarda iki nokta arasındaki ilişki yön ve değişim vektörleriyle karakterize edilmektedir. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi bir piksel iki tarih arasında bir değişime uğradığında, n-boyutlu spektral uzaydaki pozisyonunun değişmesi beklenir. Daha basit bir ifadeyle, bir kartezyen koordinat sisteminde iki aks üzerinde bu uzayın ölçüsü tanımlanmaktadır.

Giriş verisi radyometrik olarak normalize edildiğinden ‘değişim uzayını’ bu koordinat sisteminde orijine yakın bulunan değişmemiş piksellere karşı yeniden grafiklemek mümkündür ve böylece değişim vektörü Şekil 2.2’deki gibi karakterize edilebilir. Teorik olarak doğru bir şekilde normalize edilmiş veri değişimin

büyükliğini ifadeden örnek değerler 0 olarak gösterilir. Pratikte ise değiştirmemiş pikseller gürültü etkisi ve doğru olmayan normalizasyon sonucu (Şekil 2.3' de gölgelendirilmiş alan) orijin bölgesinde dağılım göstermektedir.



Şekil 2.3. Değişim Uzayında Değişim Vektörünün 2 Bantta Gösterimi[34]

CVA içerisindeki çok boyutlu değişim büyüklüğünü ölçmek için kullanılan yöntemler arasında en doğru olan yöntem, değişim uzayında vektör başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki mesafenin ölçüldüğü Öklid mesafesi'nin hesaplanmasıdır. Eğer ikiden fazla bant kullanılmak isteniyorsa bu eşitlik basit bir şekilde genişletilebilir.

Değişim vektörü aşağıdaki gibi oluşturulabilir.

$$\Delta G(x,y,\lambda) = G(x,y,\lambda) - H(x,y,\lambda) = \begin{bmatrix} g_{11}(x,y,\lambda_1) - h_{12}(x,y,\lambda_1) \\ g_{21}(x,y,\lambda_2) - h_{22}(x,y,\lambda_2) \\ \vdots \\ g_{n1}(x,y,\lambda_n) - h_{n2}(x,y,\lambda_n) \end{bmatrix}$$

İlk adım değiştirmiş pikselleri değiştirilmemiş olanlardan ayırt etmektir. İlk olarak, Denklem (2.7)'de görülebilecek olan, tüm görüntü piksellerini belirtmek için değişiklik vektörlerini kullanılmaktadır;

$$\Delta G = G - H \quad (2.7)$$

Burada

$G = (g_1 \ g_2 \ g_3 \ \dots \ g_k)^T = t_1$ zamanın görüntü piksel vektörü

$H = (h_1 \ h_2 \ h_3 \ \dots \ h_k)^T = t_2$ zamanın görüntü piksel vektörü

$K =$ bantların sayısıdır

Bir sonraki adım, görüntü çiftlerin spektral değişim vektörleri arasındaki varyasyonun büyüklüğünü hesaplamaktır. Değişim vektörünün büyüklüğü, değişim şiddetini ölçen Öklid uzaklığı formülüyle Denklem (2.8) gibi hesaplanır;

$$\|\Delta G\| = \sqrt{(g_{11} - h_{11})^2 + (g_{21} - h_{21})^2 + \dots + (g_{n1} - h_{n1})^2} \quad (2.8)$$

Oluşan değişimin doğasını gösteren vektörlerin açısı kullanılan bileşenlerin sayısına göre değişir. Başka bir deyişle, her vektör, kanallar veya spektral bantlar vasıtasıyla pozitif veya negatif değişiklikler koordinasyonun bir fonksiyonudur. Her bir bantın arasındaki açı ve spektral parlaklık eksenini Denklem (2.9) gibi hesaplanır ;

$$\cos \theta_i = \frac{x_i}{\|X\|} \quad (i = \text{bantların sayısıdır}) \quad (2.93)$$

$X(x_1 x_2 \dots x_i) = i$ bantlarla vektör değişikliği

$$\|X\| = \sqrt{x_1^2 x_2^2 \dots x_i^2}$$

3. KULLANILAN HSI VERİLER VE DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölüm, hiperspektral görüntülerdeki gürültüyü gidermek ve bu görüntülerdeki değişiklikleri tespit etmek için yapılan çalışmayı ve hiperspektral veri kümelerini göstermektedir. Bu çalışmada performansını değerlendirmesi için iki veri kümesi kullanılmıştır, kullanılan veri kümesi içerisinde, aralarında farklılıklar bulunan iki adet hiperspektral görüntü bulunmaktadır.

Farklı zaman dilimlerinde görüntü alınarak elde edilen bu veri kümeleri daha önce diğer hiperspektral CD çalışmalarında da kullanılmıştır [23]. İlk veri kümesi, Atina, Yunanistan üzerinde Hyperion sensöründen (Şekil 3.1), ikinci veri kümesi New Orleans bölgesinde AVIRIS sensöründen (Şekil 3.2) alınmıştır.

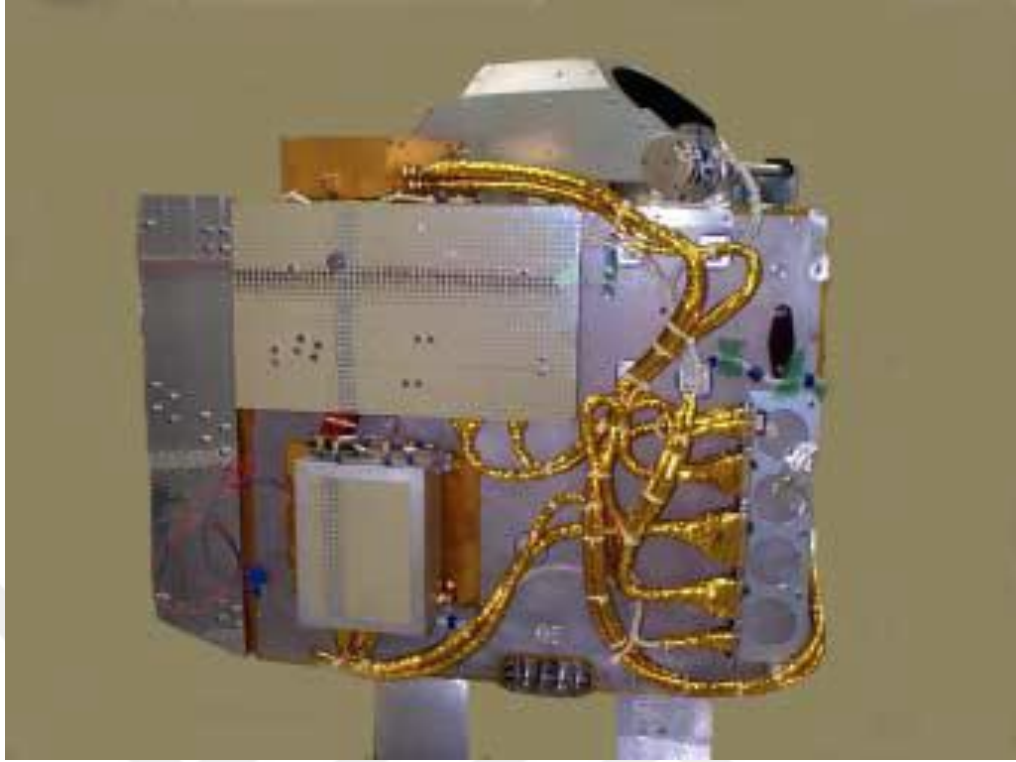
Tablo 3.1. Görüntü veri kümelerinin bazı özellikleri

Veri kümesi	Alım Tarihi	Piksel Sayısı	Spektra Bant Sayısı
Atina, Yunanistan	Eylül 2003	160 x 160	242
	Eylül 2004	160 x 160	242
New Orleans	Eylül 2010	400 x 300	204
	Ekim 2011	400 x 300	204

3.1. Gerçek Veri Kümesi 1

Birinci çalışmada, gürültü giderme ve değişim algılama yöntemlerinin uygulanmasında EO-1 Hyperion ile elde edilmiş iki veri kümesinin uzamsal alt kümeleri kullanılmıştır. NASA Yer Gözlem Uydusu EO-1 (Earth Observing-1), 21 Kasım 2000 tarihinde kendisine verilen görevleri yerine getirmek üzere atılmış ve 2001 Kasım ayında görevi başarıyla sona ermiştir (Şekil 3.1).

Hyperion, EO-1 uzay aracı üzerindeki ana araçlardan biridir. Hyperion cihazı, iyileştirilmiş dünya yüzey karakterizasyonu için yeni bir dünya gözlem verileri sınıfı sağlar.



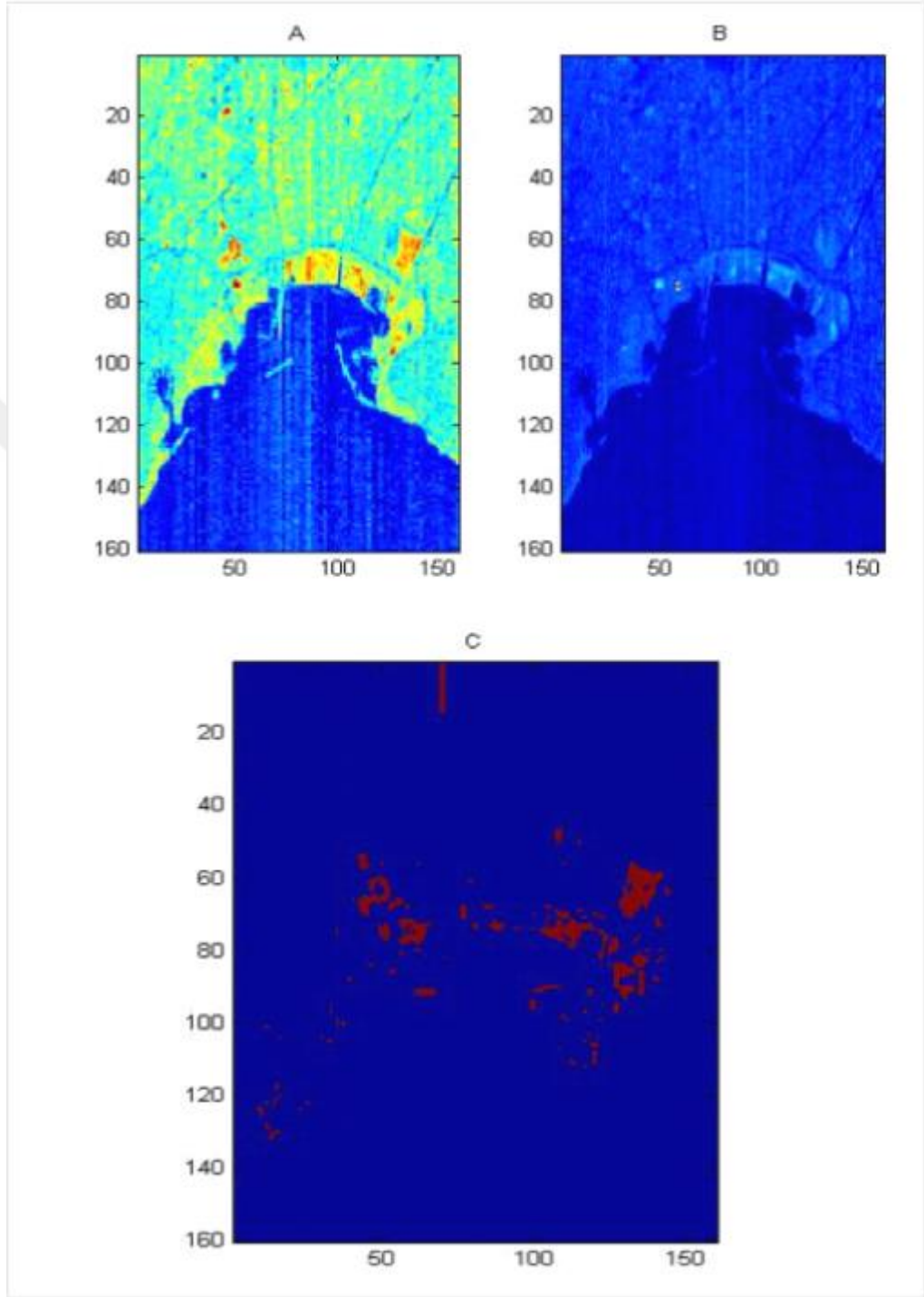
Şekil 3.1. Hyperion Hiperspektral Görüntüleyici [42].

Hyperion, Linear Etalon Görüntüleme Spektrometre Dizisi (LEWIS) Hiperspektral Görüntüleme Enstrümanından (HSI) kalıtıma dayanan kalite kalibrasyonuna sahip, bilimsel sınıflara uygun bir ölçüm sağlar. Hyperion, 30 metrelik bir çözünürlükle 220 spektrum bandını (0,4 ila 2,5 μm) çözebilen yüksek çözünürlüklü bir hiperspektral görüntüleyiciye sahiptir. Aygıt görüntü başına 100 km'lik arazi alanına 7,5 km'lik bir görüntü oluşturabilir ve tüm 220 kanal boyunca yüksek radyometrik doğrulukla ayrıntılı spektral haritalama sağlayabilir [42].

Bunun yanında uzaktan algılama araştırma ve bilimsel toplulukları bu uydu üzerinden görüntü verisi alma konusunda ilgilerini belirtmeleri üzerine genişletilmiş bir görev olarak EO-1 üzerinden veri alınmasına devam edilmesi için NASA ve USGS arasında bir anlaşma sağlanmıştır. Böylece Advanced Land Imager (ALI) ve Hyperion hiperspektral ürünleri istek doğrultusunda alınıp dağıtılması sağlanmıştır [42].

Birinci denemede kullanılan veri setleri, Eylül 2003 ve Eylül 2004'te Atina, Yunanistan üzerinden çekilen görüntülerle elde edilmiştir. Veri kümelerinin uzamsal

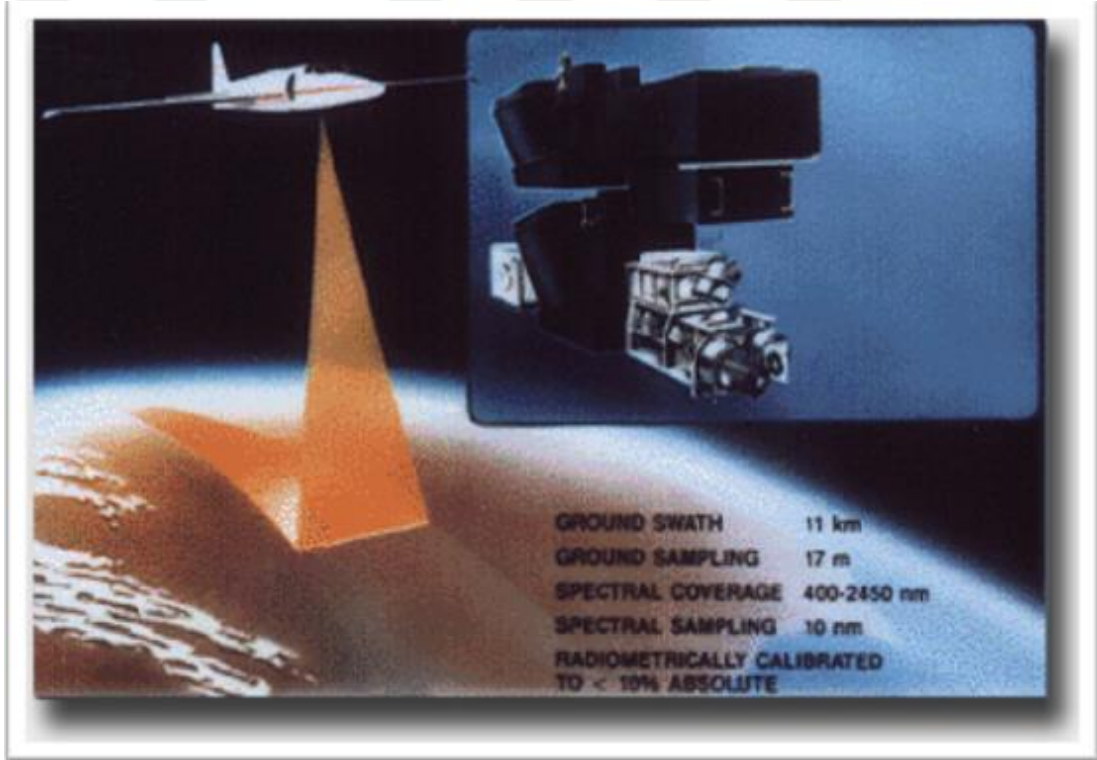
Çözünürlüğü 30 m'dir ve görüntülerin uzamsal boyutu 160 x 160 piksel. Veri kümelerinin RGB görüntüleri ve zemin gerçeği Şekil 3.2'de verilmiştir



Şekil 3.2. Atina, Yunanistan'ın RGB görüntü: (a) Eylül 2003, (b) Eylül 2004 ve c) zemin gerçeği.

3.2. Gerçek Veri Kümesi 2

İkinci deneysel çalışmada gürültü giderme ve değişim tespiti yöntemlerinin uygulanmasında AVIRIS ile elde edilmiş iki veri kümesinin uzamsal alt kümeleri kullanılmıştır. AVIRIS, Havadan Görünür Kızılötesi Görüntüleme Spektrometresinin kısaltmasıdır, havadaki hiperspektral sistemin güncel durumunu gösterir. AVIRIS, Dünya Uzaktan Algılama alanında önde gelen bir araçtır (ilk operasyonel hiperspektral alet olarak kabul edilir 1986'da). NASA / Jet İtme Laboratuvarı (Jet Propulsion Laboratory (JPL)) tarafından atılan AVIRIS, 0,4- 2,5 μm spektral aralığı kapsayan yaklaşık 10 nm spektral çözünürlüğe sahip 224 kanallı bir görüntüleme spektrometresidir [36] (Şekil 3.3).

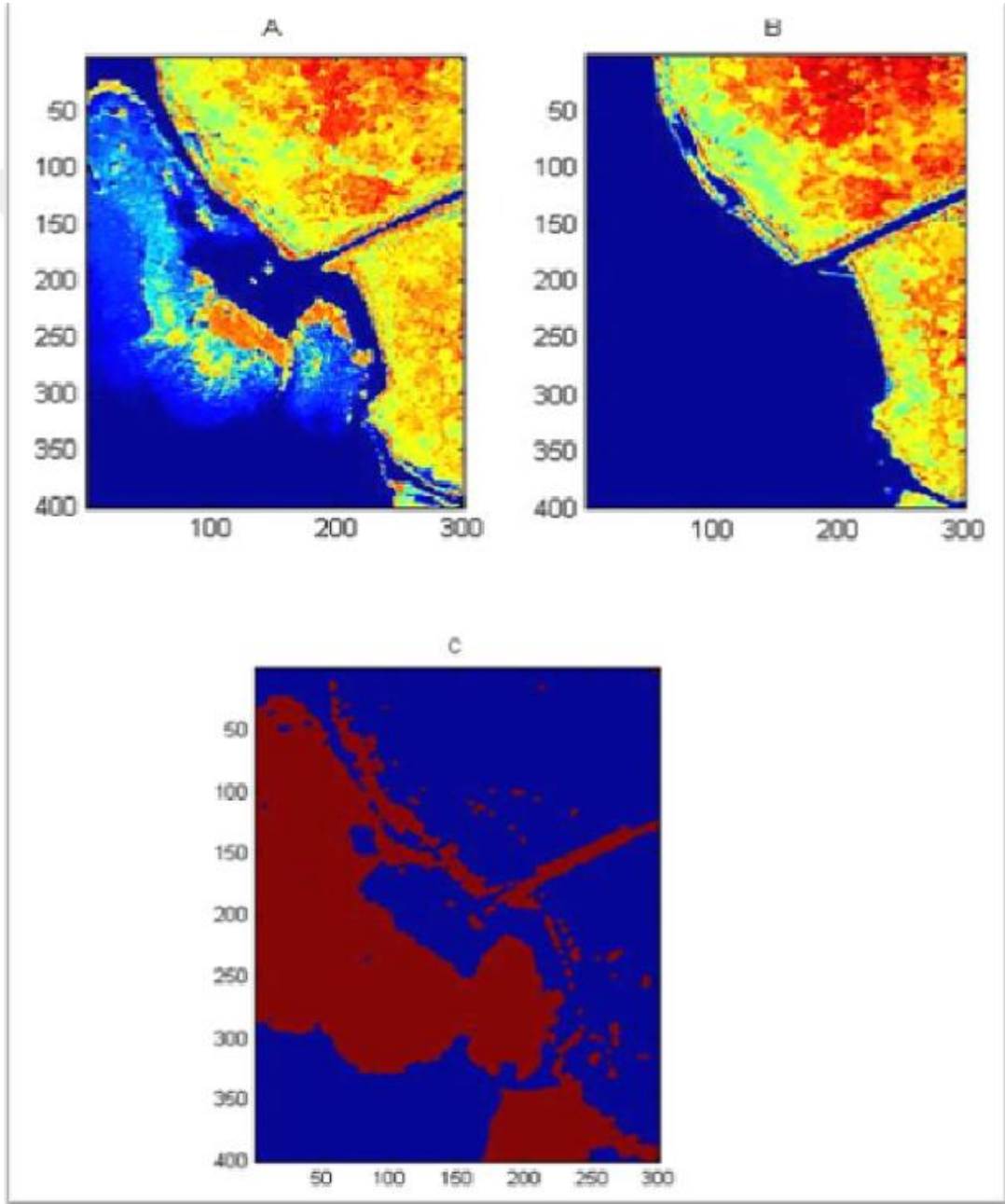


Şekil 3.3. AVIRIS cihazının görünümü[37]

AVIRIS radyasyon spektrumları, Dünya yüzeyinin ve atmosferin moleküler emilim ve parçacık saçılımı imzalarına dayanan bileşenleri tanımlamak, ölçmek ve izlemek için kullanılır. Araştırma alanları şunlardır: ekoloji, oşinografi, jeoloji, kar hidrolojisi, bulut ve atmosferik çalışmalar. AVIRIS verileri ayrıca uydu kalibrasyonu, modelleme, algoritma geliştirme ve doğrulama için de kullanılır.

AVIRIS ile yapılan araştırmalar ağırlıklı olarak küresel evre ve iklim değişikliği ile ilgili süreçlerin anlaşılmasına yöneliktir.

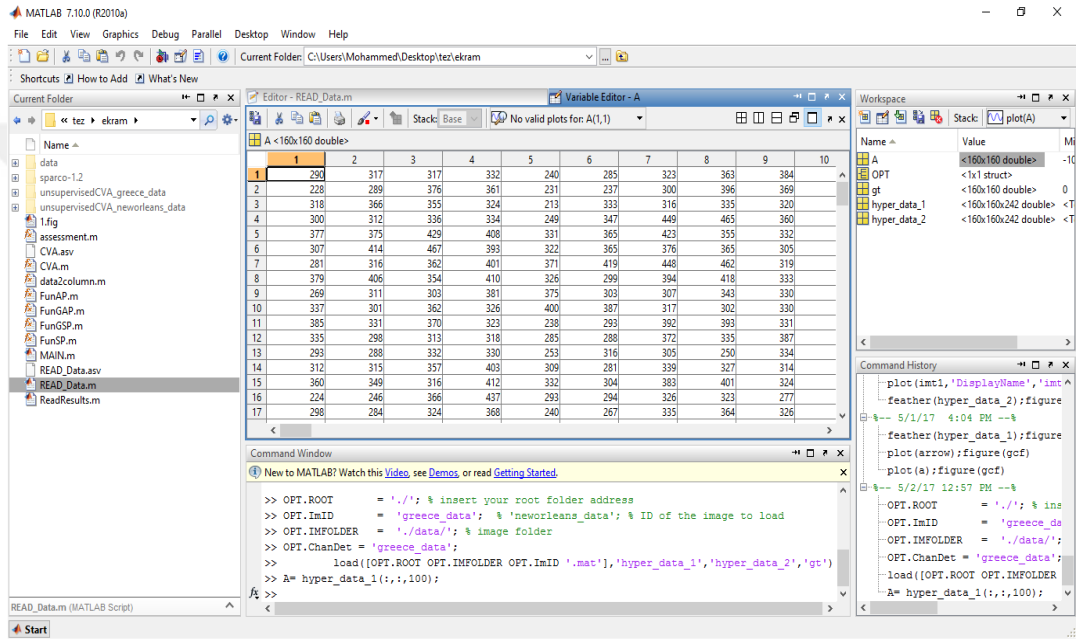
Veri setleri Eylül 2010 ve Ekim 2011 tarihlerinde New Orleans bölgesinden çekilen görüntülerle oluşturulmuştur. Veri kümelerinin uzamsal çözünürlüğü yaklaşık 3,4 m'dir ve görüntülerin uzamsal boyutu 400 x 300 pikseldir. Veri kümelerinin RGB görüntüleri ve zemin gerçeği şekil 3.5'de verilmiştir.



şekil 3.4. New Orleans'ın RGB görüntü: a) Eylül 2010, b) Ekim 2011 ve c) zemin gerçeği.

3.3. Deneysel Sonuçlar

HSI'nin uygulanması için, boyut, bant, satır ve sütun sayısı gibi tanımlanmış parametrelere sahip bir başlık dosyası gerekmektedir. Bu nedenle, bu gerekliliği yerine getirmek için, yukarıdaki hiperspektral görüntünün matlab veri dosyası, görüntü parametrelerinin bilgisini sağlayabilmesi için üretilir. Matlab veri dosyası daha sonra Matlab çalışma alanının penceresinde saklanır (Şekil 4.1). Deney sonuçları MATLAB 7.10 kullanılarak elde edilmiştir.

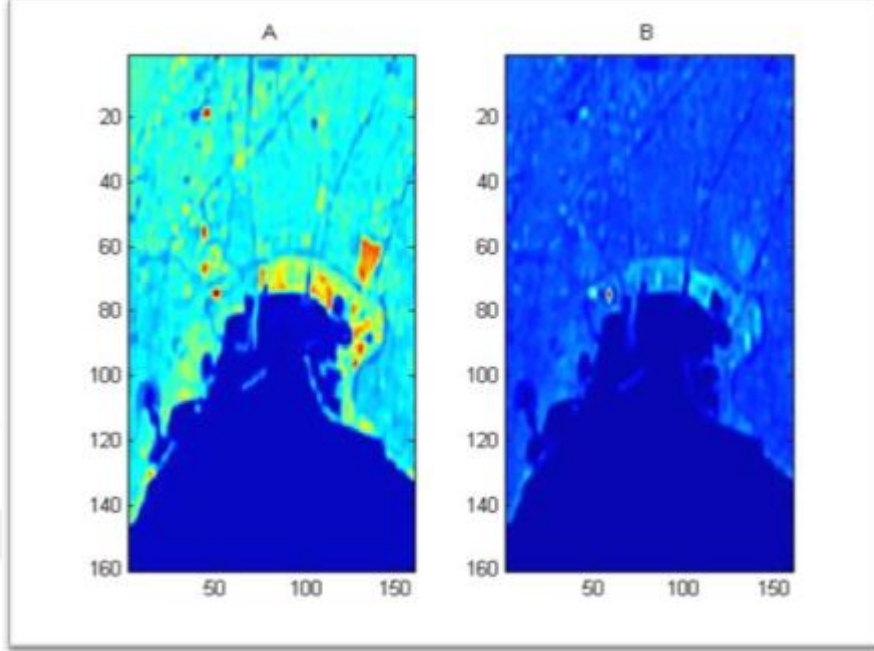


Şekil 3.5. Çalışma alanı penceresinde saklanan Matlab veri dosyası.

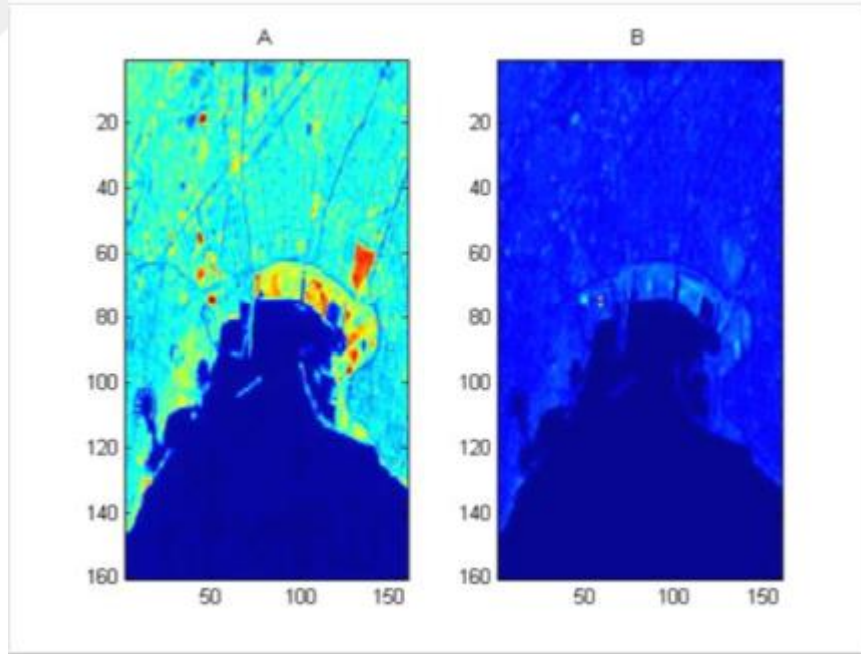
Bu çalışmada veri setlerine ilk olarak, gürültü giderme yöntemi olarak (GAP (şekil 4.2 ve 4.4) ve GSP(şekil 4.3 ve 4.5)) uygulanmıştır.

İki farklı tarihte sahneler için görüntü farklılaştırma yapıldı. Görüntü farklılığı, görüntüler arasındaki değişiklikleri bulmakta kullanılan bir yöntemdir. İki görüntü arasındaki fark, her bir görüntüdeki her piksel arasındaki farkı bulmak suretiyle hesaplanır. "Pixel" kelimesi "picture" resim ve "element" öğeler sözcüklerinin birleşiminden meydana gelen "Resim Öğesi" anlamına gelmektedir. Bu nedenle bir

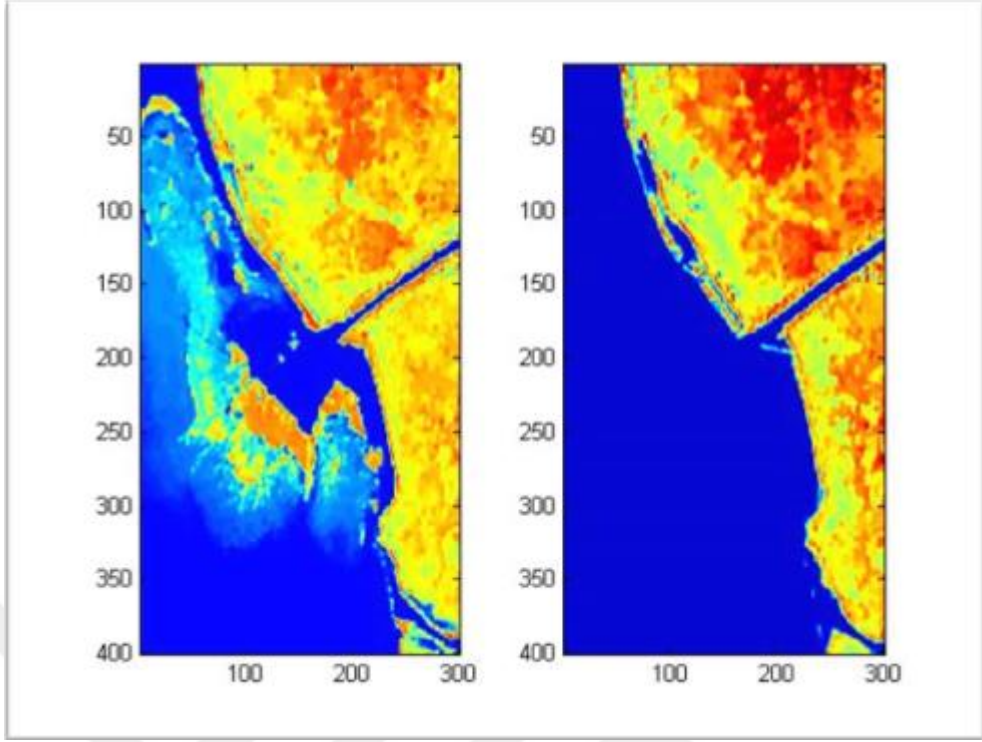
görüntünün pikselleri o görüntünün öğelerini temsil eder. Piksel, görüntünün fiziksel bir noktası veya en küçük adreslenebilir öğesidir.



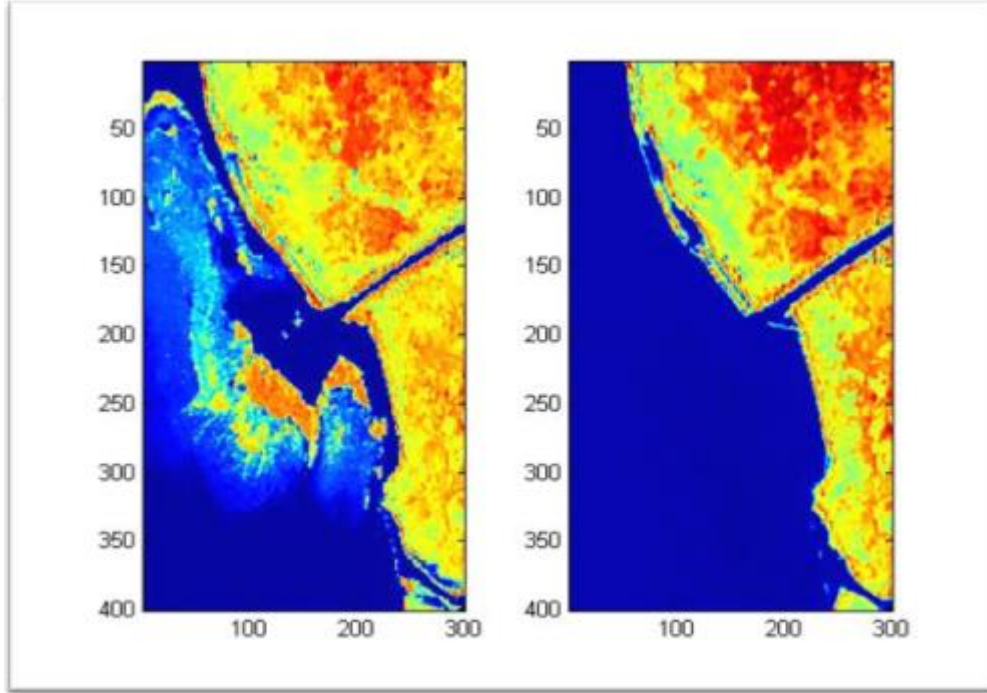
Şekil 3.6. GAP ile Gürültüsü gidermiş Atina, Yunanistan görüntü



Şekil 3.7. GSP ile Gürültüsü gidermiş Atina, Yunanistan görüntü



Şekil 3.8. GAP ile Gürültüsü gidermiş New Orleans görüntü

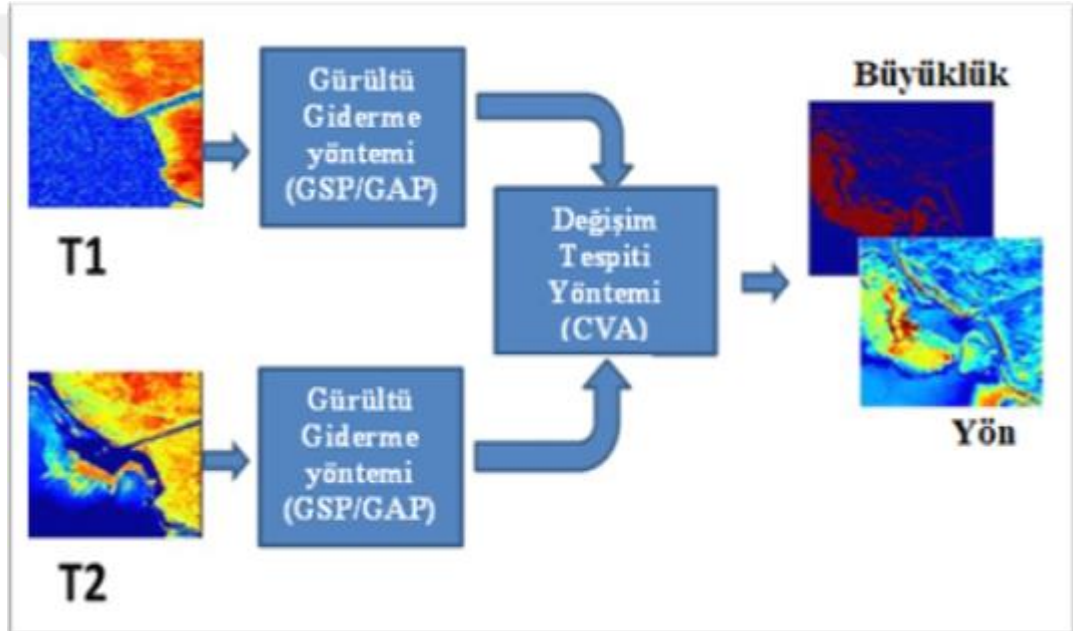


Şekil 3.9. GSP ile Gürültüsü gidermiş New Orleans görüntü

Hiperspektral görüntülerde değişim, aynı kapsama alanına sahip iki farklı zamana ait iki görüntünün analiz edilmesiyle belirlenir. Bu teknikten sonra, değişim vektör

analizi (CVA) değişim algılama yöntemi uygulanmıştır. Şekil 4.6’de bu çalışmada önerilen yöntemin şeması gösterilmektedir

Değişim vektörü analizinde iki farklı çıkış verisi elde edilmiştir. Bunlardan ilki değişimin büyüklüğü gösteren “büyüklük” (magnitude) verisi, ikincisi ise değişimin yönünü gösteren “yön” (direction) verisidir. Bu çalışmada, görüntülerin yalnızca belli bantları kullanılmıştır ancak kullanılan bant sayısının artırılması ile gürültü azaltma ve değişim algılama sonuçları iyileştirilmiştir. Unutulmamalıdır ki hesaplamalar sırasında daha fazla bant kullanılması daha fazla hesapsal yükü ve daha fazla hafıza gereksinimini de beraberinde getirecektir.



Şekil 3.10. Yaklaşımın blok şeması

3.3.1. Doğruluk değerlendirmesi

Doğruluk değerlendirmesi uzaktan algılama görüntü analizinde herhangi bir sürecin önemli bir parçasıdır. Değişim tespitinde, sınıflandırma, hedef belirleme vb. süreçlerin doğruluğunu değerlendirmek için çeşitli yöntemler vardır. Değişim tespiti yöntemlerinin değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın kriterler Alıcı İşletim Karakteristik (ROC) eğrisi, Genel doğruluk (OA), kappa katsayısı ve diğerleridir. ROC eğrisi en önemli endeks ve değişim algılama sonuçlarını değerlendirmek için en sık kullanılan kriterdir [43, 44].

ROC (Receiver Operating Characteristic) eğrisi - değişim tespitin sonuçlarını değerlendirmek için en önemli endeks ve en sık kullanılan kriterdir. Tüm olası eşik değerleri için ikili sınıflandırıcı sistemlerinin performansını göstermek amacıyla grafiksel çizimleri kullanır. ROC eğrisi, değişik kesim noktalarında testin duyarlılığının (y-ekseni), testin YP (yanlış pozitif) oranına (x-ekseni) karşı noktalanması ile elde edilir. Her kesim noktasındaki DP (doğru pozitif) ve YP'e karşılık gelen noktalar birleştirilerek ROC eğrisi çizilir. ROC eğrileri olası tüm kesim noktalarını gösterirler ve her kesim noktasında değişik sonuçların (DP, DN, YP ve YN) sıklığı hakkında kestirimler yapılmasına olanak sağlarlar. Farklı fraksiyonlar (DP, DN, YP ve YN) aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3.2. ROC Eğrisi Kestirimcileri için Doğru Atama Tablosu [38]

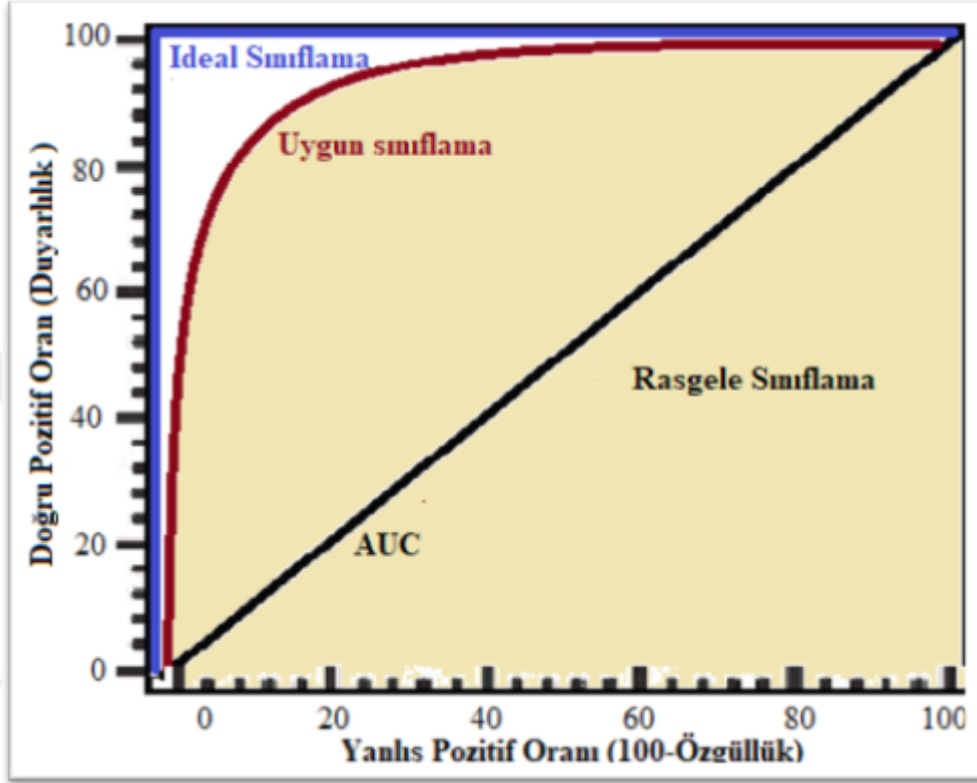
		Gerçek Durum (Altın Standart)				
		Pozitif	N	Negatif	N	Toplam
Test Sonucu	Pozitif	Doğru Pozitif (DP)	a	Yanlış Pozitif (YP)	c	a+c
	Negatif	Yanlış Negatif (YN)	b	Doğru Negatif (DN)	d	b+d
	Toplam		a+b		c+d	
Duyarlılık		$\frac{a}{a+b}$	Özgüllük (Seçicilik)		$\frac{d}{c+d}$	

1. Duyarlılık (Doğru Pozitif Oran, DPO): Gerçek durumun pozitif olduğu durumda test sonucunun pozitif olabilme olasılığıdır. $DPO = \frac{a}{a+b}$
2. Özgüllük (Doğru Negatif Oran, DNO): Gerçek durumun negatif olduğu durumda test sonucunun negatif olabilme olasılığıdır. $DNO = \frac{d}{c+d}$

ROC analizi duyarlılık ve özgüllük arasındaki ikili ilişkiyi incelemektedir. Duyarlılık (doğru pozitif oran) doğru olarak sınıflandırılmış pozitif oranı ölçerken, özgüllük (doğru negatif oran) ise doğru olarak sınıflandırılmış negatif oranı ölçmektedir

Kusursuz kesinlikteki ideal test eğrisi dikey olarak (0,0) noktasından (0,1) noktasına ve yatay olarak grafiğin sağ üst köşesindeki (1,1) noktasına doğru çizilir. Rastgele tahminden daha iyi olmayan bir test grafiği ise (0,0) noktasından (1,1) noktasına doğru köşegen üzerinde yer alır. Uygun bir test bu iki ekstrem eğrinin arasında

grafiğin sol üst tarafına yakın bir eğri gösterir. Test eğrisi alçak ve sağa yakın ise test doğru sonuçtan çok yanlış sonuç vermektedir bu nedenle test tam tersi yönde geliştirilmelidir. Performanslarına göre ROC eğrileri şekil 3.11’da göstermektedir [39].



Şekil 3.11. Alıcı İşletim Karakteristik (ROC) eğrisi.

ROC eğrisine ilişkin değerlendirmeler, eğri aracılığıyla hesaplanan AUC (Eğri altında kalan alan) gibi göstergeler üzerinden yapılmaktadır. AUC basit geometrik olarak “Pozitif” ve “Negatif” durumu mükemmel bir şekilde ayırmak için alt ve üst sınır oluşturur. AUC, ROC eğrisinin üst sınırının altında kalan yanı karenin alanıdır. Bundan dolayı üst sınır 1’dir. Rasgele seçme durumunun olduğu şans köşegeninin altında kalan alan (taban ve yüksekliği 1’e eşit olan üçgenin alanı) ise 0,5’tir. 0,5 alt sınırdır.

Diğer tüm durumlarda, AUC genel tanımı: $AUC = \int_0^1 y(x)dx$ dir. Şekil 3.11’te ROC eğrisi altında kalan alanı (AUC) gösteren örnek grafik bulunmaktadır. Eğri altında kalan alan, seçilen kesim noktasının gerçeği yansıtmaya yüzdesi olarak ifade

edilmektedir. Eğri altında kalan alanın 1 olması, seçilen kesim noktası ile gerçek durumun %100 uyumlu olduğu anlamına gelmektedir.

Genel doğruluk (OA) - Her bir sınıf için doğru olarak sınıflandırılmış piksel ya da nesne sayısının, toplam referans piksel sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Sınıfların doğruluğu hakkında genel bir değerlendirme sunar [40].

Cohen'in kappa katsayısı - iki değerleyici arasındaki karşılaştırmalı uyuşmanın güvenilirliğini ölçen bir istatistik yöntemidir. Kappa değerleri görüntüler arasındaki ilişkiye göre -1 ile +1 arasında değişim gösterir. Eğer iki görüntü arasındaki ilişki doğrusal ise yani değişim yoksa kappa '1' değerini, görüntülerden biri diğerine göre tamamen farklı ise kappa '-1' değerini, görüntülerin yarısı birbirine göre değişmiş ise kappa '0' değerini alır [46]. Şekil 4.8'de kappa indeksi göstermektedir.

$$\text{Toplam doğruluk} = \frac{\sum_{k=1}^q n_{kk}}{n} \times 100$$

$$\text{Kullanıcı doğruluğu} = \frac{n_{ji}}{n_{i+}}$$

$$\text{Üretici Doğruluğu} = \frac{n_{ji}}{n_{+j}}$$

$$\text{Kappa Bileşeni} = \frac{\sum_{k=1}^q n_{kk} - \sum_{k=1}^q n_{k+}n_{+k}}{n^2 - \sum_{k=1}^q n_{k+}n_{+k}}$$



Şekil 3.12. Kappa İndeksi [34]

Kappa özellikle görüntüler arasındaki ilişkiyi bütün olarak değerlendiren bir yaklaşım olsa da aynı zamanda kategorik olarak da bir değerlendirme yapabilir. Bu durumda iki tarih için kategoriler arasındaki ilişkinin uyumunu gösterir ve aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır.

$$k_i = \frac{P_{ii} - P_i \cdot P_{.i}}{P_i - P_i \cdot P_{.i}}$$

Burada P_i = Referans görüntüdeki sınıf i 'nin tüm görüntüdeki oranı,

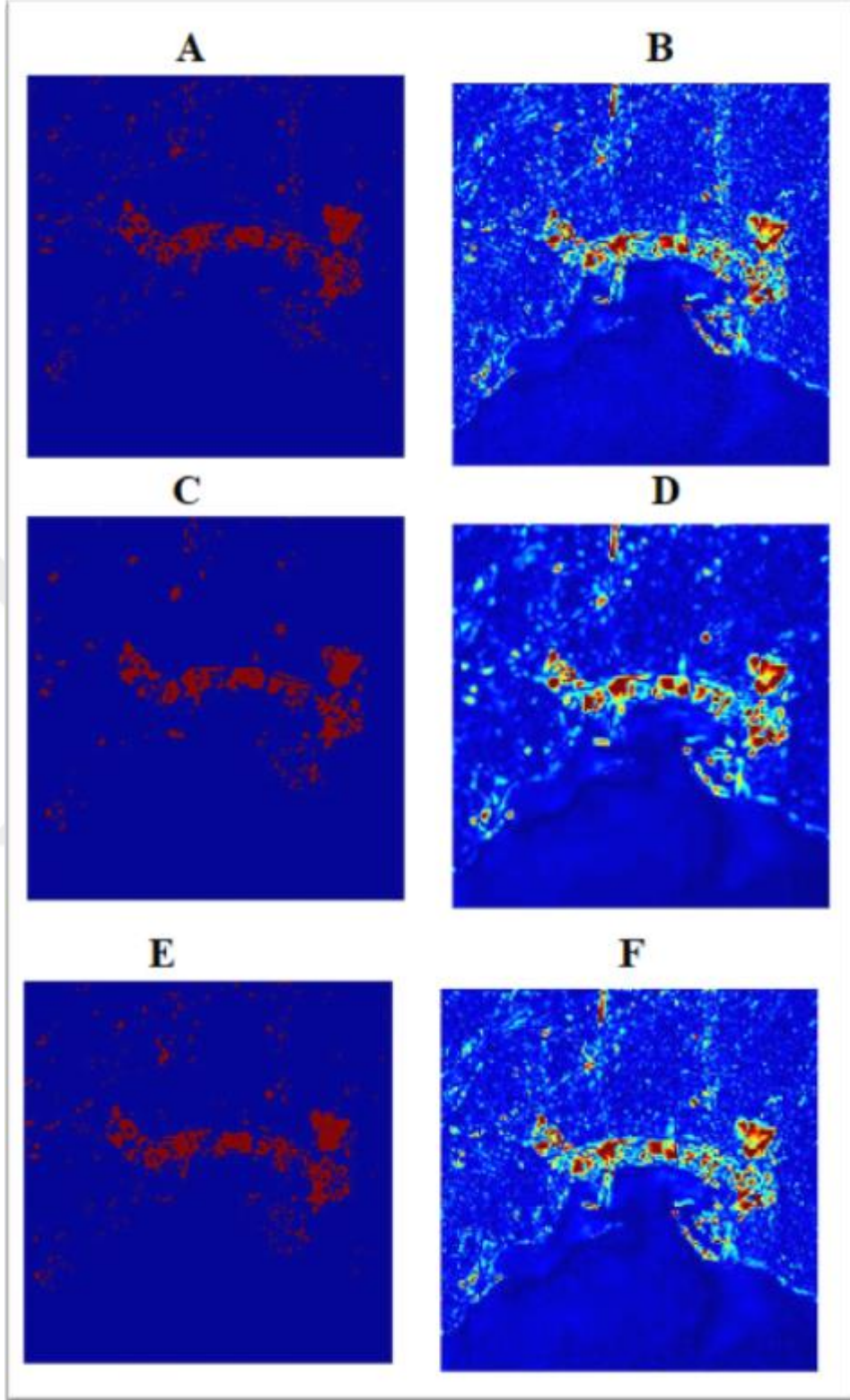
P_{ii} = Kategori i 'nin her iki tarih için uyumunun tüm görüntüdeki oranı,

$P_{.i}$ = Referans olmayan görüntüdeki sınıf i 'nin tüm görüntüdeki oranıdır.

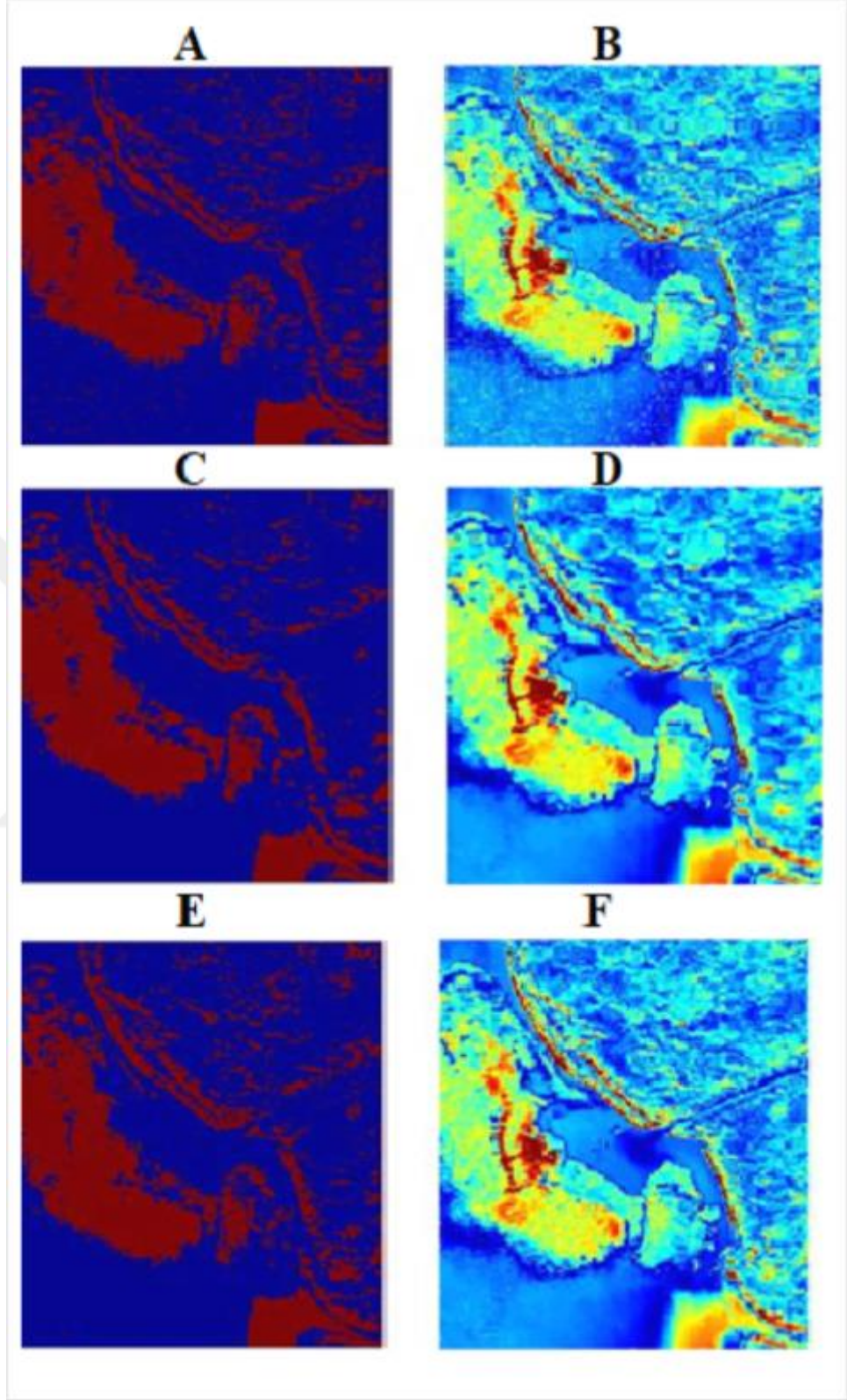
Başarılı bir yöntemin yanlış pozitif oranı düşük, doğru pozitif oran değerinin yüksek olması beklenir. Bu çalışmada, sonuçlar eğri altındaki alan (AUC), OA ve ROC eğri doğruluğu kullanılarak değerlendirilmiştir. Önerilen yöntem hiperspektral veri kümelerine gürültü giderme yöntemi kullanılarak ve gürültü giderme yöntemi kullanılmadan uygunalan değişim tespiti karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuç görüntüsü, Yunanistan'a ait veri kümesi şekil 4.11'de ve New Orleans'a ait veri kümesi şekil 4.12'de verilmiştir. Ayrıca iki veri seti kullanılarak elde edilen sonuçlar için ROC eğrileri şekil 4.13'de ve New Orleans veri kümesine şekil 4.14'de sunulmuştur. Tablo 4.1'de sunulan Kappa Katsayıları ve ROC eğrileri için Eğrinin Altındaki Alan (AUC) hesaplanmıştır.

Tablo 3.3. Veri kümesinin kappa coefficients, AUC, OA

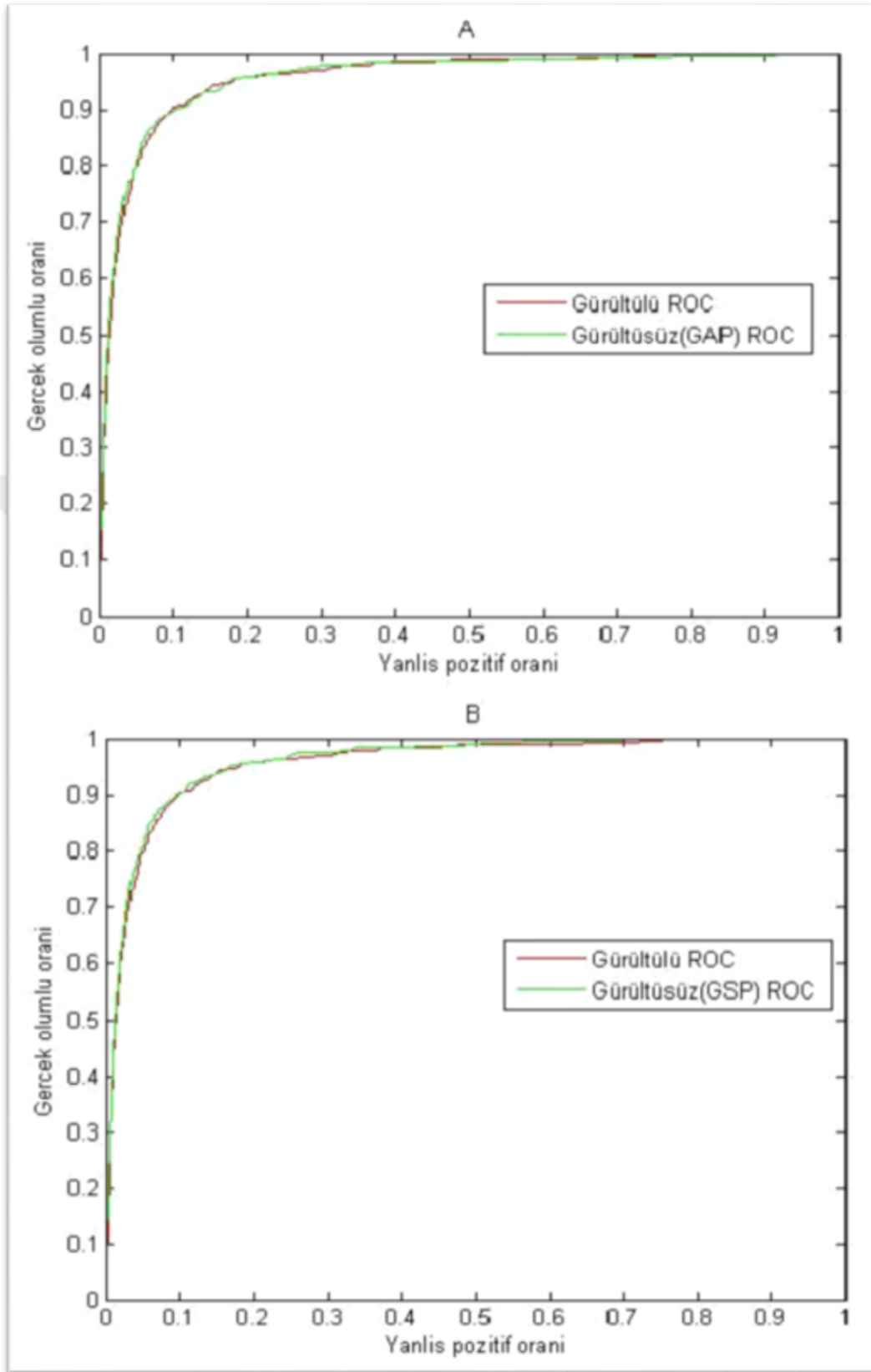
		kappa	AUC	OA
Atina, Yunanistan veri kümesi				
	Orjinal görüntü	0,415	0,9554	95,5938
Gürültü Giderme Yöntemi	GAP	0,449	0,9565	96,2109
	GSP	0,434	0,9587	95,8359
New Orleans veri kümesi				
	Orjinal görüntü	0,568	0,7819	80,8625
Gürültü Giderme Yöntemi	GAP	0,587	0,7919	81,7758
	GSP	0,577	0,7854	81,2692



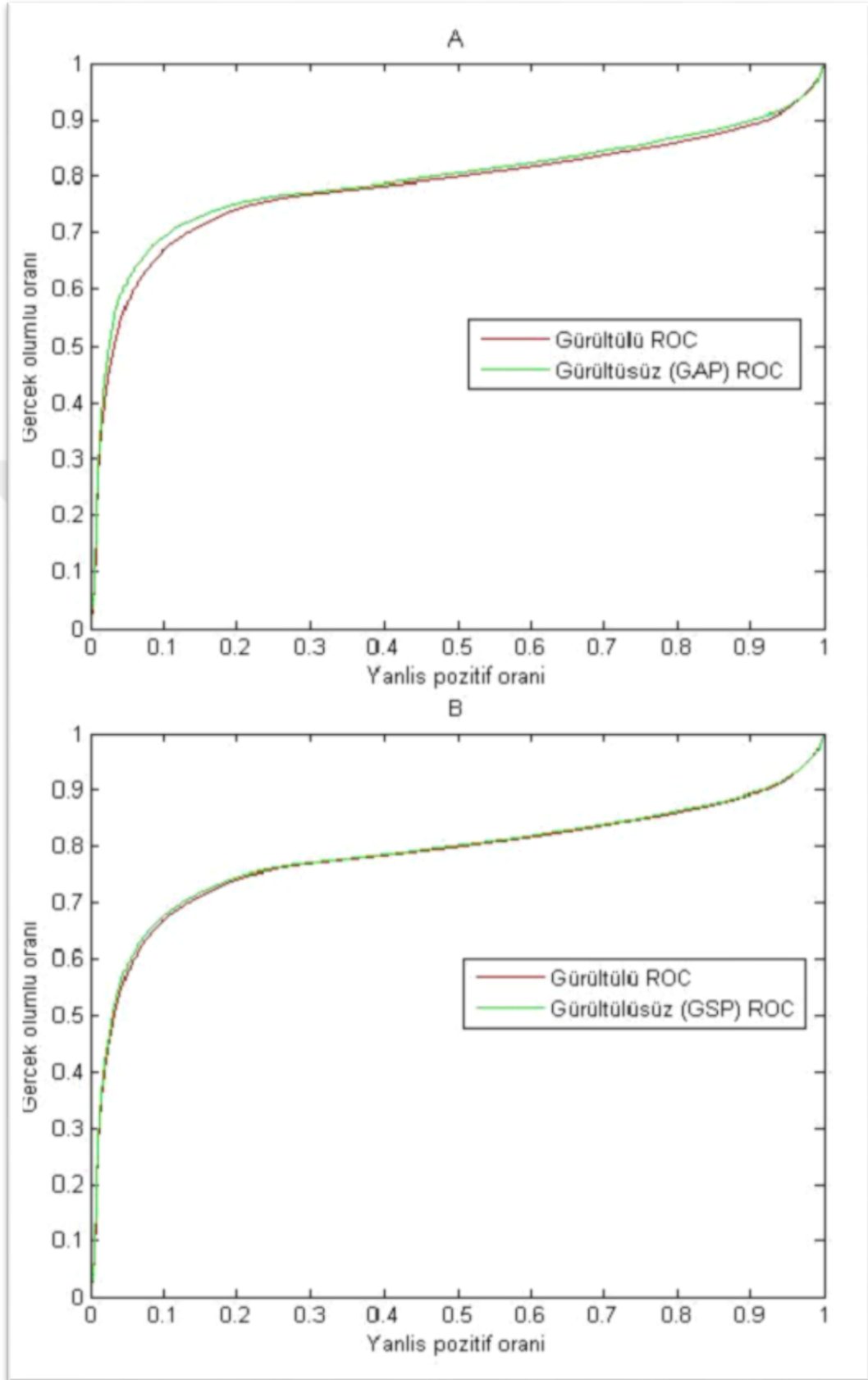
Şekil 3.13. Yunanistan veri kümesinin A ve B gürültülü değişim haritası ve gürültülü fark görüntüsü C ve D GAP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü, E ve F GSP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü.



Şekil 3.14. New Orleans veri kümesinin A ve B gürültülü değişim haritası ve gürültülü fark görüntüsü C ve D GAP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü, E ve F GSP ile denoised değişim haritası ve denoised fark görüntü.



Şekil 3.15. Yunanistan veri kümesinin A) Gürültülü ROC eğrisi ve GAP ile denoised ROC eğrisi, B) Gürültülü ROC eğrisi ve GSP ile denoised ROC eğrisi.



Şekil 3.16. New Orleans veri kümesinin A) Gürültülü ROC eğrisi ve GAP ile denoised ROC eğrisi, B) Gürültülü ROC eğrisi ve GSP ile denoised ROC eğrisi.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hiperspektral değişim tespiti konusunun karmaşıklığından dolayı günümüze kadar birçok değişim analizi tekniği geliştirilmesine rağmen en uygun yöntemin seçilmesinde hala karasızlık devam yaşamaktadır.

Değişim tespitini analize etmek için geliştirilen tekniklerde uygulanabilirliğinin kolay olması ve sonuçların kolay yorumlanabilmesinin yanında doğru sonuçlar üretmesi de önem taşımaktadır. Bu karmaşık sorunlardan biri de görüntülerin gürültüler tarafından bozulmasıdır.

Bu çalışmada iki gerçek hiperspektral veri kümeleri üzerinde yapıldı. İlki HYPERION sensörü ile elde edilen Eylül 2003 ve Eylül 2004 tarihlerinde Atina, Yunanistan'a ait görüntüler ve ikinci olan AVIRIS sensörü ile elde edilen Eylül 2010 ve Ekim 2011 tarihlerinde New Orleans'a ait görüntüler üzerinde gürültü giderme yöntemi kullanılarak ve gürültü giderme yöntemi kullanılmadan değişim tespit yöntemleri test edilmiş ve performansları kappada değeri, Genel Doğruluk (OA) ve Alıcı İşletim Karakteristik (ROC) eğriyle karşılaştırılmıştır.

Bu yöntemler gürültü giderme yöntemi olarak Genelleştirilmiş Sentez Öncesi (GSP) ve Analiz Öncesi (GAP) Algoritmalar ve değişim tespiti yöntemi olarak Değişim Vektör Analizi (CVA) dahil etmek üzere 2 farklı gürültü giderme yöntemi karşılaştırılmış ve değişiklik algılama yöntemi (CVA) için en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır.

Deneysel sonuçlar, görüntü üzerindeki değişimleri tespit etmek için başarıyı geliştirmek amacıyla gürültü gidermenin etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Tablo 1.1., veri kümelerinin için gürültü giderme kullanarak ve gürültü giderme yöntemleri kullanmadan değişiklik tespitini deney sonuçlarını göstermektedir. Gürültü giderme ile yapılan değişiklik tespiti, gürültü giderme yöntemleri kullanmadan değişiklik tespitinden daha iyi sonuç vermektedir.

Önerilen yöntem, aşağıdaki gerçekleri açıklar. Gürültü giderme yöntemi kullanılmadan yapılan değişiklik tespiti ile karşılaştırıldığında ilk olarak, veri kümesinin daha ayrıntılı bir değişimi tespitini; ikinci, en düşük yanlış alarm oranı göstermektedir.

İki gürültü giderme yöntemlerine bakılacak olunursa, her iki durumda (HYPERION ile elde edilen Eylül 2003 ve Eylül 2004'te Atina, Yunanistan ve Algılayıcı AVIRIS ile elde edilen Eylül 2010 ve Ekim 2011 tarihlerinde New Orleans), yapılan doğruluk analizi sonucunda vektör değişim analizi (CVA) yöntemi ile yapılan değişim tespiti için görsel ya da nicel olarak en uygun olan gürültü giderme yöntemin Analiz Öncesi (GAP) algoritma olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Shajun S.S., Fazila P. T., Mohideen S. K, Hyperspectral Image Mixed Noise Reduction Based On Improved K-SVD Algorithm, *IJRET*, 2014, **03**(19), 834–839.
- [2] Shippert P., Introduction to hyperspectral image analysis, *Online J. Space Commun*, 2003, 281–13, <https://spacejournal.ohio.edu/pdf/shippert.pdf> (Ziyaret tarihi: 15 May 2018).
- [3] Lemieux L., Wiesmann U., Moran N., Fish D., Shorvon S., The Detection And Significance Of Subtle Changes In Mixedsignal Brain Lesions By Serial MRI Scan Matching And Spatial Normalization, *Medical Image Analysis*, 1998, **2**(3), 227–242.
- [4] Coppin P., Jonckheere I., Nackaerts K., Muys B., and Lambin E., Digital Change Detection Methods In Ecosystem Monitoring, *International Journal of Remote Sensing*, 2004, **25**(9), 1565–1596.
- [5] Fraser R. N., Hyperspectral Remote Sensing Of Turbidity And Chlorophyll A Among Nebraska Sand Hills Lakes, *International Journal of Remote Sensing*, 1998, **19**(8), 1579–1589.
- [6] Nagy G., Zhang T., Franklin W. R., Landis E., Nagy E., Keane D., Volume And Surface Area Distributions Of Cracks In Concrete, *International Workshop on Visual Form Springer Berlin Heidelberg*, 2001, **2059**, , 759–768, 2001.
- [7] Hazel G.G., Object-Level Change Detection IN Spectral Imagery, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **39**(3), 553-561, 2001.
- [8] Smits P., Annoni A., Toward Specification-Driven Change Detection, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2000, **38**(3), 1484-1488.
- [9] Meola J., Eismann M. T., Moses R. L., and Ash J. N., A Model-Based Approach To Hyperspectral Change Detection, Graduate Program in Department of Electrical and Computer Engineering, Ohio State University, 2010, 76951G.
- [10] Green K., KEMPKA D., and LACKEY L., 1994, Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1994, **60**(3), 331–337.
- [11] Bagan H., Takeuchi W., Kinoshita T., Bao Y., Yamagata Y., Land Cover Classification And Change Analysis In The Horqin Sandy Land From 1975 To 2007, *IEEEJ Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2010, **3**(2), 168–177.

- [12] Xian G., Homer C., Updating The 2001 National Land Cover Database Impervious Surface Products To 2006 Using Landsat Imagery Change Detection Methods, *Remote Sens. Environ.*, 2010, **114**(8), 1676-1686.
- [13] Coppinand P., Bauer M., Digital Change Detection in Forest Cosystems with Remote Sensing Imagery, *RemoteSens.Rev.*, 1996, **13**(3-4), 207-234.
- [14] Pekel J.-F., Ceccato P., Vancutsem C., Cressman K., Vanbogaert E., Defourny P., Development And Application Of Multi-Temporal Colorimetric Transformation to Monitor Vegetation in The Desert Locust Habitat, *IEEE J. Sel. Topics. Appl. Earth Observ. Remote Sens.*, 2011, **4**(2), 318-326.
- [15] Vogelmann J.E., Kost J.R., Tolk B., Howard S., Short K., Xuexia C., Chengquan H., Pabst K., Rollins M. G., Monitoring Landscape Change For Landfire Using Multi-Temporal Satellite Imagery And Ancillary Data, *IEEE J. Sel. Topics. Appl. Earth Observ. Remote Sens.*, 2011, **4**(2), 252-264.
- [16] Malila W. A., Change Vector Analysis: An Approach For Detecting Forest Changes with Landsat, *Proc. 6th Annu. Symp. Machine Processing of Remotely Sensed Data*, West lafayette, Indiana, USA, 3-6 June 1980.
- [17] Xu J., Wang W., Gao J., and Chen W., Monochromatic Noise Removal Via Sparsity-Enabled Signal Decomposition Method, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 2013, **10**(3), 533–537.
- [18] Parrilli S., Poderico M, Angelino S. V., and Verdoliva L,. A Nonlocal SAR Image Denoising Algorithm Based On LLMMSE Wavelet Shrinkage, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 2012, **50**(2), 606–616.
- [19] Liu X., Bourenane S., and Fossati C., Nonwhite Noise Reduction in Hyperspectral Images, *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.*, 2012, **9**(3), 368–372.
- [20] Wohlberg B., and Rodriguez p., An Iteratively Reweighted Norm Algorithm For Minimization Of Total Variation Functionals, *IEEE Signal Process. Lett.*, 2007, **14**(12), 948–951.
- [21] Lu D., Mausel P., Brondizio, E., and Moran, E., Change Detection Techniques, *International Journal of Remote Sensing*, 2004, **25**(12), 2365–2401.
- [22] Aggarwal H.K., Majumdar A., “Generalized Synthesis And Analysis Prior Algorithms with Application To Impulse Denoising, *Conf. Computer Vision Graphics and Image Processing*, DOI: 10.1145/2683483.2683493.
- [23] http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/deniz.gercek/diger/deniz.gercek16.04.2013_23.41.15diger.pdf (Ziyaret tarihi: 17 May 2018).
- [24] <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9363>, (Ziyaret tarihi: 16 May 2018).

- [25] Wang L., Zhao C., *Hyperspectral Image Processing*, ISBN 978-3-662-47456-3 (eBook), *Springer Berlin Heidelberg*, DOI: 10.1007/978-3-662-47456-3.
- [26] Rivera V. O., *Hyperspectral Change Detection Using Temporal Principal Component Analysis*, Master Of Science In Electrical Engineering, University Of Puerto Rico mayaguez campus, 2005.
- [27] G. Foody, T. Warner, D. Nellis, *SAGE Handbook Of Remote Sensing*, ed., *SAGE Publications*, 2009, DOI:10.4135/9780857021052
- [28] <http://www.microimages.com/documentation/html/Tutorials/>, (Ziyaret tarihi: 15 May 2018).
- [29] Othman H. and Shen-En Qian, Noise Reduction of Hyperspectral Imagery Using Hybrid Spatial-Spectral Derivative-Domain Wavelet Shrinkage *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2006,**44**(2), 397–408 .
- [30] Singh A., Review Article Digital change detection techniques using remotely-sensed data, *Int. J. Remote Sens*, **10**(6), 1989, 989–1003.
- [31] Radke R. J., Andra, S., Al-Kohafi, O. and Roysam, B., Image Change Detection algorithms: A Systematic Survey, *IEEE Transactions on Image Processing*, 2005,**14**,(3), 294-307.
- [32] Bhatt A., Seminar on a review of change detection techniques, Indian Institute of Technology Roorkee. https://www.slideshare.net/abhishek_bhatt/a-review-of-change-detection-techniques (Ziyaret tarihi: 18 May 2018).
- [33] Xiaolu S., Bo C., Change Detection Using Change Vector Analysis from Landsat TM Images In Wuhan, *Procedia Environmental Sciences*, 2011, **11**, 238–244.
- [34] Anıl A., Çukurova Deltası Kiyi Alanında Arazi Örtüsü Değişimlerinin Belirlenmesinde Farklı Uzaktan Algılama Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2007.
- [35] https://eo1.gsfc.nasa.gov/new/validationReport/Technology/TRW_EO1%20Papers_Presentations/10.pdf (Ziyaret tarihi: 22 May 2018).
- [36] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/airborne-sensors/aviris>, (Ziyaret tarihi: 17 May 2018).
- [37] <https://aviris.jpl.nasa.gov/aviris/index.html> (Ziyaret tarihi: 22 May 2018).
- [38] <https://www.medcalc.org/manual/roc-curves.php>, (Ziyaret tarihi: 1 Jul 2018).
- [39] <http://www.safagurcan.org/taniveROC.php>, (Ziyaret tarihi: 18 May 2018).

- [40] Boyacı D., CBS-uzaktan Algılama Entegrasyonu Ve Örnek Uygulama: Uydu Görüntülerinden Detay Ve Otomatik Öznitelik Tespiti, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2012, 315859.
- [41] Line Eikvil, Change Detection for land cover analysis, an overview <https://www.nr.no/>, Norsk Regnesentral.2005, (Ziyaret tarihi: 17 May 2018).
- [42] http://www.nik.com.tr/content_sistem_uydu.asp?id=7, (Ziyaret tarihi: 17 May 2018).
- [43] Seydi S. T. and Hasanlou M., “A New Land-Cover Match-Based Change Detection For Hyperspectral Imagery”, *European Journal of Remote Sensing*, 2017, **50**(1), 517-533.
- [44] Janssen L.L., Vanderwel F.J., “Accuracy Assessment Of Satellite Derived Land-Cover Data”, *A review. Photogrammetric Engineering and Remote sensing*, 1994, **60**(4), 479-42.
- [45] Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman J.W., *Remote Sensing and Image Interpretation*, 5th ed., John Wiley & Sons, New York, 2008.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **MOHAMMED E.H.**, ERTÜRK S., Influence Of Noise Reduction On Hyperspectral Image Change Detection Accuracy, *Proceedings of Academicsera 16th International Conference On Communication And Signal Processing (ICCSP)*, Istanbul, Turkey, 23rd-24th March 2018.



ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Desse-Etiyopya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Desse-Etiyopya'da tamamladı. 2007 yılında girdiği Adama Üniversitesi Mühendislik ve bilgi teknolojisi Fakültesi Elektrik / elektronik Bölümü'nden Elektrik / elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini yapmaktadır.

