



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UZAKTAN ALGILANAN GÖRÜNTÜLER İÇİN GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME**  
**TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Feyza YILMAZ**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Nur Hüseyin KAPLAN**

**Anabilim Dalı: Elektrik Elektronik Mühendisliği**

**Erzurum**

**2018**

**Her hakkı saklıdır**

**T.C.**  
**ERZURUM TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TEZ ONAY FORMU**

---

**UZAKTAN ALGILANAN GÖRÜNTÜLER İÇİN GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME**  
**TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Nur Hüseyin KAPLAN danışmanlığında, Feyza YILMAZ tarafından hazırlanan bu çalışma 26/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **Oy Birliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : ..... *İmza* :

Üye : ..... *İmza* :

Üye : ..... *İmza* :

Üye : ..... *İmza* :

Üye : ..... *İmza* :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

.....

**Enstitü Müdürü**

Bu tez çalışması ..... tarafından ..... nolu proje ile desteklenmiştir.

## **ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

26/06/2018

İmzası

Feyza YILMAZ

## ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

### UZAKTAN ALGILANAN GÖRÜNTÜLER İÇİN GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ

Feyza YILMAZ

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nur Hüseyin KAPLAN

Günümüzde uzaktan algılama teknolojisi ile işlenen görüntülerden tarım, savunma sanayi gibi çeşitli alanlarda faydalanılmaktadır. Kullanıldığı alana bağlı olarak uzaktan algılama görüntülerinin kalitesi önemli olmaktadır. Bu amaçla çeşitli görüntü işleme adımları uygulanmaktadır. Bu adımlardan biri de görüntü iyileştirme teknikleridir. Görüntü iyileştirme, uzaktan algılama ile elde edilen görüntülerde çeşitli sebeplerden dolayı oluşan bozulmalar için görüntüyü oluşturan imgelerdeki bilginin yorumlanabilirliğini artırmak, görüntü algılanabilirliğini geliştirmek ve ileri görüntü işleme adımları için daha iyi bir giriş görüntüsü sağlamak için kullanılan tekniklerin genel adıdır. Uzaktan algılamada görüntü iyileştirme, görüntü karışıklığını (kontrastını) artırırken ve/veya detay iyileştirilme yaparken orijinal renk bilgisini de korumak zorundadır. Bu tez çalışmasında uzaktan algılama görüntülerine uygulanan görüntü iyileştirme tekniklerinin incelenmesi ve uygulanması yapılmıştır. Görsel olarak anlama ve yorumlamayı kolaylaştırma, karışıklık iyileştirme, kenar bilgilerini, sınırlarını korumak ve vurgulamak için kullanılan çeşitli görüntü iyileştirme teknikleri vardır. Bu tez çalışmasında, iyileştirme tekniklerinden önemli ve güncel olan tekniklerin bir kısmı incelenmiştir. Bu teknikler içerisinde; Histogram Eşitleme, Ayrık Dalgacık Dönüşümü ve Tekil Değer Ayrışımı ile Uydu Görüntülerinin İyileştirilmesi, Düzenli-Histogram Eşitleme ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü Kullanarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme, Puslu Görüntü Modeli Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirilmesi, Bilateral Filtreleme ile Uzaktan Algılama Görüntüsü İyileştirme teknikleri incelenmiş ve uygulanmıştır. Uygulanan bu tekniklerin görsel ve nicel sonuçlarına göre Histogram Eşitleme tekniği görüntüdeki karışıklığı artırırken kenar bilgilerini koruyamamıştır. Ayrık Dalgacık Dönüşümü ve Tekil Değer Ayrışımı ile Uydu Görüntülerinin İyileştirilme tekniği, görüntü karışıklığını artırmış, kenar bilgilerini Histogram Eşitleme yönteminden daha iyi koruyor olsa bile bozulmalar gözlenmiştir. Düzenli-Histogram Eşitleme ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü Kullanarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme tekniği ile görüntü karışıklığı iyileştirilmiş ve kenar ayrıntıları vurgulanmış bir görüntü elde edilse de görüntüden dolayı meydana gelen bozulmalar giderilememiştir. Puslu Görüntü Modeli Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirilme tekniğinde, kenar ayrıntılar vurgulanmış ve karışıklık artırımı sağlanmış olsa da görüntünün renk korunumu yeterince sağlanamamıştır. Bilateral Filtreleme ile Uzaktan Algılama Görüntüsü İyileştirme tekniği, görüntünün kenar bilgileri korunmuş ve iyileştirilmiş ancak renk korunumu yeterince sağlanamamıştır.

**2018, 56 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Uzaktan Algılanan Görüntüler, Görüntü İyileştirme, Kenar İyileştirme

## ABSTRACT

MS. Thesis

### INVESTIGATION OF TECHNIQUES OF IMAGE ENHANCEMENT IN REMOTE SENSING IMAGES

Feyza YILMAZ

Erzurum Technical University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Electronic Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Nur Hüseyin KAPLAN

Today, the images processed by remote sensing technology are used in a variety of areas such as agriculture and defense industry. The quality of remotely sensed images are important according to the area of usage. For these purpose image processing steps are applied to the remote sensing images. One of the image processing steps is image improvement techniques. Image enhancement is the technique used to improve the interpretability of information, to improve image perception, and to provide a better input image for further image processing applications. For remote sensing image enhancement, the original color information has to be maintained while enhancing image contrast, and provide detail enhancement, especially for automated applications. In this thesis study, image enhancement techniques for remote sensing images are examined and applied. Image enhancement techniques are used to visually understand and interpret, to improve contrast, to maintain edge information, to limit and emphasize boundaries. There are many techniques used for image enhancement. Among these methods; Histogram Equalization, Satellite Image Contrast Enhancement Using Discrete Wavelet Transform and Singular Value Decomposition, Remote Sensing Image Enhancement Using Regularized Histogram Equalization and Discrete Cosine Transformation, Remote Sensing Image Enhancement Using Hazy Image Model, Remote Sensing Image Enhancement via Bilateral Filtering have been studied and implemented. According to the visual comparison results and the quantitative comparison results of the techniques abovementioned, Histogram Equalization Technique increases the image contrast while the edge information is not preserved. Satellite Image Contrast Enhancement Using Discrete Wavelet Transform and Singular Value Decomposition Technique corrupt the edge information even though having a good performance in contrast improvement. Remote Sensing Image Enhancement Using Regularized Histogram Equalization and Discrete Cosine Techniques provide images with improved contrast and emphasized edge information, however the distortions caused by noise could not be removed. In Remote Sensing Image Enhancement Using Hazy Image Model Technique, color preservation of the image is not well whereas a detail enhanced and contrast enhanced image is obtained. Remote Sensing Image Enhancement via Bilateral Filtering Technique protects and enhances the edges of the image, however does not provide sufficient color preservation.

**2018, 56 pages**

**Keywords:** Remote Sensing Images, Image Enhancement, Edge Enhancement

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam boyunca derin bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren Sayın Dr. Öğr. Ü. Nur Hüseyin Kaplan'a,

Bu günlere gelmemde en büyük emeği olan ve koşulsuz yanımda olduklarını hissettiren annem, babam ve kardeşlerime,

Sonsuz motivasyon kaynağım arkadaşlarıma teşekkür ederim.

**Feyza YILMAZ**  
**Haziran 2018**



## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>6</b>
3.1. Histogram Eşitleme (HE).....	6
3.1.1. Histogram Germe (Histogram Strectcing) .....	8
3.1.2. Histogram Eşitleme (Histogram Equalization) .....	12
3.2. Ayrık Dalgacık Dönüşümü ve Tekil Değer Ayrışımı ile Uydu Görüntülerinin İyileştirilmesi.....	20
3.2.1. Tekil Değer Ayrışımı (SVD) .....	21
3.2.2. Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT) .....	24
3.2.3. Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı .....	28
3.3. Düzenli Histogram Eşitleme Kullanarak Uzaktan Algılanan Görüntülerin İyileştirilmesi .....	30
3.3.1. Ayrık Kosinüs Dönüşümü (DCT) .....	30
3.3.2. Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı .....	32
3.4. Puslu Görüntü Modeli Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme Modeli.....	35
3.4.1. Puslu Görüntü Modeli.....	35
3.4.2. Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı .....	36
3.5. Bilateral Filtreleme ile Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme.....	37
3.5.1. Çok Ölçekli Bilateral Filtre.....	37
3.5.2. Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı .....	40
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>41</b>
4.1. Görsel Sonuçlar .....	41

4.2. Nicel Sonuçlar.....	47
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>52</b>
KAYNAKLAR .....	54
ÖZGEÇMİŞ .....	56



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Histogram MATLAB örneği.....	7
Şekil 3.2 Histogram MATLAB örneği .....	7
Şekil 3.3 Histogram grafik örneği .....	9
Şekil 3.4 Histogram germe işlemi yapıldıktan sonra elde edilen histogram grafiği .....	10
Şekil 3.5 Histogram MATLAB uygulaması.....	11
Şekil 3.6 Histogram MATLAB uygulaması .....	12
Şekil 3.7 'Histogram Eşitleme' tekniği ile elde edilen görüntü .....	13
Şekil 3.8 'Histogram Eşitleme' tekniği ile elde edilen görüntü .....	14
Şekil 3.9 Histogram grafiği.....	15
Şekil 3.10 Histogram eşitlendikten sonra elde edilen histogram grafiği .....	18
Şekil 3.11 Giriş görüntüsüne giriş görüntü histogram grafiği, histogram eşitlenmiş görüntü ve histogram eşitlenmiş görüntünün histogram grafiği .....	19
Şekil 3.12 Giriş görüntüsüne giriş görüntü histogram grafiği, histogram eşitlenmiş görüntü ve histogram eşitlenmiş görüntünün histogram grafiği .....	20
Şekil 3.13 Bir $n \times d$ boyutlu matrisin SVD ayrışımı .....	21
Şekil 3.14 SVD MATLAB uygulaması .....	22
Şekil 3.15 Bir $n \times d$ boyutlu matrisin ISVD ayrışımı .....	23
Şekil 3.16 İki boyutlu ayırık dalgacık dönüşümü diyagramı .....	25
Şekil 3.17 İki boyutlu ters ayırık dalgacık dönüşümü diyagramı.....	26
Şekil 3.18 DWT MATLAB uygulaması .....	27
Şekil 3.19 Uygulanan DWT ve SVD ile Uydu Görüntülerinin İyileştirilmesi tekniğinin detaylı adımları.....	29
Şekil 3.20 Giriş görüntüsü ve giriş görüntüsünün DCT katsayıları.....	31
Şekil 3.21 Gauss Çan Eğrisi.....	38
Şekil 4.1 Giriş tank görüntüsü ve HE, DWT-SVD, RHE-DCT, Puslu Görüntü Modeli, Bilateral Filtre Modeli teknikleri ile elde edilen iyileştirilmiş MATLAB uygulama yöntemleri.....	42
Şekil 4.2 Giriş helikopter görüntüsü ve HE, DWT-SVD, RHE-DCT, Puslu Görüntü Modeli, Bilateral Filtre Modeli teknikleri ile elde edilen iyileştirilmiş MATLAB uygulama yöntemleri.....	44

Şekil 4.3 Uygulanan Teknikler ile elde edilen iyileştirilmiş MATLAB uygulama örnekleri .....	46
--	----



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Histogram değer tablosu .....	16
Çizelge 3.2 Histogram eşitleme değer tablosu .....	17
Çizelge 4.1 Tank görüntüsü nicel ölçüm sonuçları .....	49
Çizelge 4.2 Uydu görüntüsü nicel ölçüm sonuçları .....	50
Çizelge 4.3 Helikopter görüntüsü nicel ölçüm sonuçları .....	50



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\sum n_i$	Kümülatif histogram
$n$	Toplam piksel sayısı
$L$	Görüntüdeki maksimum piksel sayısı
$f$	Her piksel yoğunluğunun değerini gösterir
$f_{y_{\min}}$	Germe yapılacak aralığın en düşük piksel değeri
$f_{y_{\max}}$	Germe yapılacak aralığın en yüksek piksel değerleri
$f_{\min}$	Görüntünün en düşük piksel değeri
$f_{\max}$	Görüntünün en yüksek piksel değerleri
$U$	Ortogonal kare matris
$V$	Ortogonal kare matris
$D$	Ana köşegende sıralanmış tekil değer matris
$\Sigma N$	Yoğunluk matrisinin tekil değer matrisi
$s(.)$	Sigmoid fonksiyonu
$r_k$	$k$ 'nıncı parlak değeri
$n_k$	$k$ 'nıncı parlak değerın görüntüdeki sayısı
$a$	Yerel ayrıntı geliştirme seviyesini kontrol eden parametre
$A$	Atmosferik ışık katsayısı
$t(.)$	İletim haritası
$\omega$	Karanlık kanal operatörü
$\sigma I$	Görüntü standart sapma değeri
$\mu$	Hava ışık katsayısı değeri
$p$	Görüntüdeki mevcut pikselin bulunduğu yer
$q$	Komşu pikselleri belirleyen pencere boyutu
$W$	Normalleştirme parametresi
$G\sigma_S$	Uzaysal kernel
$G\sigma_r$	Fotometrik kernel
$BF^L$	Son seviyenin artık görüntüsü
$x_k$	Piksel değerlerinin olasılığı
$\sigma_s$	Uzaysal parametre

j	Ayrışma seviyesi
M	Görüntünün satır boyutu
N	Görüntünün sütun boyutu

### **Kısaltmalar**

HE	Histogram Eşitleme
GHE	Genel Histogram Eşitleme
BHE	Bi-Histogram Eşitleme
RMSHE	Özyinelemeli Ortalama-Ayrı Histogram Eşitleme
AGCWD	Ağırlıklandırma Dağılımı ile Adaptif Gama Düzeltme
SVE	Tekil Değer Eşitleme
DWT	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
SVD	Tekil Değer Ayrışımı
ISVD	Ters Tekil Değer Ayrışımı
DCT	Ayrık Kosinüs Dönüşümü
IDCT	Ters Ayrık Kosinüs Dönüşümü
round	Tam sayıya yuvarlama işlemi
LL	Düşük-düşük altbant
LH	Düşük-yüksek altbant
HL	Yüksek-düşük altbant
HH	Yüksek-yüksek altbant
$\Sigma LL_A$	Giriş görüntüsü A'nın LL alt bant görüntüsünün tekil değer matrisi
$\Sigma LL_{\hat{A}}$	GHE tekniği ile elde edilen $\hat{A}$ 'nın LL alt bant görüntüsünün tekil değer matrisi
$Y_{global}$	Global karşıtlığı iyileştirilmiş görüntü
CG	Kontrast Kazancı
EME	Entropi ile İyileştirmenin Ölçülmesi
DE	Ayrık Entropi

## 1. GİRİŞ

Uzaktan algılama, yeryüzünden belirli uzaklıkta yerleştirilen ölçü aletleri kullanılarak bir temas olmaksızın belirli bir alanın fiziksel özelliklerini tespit etme, izleme ve analiz etme süreci olarak adlandırılır. Uzaktan algılama teknolojileri yer yüzeyinden yansıyan ve yayılan enerjiyi tespit etme, kaydetme ve son olarak elde edilen metaryalin işlenmesini ve analiz edilmesini sağlar. Uzaktan algılama verileri ormancılık, tarım, jeoloji, savunma ve meteoroloji gibi oldukça geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Uzaktan algılama ile elde edilen görüntülerin işlenmesi kullanıldığı alana göre oldukça önem arz etmektedir. Uzaktan algılamada kullanılan görüntü işleme teknikleri dijital görüntü işleme uygulamalarının çeşitli adımlarında kullanılmaktadır. Uzaktan algılama görüntülerine uygulanan işlemler genel olarak ön işleme, görüntü iyileştirme, görüntü zenginleştirme ve görüntü sınıflandırma olarak dört kısımda incelenebilir. İlk olarak ön işleme, görüntüde meydana gelen sistematik veya sistematik olmayan hataların giderilmesini sağlayan geometrik düzeltme ve algılanan görüntüde sensörden veya çevresel etkilerden kaynaklanan hataların giderilmesini sağlayan radyometrik düzeltme adımlarını içerir. Görüntü iyileştirme, görsel olarak yorumlanabilirliği artırmak ve analiz etmek için uygulanır. Görüntü zenginleştirme işlemi, görüntüdeki belirli detayların ön plana çıkarılmasını sağlayan filtreleme işlemlerini içerir. Sınıflandırma işlemi ile de nesnelere temsil eden tüm piksel değerleri görüntüde belirlendikten sonra aynı veya benzer nesnelere karşılık geldiği gruba atamasını yaparak gruplandırılmasını sağlamaktır.

Uzaktan algılama görüntüleri yapılarında sistematik veya sistematik olmayan sorunlar barındırır. Bu sorunlar; gürültü, karşıtlık düşüklüğü, bulanıklık olarak özetlenebilir. Görüntü iyileştirme teknikleri özellikle karşıtlık ve bulanıklık sorunlarının çözümünde kullanılır. Görüntü iyileştirmenin amacı imgelerdeki bilginin yorumlanabilirliğini ve algılanmasını artırmak ve ileri görüntü işleme teknikleri için ön işlem aracı olarak kullanmaktır. İyileştirme işlemi, veri içerisindeki doğal bilgi miktarını artırmaz. Ancak, seçilen bir özelliğin kolayca anlaşabilmesi için o özelliğin dinamik sınırlarını artırır.

Görüntü iyileştirme teknikleri genel olarak iki kısma ayrılabilir ( *Lee vd. 2013*).

- Pikseller üzerinde işlem yapan Uzaysal Yöntemler
- Görüntünün Fourier dönüşümünü kullanan Frekans Yöntemleri

Uzaktan algılama görüntülerine uygulanan görüntü iyileştirme tekniği sonucunda elde edilen iyileştirilmiş görüntüyü değerlendirmek için genel bir yöntem yoktur, kullanıcının görsel olarak yorumladığı ve karar verdiği bir mekanizma vardır. Bununla birlikte, görüntü iyileştirme teknikleri diğer görüntü işleme teknikleri için bir ön işleme aracı olarak kullanıldığında uygulanan tekniklerinin hangisinin en uygun olduğu nicel ölçütler aracılığı ile bulunmaktadır.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Literatürde görüntü iyileştirme üzerine çeşitli yöntemler önerilmiştir. Histogram Eşitleme (HE) medikal görüntü işleme, nesne izleme gibi çeşitli uygulama alanlarındaki karışıklığı artırmak için en basit ve yaygın iyileştirme yöntemidir. HE yönteminin dezavantajı görüntüde meydana gelen doygunluk problemi ve sert bir görünümdür. Bu problemlerin üstesinden gelmek için Kim (1997) çalışmasında, Bi-Histogram Eşitleme (Bi-Histogram Equalization-BHE) yöntemini önermiştir. Bu yöntemde, histogram eşitlemeden önce görüntü iki alt histograma ayrıştırılmaktadır. BHE yöntemini geliştirmek için Chen (2003) çalışmasında, Özyinelemeli Ortalama-Ayrı Histogram Eşitleme (Recursive Mean-Separate Histogram Equalization-RMSHE) yöntemini önermiştir. Bu yöntemde, BHE yinelemeli olarak kullanılır ve ayrı ayrı eşitlenmiş alt histogramlar üretilmektedir. BHE ve RMSHE yöntemleri ile elde edilen iyileştirilmiş görüntü, HE yönteminden daha yüksek kaliteye sahiptir, ancak doygunluk problemi hâlâ mevcuttur.

Huang vd. (2013) çalışmalarında başka bir yöntem olarak, Ağırlıklandırma Dağılımı ile Adaptif Gama Düzeltme (Adaptive Gamma Correction with Weighting Distribution-AGCWD) yöntemini önermiştir. Bu yöntem, orijinal yansıma değerlerini oldukça iyi korur ve etkili sonuçlar üretebilir ancak aynı zamanda özellikle daha parlak bölgelerdeki ayrıntıların kaybı ile sonuçlanır. Görüntü parlaklığını ayarlamak için Demirel vd. (2008) çalışmalarında Tekil Değer Eşitleme (Singular Value Equalization-SVE) yöntemini önermiştir. Bu method daha iyi contrast geliştirme sonuçları elde etmek için Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform-DWT) ile birleştirilerek daha da geliştirilmiştir (Demirel vd. 2008).

Bu tez çalışmasında uzaktan algılama görüntülerinin iyileştirilmesinde kullanılan beş yöntem incelenmiştir.

- Histogram Eşitleme (Histogram Equalization-HE) (Gonzalez vd. second edition)
- Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT) ve Tekil Değer Ayrışımı (Singular Value Decomposition-SVD) ile Uydu Görüntülerinin İyileştirilmesi (Demirel vd. 2010)
- Düzenli-Histogram Eşitleme ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Discrete Cosine Transform-DCT) Kullanarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme (Fu vd. 2015)
- Puslu Görüntü Modeli Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme (Kaplan 2018)
- Bilateral Filtreleme ile Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme (Kaplan vd. 2017)

Görüntüyü oluşturan gri seviyelerin dağılım sıklığını gösteren grafiğe histogram adı verilir. Histogram Eşitleme (HE) ise her gri seviyesinde eşit piksel sayısına sahip düzgün bir dağılıma sahip histogram tekniğinin adıdır.

Demirel vd. (2010) çalışması olan Ayrık Dalgacık Dönüşümü ve Tekil Değer Ayrışımı ile Uydu Görüntülerinin İncelenmesi yönteminde öncelikle giriş görüntüsüne DWT uygulanır. DWT, düşük karışıklıklı giriş görüntüsünü farklı frekans alt bantlarına dönüştürür (LL, LH, HL, HH). Görüntünün kaba çözünürlüğü (düşük frekansları) LL altbandında gömülür, kenar bilgisi diğer altbantlarda (LH, HL, HH) yoğunlaşır. Bu nedenle, yalnızca yüksek frekans bileşenleri koruyan SVD işlemi LL altbandına uygulanır. Son olarak Ters Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Inverse Discrete Wavelet Transform-IDWT) ve Ters Tekil Değer Ayrışımı (Inverse Singular Value Decomposition-ISVD) uygulanır. Sonuç olarak daha iyi bir karışıklığa ve keskinliğe sahip görüntü elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Fu vd. (2015) çalışması olan Düzenli-Histogram Eşitleme ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Discrete Cosine Transform-DCT) Kullanarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme yöntemi histogram eşitleme yerine Sigmoid fonksiyonu kullanarak giriş histogramını düzene sokmak için yeni bir dağılım fonksiyonu üretir. Yeni üretilen dağılım fonksiyonunu tekdüze dağılım fonksiyonuna haritalandırılır. Bu tekdüze dağılım işlevi, standart bir arama tablosu tabanlı HE prosedürünü benimseyerek global

karşıtlıklı görüntüyü elde etmek için kullanılır. Elde edilen global karşıtlığa sahip görüntünün yerel ayrıntılarını vurgulamak için DCT uygulanır. Son olarak Ters Ayrık Kosinüs Dönüşümü (Inverse Discrete Cosine Transform-IDCT) uygulandıktan sonra çıktı görüntüsü elde edilir.

Kaplan (2018), çalışması olan Puslu Görüntü Modeli Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme yönteminde puslu görüntü modelinin bilinmeyen iki parametresini belirler. Bunlar; atmosferik ışık katsayısı ve iletim haritasıdır. Atmosferik ışık katsayısı genel olarak en parlak piksellerin kullanılması ile tahmin edilir, daha sonra hesaplanan ışık katsayısı ve orijinal görüntü ile iletim haritası belirlenir (*Narasimhan vd. 2003; Kaplan 2018*). Yöntemde, atmosferik ışık katsayısı değeri en parlak pikselleri kullanarak değil, orijinal görüntünün ortalama değeri yardımıyla hesaplanmaktadır. İletim haritası ise standart sapma ve giriş görüntüsünün ortalaması kullanılarak bulunur. Son olarak atmosferik ışık katsayısı ve iletim haritası kullanarak iyileştirilmiş görüntü elde edilir.

Kaplan vd. (2017) çalışması olan Bilateral Filtreleme ile Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme yöntemi, çok ölçekli bilateral filtre kullanarak giriş görüntüsünü yaklaşıklık (approximation) ve detay katmanına parçalanır. Ardından, detay katmanları güçlendirilir ve iyileştirilmiş görüntüyü elde etmek için yaklaşıklık katmana eklenir.

Tez çalışmasında, yukarıda ifade edilen beş yöntem; helicopter, uçak ve uydu aracılığıyla elde edilen çeşitli uzaktan algılama görüntülerine uygulanmış olup sonuçlar görsel ve nicel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde, her yöntemin eksik ve güçlü yönleri belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Uzaktan algılanan görüntülerin ham hallerinde çeşitli nedenlerden dolayı bozulmalar mevcuttur. Bu bozulmalar görüntüde istenmeyen ve gerçekte var olmayan bilgilerin oluşmasına sebep olur. Görüntüde meydana gelen bu bozulmaları gidermek veya azaltmak için görüntü iyileştirme yöntemleri geliştirilmiştir.

#### 3.1. Histogram Eşitleme (Histogram Equalization-HE)

Histogram, eşit boyutta ardışık sayısal aralıklarla veri ögelerinin sıklığını göstermek için kullanılan istatistiksel bilginin bir göstergesidir. Görüntü histogramı da görüntüdeki piksellerin gri değerlerinin grafiksel olarak dağılımını gösterir. Histogram matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$h(r_k) = n_k \quad (3.1)$$

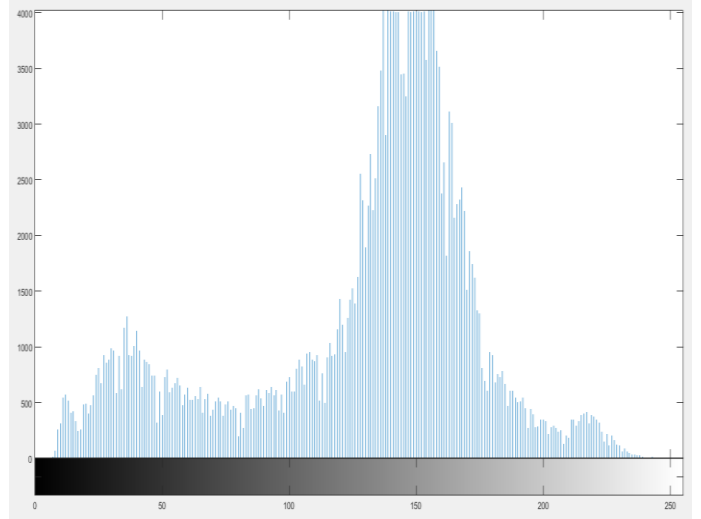
$r_k$  : k'nıncı parlaklık değeri

$n_k$  : k'nıncı parlaklık değerine sahip piksellerin sayısı

Görüntü histogramı için kullanılan MATLAB fonksiyonu 'imhist' komutudur. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de görüntülerin MATLAB uygulaması ile histogram grafikleri gösterilmiştir.



a)

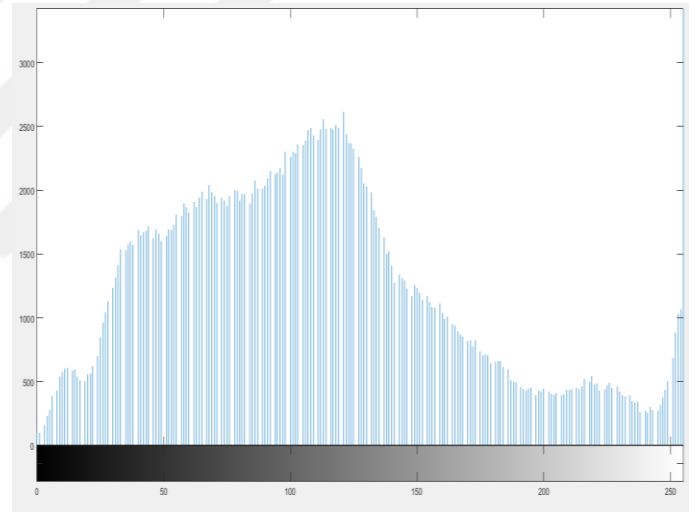


b)

Şekil 3.1 Histogram MATLAB örneği. a) Giriş görüntüsü, b) Görüntünün histogramı



a)



b)

Şekil 3.2 Histogram MATLAB örneği. a) Giriş görüntüsü, b) Görüntünün histogramı

Görüntü piksellerden oluşur ve her pikselin bir renk değeri vardır. Bu renk değeri 0 (sıfır, tam karanlık) ile 255 (tam aydınlık) arasındadır. 0 (sıfır) renk değeri siyahı temsil ederken 255 renk değeri beyazı temsil eder ve bu iki renk değeri arasındaki değerler gri tonları oluşturur. Yukarıdaki grafiklerde histogram; görüntü içerisinde her renk değerinden kaç adet olduğunu gösterir. Yatay ekseninde gri değer aralığı ve dikey ekseninde her gri değere karşı düşen piksel sayısı olacak şekilde histogram grafiği oluşturulur. Histogram grafiğine bakılarak görüntünün renk tonları ve karşıtlığı

hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bir görüntünün karşıtlığı, o görüntünün en parlak bölümü ile en karanlık bölümü arasındaki farktır.

Bir görüntünün histogram grafiğine bakılarak aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir:

- Karanlık bir görüntünün histogramı 0'a yakın gri seviyelerde bulunur.
- Parlak bir görüntünün histogramı 255'e yakın gri seviyelerde bulunur.
- Bir görüntünün histogramı belirli bir gri seviyesinde yayılmış ise bu görüntünün karşıtlığı kötüdür.
- Bir görüntünün histogramı tüm gri seviye değerlerine eşit olarak yayılmış ise görüntü iyi karşıtlığa sahiptir.

Histogramdan yararlanılarak görüntü karşıtlığı iyileştirilebilir ya da zenginleştirilebilir. Bu, iki şekilde gerçekleştirilebilir;

- Histogram germe-kontrast germe (histogram stretching)
- Histogram eşitleme (histogram equalization)

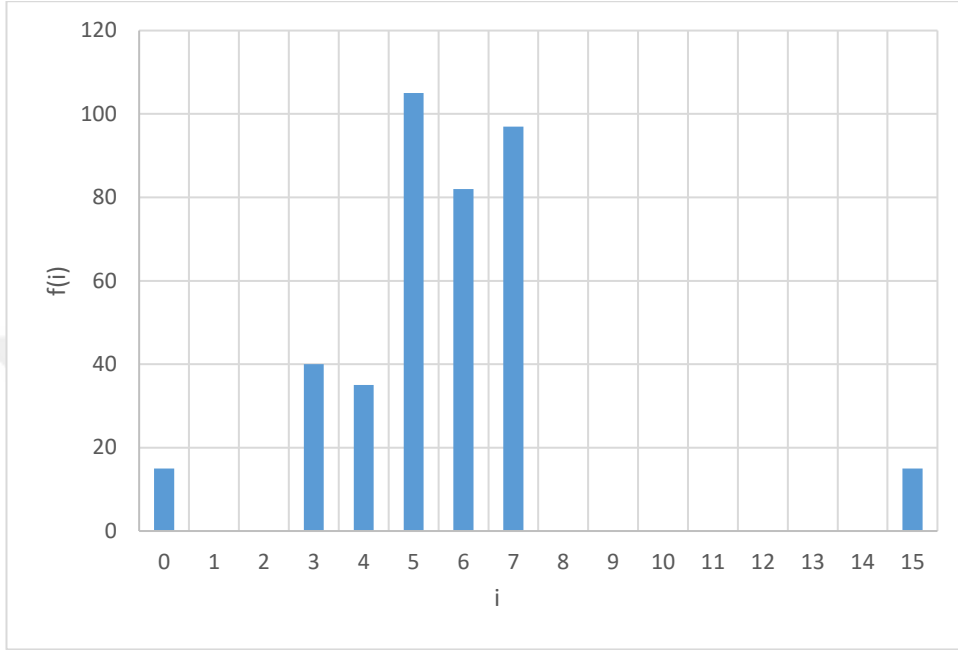
### 3.1.1. Histogram Germe (Histogram Stretching)

Bir görüntünün histogramı belirli bir gri değer seviyesine yayılmış ise görüntü karşıtlığı kötüdür. Bir görüntüdeki karşıtlığı iyileştirmek için 'histogram germe (açma)' kullanılan genel yöntemlerden biridir. Bu yöntemin amacı, görüntü histogramını dar bir alandan geniş bir alana yaymaktır. Gauss veya Gauss'a yakın bir histogram dağılımına sahip olan görüntüler için iyi sonuç veren bir yöntemdir (Jain vd. 1989).

Karşıtlığı artırmak için kullanılan görüntü histogramı germe formülü aşağıdaki gibidir.

$$g = \left( \frac{fy_{max} - fy_{min}}{f_{max} - f_{min}} \right) * (f - f_{min}) + fy_{min} \quad (3.2)$$

Burada  $f$ , her piksel yoğunluğunun değerini gösterir,  $f_{\min}$  ve  $f_{\max}$  germe yapılacak aralığın en düşük ve en yüksek piksel değerleridir,  $f_{\min}$  ve  $f_{\max}$  ise görüntünün mevcut en düşük ve en yüksek piksel değerleridir. Histogram germe işlemi için örnek bir histogram Şekil 3.3' te verilmiştir.



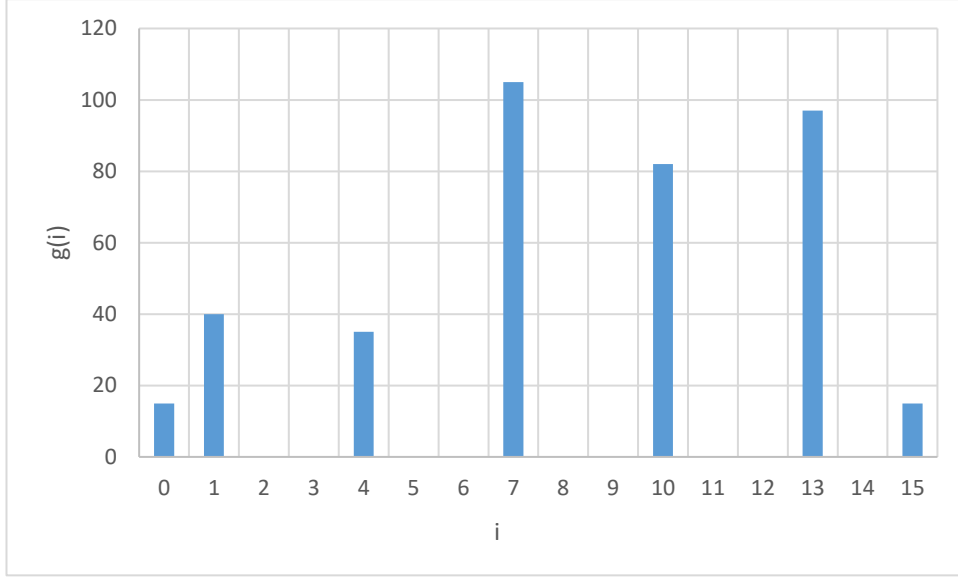
Şekil 3.3 Histogram grafik örneği

Şekil 3.3' de  $i$  ile gösterilen değerler görüntüdeki gri değerlerdir,  $f(i)$  ise  $i$ .gri değerlerin piksel sayısını temsil eder. Bu örnekte 3 ile 7 arasındaki gri piksel değerlerini 1 ile 13 arasına yayılırsa;

$$g(i) = \frac{13-1}{7-3} * (i - 3) + 1$$

$i$	3	4	5	6	7
$g(i)$	1	4	7	10	13

Histogram germe işlemi sonucunda elde edilen yeni histogram Şekil 3.4' de görülmektedir.



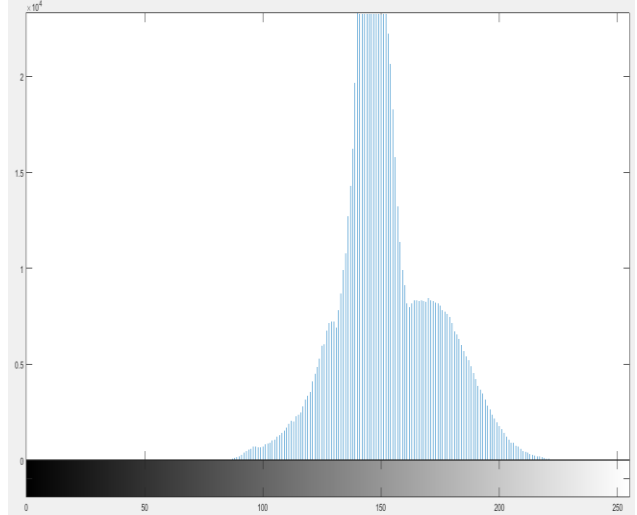
Şekil 3.4 Histogram germe işlemi yapıldıktan sonra elde edilen histogram grafiği

Görüntüde histogram germe işlemi için MATLAB fonksiyonu 'imadjust' komutudur. Bu komut görüntü yoğunluğu değerini ve renk haritasını ayarlar yani yoğunluk değerlerini yeni gri değerlerle eşleştirir ve sonuç olarak çıkış görüntüsünün karşıtlığı artmış olur.

Şekil 3.5.a ve 3.6.a' da orijinal görüntüler ve Şekil 3.5.b ve 3.6.b' de orijinal görüntülere ait histogramlar verilmiştir. Şekil 3.5.c ve 3.6.c' de histogram germe işlemi sonucunda elde edilen yeni görüntüler verilmişken Şekil 3.5.d ve 3.6.d' de yeni histogramlar görülmektedir.



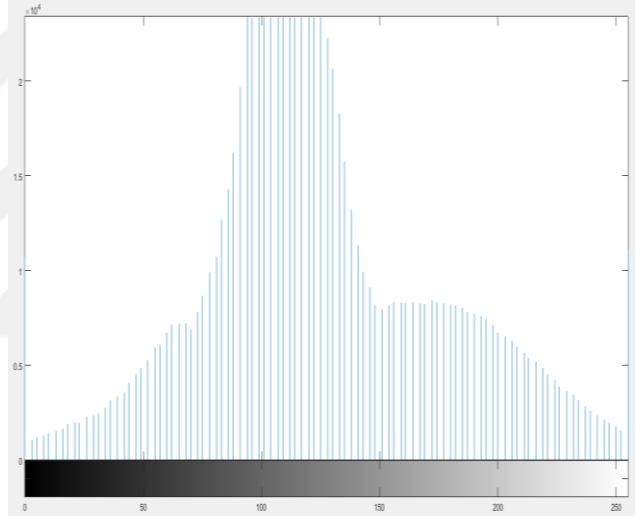
a)



b)



c)

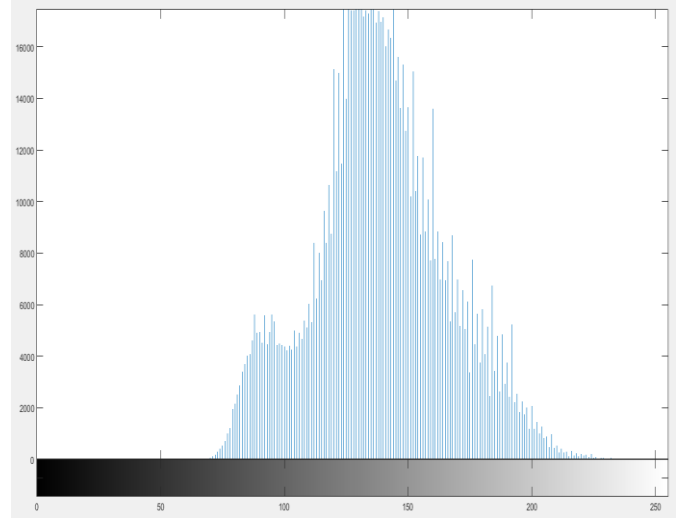


d)

Şekil 3.5 Histogram germe MATLAB uygulaması a) Giriş görüntüsü b) Giriş görüntü histogramı c) Histogram germe uygulanan görüntü d) Histogram germe uygulanan görüntü histogram grafiği



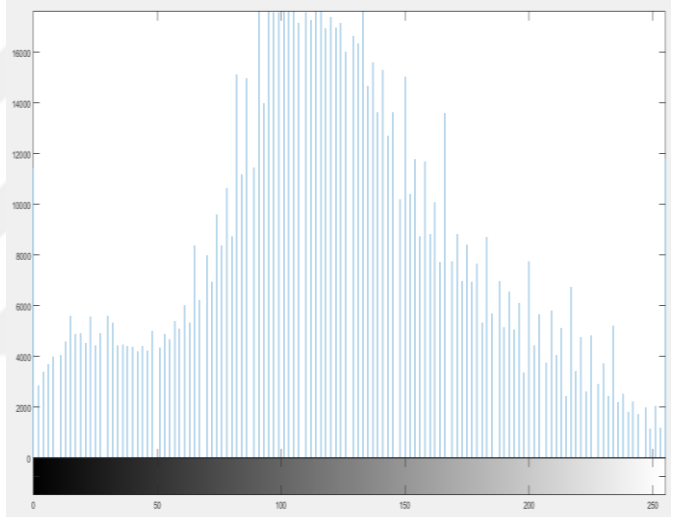
a)



b)



c)



d)

Şekil 3.6 Histogram germe MATLAB uygulaması a) Giriş görüntüsü b) Giriş görüntü histogram grafiği c) Histogram germe uygulanan görüntü d) Histogram germe uygulanan görüntü histogram grafiği

### 3.1.2 Histogram Eşitleme (Histogram Equalization)

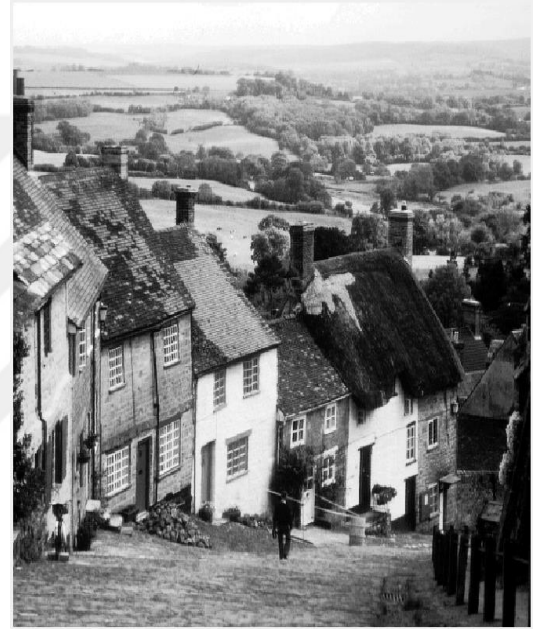
Histogram eşitleme, karşılıklı iyileştirme metodlarından biridir. Histogram eşitleme veya dengeleme, bir görüntüdeki renk değerlerinin belli bir aralıkta kümelenmesinden kaynaklanan renk dağılım bozukluğunu gidermek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde görüntüdeki gri değerler görüntünün birikimli frekans histogramına göre yeniden atanır. Histogram eşitlemede amaç, görüntüdeki düşük

görünürlüğü, karşıtlık ayarlaması yaparak iyileştirmektedir. Histogram eşitleme veya dengeleme tüm görüntüye uygulanırsa 'Genel (Global) Histogram Eşitleme', görüntünün belirli bir parçasına uygulanırsa 'Yerel (Local) Histogram Eşitleme' olarak adlandırılır.

Şekil 3.7.a ve 3.8.a' da orijinal görüntüler ve Şekil 3.7.b ve 3.8.b' de histogram eşitleme işlemi sonucunda elde edilen yeni görüntüler verilmiştir.



a)



b)

Şekil 3.7 a) Giriş görüntüsü b)'Histogram Eşitleme' tekniği ile elde edilen görüntü



a)



b)

Şekil 3.8 a) Giriş görüntüsü b) 'Histogram Eşitleme' tekniği ile elde edilen görüntü

Histogram eşitleme yönteminin adımları aşağıdaki gibi verilebilir.

- İlk olarak görüntünün gri değerleri (histogramı) bulunur.
- Bulunan histogramdan yararlanılarak kümülatif histogram bulunur. Kümülatif histogram, görüntünün her bir piksel değeri ile kendisinden önceki piksel değerlerinin toplamından elde edilen büyüklüktür.
- Her bir kümülatif histogram değeri görüntü histogramından elde edilen toplam piksel sayısına bölünerek normalize kümülatif histogram bulunur.
- Bulunan bu normalize edilmiş kümülatif histogram değerleri yeni görüntüde istenilen maksimum gri değer ile çarpılır ve çıkan gri değerler tam sayıya yuvarlanır.

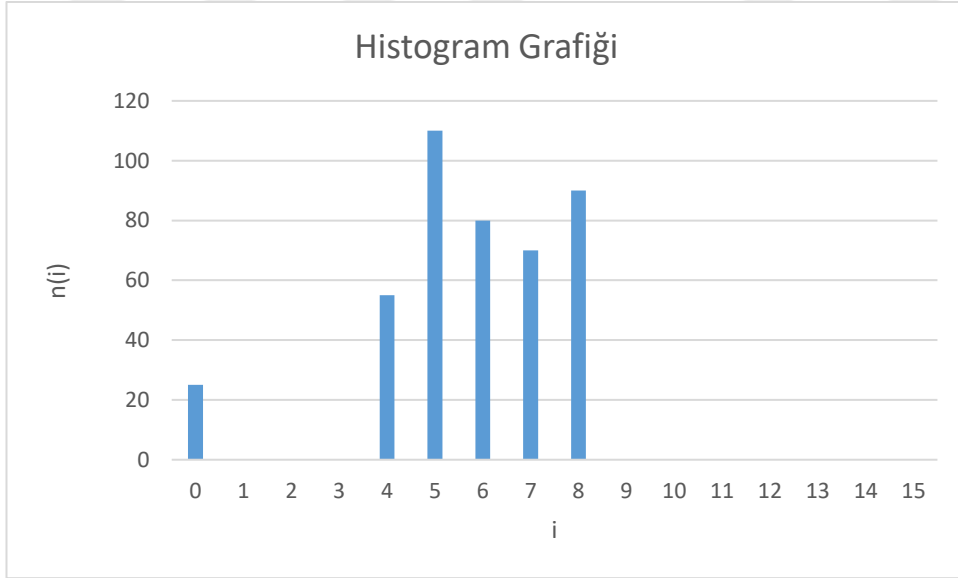
Histogram eşitleme formülü;

$$T(r) = \text{round}(\sum_{i=0}^N (\sum n_i / n) * (L - 1)) \quad (3.3)$$

Buradaki;  $\sum n_i$  kümülatif histogram, n toplam piksel sayısı, L görüntüdeki maksimum piksel sayısıdır, round ise bulunan sayıyı tam sayıya yuvarlama işlemini temsil eder.

- İlk adımda görüntü histogramında elde edilen gri değerler ile bir önceki adımda elde edilen yeni gri değerleri birbirine karşılık düşürülerek yeni histogram elde edilir.

HE örneği aşağıda verilmiştir.Şekil 3.9' da histogram grafiği verilmiştir.



Şekil 3.9 Histogram grafiği

Çizelge 3.1’ de Şekil 3.9’da verilen histogram grafiğindeki gri seviye değerleri ve bu değerlerin sahip olduğu piksel sayıları verilmiştir.

Gri seviye (i)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Piksel sayısı (n(i))	25	0	0	0	55	110	80	70	90	0	0	0	0	0	0	0

Çizelge 3.1 Histogram değer tablosu

Histogram eşitleme matematiksel olarak hesaplama;

$$T(0)=\text{round}(25/430*15)=\text{round}(0,87)=1$$

$$T(0)=T(1)=T(2)=T(3)$$

$$T(4)=\text{round}(80/430*15)=\text{round}(2,80)=3$$

$$T(5)=\text{round}(190/430*15)=\text{round}(6,63)=7$$

$$T(6)=\text{round}(270/430*15)=\text{round}(9,42)=9$$

$$T(7)=\text{round}(340/430*15)=\text{round}(11,8)=12$$

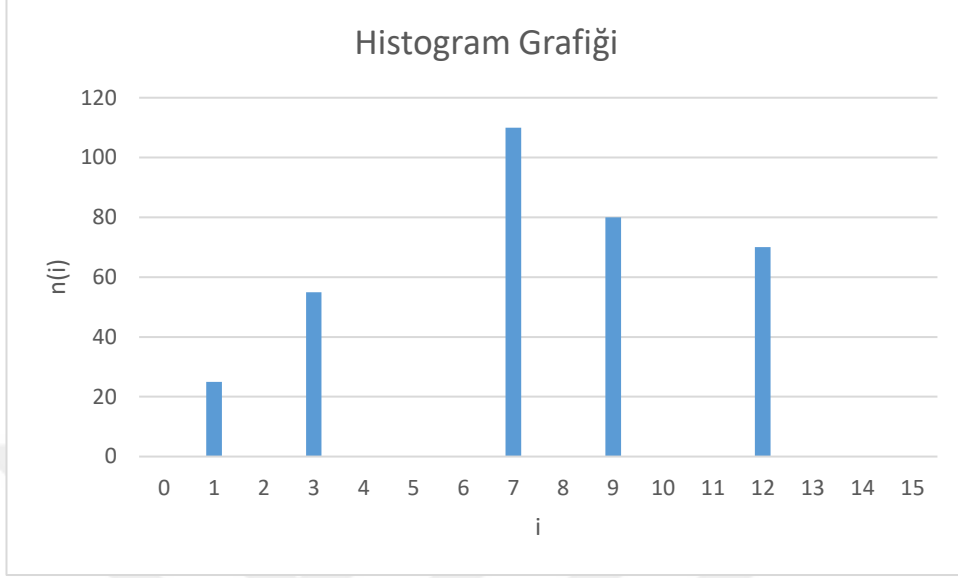
$$T(7)=T(8)=T(9)=T(10)=T(11)=T(12)=T(13)=T(14)=T(15)$$

Çizelge 3.2' de histogram eşitleme ile her bir gri seviye değeri için elde edilen yeni gri değerlerin işlem adımları verilmiştir.

i	n(i)	$\sum n_i$	$\frac{\sum n_i}{n}$ * (L - 1)	Yuvarlanan tam sayı değeri
0	25	25	0,87	1
1	0	25	0,87	1
2	0	25	0,87	1
3	0	25	0,87	1
4	55	80	2,80	3
5	110	190	6,63	7
6	80	270	9,42	9
7	70	340	11,8	12
8	90	430	11,8	12
9	0	430	11,8	12
10	0	430	11,8	12
11	0	430	11,8	12
12	0	430	11,8	12
13	0	430	11,8	12
14	0	430	11,8	12
15	0	430	11,8	12

Çizelge 3.2 Histogram eşitleme değer tablosu

Şekil 3.10' da histogram eşitleme işleminden sonra elde edilen histogram grafiği verilmiştir.

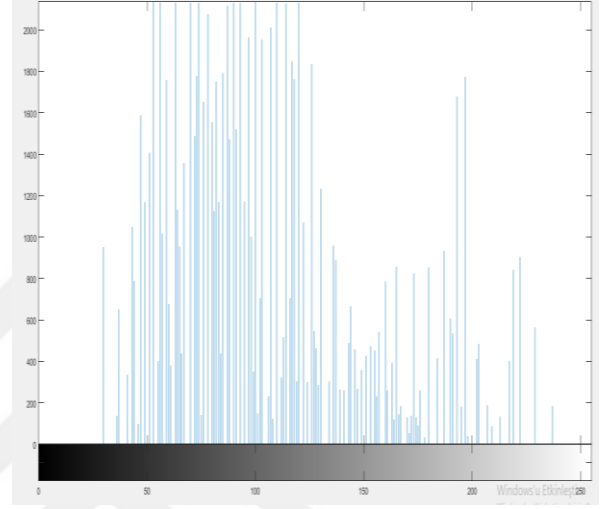


Şekil 3.10 Histogram eşitlendikten sonra elde edilen histogram grafiği

Şekil 3.11.a ve 3.12.a' da orijinal görüntüler ve Şekil 3.11.b ve 3.12.b' de orijinal görüntülere ait histogramlar verilmiştir. Şekil 3.11.c ve 3.12.c' de histogram eşitleme işlemi sonucunda elde edilen yeni görüntüler verilmişken Şekil 3.11.d ve 3.12.d' de yeni histogramlar görülmektedir.



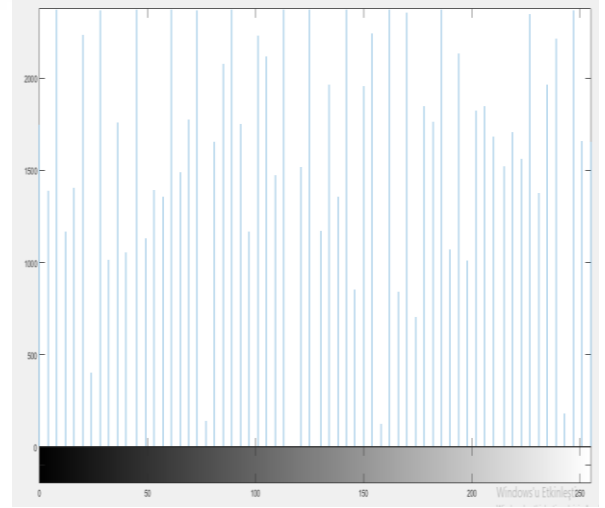
a)



b)



c)

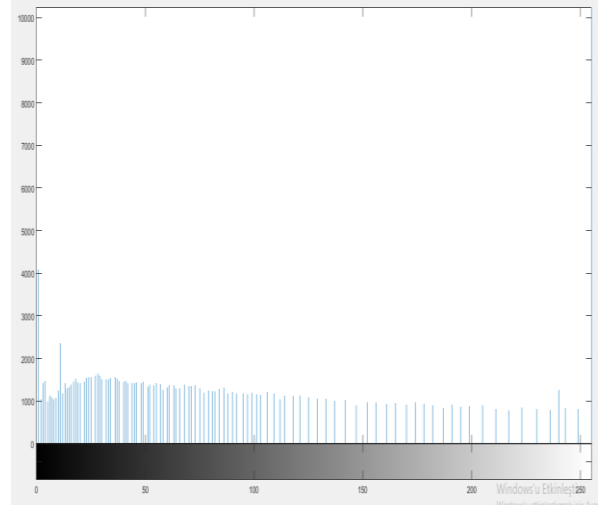


d)

Şekil 3.11 a) Giriş görüntüsü, b) Giriş görüntü histogram grafiği, c) Histogram eşitlenmiş görüntü,d)Histogram eşitlenmiş görüntünün histogram grafiği



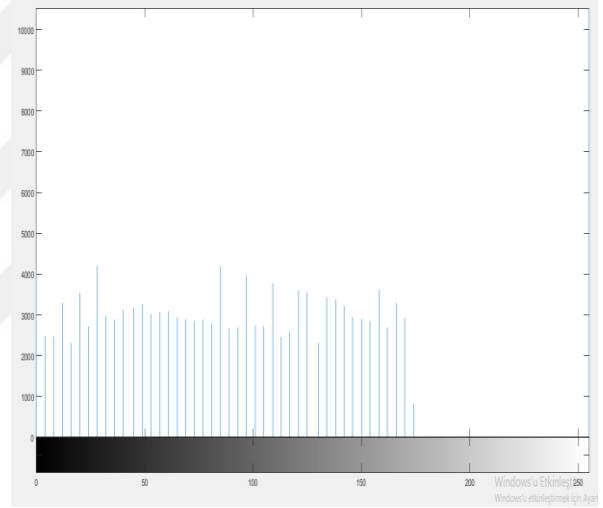
a)



b)



c)



d)

Şekil 3.12 a) Giriş görüntüsü, b) Giriş görüntü histogram grafiği, c) Histogram eşitlenmiş görüntü, d) Histogram eşitlenmiş görüntünün histogram grafiği

### 3.2 Ayrık Dalgacık Dönüşümü ve Tekil Değer Ayrışımı ile Uydu Görüntülerinin İyileştirilmesi (DWT-SVD)

Uzaktan algılanan görüntülerde görüntü kalitesini belirleyen faktörlerden biri karışıklıktır. Görüntüde karışıklık belirli bir aralıkta yüksek değerlere sahipse bu alanlarda bilgi kaybı olabilir ve dolayısıyla görüntüde bozulmalar meydana gelir. Uygulanan yöntem, görüntü karışıklığını geliştirmeyi amaçlamıştır.

Yöntemde iki önemli kısım vardır:

- Tekil değer ayrışımı (SVD)
- Ayrık dalgacık dönüşümü (DWT)

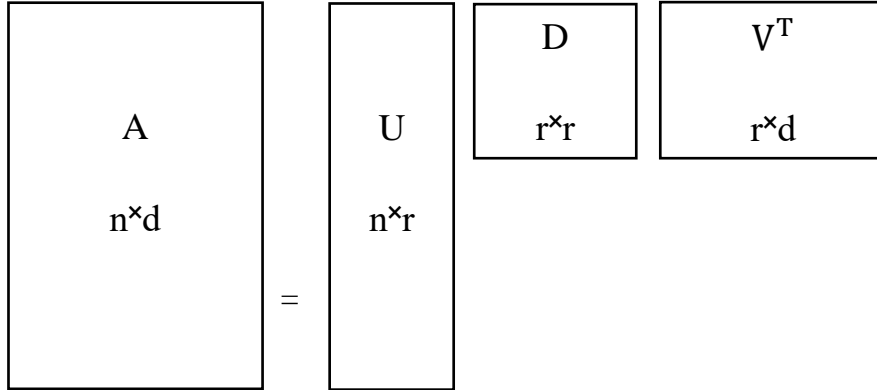
### 3.2.1 Tekil Değer Ayrışımı (SVD)

Matris olarak yorumlanabilen bir görüntünün SVD'si aşağıdaki gibi yazılır (Demirel vd. 2010).

$$A = U_A D_A V^T \quad (3.4)$$

Burada U ve V ortogonal kare matrislerdir. D matrisi ise ana köşegende sıralanmış tekil değer matrisi içerir. Görüntü eşitlemesi için SVD kullanma fikri, D matrisinin belirli bir görüntünün yoğunluk bilgisini içermesinden kaynaklanır (Tian vd. 2003).

Şekil 3.13' de  $n \times d$  boyutlu bir A matrisinin SVD ayrışımı verilmiştir.

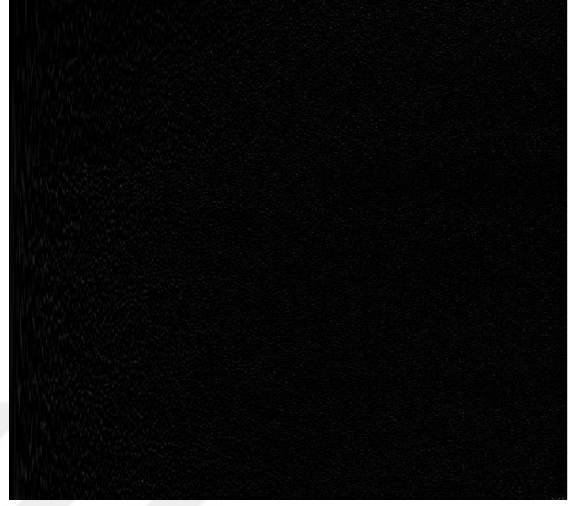


Şekil 3.13 Bir  $n \times d$  boyutlu matrisin SVD ayrışımı

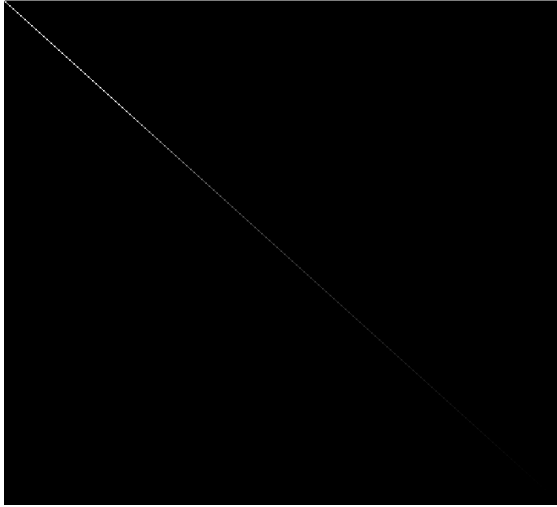
Şekil 3.14.a' da orijinal görüntü verilmiştir.Şekil 3.14.b-d' de sırasıyla SVD ile elde edilen 'U', 'D', 'V<sup>T</sup>' görüntüleri verilmiştir.



a)



b)



c)



d)

Şekil 3.14 SVD 'MATLAB' uygulaması a) Giriş görüntüsü  
b)'U' görüntü c)'D' görüntü d) 'V<sup>T</sup>' görüntü

Görüntü eşitlemek için kullanılan SVD, giriş görüntüsünden alınan yoğunluk bilgisi içeren tekil değerini, varyansı 1, ortalaması 0 olan matrisin en büyük tekil değerli matrise oranını kullanır ve eşitlik aşağıdaki gibi verilir.

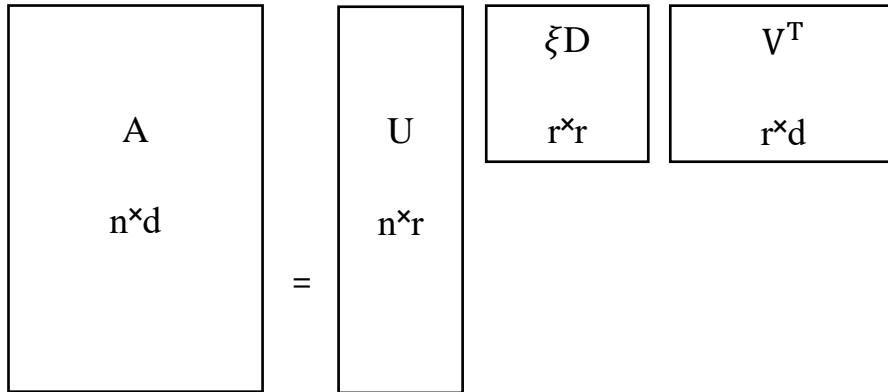
$$\xi = \frac{\max D_N(\mu=0, \text{var}=1)}{\max(D_A)} \quad (3.5)$$

Buradaki  $D_N(\mu=0, \text{var}=1)$ ; yoğunluk matrisinin tekil değer matrisidir. Bu katsayı, eşitlenmiş bir görüntüyü kullanarak görüntüyü yeniden oluşturmak için kullanılabilir (Demirel vd. 2010).

$$\text{Equalized}A = U_A(\xi D_A)V^T \quad (3.6)$$

$\text{Equalized}A$ , eşitlenmiş görüntü olan  $A$ 'yı teslim eder. Bununla aydınlatma problemi ortadan kaldırılır.

Şekil 3.15'te  $n \times d$  boyutundaki  $A$  matrisinin ISVD ayrışımı verilmiştir.

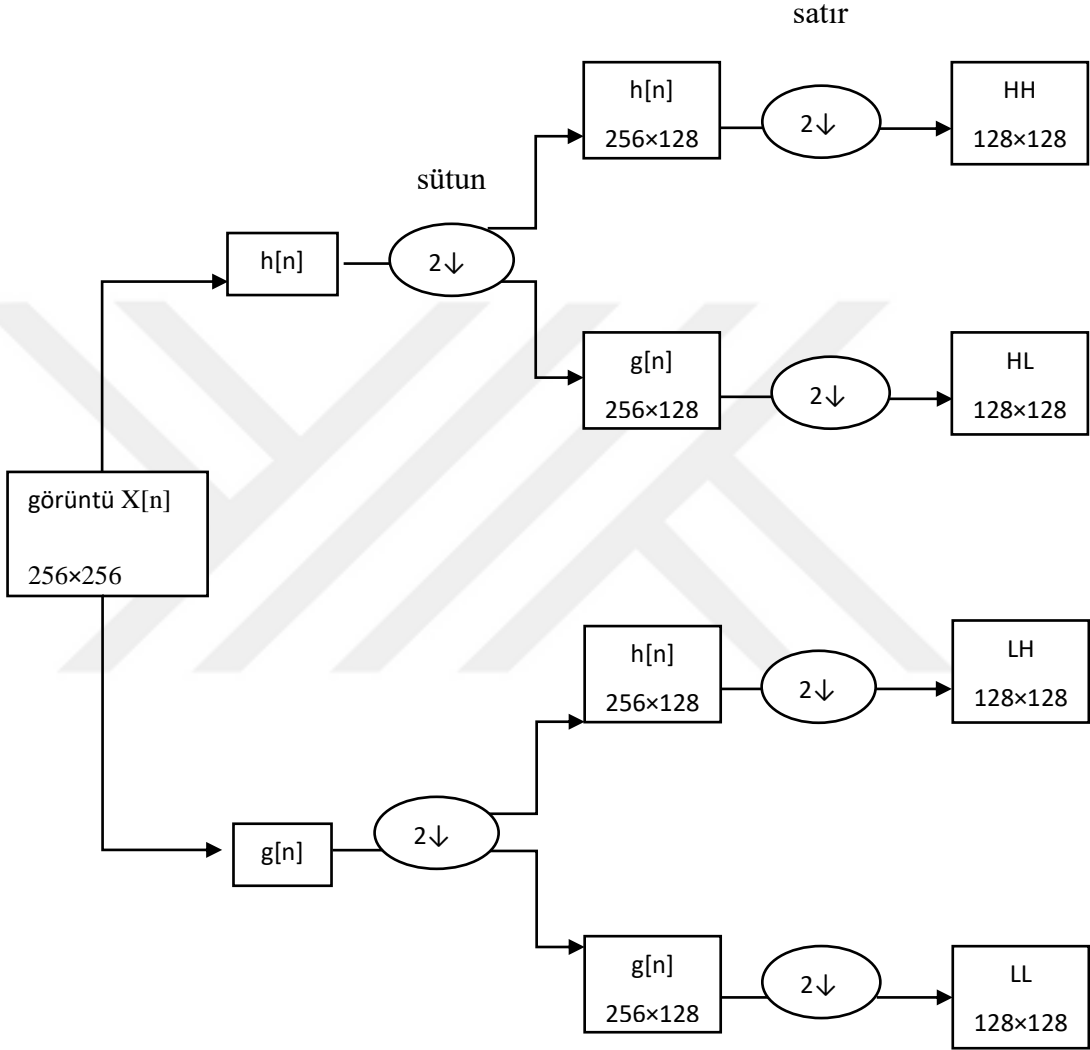


Şekil 3.15 Bir  $n \times d$  boyutlu matrisin ISVD ayrışımı

### 3.2.2 Ayrık Dalgacık Dönüşümü (DWT)

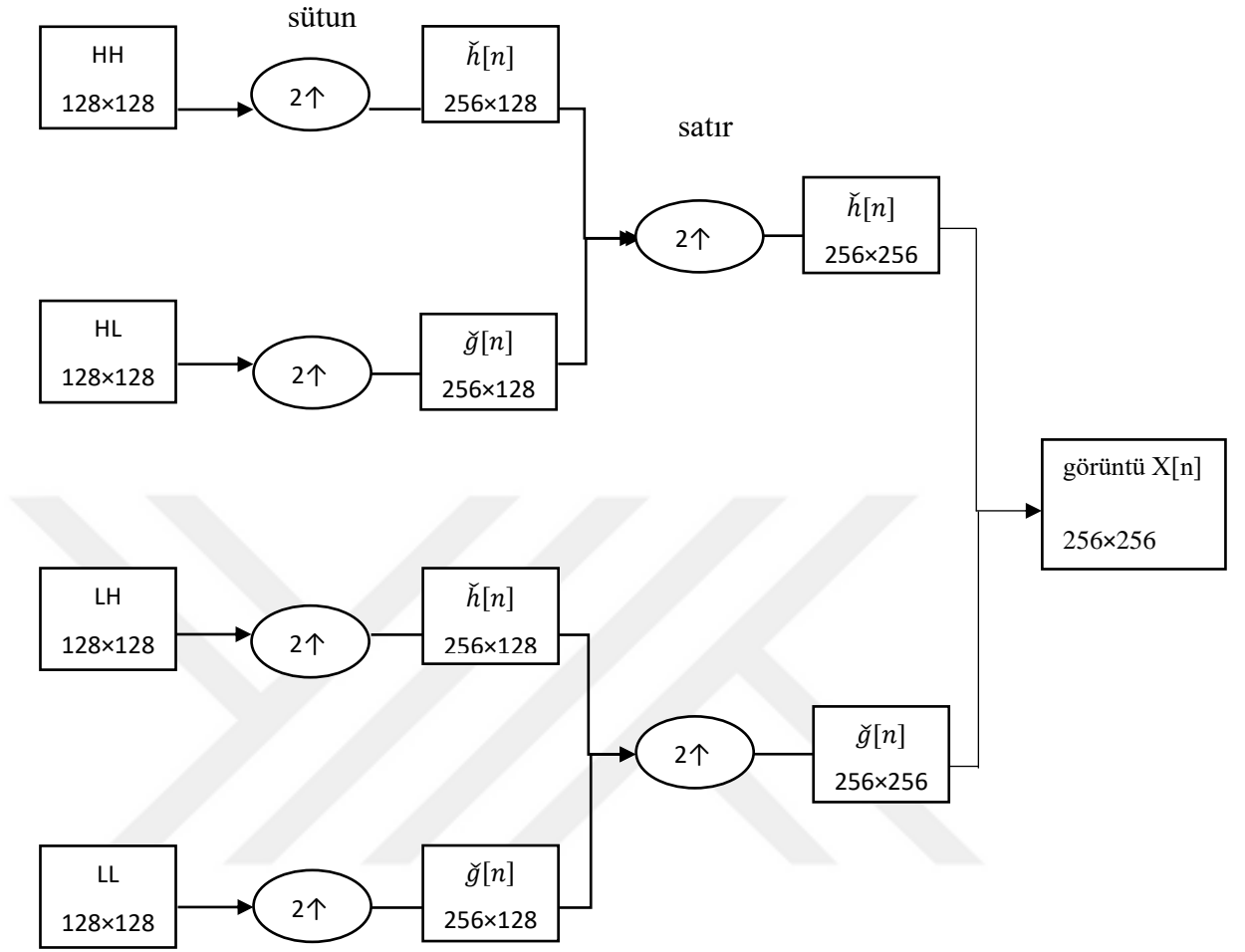
Dalgacık dönüşümü bir sinyali temel işlevler kümesine ayırır. Bu temel işlevlere dalgacık adı verilir (Russ 1999). Dalgacıklar görüntü işlemede; gürültü giderme, yüz tanıma, uydu görüntülerinin süper çözünürlüğü, özellik çıkarma ve sıkıştırma işlemlerini çok çeşitli alanlarda kullanılmıştır (Russ 1999). DWT görüntüyü farklı frekans aralıklarına ayırma işlemi görür. Bir görüntünün 2-D dalgacık ayrışması, ardarda uygulanan 1-D dalgacık ayrışması olarak düşünülebilir. İlk olarak görüntünün satırları boyunca 1-D dalgacık dönüşümü uygulandıktan sonra elde edilen sonuçların sütunlarına yeniden 1-D dalgacık dönüşümü uygulanır. Bu işlem, düşük-düşük (LL), düşük-yüksek (LH), yüksek-düşük (HL), yüksek-yüksek (HH) olarak adlandırılan dört ayrıştırılmış alt bant görüntüsü ile sonuçlanır. Dört alt bant görüntülerinin frekans bileşenleri, orijinal görüntünün frekans bileşenlerinden oluşur. İyileştirilmiş görüntü ters ayrık dalgacık dönüşümü yapılarak elde edilir.

Şekil 3.16’ da  $256 \times 256$  boyutunda bir  $X$  görüntüsünün iki boyutlu ayrık dalgacık dönüşüm diyagramı verilmiştir.



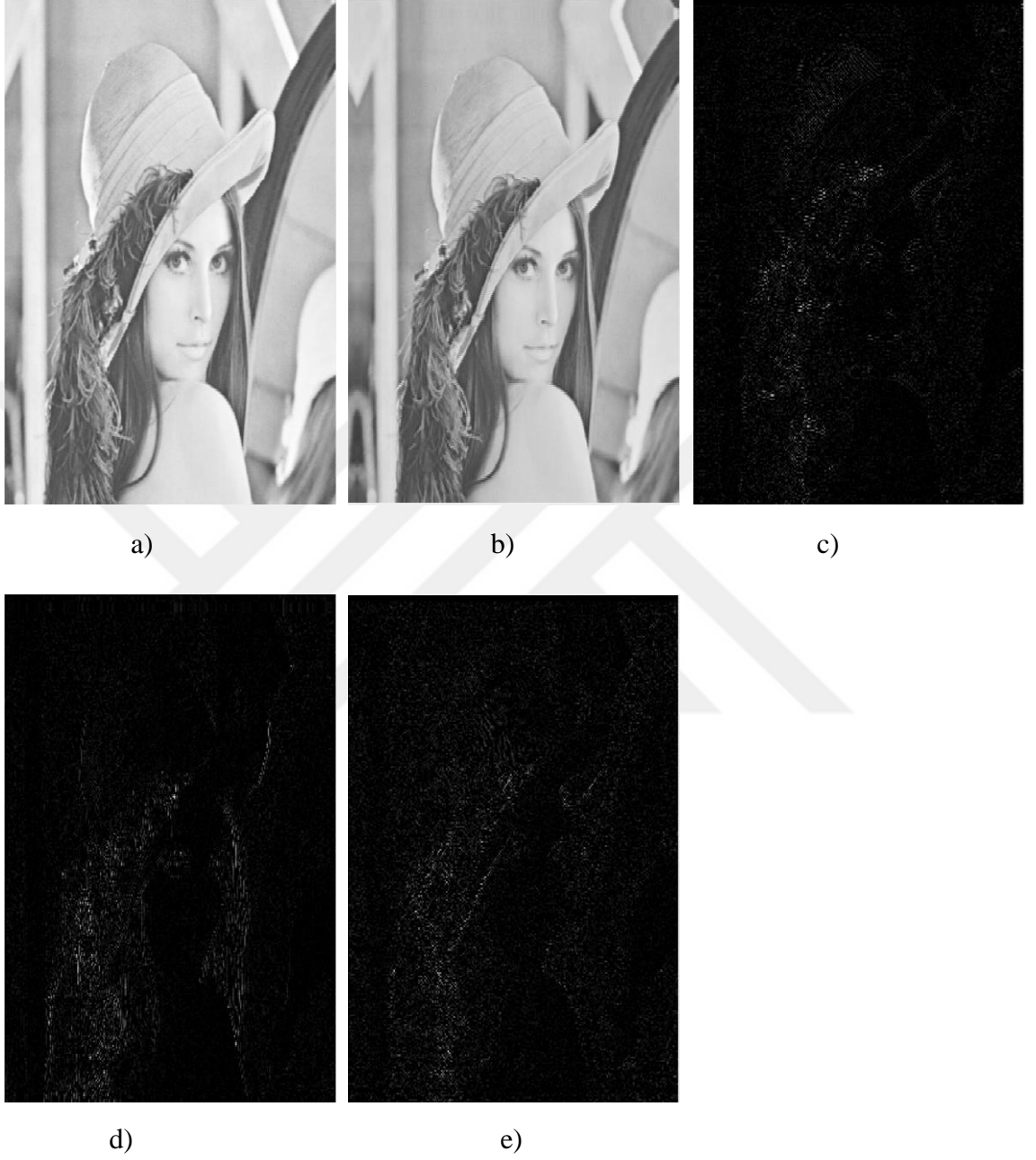
Şekil 3.16 İki boyutlu ayrık dalgacık dönüşüm diyagramı

Şekil 3.17' de iki boyutlu ters ayrık dalgacık dönüşüm diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.17 İki boyutlu ters ayrık dalgacık dönüşüm diyagramı

Şekil 3.18.a'da orijinal görüntü verilmiştir.Şekil 3.18.b-e'de sırasıyla DWT ile elde edilen 'LL', 'LH', 'HL' ve 'HH' görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.18 DWT MATLAB uygulaması a) giriş görüntüsü, b) 'LL' görüntü, c) 'LH' görüntü d) 'HL' görüntü, e) 'HH' görüntü

### 3.2.3 Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı

İlk olarak; giriş görüntüsü A'ya genel histogram eşitleme (GHE) tekniği uygulanarak  $\hat{A}$  üretilir. Ardından giriş görüntüsü A ve elde edilen  $\hat{A}$  görüntüsünün her ikisine de DWT uygulanır. DWT tekniğinde db.9/7 dalgacığı kullanılmıştır. Uygulanan DWT tekniği ile her iki görüntü dört farklı alt bant görüntüsüne ayrılır (LL, HL, LH, HH). LL alt bant görüntülerine uygulanacak SVD tekniği için, tekil değer matrisinin düzeltme katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\xi = \frac{\max(\Sigma_{LL\hat{A}})}{\max(\Sigma_{LLA})} \quad (3.7)$$

Buradaki  $\Sigma_{LLA}$ , giriş görüntüsü A'nın LL alt bant görüntüsünün tekil değer matrisi ve  $\Sigma_{LL\hat{A}}$  ise giriş görüntüsüne uygulanan GHE tekniği ile elde edilen  $\hat{A}$ 'nın LL alt bant görüntüsünün tekil değer matrisidir. Yeni LL görüntüsü elde etmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

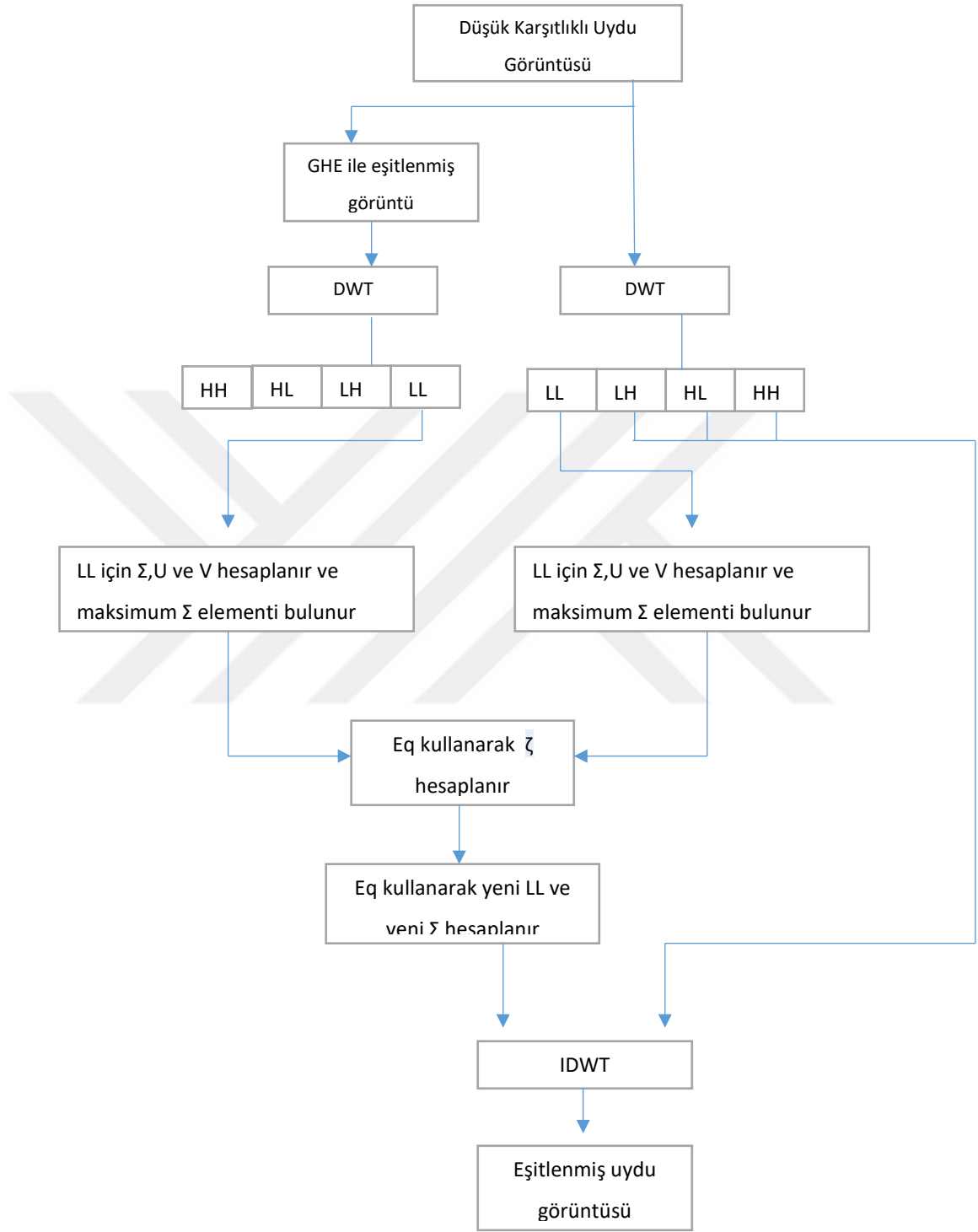
$$\Sigma_{LL\hat{A}}' = \xi \Sigma_{LLA} \quad (3.8)$$

$$LL_A' = U_{LLA} \Sigma_{LL\hat{A}}' V_{LLA}^T \quad (3.9)$$

Giriş görüntüsü A'nın alt bant görüntüleri olan LH, HL, HH ile yeni  $LL_A'$  alt bant görüntüsü IDWT tekniği uygulayarak yeni  $A'$  görüntüsü aşağıdaki gibi elde edilir.

$$A' = IDWT(LL_A', LH_A, HL_A, HH_A) \quad (3.10)$$

Kullanılan tekniğin adımları Şekil 3.19'daki diyagramda görülmektedir.



Şekil 3.19 Uygulanan eşitleme tekniğinin detaylı adımları (Demirel vd. 2010)

### 3.3 Düzenli Histogram Eşitleme ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü Kullanarak Uzaktan Algılanan Görüntülerin İyileştirilmesi (RHE-DCT)

Uygulanan yöntemde karşılıklı iyi olmayan uzaktan algılanan görüntünün karşılığını iyileştirdikten sonra yerel ayrıntıları vurgulayarak geliştirilmiş görüntü elde edilir. Yöntem iki önemli kısımdan oluşmaktadır;

- Düzenleştirilmiş Histogram eşitleme (RHE)
- Ayrık kosinüs dönüşümü (DCT)

Yöntemde belirtilen histogram eşitleme tekniği bölüm 3.1’de ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Uygulanan histogram eşitleme görüntünün karşılığında iyileştirme yaparak diğer tekniğin uygulanması için daha iyi girdi sağlar.

#### 3.3.1 Ayrık Kosinüs Dönüşümü (DCT)

Ayrık kosinüs dönüşümü, Fourier Dönüşümü gibi sinüzoidal tabanlı bir dönüşümdür. Aralarındaki en önemli fark; Fourier dönüşümünde hem kosinüs, hem de sinüs terimleri kullanılırken ayrık kosinüs dönüşümünün yalnızca kosinüs terimlerini kullanmasından dolayı kompleks bileşenler içermemesidir (Pan Z. vd. 2005). Ayrık kosinüs dönüşümü, görüntüyü kosinüs fonksiyonlarına ayırarak frekans düzlemine dönüştürülme işlemidir.

$M \times N$  boyutundaki bir  $f(x, y)$  görüntüsünün ayrık kosinüs dönüşümü için aşağıdaki formül kullanılır (Rust vd. 2000).

$$C(u, v) = \left( \frac{2}{\sqrt{MN}} \right) a(u)a(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2M} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (3.11)$$

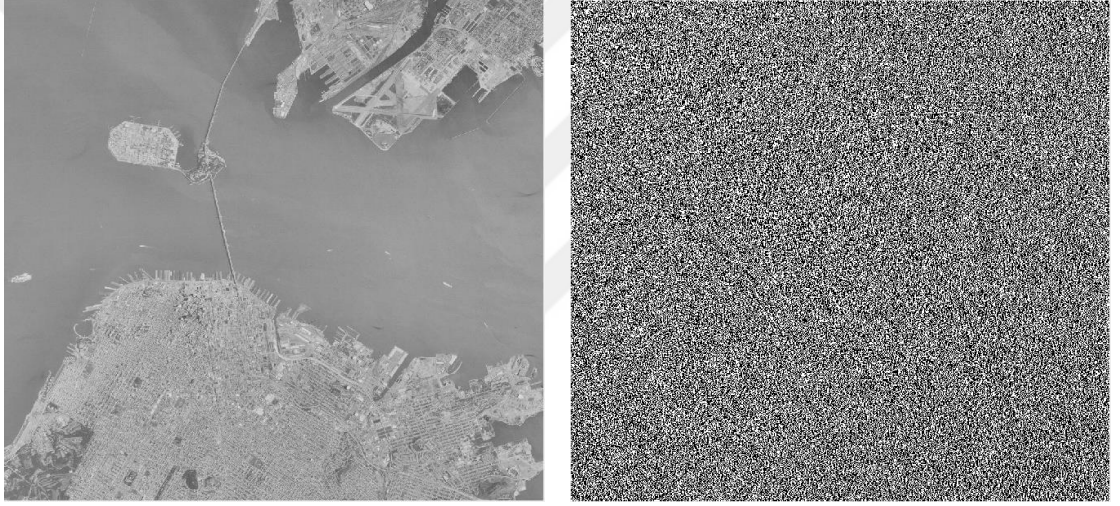
$u=0, 1, 2, \dots, M-1$  ve  $v=0, 1, 2, \dots, N-1$  ve ters ayrık kosinüs dönüşümü (IDCT) için aşağıdaki formül kullanılır.

$$f(x, y) = \left( \frac{2}{\sqrt{MN}} \right) \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} a(u)a(v)C(u, v) \cos \left[ \frac{(2x+1)u\pi}{2M} \right] \cos \left[ \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (3.12)$$

$x=0, 1, 2, \dots, M-1$  ve  $y=0, 1, 2, \dots, N-1$ ,  $a(\cdot)$  aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$a(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & w = 0 \\ 1, & \text{diğer} \end{cases} \quad (3.13)$$

Şekil 3.20.a'da orijinal görüntü verilmiştir.Şekil 3.20.b'de ayrık kosinüs dönüşüm katsayı görüntüsü verilmiştir.



a)

b)

Şekil 3.20 a) Giriş görüntüsü b) Giriş görüntü ayrık kosinüs dönüşümü katsayıları

### 3.3.2 YÖNTEMİN İNCELENMESİ VE UYGULANIŞI

Uzaktan algılama görüntülerinde karşıtlığı iyileştirmek ve görüntüdeki ayrıntıları vurgulamak için bu yöntem geliştirilmiştir. Önerilen yöntemin uygulama aşamaları aşağıdaki gibidir.

#### Global Karşıtlık Geliştirme

$M \times N$  boyutundaki giriş görüntüsü( $X$ ) ve bu  $X$  görüntüsünün dinamik aralığı olan en küçük ve en büyük elemanlarından  $[x_{min}, x_{max}]$ , global karşıtlığı iyileştirilmiş bir görüntü ( $Y_{global}$ ) ve yeni dinamik aralığı  $[y_{min}, y_{max}]$  elde edilir. 8 bitlik görüntü örneği aşağıdaki gibidir.

$$y_{min} = 0 \text{ ve } y_{max} = 2^8 - 1 = 255 \text{ olur.}$$

Histogram eşitleme tekniğinin doygunluk problemini önlemek için hedeflenen dağılım fonksiyonu ayarlanmalıdır. Giriş histogramının düzgün bir şekilde düzenlenmesi için sigmoid fonksiyonu kullanılır. Sigmoid fonksiyonu doğrusal olmayan ve sürekli bir fonksiyon olduğundan doğrusal olmayan problemlerin giderilmesi için kullanılan fonksiyon çeşitidir. Histogramdan kaynaklanan doygunluk problemi için sigmoid fonksiyonunun düzgünlüğü ve sıkıştırma özelliklerinden yararlanılarak bu problem etkili bir şekilde önlenbilir (Fu vd. 2015). Böylece yeni bir dağılım fonksiyonu ( $f$ ) üretilmiş olur.

Sigmoid fonksiyonu;

$$s(k) = \frac{1}{1+e^{-(k-1)}} - \frac{1}{2} \quad (3.14)$$

Şeklinde verilebilir.  $k=1, 2, \dots, K$  ve  $K$  giriş görüntüsünün( $X$ ) gri düzeylerinin sayısıdır. Bu fonksiyon yardımıyla elde edilen yeni dağılım fonksiyonu;

$$f(k) = s(k)(1 + h(k)) \quad (3.15)$$

Biçimindedir. Buradaki  $h(k)$  giriş görüntüsünün histogramıdır. Dağılım fonksiyonu  $f$ 'e göre daha normalize edilirse;

$$f(k) \leftarrow \frac{f(k)}{\sum_{t=1}^k f(t)} \quad (3.16)$$

Düzgün dağılım fonksiyonu ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$F(k) = \sum_{t=1}^k f(t) \quad (3.17)$$

Yeni gri seviye değerleri olan  $y(k)$ ,  $F(k)$ ,  $y_{min}$  ve  $y_{max}$  değerleri kullanılarak bulunur.

$$y(k) = [F(k)(y_{max} - y_{min}) + y_{min}] \quad (3.18)$$

Son olarak global karşılıklı görüntü  $Y_{global}$ , yeni gri seviye değerleri ile standart bir arama tablosu tabanlı HE prosedürü benimsenerek elde edilir (Fu vd. 2015).

### Yerel Detay Geliştirme

Global karşılıklı iyileştirilmiş görüntünün yerel ayrıntılarını vurgulamak için ayrık kosinüs dönüşümü (DCT) uygulanır. İki boyutlu görüntüler için 2-D DCT katsayıları formüle edilmiştir (Gonzalez vd. 2006). Bu eşitlik (3.11)'de verilmiştir. Uygulanan yöntemde  $M \times N$  boyutundaki D görüntüsü için 2-D DCT katsayıları;

$$D(h, w) = c_h c_w \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} Y_{global}(i, j) \cos\left(\frac{\pi(2i+1)h}{2M}\right) \cos\left(\frac{\pi(2j+1)w}{2N}\right) \quad (3.19)$$

Uygulanan yöntemde  $c_h$  ve  $c_w$  için aşağıdaki hesaplamalar yapılır;

$$c_h = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{M}} , & h = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{M}} , & 1 \leq h \leq M - 1 \end{cases}$$

$$c_w = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}} , & w = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} , & 1 \leq w \leq M - 1 \end{cases}$$
(3.20)

$D(0,0)$  değeri, görüntünün en küçük enerji bileşenidir. Bir görüntünün yerel ayrıntılarını vurgulamak için görüntüyü temsil eden düşük enerji bileşenleri değiştirilmeli veya ayarlanmalıdır. Yüksek enerji bileşenleri ise değiştirilmemeli ve korunmalıdır. Bu bilgilere dayanarak,  $D$  katsayılarını doğru bir şekilde ayarlamak için eşikleme algoritması tasarlanmıştır ve aşağıdaki gibidir (Fu vd. 2015).

$$D'(h, w) = \begin{cases} D(h, w) , & D(h, w) > 0,01 \times D(0,0) \\ aD(h, w) , & \text{diğer} \end{cases}$$
(3.21)

Burada  $a$ , yerel ayrıntıyı geliştirme seviyesini kontrol eden bir parametredir ve  $a$  için basit otomatik parametre ayarı aşağıdaki gibidir (Fu vd. 2015).

$$a = 1 + \sqrt{(std(Y_{global}) - std(X)) / (2^B - 1)}$$
(3.22)

$B$  görüntünün bit derinliğidir. Örneğin 256 gri seviyeli görüntünün bit derinliği 8'e eşittir.  $std(Y_{global})$  ve  $std(X)$ , global karışıklığı geliştirilmiş olan  $Y_{global}$  görüntüsü ile  $X$  giriş görüntüsünün standart sapma değerleridir. Bu iki standart sapma değerlerinin arasındaki fark fazla ise sonuç olarak daha fazla yerel detaylar elde edilir. Son olarak çıkış görüntüsü için  $D$  görüntüsüne ters ayırık kosinüs dönüşümü (IDCT) uygulanarak global karışıklığı gelişmiş ve yerel ayrıntıları vurgulanmış bir görüntü elde edilir.

### 3.4 Puslu Görüntü Modeli Kullanılarak Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme Modeli (HIM)

Uzaktan algılanan görüntülerin görüntü kalitesini artırmak ve daha iyi görüntü yorumlanabilirliğini sağlamak için görüntü karşıtlığı ve kenar bilgileri geliştirilmelidir. Ancak gelişmiş ve otomatik uzaktan algılama uygulamaları için giriş görüntüsünün orijinal yansıma bilgileri korunmalıdır (Demirel vd. 2010; Fu vd. 2015).

Uygulanan yöntemde uzaktaktan algılanan görüntüyü puslu görüntü modeli ile modellemektedir ve bu yöntem bulanık görüntüler için kullanılır (Narasimhan vd. 2003). Pus giderme yöntemleri puslu görüntü modeli için bilinmeyen iki parametre olan atmosferik ışık katsayısı ve iletim haritasını tanımlamaya çalışırlar (Narasimhan vd. 2003). Pus giderilmek istenen görüntüler için atmosferik ışık katsayısı genellikle görüntüdeki en parlak piksellerin kullanımıyla tahmin edilir ve bulunan atmosferik ışık katsayısı ile giriş görüntüsü yardımıyla iletim haritası belirlenir (Narasimhan vd. 2003). Önerilen iyileştirme yöntemde pus içermeyen uzaktan algılama görüntülerini geliştirmeyi amaçladığından; atmosferik ışık katsayısı orijinal görüntünün en parlak piksel değeri yerine ortalama değerine göre elde edilir ve iletim haritası standart sapma ve giriş görüntüsünün ortalamasını kullanarak tahmin edilir (Kaplan 2018).

#### 3.4.1 Puslu Görüntü Modeli

Yaygın olarak kullanılan puslu görüntü modeli aşağıdaki gibi tanımlanır (Narasimhan vd. 2003).

$$I(x) = J(x)t(x) + A(1 - t(x)) \quad (3.23)$$

Burada  $I(x)$  puslu görüntü,  $J(x)$  pus içermeyen giriş görüntüsünün parlaklığını,  $A$  atmosferik ışık katsayısını,  $t(x)$  ise iletim haritasını temsil eder.  $J(x)$  aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$J(x) = \frac{I(x) - A(1 - t(x))}{t(x)} \quad (3.24)$$

### 3.4.2 Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı

Yöntemde ilk olarak ışık katsayı tahmini yapılır, ardından yapılan bu tahminin değeri eğer büyük ise iletim haritası daha parlak ve pürüzsüz, küçük ise daha karanlık bir iletim haritası elde edilir. Daha parlak olan iletim haritası kullanımında elde edilecek görüntü daha karanlık ve düşük karşıtlıklı, daha karanlık olan iletim haritası için ise görüntü daha fazla kenar bilgisi ve aşırı doygunluk gösterir.

Atmosferik ışık katsayısı aşağıdaki eşitlik ile bulunur.

$$A = 1/KL \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L I(k, l) \quad (3.25)$$

Buradaki k ve l değerleri giriş görüntüsünün piksel değerlerini, K ve L değerleri ise görüntünün boyutlarını temsil eder. İkinci adım olan iletim haritası tahmini aşağıda gösterilmiştir (He vd. 2010).

$$t(x) = 1 - \omega \psi \left( \frac{1}{A} \right) \quad (3.26)$$

Buradaki  $\psi$  orijinal görüntüyü, A tahmini ışık katsayısını ve son olarak  $\omega$  karanlık kanal operatörünü temsil eder. Son adım olarak ışık halkası etkilerini azaltmak için hesaplanan iletim haritasına yumuşak bir (matting) etki uygulanır (He vd. 2010). Önerilen yöntemde 3.26' da verilen eşitlikteki karanlık kanal operatörü yerine görüntünün standart sapması kullanılır.

$$t(x) = 1 - \sigma_1 \left( \frac{1}{A} \right) \quad (3.27)$$

$\sigma_1$  orijinal görüntünün standart sapmasıdır.

Yukarıda açıklanan tüm bu geliştirme prosedürü denklem (3.24), (3.25) ve (3.27)'yi içine alarak tek bir denklem ile aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir (Kaplan 2018).

$$J = \frac{I - \mu \left(1 - \sigma \frac{1}{\mu}\right)}{1 - \frac{\sigma I}{\mu}} = \frac{1 - \sigma I}{1 - \frac{\sigma I}{\mu}} = \frac{\mu I (1 - \sigma)}{\mu - \sigma I} \quad (3.28)$$

Buradaki  $\mu$  atmosferik ışık katsayısıdır ve denklem (3.28)' de verilen tek bir denklem ile basit bir iyileştirme formülü elde edilir.

### 3.5 Bilateral Filtreleme ile Uzaktan Algılama Görüntü İyileştirme Modeli (BF)

Önerilen yöntemde bilateral filtreleme yöntemi kullanılarak görüntü yaklaştırılarak detay alt katmanlarına ayrılır. Detay alt katmanları büyütülür ve yaklaşım katmanına eklenerek iyileştirilmiş görüntü elde edilir (Kaplan vd. 2017).

Filtreleme, görüntüyü zenginleştirmek ve görüntüde oluşan gürültüyü azaltmak veya gidermek için kullanılan görüntü işlemenin en temel işlevlerindedir. Görüntü üzerine uygulanan çeşitli filtreleme yöntemleri ile görüntü netleştirme, yumuşatma, kenar keskinleştirme ve kenar bulma gibi işlemler gerçekleştirilebilir. Filtre boyutları  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $9 \times 9$  veya  $11 \times 11$  şeklinde olabilir. Filtreleme yöntemi görüntüdeki her piksel değerinin yeniden hesaplanması işlemidir.

#### 3.5.1 Çoklu Ölçekli Bilateral Filtre

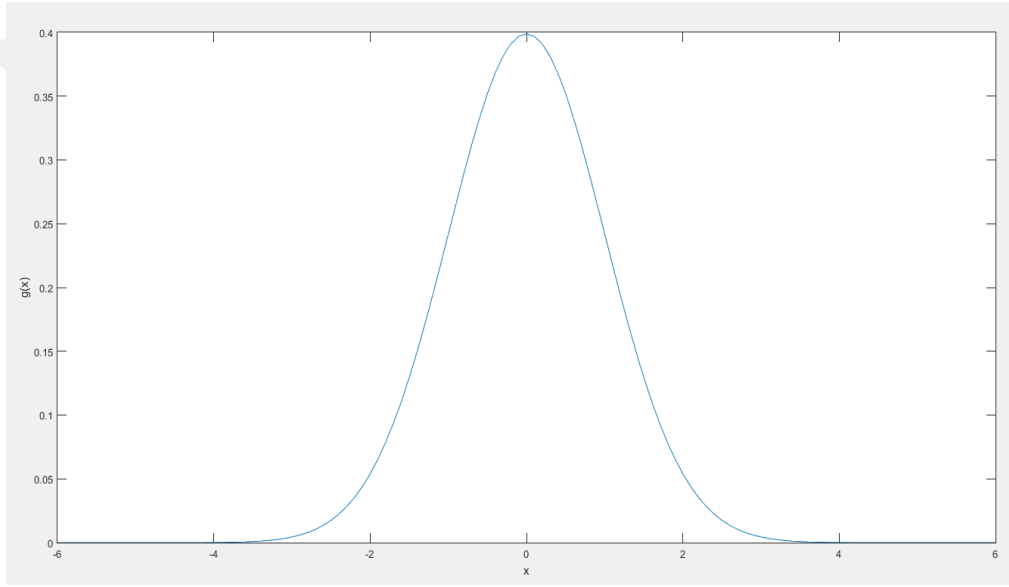
Doğrusal ve tekrarlamalı olmayan bilateral filtreleme yönteminde, görüntü piksellerinin çevre piksellere olan yakınlığına ve fotometrik olarak benzerliklerine bakılır. Görüntüyü oluşturan piksellerin ağırlıklı ortalaması alınır ve bu ağırlık ortalaması hem alan hemde alandaki gri seviye değerlerine bağlıdır. Bilateral filtreleme yöntemi görüntüdeki kenarları korurken görüntüde istenmeyen gürültüyü azaltır.

Bilateral filtre uzaysal ve fotometrik olmak üzere iki Gauss operatöründen oluşur. Gauss filtreleme 2 boyutlu konvolüsyon operatörüdür. Konvolüsyon, görüntüyü

oluşturan her bir pikselin kendi değeri ile çevre piksellerin ağırlıklı ortalaması ile bulunur.

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.29)$$

Yukarıda verilen (3.29) denklem Gauss denklemidir ve  $\sigma$  standart sapma değeridir. Bu denklem ile elde edilen çan eğrisi Şekil 3.21’de verilmiştir.



Şekil 3.21 Gauss Çan Eğrisi

Bilateral filtreleme için uzaysal ve fotometrik Gauss filtre için aşağıdaki denklemler verilmiştir.

$$G_{\sigma S}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.30)$$

$$G_{\sigma r}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (3.31)$$

Çıkış görüntü  $I$  olan bilateral filter denklemi aşağıdaki gibidir (Kaplan vd. 2014).

$$BF[I] = \left(\frac{1}{W}\right) \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) I_q \quad (3.32)$$

Buradaki  $p$  görüntüdeki mevcut pikselin bulunduğu yer,  $q$  komşu pikselleri,  $q$  ise komşu pikselleri belirleyen pencere boyutudur.  $W$  ise normalleştirme parametresidir ve aşağıdaki gibi belirlenir.

$$W = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) \quad (3.33)$$

Uzaysal çekirdek  $G_{\sigma_s}$  yakın piksellerin etkisini artırırken, fotometrik kernel  $G_{\sigma_r}$  yoğunluk değeri mevcut piksel olan  $p$ 'ye yaklaştığı zaman  $q$  pikselinin etkisini artırır. Çok ölçekli bilateral filtre uygulamasında uzaysal parameter  $\sigma_s$  'in iki katına çıkarılması ve alansal parameter  $\sigma_r$  'nin her bir seviyedeki verilerin yarıya indirilmesi ile aşağıdaki gibi elde edilir (Kaplan vd. 2014).

$$D^j[I] = BF^{j-1}[I] - BF^j[I] \quad (3.34)$$

Burada  $j$  ayrışma seviyesi olup  $D$  bu ayrışma seviyesinden elde edilen detay görüntüsüdür ve çıkış görüntüsü  $I$  olan bilateral filtrenin sıfıncı kuvveti orijinal çıkış görüntüsüne eşittir yani  $BF^0[I] = I$  olur.

Ayrışma seviyesi  $L$  için orijinal görüntü aşağıdaki gibi yeniden elde edilir.

$$A = \sum_{j=1}^L D^j[I] + BF^L[I] \quad (3.35)$$

$BF^L$ ,  $L$ . seviye artık görüntüsü olarak da adlandırılır.

### 3.5.2 Yöntemin İncelenmesi ve Uygulanışı

Yöntemde ilk olarak giriş görüntüsü (3.29)'da verildiği gibi çoklu ölçekli bilateral filtre ile detay ve yaklaşık katmanlarına ayrıştırılır. İyileştirilmiş görüntüyü elde etmek için yükseltilmiş detay görüntüleri artık bilateral görüntüsüne eklenir. Bu işlem aşağıda verilmiştir.

$$I_E = BF^L[I] + \sum_{j=1}^L W_j D^j[I] \quad (3.36)$$

Burada  $I_E$  geliştirilmiş sonuç görüntüsüdür.  $W_j$  ise j. detay katmanlarına uygulanan ağırlık katsayısıdır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

İncelenen beş yöntem için araştırma bulguları, görsel ve nicel sonuçlar olmak üzere iki başlık altında ele alınmıştır. Görsel sonuçlar için incelenen yöntemlerin uygulaması 'MATLAB' programında gerçekleştirilmiştir. Nicel sonuçlar için ise EME (İyileştirmenin Ölçülmesi-Measurement of Enhancement), CG (Kontrast Kazancı-Contrast Gain) ve DE (Ayrık Entropi-Discrete Entropy) kalite ölçütleri kullanılmıştır.

### 4.1 Görsel Sonuçlar

Uygulanan beş yöntem için helikopter, uydu (QuickBird), tank görüntüleri kullanılmıştır. MATLAB programında uygulanan yöntemlerin görsel sonuçları aşağıdaki gibidir.

Karşılaştırma için kullanılan ilk görüntü Şekil 4.1.a'da verilen tank görüntüsüdür. Şekil.4.1.b-f' de, sırasıyla, histogram eşitleme (HE), ayrık dalgacık dönüşümü ve tekil değer ayrışımı (DWT-SVD), düzenli histogram eşitleme ile ayrık kosinüs dönüşümü (RHE-DCT), puslu görüntü modeli ve bilateral filtre modeli yöntemleri uygulanarak elde edilen görüntüler verilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.1 a) Giriş tank görüntüsü, iyileştirilmiş sonuçlar için; b) HE, c) DWT-SVD, d) RHE-DCT, e) Puslu Görüntü Modeli f) Bilateral Filtre Modeli

HE ve RHE-DCT teknikleri ile elde edilen görsellerde karşıtlık geliştirilmiş ancak orijinal görüntünün renk değerlerinde bozulmalar olmuştur. DWT-SVD tekniği ile elde edilen görselde ise karşıtlık arttığı kenar bilgilerinin korunduğu gözlenmiştir. Puslu görüntü modeli ve bilateral filtre modeli ile elde edilen görsellerde kenar bilgilerinin diğer yöntemlere göre daha iyi korunduğu ancak karşıtlıkta bozulmalar olduğu izlenmiştir.

Şekil 4.2.a'da verilen giriş görüntüsü uzaktan algılanan bir tarım alanını göstermektedir. Şekil.4.2.b-f' de, sırasıyla, histogram eşitleme (HE), ayrık dalgacık dönüşümü ve tekil değer ayrışımı (DWT-SVD), düzenli histogram eşitleme ile ayrık kosinüs dönüşümü (RHE-DCT), puslu görüntü modeli ve bilateral filtre modeli yöntemleri uygulanarak elde edilen görüntüler verilmiştir.



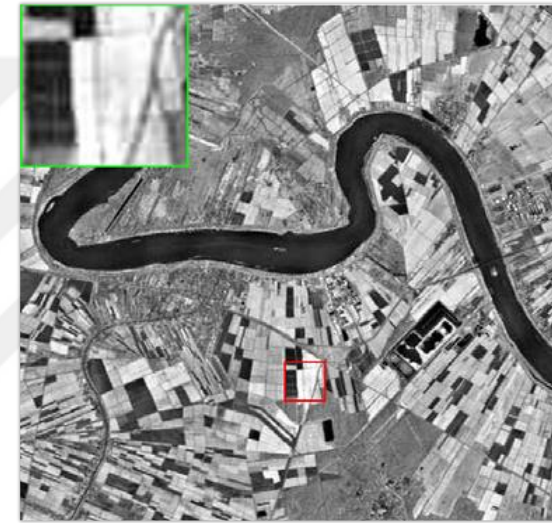
(a)



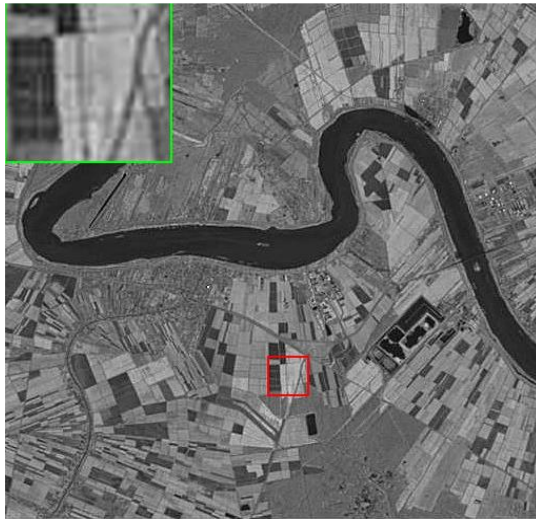
(b)



(c)



(d)



(e)

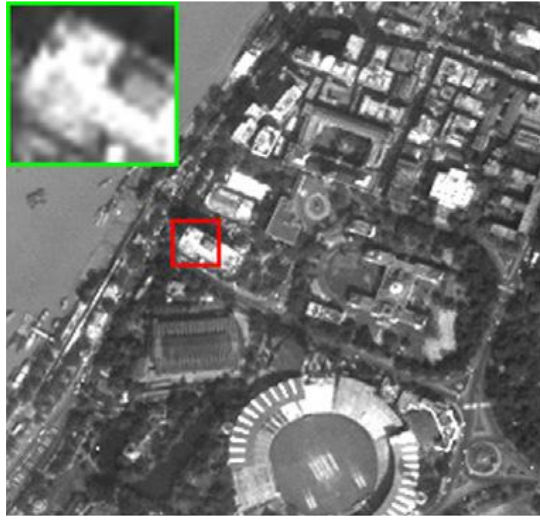


(f)

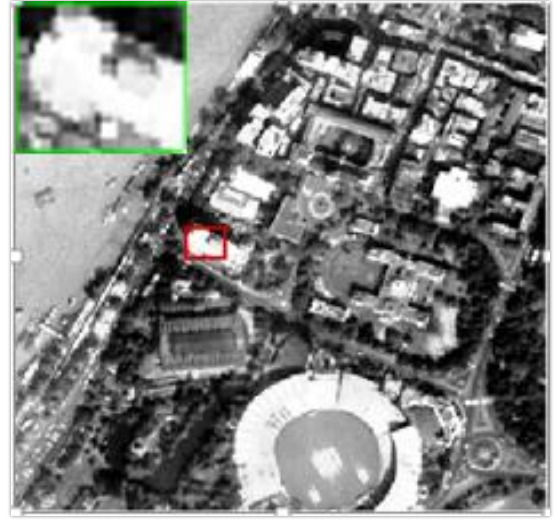
Şekil 4.2 a) Giriş helikopter görüntüsü, iyileştirilmiş sonuçlar için; b) HE, c) DWT-SVD d) RHE-DCT, e) Puslu Görüntü Modeli, f) Bilateral Filtre Modeli

Karşılaştırma için sol üst köşede yeşil kare, görüntüdeki kırmızı kare alanın yakınlaştırılmış görüntüsüdür. HE ve RHE-DCT görüntülerinde karşıtlıkta iyileşme olmuştur ancak görüntünün kenar bilgilerinde kayıplar meydana gelmiştir. DWT-SVD tekniği diğer iki yöntemden nispeten daha zengin yerel ayrıntılar vurgulanmıştır. Puslu görüntü modeli ve bilateral filtre modeli görüntülerinde orijinal yansımalar ve kenar bilgileri korunmuştur ancak karşıtlıkta bozulmalar meydana gelmiştir.

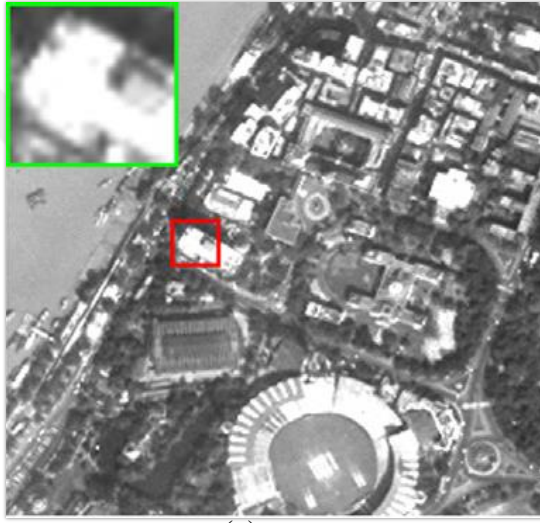
Karşılaştırma için son olarak Şekil 4.3.a 'da uydu (QuickBird) giriş görüntüsü kullanılmıştır. Bu düşük karşıtlığa sahip ve yerel ayrıntıları net olmayan bir uydu görüntüsüdür. Şekil.4.3.b-f' de, sırasıyla, histogram eşitleme (HE), ayırık dalgacık dönüşümü ve tekil değer ayrışımı (DWT-SVD), düzenli histogram eşitleme ile ayırık kosinüs dönüşümü (RHE-DCT), puslu görüntü modeli ve bilateral filtre modeli yöntemleri uygulanarak elde edilen görüntüler verilmiştir.



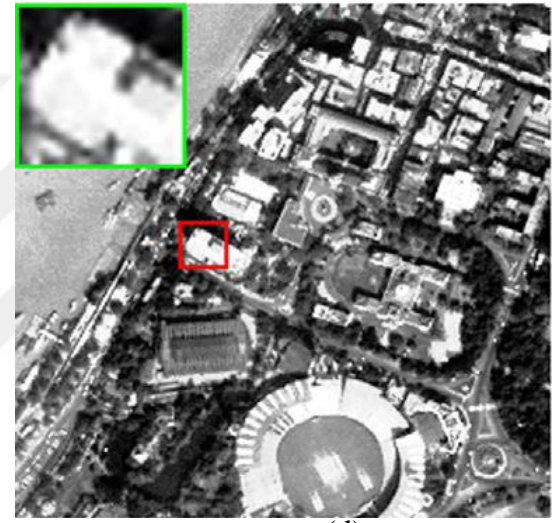
(a)



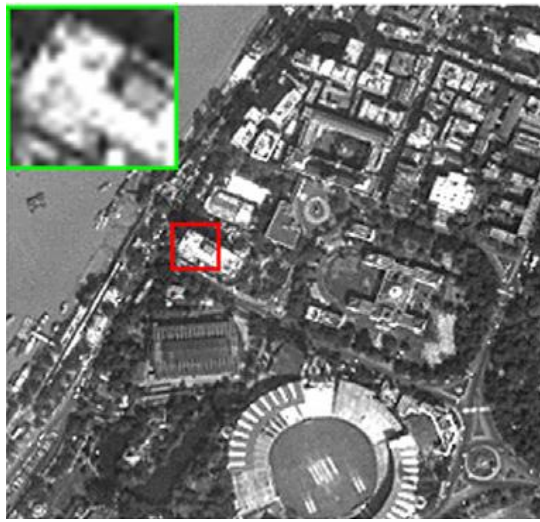
(b)



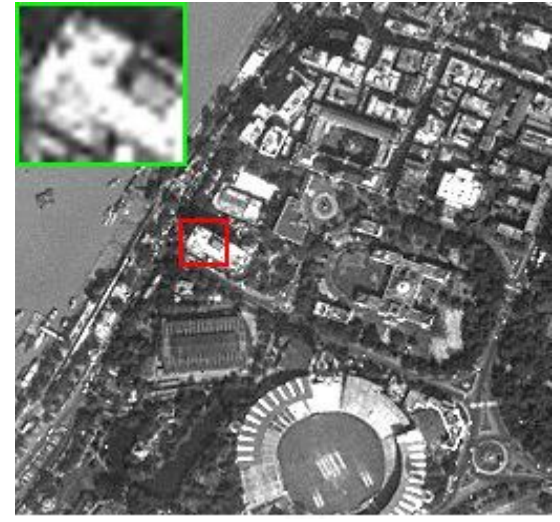
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 4.3 a)Giriş uydu (quickbird) görüntüsü, iyileştirilmiş sonuçlar için; b) HE c) DWT-SVD d) RHE-DCT, e) Puslu Görüntü Modeli, f) Bilateral Filtre Modeli

HE tekniği uygulanan görüntüde etkili Şekilde karşıtlık geliştirilmiştir fakat histogram eşitlemede aşırı doymamıŐlık problemi sebebiyle görüntüdeki yerel ayrıntılarda bilgi kaybı olmuştur. RHE-DCT tekniği ile görüntü kontrastı zenginleŐmiŐ fakat yerel ayrıntılar yeterince vurgulanmamıŐtır. DWT-SVD ile yansıma değerleri korunarak karşıtlık artmıŐtır. Puslu görüntü modeli ve bilateral filtre modeli ile görüntünün yerel ayrıntıları zenginleŐtirilmiŐtir.

## 4.2 Nicel SonuÇlar

Uzaktan algılanan görüntüler iÇin görüntü iyileŐtirmede önemli adımlardan biri de uygun bir iyileştirme lŐm kullanmaktır. Görüntü iyileŐtirildikten sonra elde edilen iyileştirmenin lŐlmesi zordur. İyileştirme yönteminin hem nesnel hem de öznel geŐerliliđini belirten evrensel bir lŐt yoktur (Kim vd. 1997). Bu bölümde niceliksel lŐm türleri ve görüntü iyileştirme performansını değerlendirmek iÇin nicel olarak sonuÇlar ele alınacaktır.

### İyileştirmenin lŐt (EME)

EME görüntüde netlik lŐm iÇin görüntü iŐeriđi hakkında bilgi verir. Görüntüyü oluşturan gri seviye değerlerini kodlamak iÇin ihtiyaŐ duyulan bit sayısını bulur. İyileştirilmiş görüntüye uygulanan iyileştirmenin lŐt ile görüntüdeki detayların zenginliğini lŐer. EME lŐm iyileştirilmiş görüntünün netlik ve karşıtlığı hakkında bilgi verir. Bu lŐm aşağıdaki gibi hesaplanır (Agaian vd. 2000).

$$EME = \frac{1}{k_1 k_2} \sum_{i=1}^{k_1} \sum_{j=1}^{k_2} 20 * \log \frac{I_{max}(i,j)}{I_{min}(i,j)+c} \quad (4.1)$$

Burada I giriş görüntüsü,  $k_1$  ve  $k_2$  görüntünün satır ve sütün blokları,  $I_{max}$  ve  $I_{min}$  ise bu blokların maksimum ve minimum değerleridir. c ise bölümün sıfır olmaması iÇin 0.0001'e eşit sabit bir değerdir.

İyileştirilmiş görüntünün EME değeri çok yüksek ise iyileştirilmenin yüksek olduğu ve görüntünün yerel ayrıntı bilgilerinde kayıplar oluştuğu söylenebilir. EME değeri düşük ise iyileştirmenin yetersiz olduğu ve karışıklığın yeterince artmadığı söylenebilir. Karışıklığı artırmak ve daha fazla yerel ayrıntıları korumak için uygun EME değerine sahip olmak gerekir.

### Kontrast Kazancı (CG)

Uzaktan algılanan görüntüler için görüntü iyileştirme tekniklerinin karışıklık ölçümleri görüntüyü oluşturan piksellerin kullanımıyla hesaplanır. Karışıklık ölçümü için Michelson kontrast ölçümü kullanılır. Michelson kontrastı aşağıdaki gibi tanımlanır (Michelson 1995).

$$CG = C_{Michelson} = \frac{\max - \min}{\max + \min} \quad (4.2)$$

Burada max ve min değerleri sırasıyla görüntünün en yüksek ve en düşük yoğunluk değerleridir. Bu ölçü genellikle parlaklık ve karanlık özellikleri eşit olan görüntüler için tercih edilir.

### Ayrık Entropi

Ayrık entropi, rastgeleliğin istatistiksel ölçütüdür ve görüntü verilerinin kodlanması için gerekli olan bit miktarının ölçülmesinde kullanılır. Ayrık entropi aşağıdaki gibi hesaplanır (Shannon 1948; Shin vd. 2015).

$$DE(X) = - \sum_{k=1}^K p(x_k) \log p(x_k) \quad (4.3)$$

Burada  $p(x_k)$  giriş görüntüsünden elde edilen  $x_k$  piksel değerlerinin olasılığıdır. Yüksek ayrık entropi değeri X görüntüsünün zengin detayları olduğunu gösterir.

Çizelge 4.1’de tank görüntüsüne görüntü iyileştirme tekniklerinin uygulanmasından sonra elde edilen sonuç görüntülerinin nicel ölçüm sonuçları hesaplanmıştır.

ÇİZELGE 4.1  
TANK GÖRÜNTÜSÜNÜN NİCEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

	GİRİŞ	HE	DWT-SVD	RHE-DCT	HIM	BF
EME( $10^5$ )	1,0114	0,6852	3,048	4,2659	5,301	<b>5,71</b>
CG	0,1144	0,011	0,1808	0,2342	<b>0,2813</b>	0,2541
DE	6,98	5,96	7,20	<b>8,18</b>	5,46	5,71

İyileştirilmiş tank görüntüsü için yüksek EME değerleri HIM ve BF için hesaplanmıştır. Yüksek EME değeri iyileştirme performansının iyi olduğunu gösterir. CG değeri görüntü kontrastı hakkında bilgi verir. Yüksek CG değeri HIM tekniğinde ölçülmüştür ve yüksek CG değeri görüntü parlaklık aralığının diğer iyileştirme tekniklerinden daha yüksek olduğu anlamına gelir. Yüksek DE değeri görüntünün zengin detayları olduğunu gösterir ve yüksek DE değeri RHE-DCT tekniğinde ölçülmüştür.

Çizelge 4.2’de uydu görüntüsüne görüntü iyileştirme tekniklerinin uygulanmasından sonra elde edilen sonuç görüntülerinin nicel ölçüm sonuçları hesaplanmıştır.

ÇİZELGE 4.2  
UYDU GÖRÜNTÜSÜNÜN NİCEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

	GİRİŞ	HE	DWT-SVD	RHE-DCT	HIM	BF
EME( $10^5$ )	2,99	1,58	3,88	14,01	20,3	<b>27,17</b>
CG	0,1932	0,081	0,2186	0,351	0,2854	<b>0,385</b>
DE	7,23	5,96	7,45	<b>8,36</b>	5,49	7,41

EME değerlerine bakıldığında en yüksek değer BF tekniğinde, ona yakın değer olarak HAZY tekniğinde ölçülmüştür ve iyileştirilmenin en iyi olduğu yöntem bu iki yöntemdir. CG değeri en yüksek BF tekniğinde ve bu değere yakın değer olarak RHE-DCT tekniğinde ölçülmüştür ve sonuç olarak en iyi kontrast iyileştirilmesi bu iki teknikte elde edilmiştir. DE değeri en yüksek RHE-DCT tekniğinde ölçülmüştür ve ölçüm sonucu bakılarak diğer yöntemlere göre daha zengin ayrıntılara sahip olan görüntü RHE-DCT tekniğinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.3'de helikopter görüntüsüne görüntü iyileştirme tekniklerinin uygulanmasından sonra elde edilen sonuç görüntülerinin nicel ölçüm sonuçları hesaplanmıştır.

ÇİZELGE 4.3  
HELİKOPTER GÖRÜNTÜSÜNÜN NİCEL ÖLÇÜM SONUÇLARI

	GİRİŞ	HE	DWT-SVD	RHE-DCT	HIM	BF
EME( $10^5$ )	8,94	9,66	64,17	159.81	172.89	<b>178,16</b>
CG	0,1113	0,01	0,1543	0,2115	<b>0,2411</b>	0,2313
DE	6,35	5,81	7,27	<b>7,76</b>	4,31	6,65

En yüksek EME değeri BF tekniğinde ölçülmüştür ve bu değere yakın değerler sırasıyla HIM ve RHE-DCT tekniklerinde hesaplanmıştır. En yüksek CG değeri HIM tekniğinde ölçülmüştür bu değere yakın olarak BF tekniği ölçülmüştür, en iyi kontrast iyileştirilmesine sahip görüntüler bu iki teknikle elde edilmiştir. En yüksek DE değeri ise RHE-DCT tekniğinde ölçülmüştür.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, uzaktan algılama görüntüleri için güncel ve etkin görüntü iyileştirme teknikleri incelenmiştir. İlk olarak Histogram Eşitleme tekniği incelenmiştir, bu teknikte görüntünün her parlaklık seviyesindeki piksel sayılarının yaklaşık olarak birbirine eşit olmasını yani düzgün dağılımlı olmasını sağlar. Bu histogram veya olasılık dağılım fonksiyonu daha önce farklı parlaklık seviyesine sahip pikseller aynı değerlere sahip olabilir ya da daha önce çok yakın parlaklık seviyesine sahip olan piksel değerleri birbirinden uzaklaşabilir. Bu teknikte mevcut görsel ve nicel sonuçlara bakıldığında görüntünün düşük görünürlüğü iyileştirse de görüntünün yapısına ve gri değerler arasındaki ilişkiye zarar verdiği anlaşılmaktadır. İkinci olarak Ayrık Dalgacık Dönüşümü-Tekil Değer Ayrışımı tekniği incelenmiştir. İyileşmeyi sağlamak için DWT ile görüntü dört farklı frekans alt bandına ayrılır, yüksek frekanslı altbantlar kenar bilgisi içerir. Bu nedenle kenar bilgilerini muhtemel bozulmalara karşı korumak için sadece aydınlatma bilgisi içeren LL altbandına SVD tekniği uygulanarak aydınlatma artımı sağlanır. İyileştirilmiş görüntü IDWT ve ISVD teknikleri uygulanarak elde edilir. Elde edilen görsel ve nicel sonuçlara bakıldığında karşıtlığı artmış bir görüntü elde edilir, fakat uygulanan teknikte sadece LL altbandı için işlem yapıldığından istenilen kenar iyileştirme yeteri kadar iyi değildir. Üçüncü teknik olarak Düzenli Histogram Eşitleme-Ayrık Kosinüs Dönüşümü tekniği incelenmiştir. Bu teknikte girdi histogramında meydana gelen doyunluk problemini önlemek için sigmoid fonksiyonu kullanılarak yeni dağılım fonksiyonu üretilir. Bu işlem ile histogram düzenlemesini temel alan global karşıtlık geliştirme sağlanmış olur. Elde edilen global karşıtlıklı bu görüntüye DCT tekniği uygulanarak görüntü kosinüs fonksiyonlarına ayrılır ve frekans bölgesine dönüştürülür. Uygulanan bu teknikte görsel ve nicel sonuçlara bakıldığında yüksek karşıtlıklı ve yerel ayrıntıları iyileştirilmiş görüntü elde edilir, ancak yöntemde gürültü sorunu nedeniyle bozulmalar gözlemlenmiştir. Dördüncü olarak Puslu Görüntü Modeli incelenmiştir. Bu teknik ilk olarak puslu görüntü için bilinmeyen parametreler olan atmosferik ışık katsayısı ve iletim haritasını belirler. Atmosferik ışık katsayısı giriş görüntüsünün ortalama değeri hesaplanarak bulunur, iletim haritası ise giriş görüntüsünün standart sapma değeri ile ortalaması kullanılarak bulunur. İyileştirilmiş görüntü bilinmeyen parametrelerin belirlenmesi ile elde edilir. Nicel ve görsel sonuç olarak kenar bilgileri korunmuş ve iyileştirilmiş görüntü elde edilirken orijinal görüntünün renk korunumu yeterince sağlanamamıştır. Son yöntem olarak Bilateral

Filtreleme tekniği incelenmiştir. Bu teknikte çoklu ölçekli bilateral filtreleme ile giriş görüntüsü yaklaşıklık ve detay katmanlarına ayrılır. Detay altbantlarında iyileştirilme yapıldıktan sonra sonuç görüntüyü elde etmek için detay katmanı yaklaşık katmana eklenir. Bu teknikte nicel ve görsel sonuçlara bakıldığında kenar bilgileri korunmuş görüntü elde edilir, ancak orijinal görüntünün renk bilgisi yeterince korunamamıştır.

Yöntemler uygulandıktan sonra nicel ve görsel sonuçlara bakıldığında karşırlığı iyileştirilen görüntüler için kenar bilgisi yeterince korunmamıştır. Kenar detayları vurgulanan ve iyileştirilen görüntüler için renk korunumu yeterince sağlanamamıştır. Bu nedenle hem kenar bilgilerini daha iyi vurgulamak ve korumak hem de görüntü karşıtlığını arttırmak için DWT-SVD tekniği ile Puslu Görüntü Modeli tekniği birleştirilmesi için çalışılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Eunsung Lee, Sangjin Kim, Wonseok Kang, Doochun Seo, and Joonki Paik, Senior Member, "Contrast enhancement using dominant brightness level analysis and adaptive intensity transformation for remote sensing image." IEEE Geosci Remote Sens. Lett., VOL. 10, NO. 1, JANUARY 2013
- R. Gonzalez and R. Woods, Digital Image Processing, 3rd ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 2007.
- Y. Kim, "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 43, no. 1, pp. 1–8, Feb. 1997.
- S. Chen and A. Ramli, "Contrast enhancement using recursive mean separate histogram equalization for scalable brightness preservation," IEEE Trans. Consum. Electron., vol. 49, no. 4, pp. 1301–1309, Nov. 2003.
- Adaptive gamma correction with weighting distribution," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 22, no. 3, pp. 1032–1041, Mar. 2013.
- H. Demirel, G. Anbarjafari, and M. N. S. Jahromi, "Image equalization based on singular value decomposition," in Proc. 23rd IEEE Int. Symp. Comput. Inf. Sci., Istanbul, Turkey, Oct. 2008, pp. 1–5.
- H. Demirel, C. Ozcinar, and G. Anbarjafari, "Satellite image contrast enhancement using discrete wavelet transform and singular value decomposition," IEEE Geosci. Remote Sens. Lett., vol. 7, no. 2, pp. 333–337, Apr. 2010.
- X. Fu; J. Wang; D. Zeng; Y. Huang; X. Ding, "Remote Sensing Image Enhancement Using Regularized-Histogram Equalization and DCT", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 12, no. 11, pp. 2301-2305, Nov. 2015.
- N. H. Kaplan, "Remote sensing image enhancement using hazy image model", Elsevier GmbH 2018
- N. H. Kaplan, I. Erer and N. Gulmus "Remote sensing image enhancement via bilateral filtering",
- Y. Tian, T. Tan, Y. Wang, and Y. Fang, "Do singular values contain adequate information for face recognition?" Pattern Recognit., vol. 36, no. 3, pp. 649–655, Mar. 2003.
- John C. Russ, The Image Processing Hand Book, Third Edition, CRC Press, 1999, ISBN:0-8493-2532-3
- A. Alice Blessie, J. Nalini and S. Ramesh, 2011, —Image Compression Using Wavelet Transform Based on the Lifting Scheme and its Implementation|| IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8-No.1.
- Pan Z., Bolouri H., "High Speed Face Recognition Based on Discrete Cosine IEEE Transactions on Neural Networks (Volume: 16, Issue: 3, May 2005 )
- Zhengjun P. Rust, A.G.; Bolouri, H., "Image redundancy reduction for neural network classification using discrete cosine transforms", Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference, 3(3):149-154, 2000
- R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 3rd ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 2006.

- S.G. Narasimhan, S.K. Nayar, Contrast restoration of weather degraded images, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 25 (6) (2003) 713724, <http://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2003.1201821>.
- K. He, J. Sun, X. Tang, Single image haze removal using dark channel prior, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 33 (12) (2011) 2341– 2353, <http://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2010.168>.
- N. H. Kaplan and I. Erer, “Bilateral filtering based enhanced pansharpening of multispectral satellite images”, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol.11,no.11, pp. 1941-1945, 2014.
- J. K. Kim, J. M. Park, K. S. Song, and H.W. Park, “Adaptive mammographic image enhancement using first derivative and local statistics,” *IEEE Trans. Medical Imaging.*, vol. 16, pp. 495–502, Oct. 1997.
- Sos S. Agaian, Karen Panetta, and Artyom M. Grigoryan, “A New Measure of Image Enhancement”, *IASTED International Conference on Signal Processing & Communication*, 19-22 Sept. 2000, Marbella, Spain
- A. Michelson, *Studies in Optics*. New York, NY, USA: Courier Corp.,1995.
- C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication,” *Bell Syst.Tech. J.*, vol. 27, no. 3, pp. 379–423, Jul. 1948.
- J. Shin and R. H. Park, “Histogram-based locality-preserving contrast enhancement,” *IEEE Signal Process. Lett.*, vol. 22, no. 9, pp. 1293–1296,Sep. 2015.
- Rafael C.Gonzalez, Richard E. Woods, “*Digital Image Processing*,”second edition

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Feyza Yılmaz  
Uyruğu : T.C  
Doğum Tarihi ve Yeri : 22.01.1992  
Medeni Hali : Bekar  
Telefon : 05317333749  
e-mail : [feyza\\_ylmz25@hotmail.com](mailto:feyza_ylmz25@hotmail.com)  
f.yilmaz@esogu.edu.tr

### Eğitim

Derece	Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Erzurum Teknik Üniversitesi	2016-2018
Lisans	Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü	2011-2016
Lise	Erzurum Hacı Sami Boydak Lisesi	2006-2010

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Araştırma Görevlisi 2018-...