

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

**KENAR YOĞUNLUĞUNA DAYALI YENİ TAM REFERANS  
GÖRÜNTÜ KALİTESİ DEĞERLENDİRME METODU**

**Tarik Milod Alarabi AHMAD**

**Danışman** Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU  
**II. Danışman** Dr. Öğr. Üyesi Javad RAHEBİ  
**Jüri Üyesi** Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÜNAL  
**Jüri Üyesi** Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Serdar ÇAVUŞ  
**Jüri Üyesi** Doç.Dr. Hüseyin DEMİREL  
**Jüri Üyesi** Dr. Öğr. Üyesi Mohammad Mehdi GOMROKİ

**DOKTORA TEZİ  
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KASTAMONU – 2019**

## TEZ ONAYI

Tarik Milod Alarabi AHMAD tarafından hazırlanan “**Kenar Yoğunluğuna Dayalı Yeni Tam Referans Görüntü Kalitesi Değerlendirme Metodu**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü **Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı**’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

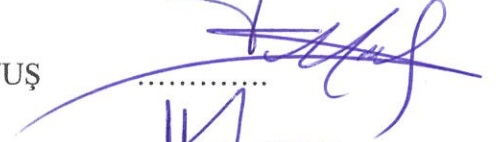
Danışman Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÜNAL  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi. Muhammet Serdar ÇAVUŞ  
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi Doç.Dr. Hüseyin DEMİREL  
Karabük Üniversitesi



Jüri Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Mohammad Mehdi GOMROKI  
Türk Hava Kurumu Üniversitesi



04/02/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK



## TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

İmza

Tarik Milod Alarabi AHMAD



## ÖZET

Doktora Tezi

### KENAR YOĞUNLUĞUNA DAYALI YENİ TAM REFERANS GÖRÜNTÜ KALİTESİ DEĞERLENDİRME METODU

Tarik Milod Alarabi AHMAD  
Kastamonu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU  
II. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Javad RAHEBİ

Bu tezde, kenar tespiti için çok seviyeli iki boyutlu dalgacık ayrışmasının kullanımına dayanan, kenar yoğunluğuna dayalı yeni bir tam referans görüntü kalitesi değerlendirme (IQA) yöntemi önerilmiştir. Literatürde önerilen, uygulamaya yönelik sıkıştırma, bozulma ve benzeri durumlar için birçok yöntemle rağmen, bu alanın geliştirilmesi için hala daha fazla yöntem ihtiyacı duyulmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, dalgacık ayrışmasının ilk seviyesi Daubechies-4 gri ölçekli görüntü için kullanılmıştır. Algoritma, farklı mekansal detaylara ve bozulma tiplerine sahip farklı görüntü kümeleri kullanılarak test edilmiştir. Bunlara ek olarak, görüntü kalitesi değerlendirmesi için kullanılan diğer tam referans algoritmaları, görüntü kalitesi değerlendirme problemindeki olası uygulamalar için incelenmiştir. Uygulanan ve test edilen ayrıntılı değerlendirme için, önerilen görüntü kalitesi değerlendirme algoritması oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasında, çıkan verilerimiz kütüphane sorgulayıcı değerlerle karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçların önerilen yöntemle uyumlu olduğu görülmüştür. Bu tezde önerilen yöntemi uygulamak için MATLAB 2016b versiyonu kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü değerlendirme, dalgacık dönüşümü, kenar yoğunluğu

**2019, 95 Sayfa**

**Bilim Kodu: 91**

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### NEW FULL REFERENCE IMAGE QUALITY ASSESSMENT METHOD BASED ON EDGE INTENSITY

Tarik Milod Alarabi AHMAD  
Kastamonu University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Materials Science and Engineering

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU  
Co-Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Javad RAHEBİ

In this thesis, we despite the many methods, proposed in the literature, for application oriented situations (compression, distortion, etc. ) more methods are still needed for the development of this field. From this point of view, a new full reference image quality assessment (IQA) method based on edge intensity has been proposed in this thesis based on the usage of the multi-level 2D wavelet decomposition for edge detection. The first level of the wavelet decomposition is used for the gray scaled image using the Daubechies 4. The algorithm tested using different image sets with different spatial details and degradation types. In addition, other full reference algorithms, which are used for image quality assessment, are investigated for possible applications in image quality assessment problem. The proposed image quality assessment algorithm for detailed evaluation implemented and tested. In this thesis, the result is compared with the questioner results and the proposed method result is the same result as provided by the questioner. Also, MatLAB -2016 simulation program was used for the necessary software in the thesis.

**Keywords:** Image assessment, wavelet transform, edge intensity.

**2019, 95 pages**

**Science Code: 91**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca her türlü desteği ve imkânı sağlayarak değerli bilgilerinden yararlandığım, danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Can Doğan VURDU, tezimin içeriğindeki özel ölçümlerin düzenlemesi ve simülasyon sonuçlarında bana sürekli desteklerini ve emeğini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Javad RAHEBİ hocama tez izleme komitesi üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Zafer Ünal ve Dr. Öğr. Üyesi M. Serdar Çavuş'a ve Kastamonu Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine ve değerli katkılarından dolayı Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL ve Dr. Öğr. Üyesi Mohammad Gomrokiye teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Türkiye'de bulunduğum süre içinde eğitim ve araştırma faaliyetleri süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen Libya Hükümeti'ne ve eşime, aileme ve çocuklarıma şükranlarımı sunarım. Bu çalışmayı benim için hayati önem arz eden aileme ithaf ediyorum.

Tarik Milod Alarabi Ahmad  
Kastamonu, Şubat, 2019

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ .....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Problem Tanımı ve Çözümleme .....	1
1.2. Algoritma Modelleme Önerisi .....	2
1.3. Tezin Amacı .....	2
1.4. Gereksinimler .....	3
2. KURAMSAL BİLGİ.....	4
2.1. Görüntü Kalite Değerlendirme Yöntemi (IQA) .....	4
2.2. Görüntü Kalitesi Değerlendirme Teknikleri.....	5
2.2.1. Öznel Değerlendirme Yöntemi .....	6
2.2.2. Nesnel Değerlendirme Yöntemi.....	6
2.2.3. FR–IQA Algoritmalarının Araştırılması .....	8
2.3. Bozulma Türleri.....	10
2.4. Yöntemler ve Ölçümler .....	11
2.5. Görüntünün Kenar Özelliği .....	15
2.6. Kenar Algılama.....	17
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	20
3.1. Kenar Algılama.....	20
3.2. Gradyan Temelli Kenar Algılama .....	20
3.3. Kenara Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümleri .....	23
3.4. Kenar Özellik Benzerliğine Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümü.....	24
3.5. Kaydırma Önleyici Kenarlara Dayalı Görüntü Ölçümleri .....	33
3.6. Kenar Hatalarına Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümleri .....	36
3.7. Gradyan Benzerliğine Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümü.....	38
3.8. Önerilen yöntemin özeti .....	42
4. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	45
4.1. Dalga Kenar Algılama Yöntemi .....	45
4.2. Ayırık Dalgalar Dönüşümü.....	46
4.3. Sürekli Dalga Dönüşümü.....	47
4.4. Ayırık Dalga Dönüşümü.....	47
4.5. Simulasyon Sonuçları .....	53

5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	85
5.1. Sonuç .....	85
5.2. İleri Çalışmalar .....	88
KAYNAKLAR .....	89
ÖZGEÇMİŞ .....	95





## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Görüntü kalite değerlendirme aşamaları	5
Şekil 2.2. Referans ve bozulmuş görüntü kalitesinin değerlendirilmesi	6
Şekil 2.3. Gürültü çeşitleri örnekleri. (a) orijinal görüntü, (b) Gauss gürültüsü eklenmiş görüntü, (c) Darbe gürültüsü eklenmiş görüntü, (d) benek gürültüsü eklenmiş görüntü, (e) Poisson gürültü eklenmiş görüntü, (f) Tekdüze gürültü eklenmiş görüntü, (g) Rayleigh gürültü eklenmiş görüntü, (h) Gama gürültü eklenmiş görüntü	12
Şekil 2.4. Adım kenarının şekilsel olarak formu.....	15
Şekil 2.5. Adım kenarının şekilsel olarak formu.....	16
Şekil 2.6. Çatı kenarının şekilsel olarak formu .....	16
Şekil 2.7. Sobel operatörü tarafından kullanılan maskeler .....	18
Şekil 2.8. Prewitt operatörü tarafından kullanılan maskeler .....	19
Şekil 2.9. Roberts operatörü tarafından kullanılan maskeler .....	19
Şekil 3.1. X yönü için gradyan sonucu .....	22
Şekil 3.2. Y yönü için gradinat sonucu .....	22
Şekil 3.3. (X, Y) yönü için gradinat sonucu.....	23
Şekil 3.4. Bir orijinal resim 16x16 blok kesiti .....	24
Şekil 3.5. Önerilen algoritma blok şeması .....	26
Şekil 3.6. Önerilen algoritmanın şeması .....	27
Şekil 3.8. Kenar benzerlik için önerilen algoritmanın oluşturulması.....	31
Şekil 3.9. NSE haritası örnekleri (a) Orijinal görüntü, (b) Beyaz gürültü görüntüsü, (c) Jpeg sıkıştırma, (d) Gauss bulanıklığı.....	32
Şekil 3.10. İki tip gradyan durumunda yön ve karanlık alanlarının yapısı .....	38
Şekil 3.11. Önerilen planın blok şeması .....	39
Şekil 3.12. SSIM ve önerilen şema arasındaki resim karşılaştırması. (a <sub>1</sub> ) orijinal görüntü (LIVE veri tabanından alınmıştır). (a <sub>2</sub> ) JPEG eklenmiş görüntü SSIM = 0, 769 ve g = 0, 787. (a <sub>3</sub> ) beyaz gürültü eklenmiş görüntü SSIM = 0, 674 ve g = 0, 795. (b <sub>1</sub> ) ve (b <sub>2</sub> ), sırasıyla (a <sub>2</sub> ) ve (a <sub>3</sub> )'ün yükseltilmiş versiyonlarıdır.....	40
Şekil 3.13. Önerilen yöntemin orijinal RGB görüntü blok şeması .....	43
Şekil 3.14. Önerilen yöntemin bozuk RGB görüntüsü blok şeması .....	44
Şekil 4.1. Çiftli örnelemeye karşılık gelen zaman ölçeği hücreleri .....	48
Şekil 4.2. Lena test görüntüsünün bazı çarpıtmalarla kontamine olan değerlendirilmesi; (a), 512 × 512, 24 bit / piksel; orijinal Lena görüntüsü (b) keskinleştirmek, PSNR = 27,67, (c) medyan gürültüsü, PSNR = 27. 67, (d) karma gürültüsü, PSNR = 27,67, (e) JPEG sıkıştırma, PSNR = 27,67, (f) Gauss gürültüsü, PSNR = 27,67. ....	49
Şekil 4.3. Ek deney sonuçları için görüntülerin test edilmiş durumları.....	50
Şekil 4.4. a) Orijinal lenna görüntüsü, b) Kırmızı kanal, c) Yeşil kanal, d) Mavi kanal .....	54
Şekil 4.5. Farklı kanal durumların karşılaştırılması.....	54

Şekil 4.6. a) Orijinal Lenna görüntüsü, b) Renk kanalı, c) Doymunluk kanalı d) Diğer kanal .....	56
Şekil 4.7. Farklı kanal durumların karşılaştırılması .....	57
Şekil 4.8. a) orijinal Lena resmi b)Y kanalı c) U kanalı d) V kanalı .....	58
Şekil 4.9. Farklı kanal metotların karşılaştırılma .....	59
Şekil 5. 1. Farklı gürültü yöntemi için RGB sonuçlarının karşılaştırılması.....	86
Şekil 5. 2. Farklı gürültü yöntemi için HIS sonuçlarının karşılaştırılması.....	86
Şekil 5. 3. Farklı gürültü yöntemi için YUV sonuçlarının karşılaştırılması .....	87



## TABLolar DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Tablo 4.1. Lena görüntüsü için sorgulama sonuçları .....	52
Tablo 4.2. Lena durumu için çeşitli istatistiksel verileri.....	52
Tablo 4.3. RGB durumu için her operatörün sinyal gürültü oranı .....	55
Tablo 4.4. HSI'daki her operatör için en yüksek sinyal gürültü oranı .....	55
Tablo 4.5. YUV metodunda her operatör için en yüksek sinyal gürültü oranı .....	59
Tablo 4.6. RGB için PSNR hesaplanması.....	60
Tablo 4.7. RGB için SROCC hesaplanması.....	62
Tablo 4.8. RGB için Pearson hesaplanması .....	64
Tablo 4.9. HIS için PSNR hesaplanması .....	66
Tablo 4.10. HIS için SROCC hesaplanması .....	68
Tablo 4.11. HIS için Pearson hesaplanması.....	70
Tablo 4.12. YUV için PSNR hesaplanması .....	72
Tablo 4.13. YUV için SROCC hesaplanması .....	74
Tablo 4.14. YUV için Pearson hesaplanması.....	76
Tablo 4.15. (a). RGB için PSNR dalgacık durumlarının karşılaştırılması.....	78
Tablo 4.15. (b). RGB için SROCC dalgacık durumlarının karşılaştırılması .....	78
Tablo 4.15. (c). RGB için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması.....	78
Tablo 4.16. (a). HSI için PSNR dalgacık durumlarının karşılaştırılması.....	78
Tablo 4.16. (b). HSI için SROCC dalgacık durumlarının karşılaştırılması .....	79
Tablo 4.16 (c). HSI için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması .....	79
Tablo 4.17. (a). YUV için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması .....	79
Tablo 4.17. (b) YUV için SROCC dalgacık durumlarının karşılaştırılması.....	80
Tablo 4.17. (c) YUV için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması .....	80
Tablo 4.18. Önerilen yöntem ve diğer yöntemlerin karşılaştırması.....	81
Tablo 4.19. Painthouse anket için sonuçların karşılaştırılması .....	82
Tablo 4.20. Lena anket için sonuçların karşılaştırılması.....	83

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AA	Etki Analizi
AAM	Etki Analiz Metodu
API	Uygulama Programlama Arayüzü
BAMA	Buckwalter Arapça Morfolojik Analiz Cihazı
BR	Kaynakların İyileştirilmesi
CSF	Hassas Kontrast Fonksiyonu
DA	Arap Lehçesi
EBIQA	Kenar Tabanlı Görüntü Değerlendirmesi
ECM	Kenar Kontrast Haritası
ECS	Kenar Kontrast Benzerliği
ECSM	Kontrast Benzerlik Metrik
ED	Duygu Tespiti
EDM	Kenar Yön Haritası
EDS	Kenar Yön Benzerliği
ESIM	Görüntü Kenar Benzerliği
ESM	Kenar Benzerliği
EWM	Kenar Genişliği Haritası
FE	Tam Kenarlı
FSIM	Özellik Benzerliği Dizini
FR	Tam Referans
HVS	İnsan Görsel Sistemi
IG	Bilgi Dağarcığı
QA	Görüntü Kalitesi Değerlendirmesi
IBIQA	İmge İkili İmge Kalite Değerlendirmesi
IQM	Görüntü Kalite Ölçümü
IW-SSIM	Bilgi İçerikli Ağırlıklı Yapısal Benzerlik Ölçümü
MAD	En Çok Görünür Bozukluk
MAE	Ortalama Mutlak Hata
MI	Karşılıklı Bilgi
ML	Makine Öğrenmeye Dayalı Yaklaşım
MOS	İnsanlar Tarafından Verilen Ortalama
MPQA	Çok Perspektifli Soru Cevaplama
MSA	Modern Stander Arabic
MSE	Ortalama Kare Hatası
MS-SSIM	Çok Ölçekli Yapısal Benzerlik Endeksi
NEP	Kenar Piksel Sayısı
NLP	Doğal Dil Süreci
NR	Referans Yok
NRC	Ulusal Araştırma Konseyi
OM	Fikir Maderiliği
PLE	Kenarların İlkel Uzunluğu
POS	Konuşma Etiketlemenin Bir Kısmı
PSNR	Pik Sinyal Gürültü Oranı
QMESS	Kenar Yapı Benzerliğine
RI	Referans Görüntüsünü

ROI	İlgi Alanlarının
RR	Azaltılmış Referans
RSVD	Sağlam Tek Değerli Ayrışma
RSVP	Hızlı Seri Görsel Sunum
SA	Duygu Analizi
SCI	Ekran İçeriği Görüntüleri
SR	Süper Çözünürlük
SSIM	Yapısal Benzerlik Endeksi
SVD	Tekil Değer Ayrışımı
SVM	Destek Vektör Makinesi
TESSIM	Yapısal Benzerlik
TF-IDF	Terim Sıklığı-Ters Döküman Sıklığı
UQI	Evrensel Görüntü Kalitesi Endeksi
VIF	Görsel Doğruluk Bilgisi



## 1. GİRİŞ

Hedef görüntü kalite faktör hesaplamaları, gerçek görüntü kalitesinin insan algısının tahmin etme yeteneğine dayanan bir yöntemdir. İnsan gözüyle tanınan görüntü farklılıklarının tahmini çok kötüdür, çünkü görüntülerin ortalama hatası gibi klasik kriterleri karşılaştırmak için yeterli olmadığı bilinmektedir. Sorunu düzgün bir şekilde çözmek için çeşitli görüntü kalite ölçüm yöntemleri önerilmektedir. İnsanların geleneksel olarak algıladığı doğru görüntü farkını belirlemek için görüntü kalitesi ölçümleri, insan görsel sistemi (HVS) modelini içerir.

Bu tez çalışması özellikle referans resminin, tam referans görüntü kalitesi ölçümleriyle ilgilidir. Bozulmuş bir sinyal, referans sinyali + hata sinyalinin birleşmesinden oluşur. Görüntü harita model sistemi, referans görüntüsü ile bozulmuş görüntü arasındaki farklılıkları açıklayan bir modeldir [1,2].

### 1.1. Problem Tanımı ve Çözümleme

Normalde kullanılan bir görüntüye ait piksel, görüntünün her zaman değiştiği ve süresizliğin olduğu bir dizi matematiksel sinyal topluluğuna bağlıdır. Bu tez, her bir pikselin kenar bilgileri esas alınarak, anlamsal bir nesnenin kenarına ait bir veri kullanımının olasılık yaklaşımına dayanmaktadır.

Pik-sinyal-gürültü oranı (PSNR) ve yapısal benzerlik indeksi ölçüsü (SSIM) çeşitli görüntü bozulmalarının ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan basit matematiksel modellerdir ve görüntü kalitesi ölçümlerinde sıklıkla başvurulan yöntemlerdir. Kenardan kenara doğru olan anlamsal özellikler analiz edilir, tanımlanır. Bu yöntem uygulanan benzerlik kenarına dayalı olarak görüntü kalitesi ölçümüdür. Ölçüm yöntemi çok basittir ve çok düşük karmaşıklıkla uygulanabilir. Ancak, değerlendirme kamuya açık veri kümeleri olması nedeniyle performans sonuçları uygun olmaktadır.

## 1.2. Algoritma Modelleme Önerisi

Bu tez çalışmasında, yeni bir algoritma modeli olan “*tam referans görüntü performansı*” ile nesnel bir görüntünün kalite sürecini iyileştirmeye yönelik bir çalışma modellemesi geliştirilmiştir. Önerilen algoritma, literatürde mevcut olan farklı referans algoritmaları ile karşılaştırmalı olarak test edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, görüntü kalite performans algoritmasının eksikliklerine yeni bir gelişmiş algoritma modeli sunmak ve performans kalitesini yükseltmektir. Bu algoritmalar üzerinde ayrıntılı teorik ve deneysel analizlere dayanarak, görüntü için çok alanlı bir görüntü kalitesi algoritması önerilmiştir.

Görüntü performansını değerlendirmek için tasarlanan görüntü kalitesi değerlendirme algoritmaları için tüm literatür detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca, görüntü kalitesi değerlendirme problemindeki olası uygulamalar için diğer tam referans görüntü kalitesi değerlendirme algoritmaları da incelenmiştir.

Test edilen detaylı değerlendirme için önerilen görüntü kalitesi değerlendirme algoritmaları iyileştirilmiştir. Algoritma, farklı mekansal ayrıntılar, bozulmuş türleri ile farklı görüntü kümeleri için test edilmiştir.

## 1.3. Tezin Amacı

Bu tezde hem anizotropik simetri (simetri ötelenmesi), hem de asimmetrik (simetrik olmayan) ölçüm nesnel yapılara ait piksel kenar yoğunluğu üzerinde yeni bir algoritma modellemesi geliştirilmiştir. Yani her bir pikselin kenar yoğunluğu ile temsil edilen görüntülerin anlamlı bilgileriyle birlikte görüntü kalite değerlendirme sistemi (IQA) için yeni bir algoritma yöntemi tanıtılmıştır. İdeal olarak, resimdeki sınır kenarının nesnelere temsil eden bir piksel kümesidir. Piksel kenar yoğunluk özellikleri nesne çıkarma ve görüntü bölümlenme özellikleri alanında bilgisayar vizyonunda temel bir kavramdır. Resim imajında anlamsal nesnelere sınırlayan tam kenarlı (FE) piksel kümesidir.

Toplam varyasyon ayrışması, kenar uyarlamalı ara değeri bulmada görüntünün yapısal bileşenini dokulu parçalardan ayırmak için toplam varyasyon ayrışmasını kullanan bir çerçevedir. Ayrıştırma işleminden sonra, dokulu bileşen, basit kübik ara değer bulma ile yapı bileşeni, kenar uyumun doğrusal ara değer bulma ve görüntünün taslağını geliştiren özel yöntemle filtrelendir.

#### **1.4. Gereksinimler**

Tez çalışması boyunca, donanım ve yazılımlar için bir kişisel bilgisayar kullanılmıştır. Ayrıca tezde gerekli algoritma ve yazılımlar için MatLAB 2016 simülasyon programı kullanılmıştır.



## 2. KURAMSAL BİLGİ

Görüntü kalite değerlendirme yöntemi (IQA) çok geniş bir araştırma alanına sahip olup; sinyal işleme, görüntü işleme, dijital görme, makine öğrenimi, iletişim, görüntüleme sistemleri ve hatta görme-engeli ve psiko-fizik alanlarını içermektedir.

### 2.1. Görüntü Kalite Değerlendirme Yöntemi (IQA)

Görüntüleri işlemede ortaya çıkan yapı analizinin kalitesini belirleyen bir sistemin varlığını gerektirir. Böylece verimli IQA'ya ihtiyaç vardır. Bu gerekliliği yerine getirmek için çok sayıda IQA algoritması geliştirilmiş ve araştırılmıştır [3]. IQA araştırması, görüntü işleme alanının bir alt konusu olarak kabul edilmiş olup; herhangi bir resimdeki bozulma miktarını ölçmeye çalışan bir modelleme yöntemidir. Bu bozulmaların birçok sebebi olabilir, bunlardan özellikle; işleme, sıkıştırma, depolama, iletim, çoğaltma gibi etkenler rol oynar. Örneğin, sınırlı bant genişliği kanallarının iletimi aşamasında, bazı veriler kaybolmuş olabilir. Bu durumda kullanılan görüntünün kalitesinde bozulmalar meydana gelmekte ve yanlış tonlamalar oluşmaktadır. IQA büyük bir araştırma konusu olmuş ve özellikle 1970 yılından beri bu yöntemle ilgili olağanüstü çalışmalar ortaya çıkmıştır. Araştırmalar en çok görüntü işleme aşamalarını, görüntü üretimini ve imajını etkin bir şekilde çalışması gereken tüm uygulamalara göre optimize etmek için yapılmaktadır. Şimdiye kadar geliştirilen birçok IQA tekniği ve algoritması, görüntü ve video kodlama, eşit olmayan hata hesaplamaları gibi çeşitli uygulamalardan faydalanmaktadır. Son zamanlarda, ileri düzeyde geliştirilmiş modern IQA tekniklerinin birçoğu, analog televizyon geniş döküm ve tarama sistemlerinin kalite değerlendirmesiyle ilgili araştırmalarda yer verilmiştir.

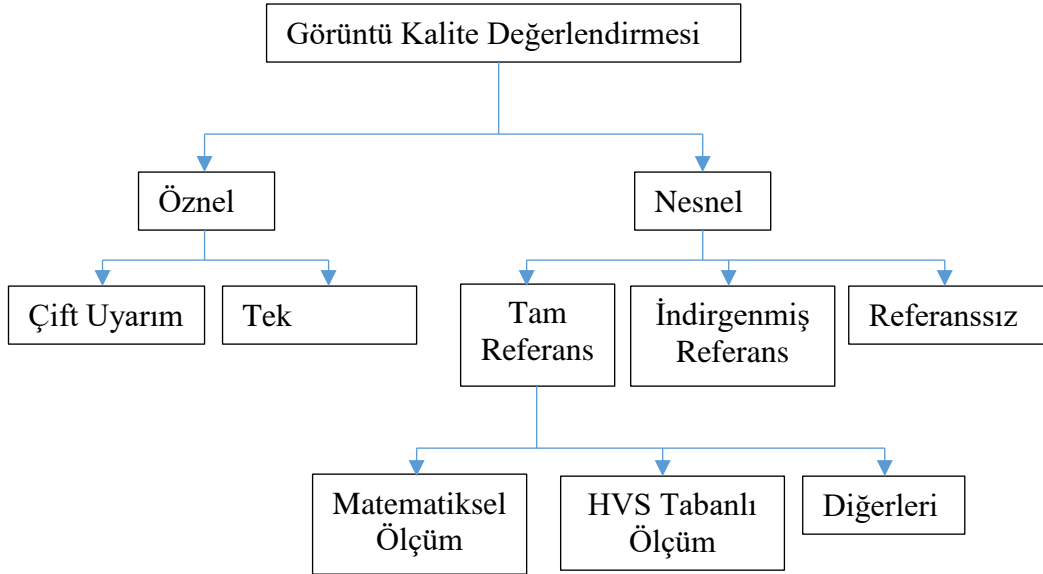
Neredeyse görüntü oluşturma alanındaki araştırmalar IQA için çok önemli olan insan görme faktörünün gerekliliğinden bahsetmiştir. İnsan görsel sistemi (HVS) modelleme ile ilgili ilk çalışmalarda çok sayıda IQA algoritma yöntemi olmamasına rağmen, görüntü kalite faktörü için bilimsel çalışmalarda kontrast ve parlaklık duyarlılığı gibi birçok özellik önerilmiştir. IQA'nın zorluğu literatürde belirtildiği gibi yeterince bu alanda bilimsel alt yapısının olmamasıdır [4].

Tüm dijital işlemlerde değişiklikler, görüntü piksel verileri ve kalite değerlendirdikten sonra bu değişiklikler sayısal olarak hesaplanarak, karşılık gelen görsel tercihlere eşlenir. Ancak bu süreç insan görsel sistemi (HVS) içerdiğinden, kalite tahmini kesin olamaz. İnsanların algıladığı sistemler, görüntüleri piksel koleksiyonu olarak görmez insanın görme psikoloji gibi somut faktörlerde vardır.

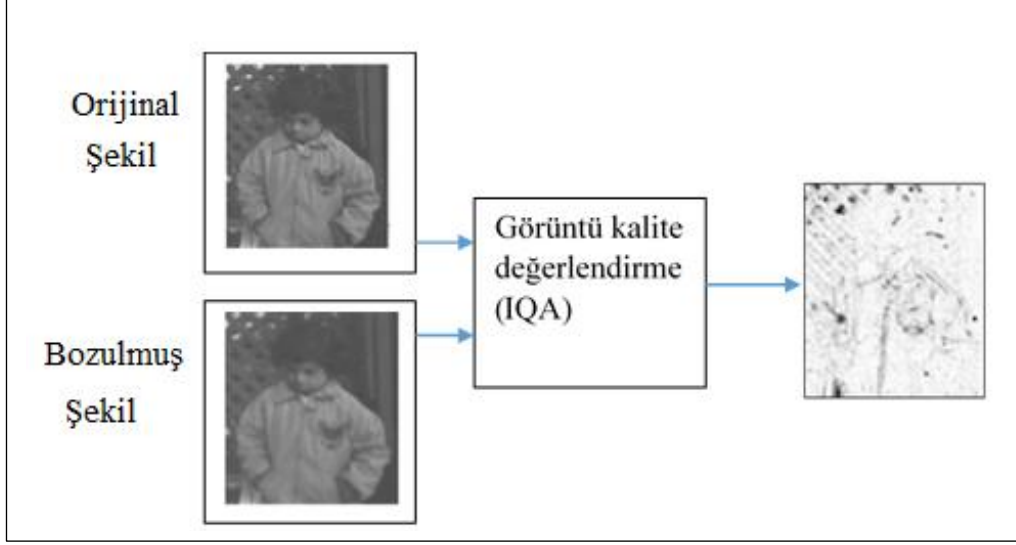
Görüntü haritalaması bu faktörlere bağlı olarak değişir [5]. Literatüre detaylı baktığımızda, bugüne kadar görüntü işleme modelindeki yüksek çözünürlükte kaliteyi tam olarak değerlendiren bir sisteme henüz rastlanmamıştır. Ancak yeni bilimsel çalışmalara baktığımızda dikkate değer bir gelişme kaydedilmiştir.

## 2.2. Görüntü Kalitesi Değerlendirme Teknikleri

Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi görüntü kalitesi yöntemleri, öznel ve nesnel olacak şekilde ikiye ayrılır. Öznel değerlendirme yöntemi deneylerin temeli üzerinde yapılırken, nesnel değerlendirme yöntemi karışık matematiksel ölçümlere dayanıyor [6]. Şekil. 2.2.'de ise referans görüntü ile bozulmuş görüntü kalitesi değerlendirme prosedürlerini göstermektedir.



Şekil 2.1. Görüntü kalite değerlendirme aşamaları



Şekil 2.2. Referans ve bozulmuş görüntü kalitesinin değerlendirilmesi

### 2.2.1. Öznel Değerlendirme Yöntemi

En iyi kalite bakış açısı insanın kendisi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle öznel yöntemlerin algısal kalitenin en hassas ölçüleri olduğu söylenebilir. Bu kalitenin konu tarafından değerlendirilmek zorunda olduğu, çarpıtılmış bir ortam sağlayarak yapılabilir. Bir başka değerlendirme ise, kısmi kalite belirlemek için kullanacağımız referans ortamı sağlamaktır.

Öznel kalite değerlendirmesi, anlamlı sonuçlar elde etmek için büyük özenle yapılması gerektiğinden hem pahalı hem de hassastır. Ayrıca, öznel yöntemler gerçek zamanlı işlem gerektiren ortamlarda genel olarak geçerli değildir [6].

### 2.2.2. Nesnel Değerlendirme Yöntemi

Bu, iki görüntünün referans ve bozulmuş/çarpık tip yoğunluğunun görüntü kalitesini gösteren bir sayıyı hesaplamak için kullanıldığı niceleyici bir yaklaşımdır. Nesnel görüntü kalite değerlendirmesi (IQA), tam referans, indirgenmiş referans ve referanssız olarak sınıflandırılabilir [6]. Referans resmin kullanılabilirliğine dayalı IQA objektif görüntü kalitesi değerlendirme modellerinin amacı, görüntülerin algısal kalitesini, insan takdiri ile bağlantılı bir şekilde otomatik olarak tahmin etmektir. Referans görüntülere dayanan üç model objektif metot, verildiği gibi sınıflandırılmıştır.

### a) **Tam Referans Ölçümleri (FR)**

Tam referans (FR) yöntemlerinde, orijinal görüntü ile test edilen görüntü arasında doğrudan karşılaştırma yapılır. Orijinal görüntü, hesaplamayı gerçekleştirmek için gerekli olduğundan, FR yöntemlerinin uygulanabilirliği için bir sınırlama vardır. Yaygın olarak kullanılan en basit FR ölçümleri, ortalama kare hatası (MSE) ve pik sinyali gürültü oranıdır (PSNR). Bu ölçümler uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu algoritmaların sonuçları öznel sonuçlar ve insan görsel sistemi ile iyi ilgileşim göstermemektedir [7].

Tam referans, stratejilerine bağlı olarak üç yonteme ayrılabilir;

#### ❖ **Matematiksel ölçümler**

Matematiksel ölçümlerde, ilk önce görüntüyü bir 2 boyutlu sinyal olarak gördükten sonra referans ile çarpıtılmış görüntüler arasındaki benzerlik-bozulma ölçümü olarak hesaplanır. Örnek, Minkowski ölçüm biçimini gösterebiliriz [7].

#### ❖ **HVS temelli ölçümler**

Bu yöntemde referans ile bozulmuş/çarpık görüntüler arasındaki fark (hata sinyali), insan algısının psiko-fiziği tarafından belirlendiği gibi görünürlüğüne göre normalleştirilir. Kontrast hassasiyeti fonksiyonu (CSF), parlaklık kontrast hassasiyeti ve kontrast maskeleyesi, IQ ölçümde yaygın olarak kullanılan insan görsel sistemi (HVS) özellikleridir [7].

#### ❖ **Diğer ölçümler**

Yapısal benzerlik yaklaşımı HVS ile yüksek düzeyde yapılandırılmış, doğal sahneler bilgisine yüksek oranda uyum sağladığını varsaymıştır. Bu nedenle, yapısal bilgi değişiminin bir ölçüsü, algılanan görüntü bozulmasına iyi bir yaklaşım sağlamalıdır. Öte yandan, test ile referans görüntüler arasındaki karşılıklı bilgi olan görsel doğruluk bilgisi (VIF), görsel kalite ile ilişkili olarak incelenmiştir [8].

## b) İndirgenmiş Referans Ölçümleri (RR)

İndirgenmiş referans (RR) ölçümlerinde orijinal görüntü ile ilgili kısmi bilgi, test altındaki görüntünün kalitesini ölçerken kullanılabilir. Bu nedenle, RR ölçümleri referans ile tam referans ölçümleri arasında orijinal görüntü hakkında mevcut bilgiler açısından yatmaktadır. RR yöntemleri hem orijinal, hem de işlenmiş görüntüden bazı özellikleri çıkarır ve görüntüdeki tüm bilgilerin temsilcisi olan bu özelliklere karşılık gelen görüntü kalitesinin sayısal özelliklerini belirler. Ayıklanan özellikler çoğunlukla görüntü içeriğini veya bozulmuş/çarpık özellikleri tanımlanır. FR ve NR ölçümlerinde kıyasla literatürde insanın kalite algısı ile iyi bir korelasyona sahip olan sadece birkaç RR ölçümü mevcuttur [9].

## c) Referans Ölçümü Olmaksızın (NR)

Orijinal görüntü ile test edilen görüntü arasında doğrudan karşılaştırma yapıldığından hiçbir referans (NR) ölçümü bilinmez. Çünkü orijinal görüntü mevcut değil. Süper çözünürlük gibi görüntü işleme uygulamalarında, orijinal görüntü doğrudan karşılaştırma için mevcut değildir. Bu nedenle, süper çözünürlükte görüntü kalitesi değerlendirmesi konusunda referans olmayan ölçümler oldukça uygulanabilir bir özelliğiyle sahiptir. NR algoritmalarının çoğu doğal görüntü modellemesinden yararlanmamakta ancak görüntü kalitesini etkileyen bozulma tipinin bilindiğini varsaymaktadırlar. NR, bazıları yerel ve frekans etkisi alanındaki özelliklerini araştırarak görüntü bulanıklığını (çarpıklığını) veya JPEG / JPEG 2000 sıkıştırma eserlerini tahmin eder. BNR ölçütleri, belirli bozuk görüntüleri ayırt etmek ve bu görüntülerin karakteristik özelliklerini belirlemek için tasarlanmıştır. Bu nedenle çoğu NR metodu, sadece birkaç özellikli bozulma tipini işleyebilir [10].

### 2.2.3. FR-IQA Algoritmalarının Araştırılması

Tam referans görüntü kalitesi değerlendirmesi (FR-IQA) için, en basit yaklaşım lokal ölçümlerin genel kalite farkını örneğin, ortalama kareyi temsil eden bir ölçekte çökertmek için lokal piksel farklılıkları ölçmektir. FR-IQA algoritmaları, HVS modellerine dayalı kaliteyi tahmin etmekten görüntü yapısına dayalı çeşitli

istatistiksel ve bilgi-teorik kullanarak kaliteyi tahmin etmeye yarayan bir yaklaşımdır. Buradaki teknikler bu FR-IQA algoritmalarının kısa bir araştırmasıdır.

#### a) HVS tabanlı IQA modellerine dayalı yöntemler

HVS tabanlı IQA için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Bu modellerin birçoğu başlangıçta varolan görüntü farklılıklarının çalışmak üzere tasarlanmıştır. Yani, değişimlerin görünür olup olmadığını belirlemek için tasarlanmıştır ve bu nedenle de bozulmuş görüntüler tespit eşiğinin yakınında, en iyi şekilde çalışırlar. Son HVS tabanlı yöntemler, orta ve üst düzey vizyonun geliştirilmiş modellerini kullanmaya başladı. Örneğin, Larson ve Chandler, HVS nin uyarlanabilir doğasını açık bir şekilde modelleyen bir IQA algoritmasını, en belirgin bozulma (MAD) modeli geliştirdiler. MAD, HVS tarafından kullanılan iki stratejinin modellenmesi ve bu stratejilerin bozulma miktarına göre uyarlanması ile kalitenin öngörülebilir olduğunu gösteren ilk algoritmalarından biriydi [11]. HVS tabanlı IQA algoritmalarındaki yeni bir diğer eğilim, kalite değerlendirmesi sırasında ilgi alanlarının ve ilgi alanlarının (ROI) yönlerini birleştirmeyi amaçlamıştır. Görüntü yapısına dayalı yöntemler [12].

#### b) Görüntü yapısına dayalı yöntemler

HVS sisteminin görüntü kalitesini ölçmek için, görüntü yapısında birçok değişiklikler yapılır. *Franti*, kenar algılamaya dayalı kuantizasyon hataları ve kontrast hataları için ayrı ölçümler içeren bir blok tabanlı IQA algoritması sunmuştur [13]. *Wang*, çapraz-korelasyon temelli yapısal benzerlik ölçümlerinin kullanımı için parlaklık ve kontrast ölçümlerine küçük sabitler ekleyerek, UQI nin genişletilmiş yapısal benzerlik indeksini (SSIM) önermiştir [6]. Son yıllarda, bilim adamları tarafından, yapısal benzerlik veya yapısal bozulmaya dayanarak kaliteyi tahmin eden çok sayıda yapısal benzerlik (SSIM) endeksinin ve diğer IQA algoritmaları önerilmiştir [12].

#### c) Görüntü istatistikleri ve makine öğrenimine dayalı yöntemler

Görüntü kalitesini tahmin etmede makine öğrenim tekniklerinin desteklediği istatistiksel bilgi ölçümleri önerilmiştir. *Şeyh ve Bovik*, görüntü kalitesini doğal sahne

istatistiklerini [14] önermiştir. *Shnayderman ve arkadaşları* tarafından ölçülen görüntü kalitesi, tekil değer ayrışmasına (SVD) dayalı yeni model önermişlerdir [15].

#### **d) Diğer tekniklere dayalı yöntemler**

IQA algoritmalarında başka bazı teknikler kullanılmıştır. Bunlardan biri, IQA algoritmaları, görüntü bölümlene veya bölge tabanlı analize dayalı ek özelliklerin kullanıldığı, farklı renk uzaylarına dayalı kaliteyi değerlendirmek için geliştirilmiş bir modeldir. Araştırmacılar ayrıca, en çok gürültü bulanıklaştırma, bloke etme diğer bozuk türleri için NR yöntemlerini önermişlerdir.

*Okarman*, MS-SSIM, VIF ve RSVD durumlarını önermiştir. Bu üç yöntemin bir birleşimini kullanan IQA algoritması, bilgi içerikli ağırlıklı yapısal benzerlik ölçümü (IW-SSIM) fikri birleştirerek yapısal benzerlik (SSIM) endeksinin bir uzantısıdır. Video kalite faktör ölçümü ve hızlı seri görsel sunum (RSVP), bir dizi görüntüyü hızlı bir şekilde sunmak için kullanılan bir tekniktir ve görselleştirme ve psikofizikte yaygın olarak kullanılmaktadır [16]. *Attar ve arkadaşları* kenar tabanlı görüntü kalitesi değerlendirmesi algoritmasını (EBIQA) sunmuştur. Bu referans ve çarpık/bozuk görüntülerden, gürültü ve hesaplanan dörtkenar özellikleri için kenar oryantasyonu, kenarların ortalama uzunluğu, kenarların ilkel uzunluğu ve kenar piksellerinin sayısı kullanılmıştır [17].

### **2.3. Bozulma Türleri**

Görüntü yakalama ve aktarma sırasında gürültü kaçınılmaz görünür. Bu nedenle görüntü işleme ve IQA için gürültü modelleri çok önemlidir. Gürültü modellerini tasarlamak için ortalama, varyans ve gri tonlarındaki dijital görüntülerin kullanıldığı olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılır. Farklı türde sesler, görüntüleri farklı şekilde etkiler, bazı gürültü tipleri Şekil. 2.3.'de Gauss gürültü, Gama gürültü, dürtü değerli gürültü, Rayleigh gürültü, üstel gürültü, tekdüze gürültü, Brownian gürültü, beyaz gürültü, yapılandırılmış gürültü, benek gürültü, niceleme gürültü, foton gürültü, Poisson-Gauss gürültüsü, periyodik gürültü karşılaştırma örnekleri belirtilmiştir [18].

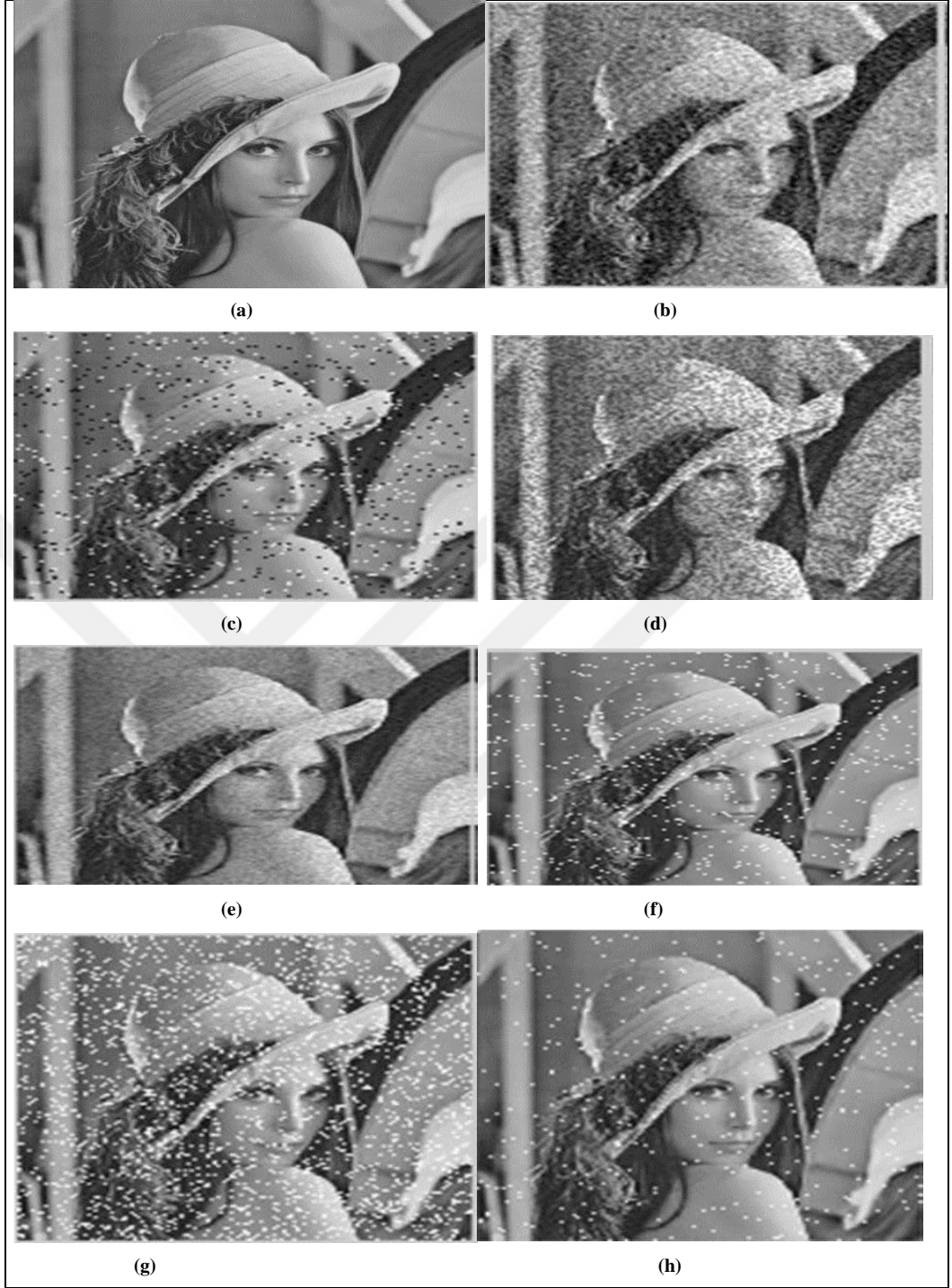
## 2.4. Yöntemler ve Ölçümler

Dijital işlem sırasında ortaya çıkan çarpıklıkları ölçmek için çeşitli ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Esasen, görüntü kalitesi ölçütleri öznel ve nesnel olanlara sınıflandırılır. Öznel görüntü kalitesinde, görüntü kalitesi insanlar tarafından meydana gelmektedir. Öznel görüntü kalitesinde, insanlar tarafından verilen ortalama (MOS) kullanılır [19].

Bozukluklar/çarpıklıklar, insanlar tarafından kullanılan görüntülerde ortaya çıktığından öznel evrimin daha doğru ve daha güvenilir olduğu, aynı zamanda daha pahalı ve zaman alıcı olduğu söylenebilir. Nesnel değerlendirmede amaç, görüntü kalitesini ortalama insan gözlemcisinin kalite değerlendirmesi için uygun, otomatik ve doğru olarak tahmin edebilen matematiksel modellerin tasarlanmasıdır [20, 21].

Diğer olası sınıflandırma referans görüntüsü, referans resme sahip (RR), referanssız (NR) ve tam referans (FR) kullanılabilir.





Şekil 2.3. Gürültü çeşitleri örnekleri. (a) Orijinal görüntü. (b) Gauss gürültüsü eklenmiş görüntü, (c) Darbe gürültüsü eklenmiş görüntü, (d) Benek gürültüsü eklenmiş görüntü, (e) Poisson gürültü eklenmiş görüntü, (f) Tekdüze gürültü eklenmiş görüntü, (g) Rayleigh gürültü eklenmiş görüntü, (h) Gama gürültü eklenmiş görüntü

Tam referans yöntemlerine (FR) dayanan görüntülerin kalitesini ölçmek için, objektif olarak tahmin eden çeşitli önerilen yöntemler vardır. Bu yöntemler, görüntülerin kalitesinin nasıl nümeriksel olduğu göz önüne alınarak iki gruba ayrılabilir. Birinci grup, görüntülerle 2 boyutlu ve 3 boyutlu sinyaller olarak sayılaştırılır. İkinci grup ise HVS yi modellemeye çalışarak kaliteyi sayısallaştırır. Yine de ortalama kareler hatası (MSE), PSNR ve ortalama mutlak hata (MAE) vb. piksel hataları göz önüne alınarak tasarlanan objektif kalite yöntemlerinin çoğu, en basit ve en yaygın kullanılanı MSE'dir. Bu yöntem referans görüntüsünü (RI) hesaplar ve piksellerinin ortalama kare yoğunluğu farklılıklarına göre bozulmuştur. MSE hesaplanarak, PSNR hesaplanabilir. Genel olarak, bu sinyal sadakat temelli ölçümler kolaylıkla hesaplanabilir ve belirgin matematiksel anlamları vardır. Bununla birlikte, öznel ölçümlerle de zayıf ilişim gösterdiler ve orijinal görüntüye göre iki farklı çarpık görüntüye aynı kalite skorunu verebilirler [22]. Ortalama kareler hatasının (MSE) yetersizliği nedeniyle yeni bir ölçüm önerilmiştir. SSIM, çarpık görüntünün yapısını ve orijinal çarpık sürümünü karşılaştırır. Ayrıca normalleştirilmiş parlaklık ve normalleştirilmiş kontrastı olan piksel modelleri de vardır. Bilgi içeriği ağırlıklı yapısal benzerlik ölçümü (IW-SSIM), bilgi içeriği ağırlıklı havuzlama fikrini birleştirerek yapısal benzerlik (SSIM) endeksinin bir uzantısıdır. Aynı fikir, bilgi içeriği ağırlıklı bir PSNR'ye (IW-PSNR) yol açan pik sinyali-gürültü oranına (PSNR)'de uygulanabilir. Ancak SSIM, kötü bulanık görüntülerin kalitesini değerlendiremez. Test edilen görüntülere, görselleştirme koşullarına ve bireysel değerlendirme puanlarına bağlı olarak başka bir ölçüm biçiminde evrensel kalite indeksidir (UQI). Bu ölçüm tekniği, görüntüleri karşılaştırır, bu karşılaştırmaların sonuçları farklı bozulma türleri için anlamlar önerir. SSIM ve UQI'nin ikisi de HVS ile ilişki içerisindedir [23]. İdeal ölçüm, insanlara pratik uygulamalarda görsel bilgi almada önemli bir rol oynadığı için HVS'nin her zaman yüksek bir MOS olduğunu takdir etmelidir. HVS, doğal insanlar için dünyayı ve dolayısıyla görüntü kalitesini anlamak için çok önemli olmakla birlikte, çok yüksek karmaşıklığa sahiptir. Ayrıca, henüz çok net bir şekilde anlaşılammıştır. HVS'yi özetlemek gerekirse, insanların sahneleri algıladıkları ve görüntünün niteliğini sahnenin semantik bilgilerini kullanarak değerlendirdikleri söylenebilir. HVS'yi daha iyi anlamak için aynı miktarda gürültü aynı görüntüden farklı olur. O alana gürültü eklenirse, elde edilen görüntü oldukça mükemmeldir, yani orijinal görüntüye çok yakındır. Fakat gürültü

burun, dudak veya göz ise, ortaya çıkan yüz görüntüsü çok hoş görünmez ve daha düşük bir kalite puanı alır. Bu saç bölgesi en önemli olanıdır. Bu örnekle, semantik bilgilerin bozulmasına göre kaliteyi ölçebilir. Ancak, anlamsal bilgilere dayanan ölçümler için, anlamsal bilgiyi değerlendirmek çok zordur [24]. Bununla birlikte, HVS'ye dayanan ölçümler, PNSR, MSE veya MAE'ye dayalı ölçümlerden daha güvenilirdir.

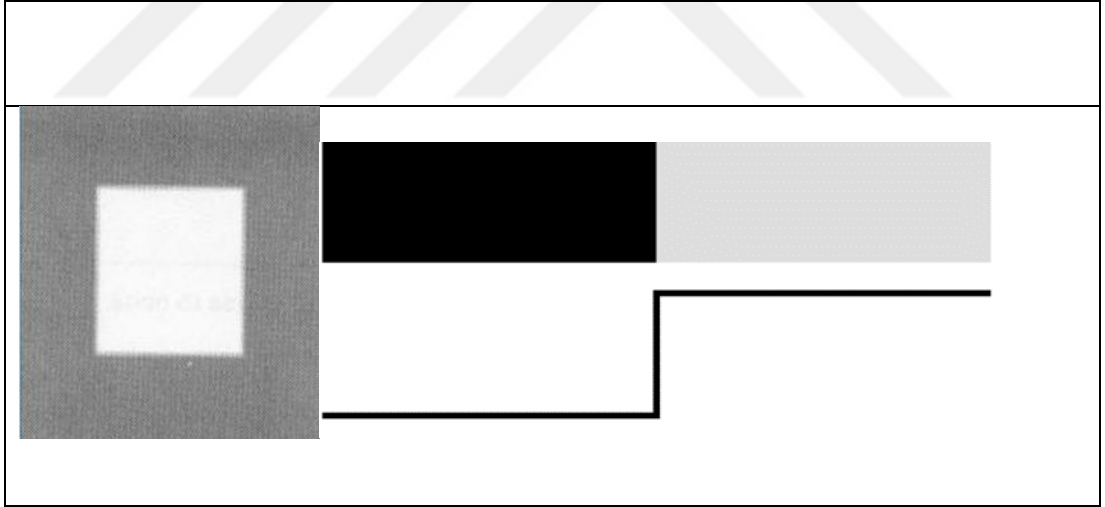
Bu nedenle, son zamanlarda, farklı HVS özelliklerini dikkate alan birkaç IAQ ölçüm tipi önerilmiştir. En temel HVS özellikleri, kontrast hassasiyeti, yapısal bozulma vb. SSIM ve UQI ölçümlerinden farklı olarak HVS'yi düşünmenin birçok nedeni vardır [21]. VIF ve IFC aynı bilgi teorisini kullanır. Bu bilgi teorisinde, IFC süreci, çarpıtılmış görüntü, bozulma ve orijinal görüntüden geçen bir referans görüntü modelidir [25]. VIF süreci ise algılanan bilgilerin ölçülerini ölçer. VIF, diğer hedef ölçümlere göre daha alakalı değerler verir. Görüntü kalitesi için başka bir ölçü gradyan büyüklüğü benzerlik sapmasıdır (GMSD). Bu ölçüm, yalnızca büyük açılarda benzerlik durumlarını karşılaştırarak, hızlı işlemler için tasarlanmıştır [23, 25]. Yukarıdaki verilen bilgiler dikkate alındığında, kaliteli yöntemlerin basit ve düşük maliyetli olması gerektiği söylenebilir. Şimdilik bu ölçümlerle, gri tonlamalı görüntülerin FR-IQA sında büyük bir başarı elde edildi. SSIM, onun türevleri ve VIF gibi birçok algoritma, büyük ölçekli konu bağımsız görüntü veri tabanlarına dayanan testlerde PSNR ve MSE den daha iyi performans göstermiştir. Fakat bu ilerlemelerin yanı sıra hala çözülmemiş sorunlar var. Örneğin, doku görüntüleri için hala etkili IQA için bir yöntem yoktur. Tıbbi görüntüleme uygulamalarında, resimlerde açıklanamayan görüntülerde tanı değerlerini nasıl etkilediği, IQA sinyallerinin genişletilmiş boyutları birçok araştırma problemi yaratmıştır. Bu problemlere baktığımda, bugünün teknoloji uygulamalarını uyarlamak için IQA nın geliştirilmesinin gerektiğini söyleyebilirim [26]. Günümüzde kalite ölçümünün önemi nedeniyle, objektif IQA önlemlerindeki uygulamaların karşılıklı olarak fayda sağlayacağı beklenebilir. IQA önlemlerini tahmin edebilecek sayısının gerçek evren uygulamalarında artacağı aşikârdır. İlerleme devam ederken, gerçek uygulamalardan kaynaklanan zorluklar gelişmeyi etkileyecektir.

## 2.5. Görüntünün Kenar Özelliği

Görüntü bozulma algısı çoğunlukla düzlükler, kenarlar, doku gibi bazı yerel özelliklere bağlıdır. Bu yerel özellikler arasında kenar, görüntü tanıma için en önemli olanıdır [27]. Kenar, gri veya renkli görüntülerde ani şiddet değişimlerinin meydana geldiği, piksellerin bir dizi eşdeğer piksel pozisyonudur. Kenarlar, yoğunluk görüntülerine göre modellenir. Bu durumlar aşağıdaki gibi basamak durumlarına göre incelenebilir.

### ❖ Kenar basamağı

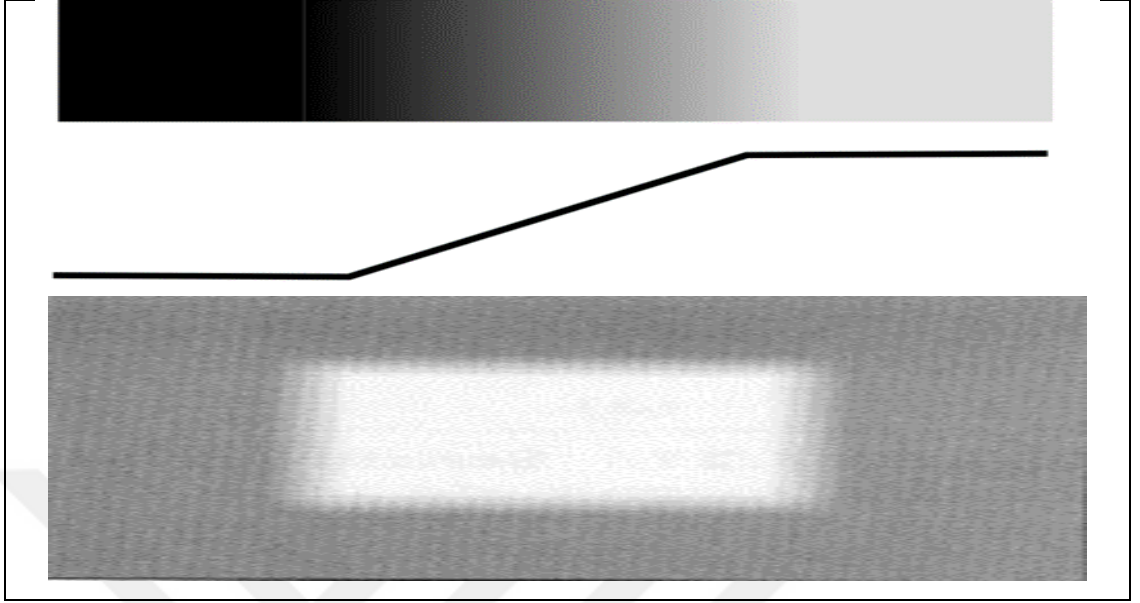
Bir görüntünün yoğunluğu, süreksizliğin bir tarafındaki bir noktadan diğer taraftaki farklı noktaya ani değişiklikler yapar. Basamak kenarı Şekil 2.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Adım kenarının şekilsel olarak formu

### ❖ Eğimli kenar

Görüntü yoğunluğunun aniden değişmediği, ancak sınırlı bir mesafede gerçekleştiği adım kenarına benzer. Eğimli kenara ait form Şekil 2.5.'de gösterilmiştir.



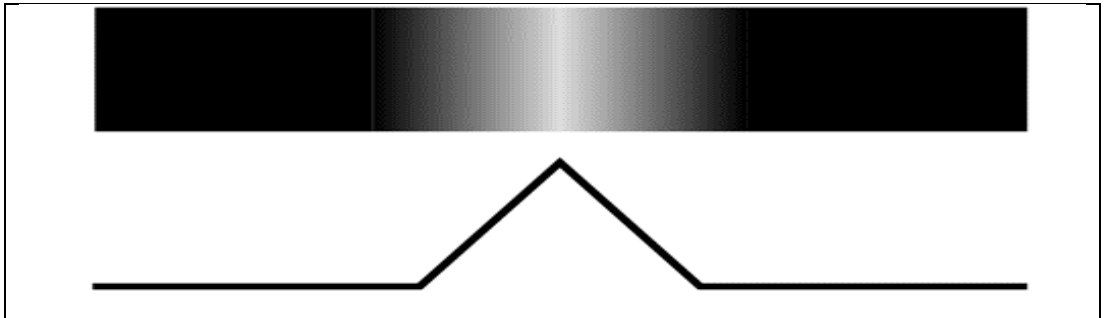
Şekil 2.5. Adım kenarının şekilsel olarak formu

❖ **Pik kenarı**

İlk yoğunluk aniden değişir, ancak kısa bir sürede başlangıç noktasına düşer. Sırt kenarı kenarı genellikle çizgilerle oluşturulur.

❖ **Çatı kenarı**

Yoğunluk aniden değişmez, değişim sınırlı mesafede gerçekleşir. Çatı kenarı, “Ring” kenara benzer. Genellikle iki yüzey etkileşimi ile oluşturulur. Çatı kenarının yapısı Şekil 2.6.’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Çatı kenarının şekilsel olarak formu

Bir kenarın hem adım, hem de sırt özelliklerine sahip olması da mümkündür. Kenarları olmayan bir görüntünün sabit bir renge sahip olacağını ve görüntüyü işe yaramaz hale getirdiği söylenebilir. Tek kenarlı bir görüntü herhangi bir eğim ile tek bir eğimden oluşabilir, pikseller olduğu kadar çok kenarlı bir görüntü bir beyaz görüntüdür. Kenar açıklamasını 2D olarak yapmak için, kenarın üç özelliği olduğu söylenebilir; yön, büyüklük ve konumdur. Derece, kenar algılamada bilinmesi gereken başka bir şeydir. Gradyan, büyüklüğü ve yönü olan bir vektör operatörüdür [29, 30].

## 2.6. Kenar Algılama

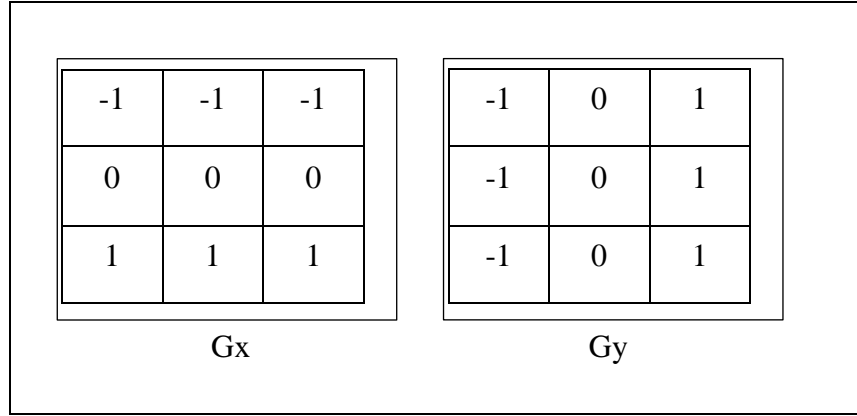
Kenarları kullanarak bir ölçüm tasarlamadan önce kenarların tespit edilmesi gerekir. Temel olarak, kenar algılama bir görüntünün bir çizgi çizmesini oluşturur. Kenar algılama ile çizgiler, eğriler, köşeler vb. önemli özellikler çıkarılır. Bu nedenle, görüntü işlemede bir sahnedeki nesnelere algılamak için kenar algılama çok önemlidir [29]. Her operatör belirli türdeki kenarlara duyarlıdır. Görüntüler gürültü ile çok kolay etkilenir. Böylece, gürültü görüntü bölümlenmesi için bir sorun teşkil etmektedir [31].

Her kenar algılama operatörü bu adımları takip eder;

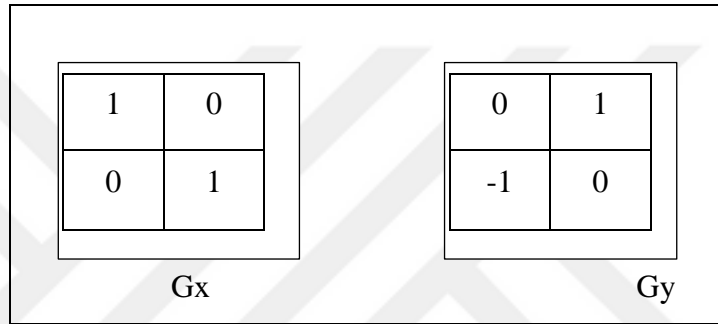
1. Renkli bir görüntü çekmek
2. Rafine etmek, gürültüyü kenarlara zarar vermeden çıkarmak.
3. Yoğunlaştırma, kenarların kalitesini arttırmak için farklılaştırma.
4. Eşik, gürültülü kenarları çıkarmak için kenar büyüklüğü kullanmak.
5. Yerelleştirme, kenar konumlarını tahmin etmek için bazı uygulamalar yapmak.
6. Kenar tespit edilen görüntüyü vermektir.

Ayrıca, kenar dedektörleri beş sınıfa ayrılabiliriz; sırasıyla kenar detektöründe, ilk gradyan yönlü türevi alan bir işlem kullanır. Sıfır geçişinde, ikinci yönlü türev kullanır ve Laplace operatörünü içerir. Gauss (LoG) Laplace'da; Laplace ile Gauss filtreleme kullanır. Gauss kenar dedektörlerinde, kenarı çevreleyen simetri kullanır. Renkli köşe dedektörlerinde aşağıda belirtilen bazı iyi bilinen kenar tespit operatörleri vardır [32]. Sobel operatörü; bu operatör iki 3x3 matris ile çalışır. Bir matriste, diğerinin 90 derece döndürülen versiyonudur.





Şekil 2.8. Prewitt operatörü tarafından kullanılan maskeler



Şekil 2.9. Roberts operatörü tarafından kullanılan maskeler



### 3. LİTERATÜR TARAMASI

#### 3.1. Kenar Algılama

Othman ve arkadaşları, Canny ve Sobel operatörünün karşılaştırmasını tartışmıştır [33]. Ayrıca, Canny operator tarafından düzgün, sürekli piksellerle ve ince kenarla iyi bir kenar oluşturuldu. Canny operatörünün aksine Sobel operatörü böyle bir kenar üretemez. Operatörün dezavantajlarının çoğu gibi, Canny ve Sobel operatörlerinin gürültü piksellerine duyarlılığı vardır. Bu bir dezavantajdır, çünkü gürültülü resim filtrelediğinde, bazı gürültülü pikseller kalabilir. Kalan gürültülü pikseller kenar algılamayı olumsuz yönde etkiler. Analiz sonucunda, Canny operatörü ve Sobel operatörü manyetik rezonans görüntüleme (MR) kullanıldığında, Canny kenar algılayıcısının Sobel kenar dedektörü daha iyi bir performans gösterdiği gözlemlenmiştir [34]. Görüntü işleme, görüntülerden farklı gürültü türlerini kaldırmak için kullanılır. Etki gürültüsü (SPN) bu gürültü tiplerinden biri olup aynı zamanda darbe gürültüsü olarak da bilinir. Bu ses gürültüsü, görüntü sinyalindeki keskin ve ani rahatsızlıklardan kaynaklanabilir. SPN gürültüsünü azaltmak için, ancak ikisini birden kullanmamak için, kontraharmonik bir ortalama filtre etkili olabilir.

#### 3.2. Gradyan Temelli Kenar Algılama

Gradyan temelli kenar algılama için birçok yöntem vardır, ancak bunların çoğu arama tabanlı ve sıfır geçiş temelli olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Arama tabanlı yöntemlerde, kenarların ilk olarak bir kenar ölçüsü genellikle gradyan büyüklüğü gibi bir birinci derece türev ifadesini hesaplayarak kenarları algılar ve daha sonra yerel yönelimin hesaplanmış bir tahminini kullanarak eğim büyüklüğünün lokal yönelimini arar. Sıfır geçiş tabanlı yöntemlerde ise, kenarlar genellikle Laplace sıfır geçişlerini veya doğrusal olmayan diferansiyel ifadenin sıfır geçişlerini bulmak için görüntüden hesaplanan, ikinci dereceden bir türev ifadesinde sıfır geçişlerini arar. Kenar tespiti için bir ön işlem adımı olarak, genellikle Gauss yumuşatma, bir pürüzsüzleştirme aşaması hemen hemen her zaman uygulanır. Gradyan kenar algılama yöntemleri, uygulanan pürüzsüzleştirme filtreleri ve kenar mukavemeti

ölçümlerinin nasıl hesaplandığına göre farklıdır. Birçok kenar algılama yöntemi, görüntü gradyan hesaplanmasına dayanırken, x ve y yönlerinde gradyan tahminlerini hesaplamak için kullanılan filtrelerde de farklılık gösterir. x yönü ve y yönü için gradyan ve her iki yönde de denklem (3.1), denklem (3.2) ve denklem (3.3) gösterilmektedir.

$$\frac{df(x, y)}{dx} = \lim_{h \rightarrow 1} \frac{f(x + h, y) - f(x, y)}{h} \quad (3.1)$$

Bu denklemlerde (x, y) koordinatında piksel değeridir. X doğrultusuna ait sonuç Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

$$\frac{df(x, y)}{dy} = \lim_{h \rightarrow 1} \frac{f(x, y + h) - f(x, y)}{h} \quad (3.2)$$

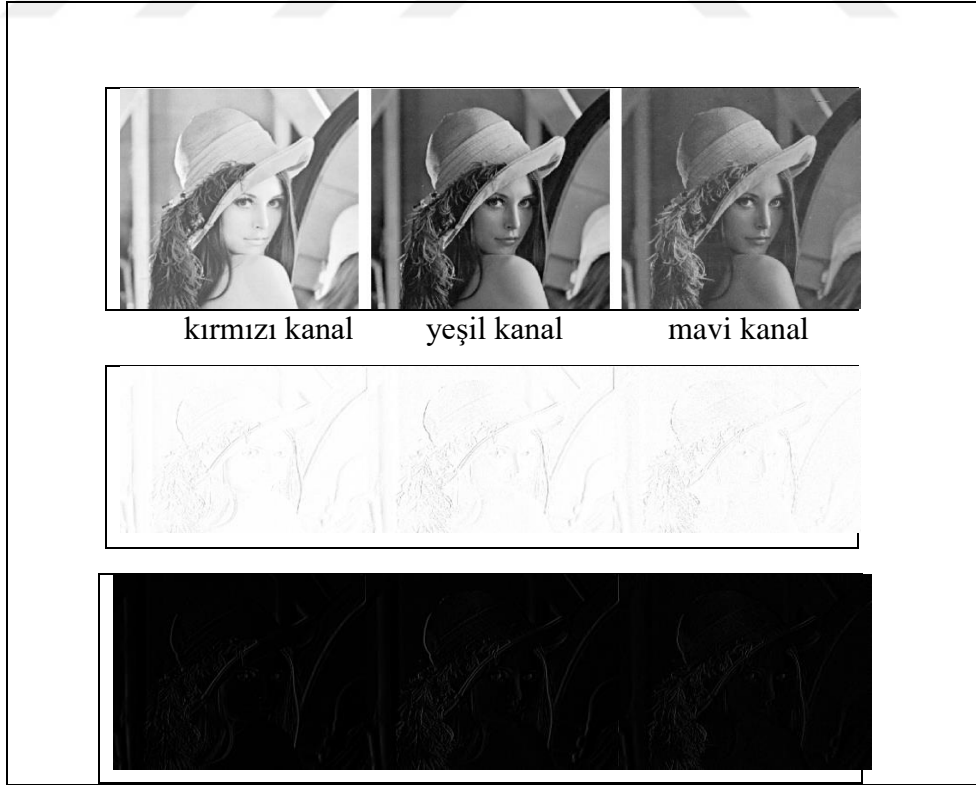
Y doğrultusuna ait sonuç Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

$$\nabla f(x, y) = \frac{df(x, y)}{dx} + \frac{df(x, y)}{dy} \quad (3.3)$$

(x, y) doğrultusuna ait sonuç Şekil 3.3.'de gösterilmiştir.



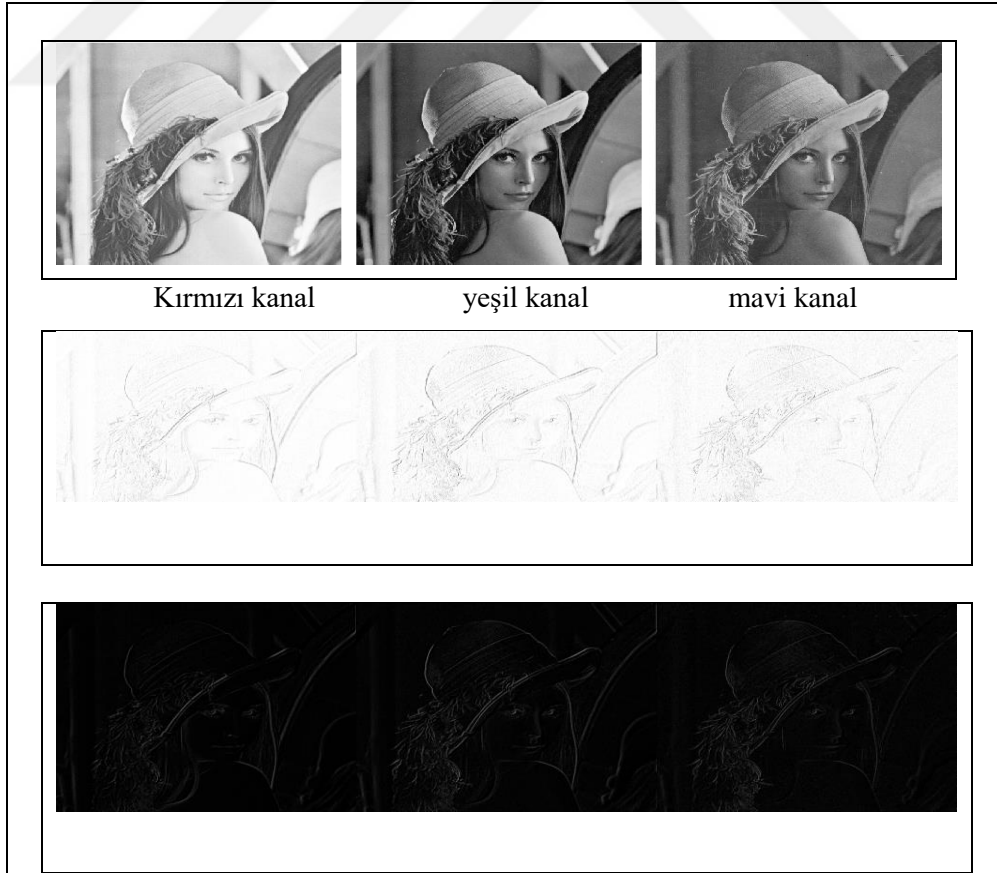
Şekil 3.1. X yönü için gradyan sonucu



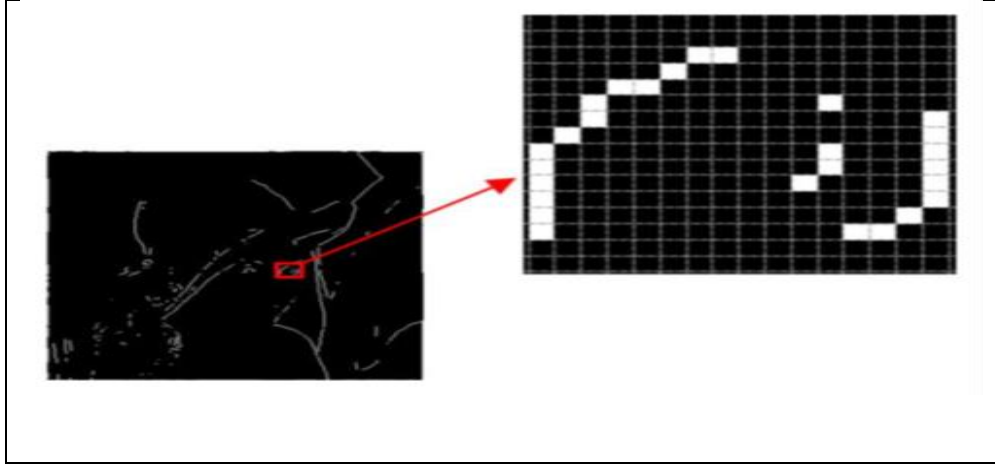
Şekil 3.2. Y yönü için gradinat sonucu

### 3.3. Kenara Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümleri

Orijinal ve çarpık görüntülerin farklı kenar özelliklerine dayanan kenar tabanlı IQA'da (EBIQA) önerilmiştir [35]. Bu değerlendirmenin ana noktası, insan bilgilerinin bir görüntünün niteliğini verirken, uç bilginin HVS'de önemli bir yer tuttuğunu gösteren çalışmalardır. Bu değerlendirmenin ilk adımı, Sobel kenar dedektörü tekniği kullanılarak kenarların saptanmasıdır. Daha sonra referans ve çarpıtılmış görüntüler 16x16 blok kesit Şekil. 3.4.'de gösterilmiştir. Bu bölümden sonra, her blok için iki vektör tanımlanmıştır. Bu iki vektörün dört dizisi vardır ve her dizi bir kenar özelliğini (EOI, ALE, PLE, NEP) temsil eder. Görüntüdeki kenar yönü (EOI), her blokta bulunan kenar numarasıdır. EOI ile kenar oryantasyonu elde edilir. Kenarların ortalama uzunluğu (ALE), bir özel bloktaki kenar uzunluklarının ortalamasıdır.



Şekil 3.3. (X, Y) yönü için gradinat sonucu



Şekil 3.4. Bir orijinal resim 16x16 blok kesiti

Kenarların ilkel uzunluğu (PLE), aynı gri seviyedeki piksellerin pik sayısıdır. Kenar Piksel Sayısı (NEP), adının yanı sıra kenar piksellerinin sayısıdır. Daha sonra Şekil 3. 5'de gösterilen aynı hesaplamalar yapılır. Alt IBIQA değeri daha yüksek kalite demektir. EBIQA'nın performansını ölçmek için, MatLlab programlaması ve 25 gözlemciden oluşan öznel deneyler kullanılarak MSE ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, önerilen tekniklerin diğer tekniklerden daha iyi performanslı olduğu gösterilmiştir.

### 3.4. Kenar Özellik Benzerliğine Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümü

Zhang ve arkadaşları kenar benzerliğine bağlı olan bir FR-IQA ölçüm yöntemini önermiştir [24]. Kalitenin değerlendirmesini yapmak için önerilen ölçüm çeşidinde görüntülere yerleştirilen kenarların anizotropik düzenini ve bozukluğunu kullanır, görüntüdeki piksellerin kenar kuvveti tarafından tamamen ortaya konan iki görüntü arasında anlamsal bilgi varsayar. Deneme sonuçlarına göre önerilen ölçümler, kolaylık ve değerlendirme performansı gibi özellikler konusunda çok iddialıdır. Bir görüntünün kalitesini değerlendirmek için farklı bir ölçüm kenar ve kontrast benzerliği tasarlanmıştır [27]. Çünkü HVS, en önemlisi görüntünün kenarını alabilir. Kenar ve kontrast benzerlik metrik (ECSM) algısal IQA için kullanılır. Algısal IQA'lar, görüntüleri, ara frekans ve anlık frekans için isteğe bağlı alt bantlara ayırır. Daha sonra kontrast hassasiyet fonksiyonuna (CSF) uygun olarak hata sinyalinin farklı faktörlerini ağırlandırma girişiminde bulundular. CSF, HVS'nin çeşitli mekansal ve anlık frekans tanımlarına duyarlılığıdır. Kenar bozukluğuna ek olarak çarpık görüntülerde zıtlık bozulma olduğu için, ECSM basit bir şekilde anlaşılabilir

bir içeriktir. Ölçüm tasarlanırken kenar çıkartımı için klasik kanyon algoritması kullanılır. Uygulamada, ESM, kenarların benzerliğini, olarak tanımlanan formülle değerlendirmek için kullanılır.

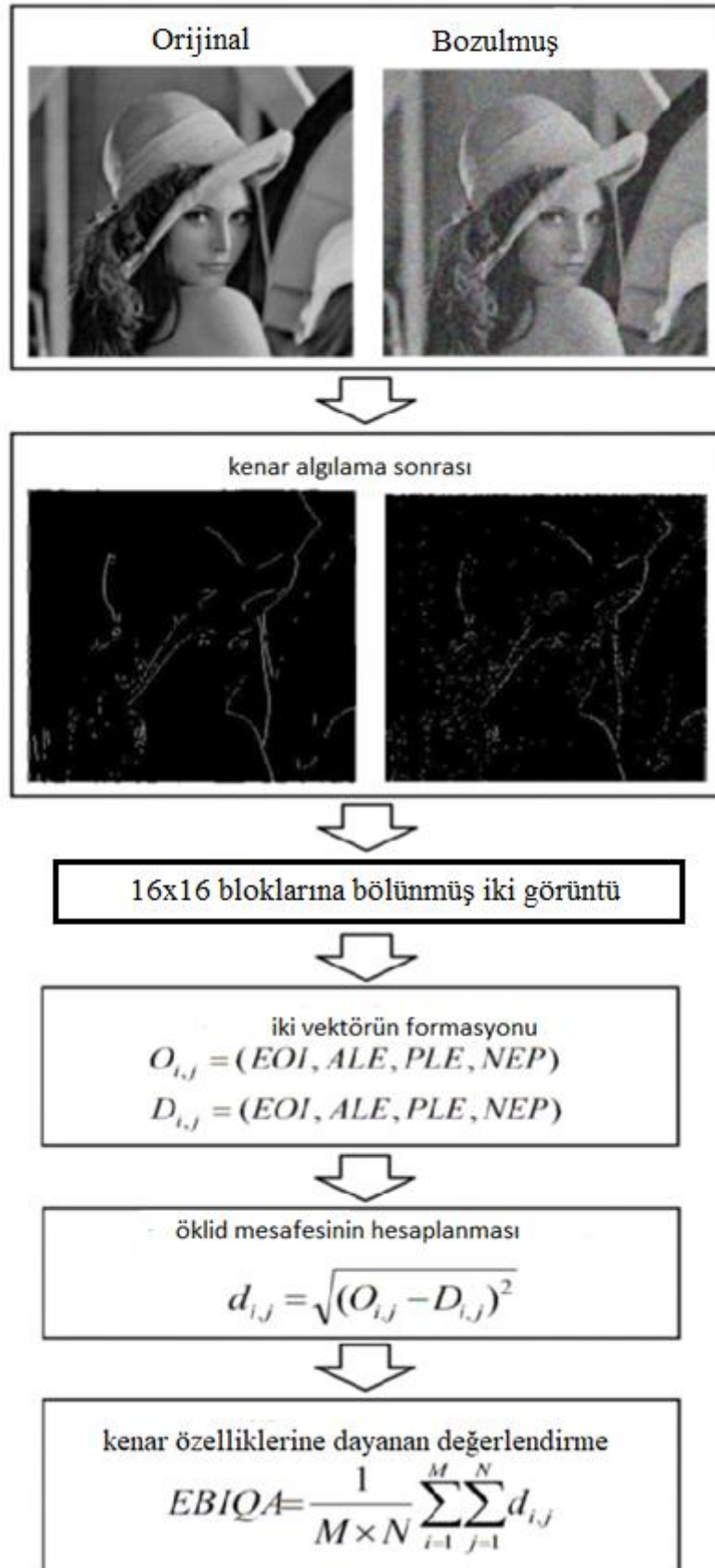
$$ESM = \frac{L^{0.5} \cdot L^{0.5}}{S_1 \cdot S_2} \quad (3.4)$$

L, orijinal görüntünün homojen kenar bölgelerini ve çarpık özelliğini; S<sub>1</sub> ve S<sub>2</sub> burada, iki görüntünün toplam kenar bölgeleri olarak tanımlanır. Kaliteyi ECSM ile değerlendirmek için aşağıdaki bağıntı kullanılır.

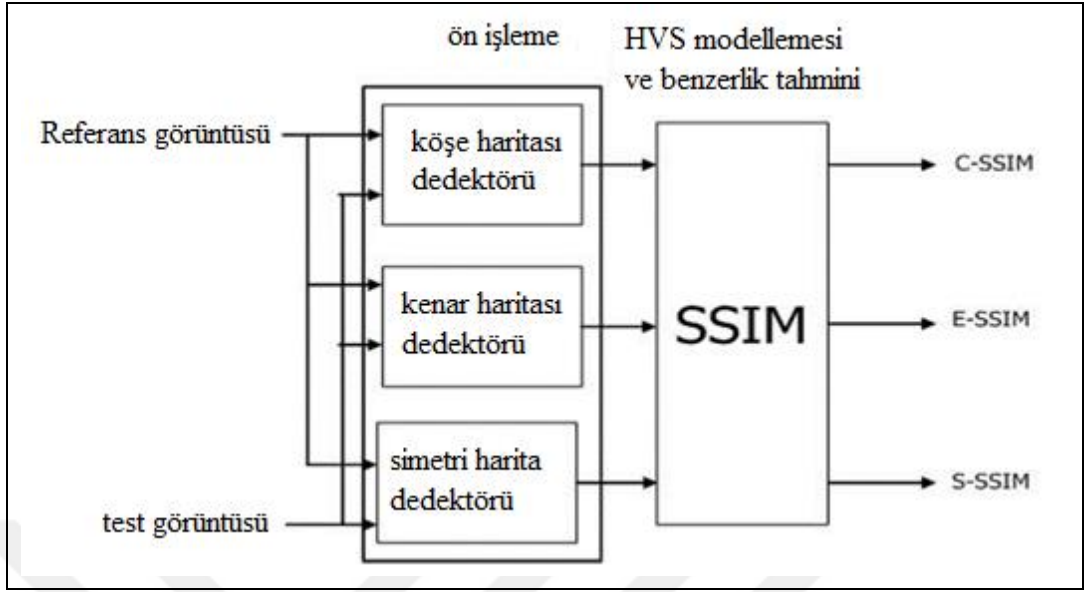
$$ECSM = (ESM)^{0.5} + (CSM)^{0.5} \quad (3.5)$$

ECSM indeks 0 – 1 aralığında değerlendirilir. Daha büyük ECSM daha yüksek görüntü kalitesi demektir. ECSM nin dezavantajı renk IQA için parlaklık kullanılarak hesaplanması ve üç farklı görüntü kalitesi ölçümü önerilmiştir [36].

Bu ölçümler için iyi bilinen yapısal benzerlik indeksi (SSIM) geliştirilerek tasarlanmıştır. Bu ölçümlerde görüntülerin kendileri değil, kenar, köşe ve simetri özellikleri karşılaştırılır. C-SSIM (köşe yapı benzerlik indeksi Metrik), E-SSIM (kenar yapı benzerlik indeksi metrik) ve S-SSIM (simetri yapı benzerlik indeksi metriği) olarak adlandırılan bu metrikler. Önerilen metriğin algoritması, Şekil 3. 6 da kısaca gösterilmiştir. Köşe, kenar ve simetri, bir görüntünün önemli özellikleri olup, bu özellikler çarpık ve referans görüntüler arasında HVS ile uygulanabilir. Çünkü, HVS'nin parlaklık, kontrast ve yapı olan üç görsel yoldan oluştuğunu varsayar. Köşeler, eğrilerin aniden değiştiği ve eşleştirme, izleme ve hareket kestiriminde kullanılan noktalardır. Kenarlar, bir görüntünün yoğunluk süreksizliği olarak tarif edilebilir. Simetrier, bazı geometrik dönüşümler altında nesnelerin değişmezliğini belirtir. Köşe, kenar ve simetri haritalarının saptanması, farklı algılama yöntemlerine sahiptir.



Şekil 3.5. Önerilen algoritma blok şeması



Şekil 3.6. Önerilen algoritmanın şeması

Sistemin performansını ölçmek için iki deney yapılmıştır. İlk deneyde, görüntü kalitesi ölçümlerinin genel performansı statik ve dengeli ölçülmüş, ikinci deneyde ise bireysel bozulma tipleri üzerinde görüntü kalitesi ölçümlerinin performansı ölçülmüştür. Ölçümlerden sonra, teklif ölçümleri herhangi biri SSIM'den daha iyi bir performansa sahiptir. Üç farklı önerilen ölçüm metrisinde, E-SSIM diğer iki ölçüm yöntemine göre daha iyi bir performansa sahiptir. Bu endeksin geliştirilmesinde SSIM kullanılmıştır. Kenar yapı benzerliğine dayanan farklı bir objektif kalite indeksi verilmiştir [37]. İlk olarak, SSIM hesaplama yapılırken, kayan pencere ağırlıkları kenar verilerini kullanılır. İkincisi, tüm değerlendirmede, orijinal görüntülerin ve kenar görüntülerin kombinasyonları kullanılır. Yeni kalite endeksinin test etmek için, Gauss gürültüsü, bulanıklaştırma gibi çeşitli şekillerde bozulmalara yol açan, Lena test görüntüsü kullanılmış ve sonuçlar diğer kalite indekslerinin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları dikkate alınarak, TESSIM indeksinin diğer mevcut endekslerden daha iyi performans gösterdiği açıktır. TESSIM, sınır şartlarını kullanılır ve bu sayede, bulanık görüntü kalitesini değerlendirmede olağanüstü bir performansa sahiptir. İyi bir görüntü kalitesi değerlendirme ölçütü, HVS'nin yaptığı gibi yapılmalıdır. HVS, izleme sahnesinin yapısal verilerini çıkarmaya oldukça uygun olduğundan, SSIM (yapı benzerlik indeksi matrisi) çok güvenilir ve sıklıkla kullanılır. Ancak SSIM, kötü bulanık



görüntülerin kalitesini ölçmekte kötüdür. Böylece, yeni bir görüntü kalitesi ölçüsü, kenar verilerine bağlı olarak kenar tabanlı yapısal benzerlik (ESSIM) olarak adlandırılır [38]. Kenar bilgisi, görüntü yapısı için en önemli bilgilerdir çünkü birçok araştırmanın çalışmaları, HVS'nin çevre bilgisi ve kenar bilgisi konusunda oldukça hassas olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kenarları elde etmek için birçok kenar algılama yöntemi arasında Sobel operatörü bu metrikte kullanılır çünkü basit ve etkilidir. Böylece görüntünün kenar haritası bu operatör tarafından oluşturulur. Bir görüntüde, her pikselin kenar yönü ve genliği gibi bazı miktarları içeren bir kenar vektörü vardır ve tüm piksellerin kenar vektörleri bir görüntünün kenar haritasını oluşturur. Bozuk görüntünün kenar bilgisini referans resmin kenar bilgisi ile karşılaştırmak için kenar yönü histogramı kullanılır. Sonunda kenar tabanlı yapısal benzerlik olarak tanımlanır.

$$ESSIM(x, y) = [l(x, y)]^\alpha \cdot [c(x, y)]^\beta \cdot [e(x, y)]^z \quad (3.6)$$

C(x, y) kontrast karşılaştırması olduğunda, l(x, y) parlaklık karşılaştırmasıdır ve e(x, y) kenar tabanlı yapısal karşılaştırmadır. ESSIM genel görüntü yapısal benzerliği olarak tanımlanmıştır.

$$MESSIM(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M ESSIM(x_j, y_j) \quad (3.7)$$

SSIM ve E-SSIM arasındaki fark, SSIM'in yapıya ait bilgileri kullanarak karşılaştırdığı s(x, y) nin kenar bağımlı yapısal karşılaştırma olan e(x, y) yerine kullanılmasıdır. E-SSIM'in performansı PNSR ve SSIM'in performansı ile karşılaştırıldı. Bu karşılaştırmalarda ESSIM, özellikle Gauss gürültüsü ile bulanıklaşan görüntüler için PNSR ve SSIM'den daha iyi performans gösterir. E-SSIM'in en önemli sebebi PNSR ve SSIM'den daha iyi performans göstermesi, E-SSIM'in kenarlar gibi görüntülerde daha fazla ilgi duymasındır. HVS'nin sonuçları netleştikçe, HVS'ye dayanan yeni metrikler geliştirilmiştir. Bu ölçümlerden biri, yapısal benzerlik MSSIM indeksidir. MSSIM, bir görüntünün insan gözüne ait en önemli verileri'nin, izleme görüntüsünden yapısal bilgileri çıkarması gerçeğine dayanır. Bazı deneylerin sonuçları, bu metriğin HVS özelliklerine daha uygun olduğunu doğruladı. MSSIM yönteminin en önemli eksikliği, bulanık görüntülerin ve

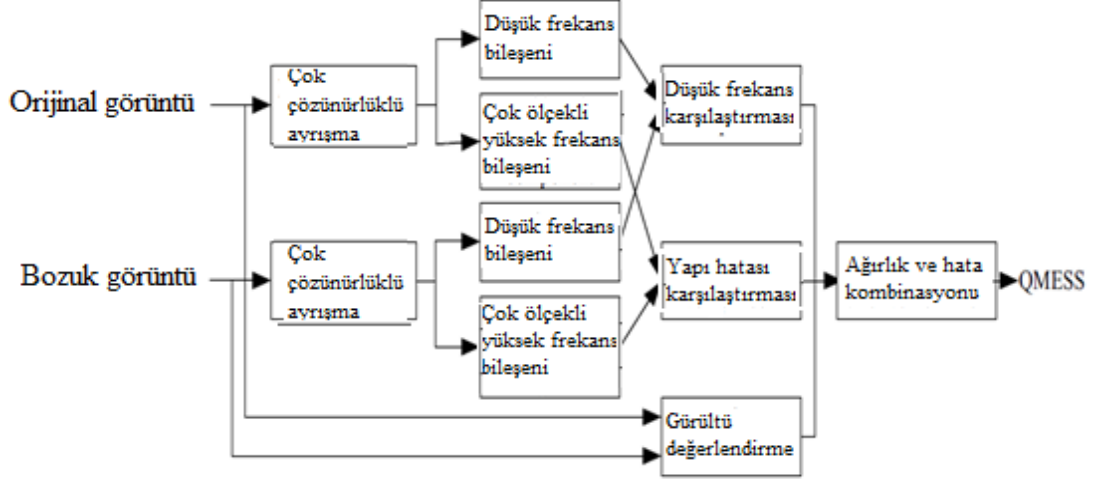
kalitesini Gauss gürültüsü ile değerlendirilmemektir. Bu eksikliği gidermek için insan algısının görüntü kenarı hassasiyetine bağlı olarak, ortalama kenar yapısal benzerliğine MESSIM dayalı bir görüntü kalitesi ölçüsü önermiştir [39]. MESSIM, çarpık görüntü ve referans görüntü arasındaki makro kenar benzerliğini ve mikro kenar benzerliğini değerlendirir ve karşılaştırır.

Görüntü kenarları alıcıya göre farklı görsel duyarlılığa sahiptir, bu şekilde, yöntem, görüntü kenarlarını büyük kenarlar ve ince kenarlar olarak sınıflandırır. Çift ölçekli kenar yapısına bağlı olarak MESSIM, iki katmana sahip olabilen bir kenar, ana kenar verileri ve ince kenarları yansıtan mikro kenarı ifade eden makro kenar olarak tanımlanabilir. İnsan duyuları bu kenarlara farklı tepki verirler, çünkü makro kenarlar, bir görüntüleme sahnesindeki nesnelere kaba şekillendirme parçalarını gösterir ve mikro kenarlar, nesnelere kenarlarını ayrıntılı olarak gösterir. Bu ölçüm modelinde, sadelik ve verimlilik için Sober operatör kenarı algılama yöntemi kullanılır. Performans değerlendirmesi için, MSSIM'in karşı MESSIM'in durumları karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada farklı görüş ortalaması (DMOS) kullanılmış ve 29 kişi her bir görüntü için puanlar vermiştir. Değerlendirme seviyesi beş aşamaya ayrılır; en kötü, kötü, normal, iyi ve mükemmel ve bu puanlar 1 ile 100 arasında sayısal değerlere aktarılır. DMOS değeri arttıkça, görüntünün kalitesi azalır. Bu nedenle, düşük DMOS değeri yüksek kalite demektir. Deneyler MESSIM'in MSSIM'den çok insan duyularına bağlı özelliklerine daha tutarlı olduğunu göstermektedir. MESSIM, kenar bilgilerini dikkate aldığından bulanık görüntülerin kalitesini değerlendirmek için iyi bir performans sergiliyor. Ayrıca JPEG sıkıştırılmış görüntü için iyi performans gösterir. HVS'nin, bir görüntünün görüntüsünü, görüntünün kalitesini tahmin etmek için yapısal veriyi aldığı varsayan yapısal benzerlik yöntemi (SSIM) sunulmuştur. SSIM'nin kullandığı varsayımına dayanarak, kenar yapı benzerliğine (QMESS) dayalı yeni bir görüntü kalitesi metriği sunulmuştur [40].

QMESS, çarpık ve referans resimlerin dalgalar dönüşümü modülü, maksimum uzaysal konum derecesini çoklu çözünürlük alanında karşılaştırır. Ölçümlerin ilk adımı, resimlerin dalga boyu alanında ayrıştırılmasıdır. Daha sonra konum hatası

istatistiği göz önüne alınarak, yapı hatası hesaplanır. Aynı zamanda PSNR, görüntüdeki rasgele gürültüyü değerlendirir.



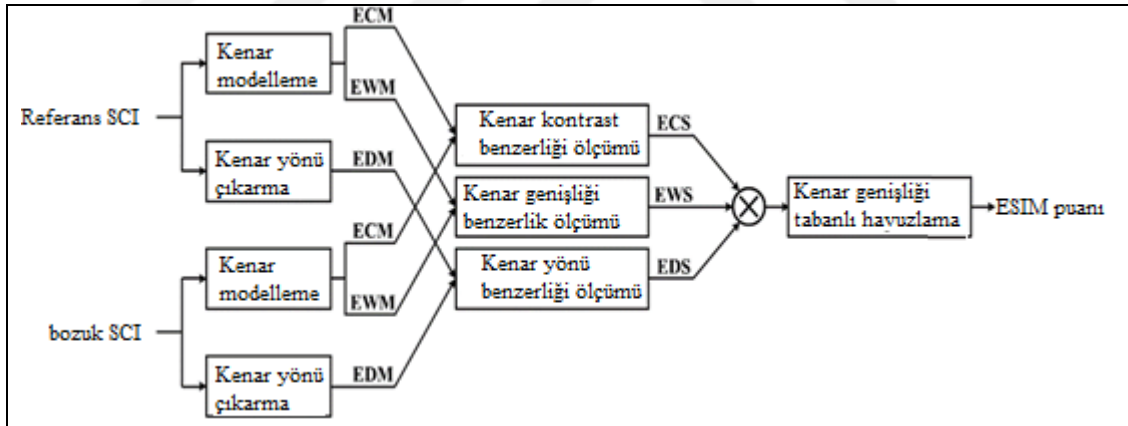
Şekil 3.7. QMESS ölçüm sisteminin şeması

Daha sonra, karşılıklı bilgi ve parlaklıktaki bozulma kullanılarak, genel bozulma değerlendirilir. QMESS'in üç bileşeni vardır; yapı, parlaklık ve gürültü. Ölçüm sisteminin adımlarını açıklayan şema Şekil 3. 7 de gösterilmiştir. Tüm adımlardan sonra, QMESS kalite ölçüm formülü bu üç bileşenden oluşur, x ve y görüntü bileşenlerini karşılaştırır.

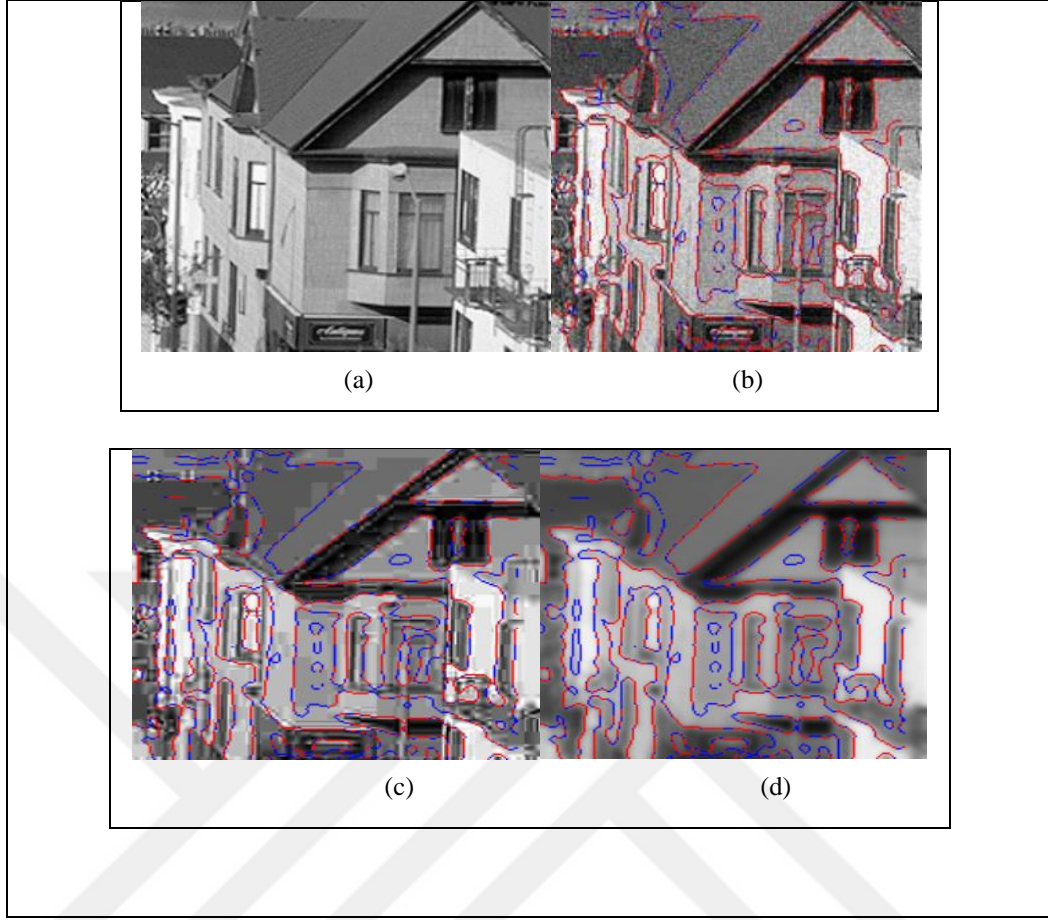
$$QMESS(x, y) = s(x, y) \cdot I(x, y) \cdot PSNR(x, y) \quad (3.8)$$

QMESS'in performansını değerlendirmek için LIVE veri tabanı kullanılır. Önerilen ölçüm sonuçları, PSNR, MSSIM ve VIF ile karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları QMESS'in beş gürültü (Gauss bulanıklığı, JPEG, Beyaz Gürültü, JPEG2000 ve FF) türüne göre öznel değerlendirme puanlarına çok benzer puanları alabildiğini göstermektedir. Teknoloji yaygınlaştıkça, dijital görüntülerin içeriği sadece doğal sahneler içermez. Günümüzde dijital görüntülerin öznel, doğal sahne görüntüleri, bilgisayarlar tarafından oluşturulan görüntüler, grafikler, metinler, el yazısı, çizim, logolar vb. bir kaynak bileşimine sahiptir. Bu tür görüntülere ekran içeriği görüntüleri (SCI) denir.

Çoğunluk kaliteli görüntü değerlendirmeleri'nin doğal görüntülerin niteliklerini değerlendirmek için geliştirilmiştir. Bu kaliteli görüntü değerlendirmesi, SCI kalitesini değerlendirmek için kullanıldıklarında doğru puanlar vermemektedir. SCI görüntü kalitesini tahmin etmek için değerlendirmeleri vardır, ancak başarılı değildir. Ekran içeriği kaliteli görüntü için [41] kenar benzerliği (ESIM) olarak adlandırılan yeni bir görüntü kalitesi modeli önerilmiştir. Bu ölçüm HVS'nin kenar hassasiyetini kullanmıştır. Bu yeni ölçümün diğer SCI kalite ölçümlerinden temel farkı, ESIM'in üç önemli kenar özelliğini kullandığı ve çıkardığı; kenar kontrastı, kenar yönü ve kenar genişliği olmasıdır. İlk iki özellik, SCI girişinin parametrik kenar modelinden, diğeri ise SCI girişinden elde edilir. Yukarıdaki her bir özelliklerin benzerlik derecesi, üç benzerlik haritası elde edilerek bağımsız olarak ölçülür. Son ESIM puanı, kenar genişliği havuzu stratejisiyle bulunur. ESIM algoritması üç aşamaya sahiptir ve Şekil 3.8.'de gösterilmiştir. İlk aşamada, iki üstün kenar özelliği; kenar kontrastı ve kenar genişliği, parametrik kenar modeli kullanılarak çarpık SCI'dan ve referans SCI'dan çıkarılır.



Şekil 3.8. Kenar benzerlik için önerilen algoritmanın oluşturulması.



Şekil 3.9. NSE haritası örnekleri (a) Orijinal görüntü, (b) Beyaz gürültü görüntüsü, (c) Jpeg sıkıştırma, (d) Gauss bulanıklığı

Bu işlemin sonunda kenar kontrastı, kenar genişliği verileri, kenar kontrast haritası (ECM) ve kenar genişliği haritası (EWM) olarak belirtilir. Bu haritalar aynı büyüklükte. Kenar yön haritası (EDM), kenarların yönünü hesaplayan bir yöntem kullanılarak çıkarılır. ECM, EWM ve EDM, bu haritalar aşama -1'i, ECS, EWS ve EDS, kenar kontrast benzerliği, kenar genişlik benzerliği ve kenar yön benzerliği (EDS) anlamına gelir ve aşama-2 yi oluşturur. Bu haritaların sonuçları Şekil 3. 9'daki örnek bir görüntü üzerinde gösterilmiştir. Bir sonraki aşamada, bu üç kenar özellikli harita, çarpık ve referans sürümleriyle karşılaştırılmaktadır. Örneğin, çarpıtılmış görüntünün ECM'sini referans görüntünün ECM'si ile karşılaştırmak, kenar kontrast benzerliği (ECS) haritasını oluşturur. Diğer iki kenar özellikli haritaların karşılaştırmaları, kenar genişliği benzerliği (EWS) haritası ve kenar yön benzerliği (EDS) haritası elde eder. Aşama-3 de son kenar benzerliği (ESIM) skoru hesaplanır. Kenar özelliği benzerlik haritalarının ortalamasını almak yerine, uygun bir ağırlıklandırma işlemi kullanılır. Önerilen ölçüm (ESIM) performansını incelemek

için, ESM modeli ile bir dizi son teknoloji ürünü arasında, aynı kağıtta önerilen SIQAD veritabanı ve SCID veritabanı dahil olmak üzere bazı veritabanlarında karşılaştırma yapılmıştır. SIQAD veritabanı, SCI'lar için geliştirilmiştir ve yirmi referans SCI ve dokuz yüz altmış çarpık referans versiyonunu içermektedir. Bu veritabanı, referans görüntüleri 7 bozukluk/çarpıklık tipi kullanarak çarpıtır.

Bu bozukluk/çarpıklık türleri Gauss gürültüsü, hareket bulanıklığı, kontrast değişimi, JPEG sıkıştırma ve JPEG2000 sıkıştırmadır. Önerilen SCID veri tabanı kırk referans SCI'leri ve bin altmış yüzlerce bozuk referans sürümü içermektedir.

### 3.5. Kaydırma Önleyici Kenarlara Dayalı Görüntü Ölçümleri

Başka bir görüntü kalite ölçüm değerlendirme rNSE (kayma dışı kenar oranı) olarak önerilmiştir [42]. Bu ölçüm biçimi kaliteyi NSE (kayma önleyici kenar) oranını kullanarak algısal olarak değerlendirir. Kayma dışı kenar oranı, çarpıklık prosedürü boyunca başlangıç konumunu koruyan kenardır. Önceki araştırmalara göre, kenarın ilk konumunu koruduğu, kalite ölçümünde önemli bir yer tutabileceği varsayılabilir.

Bu tür kenar noktalarının sayısının referans görüntüye yerleştirilen normal kenar noktalarının sayısına oranı da kullanılabilir. Ölçümde, görüntünün sıfır geçişi olarak kenar noktalarını tespit etmek için LOG operatörü tarafından filtrelenen görüntüler. İkili oluşan NSE haritasının ardından oluşturulur. Bu harita, bozulma görüntüsünden distorsiyon işleminden kalan güçlü kenar yapısını temsil eder. Tasarımda, tek bir ölçüğe sahip olan metrik, denkleme aşağıda belirtilen kenar yapısal benzerliğine bağlıdır.

$$S(C, D) = -\log_{10} \left( \prod_i \frac{\| (M_f C_i) \cap (M_f D_i) \|}{\| M_f C_i \|} \right) \quad (3)$$

9)

D ve C, çarpıtılmış görüntüyü ve orijinal görüntüyü sembolize eder ve  $M_f C_i$ , ve  $M_f D_i$  dalgalar alanındaki büyük frekans bandı'nın ikili bölgesel modül maksimumu işaretlerini gösterir ve burada,  $\cap$  Boolean cebirinde "VE"yi gösterir. Şekil 3.9.'da, kırmızı noktalar çarpık görüntü kenarları gösterirken, mavi noktalar

çarpık görüntüdeki kaybolan kenarları gösterir. Bu rakam incelendiğinde NSE haritasının bu yapıyı nasıl çıkardığı görülmektedir. NSE, kenar noktaları'nın miktarını böldükten sonra görüntü'nün kalitesini tahmin edebilir. Bu bölünmeyle, orijinal görüntü etkisinin fark içeriği güçlüğü ortadan kalkar. Daha sonra NSE (rNSE) oranı kaliteyi değerlendirebilir ve buna dayanan metrik önerilmektedir. RNSE'nin özelliklerini bulmak için, bu ölçümler, CSIQ, IVC, A57 MICT, TID2008 kve LIVE veritabanı gibi altı öznel derecelendirilmiş veritabanında incelenir. Tüm deneyler, rNSE'nin çeşitli veri tabanları üzerinde istikrarlı bir performans gösterebileceğini göstermektedir. Bu, rNSE'nin, yeterli IQA metriği olarak kabul edilebileceği anlamına gelir. Performans karşılaştırması için, üç sanat ölçüsü (SSIM, VIF ve VSNR) kullanılır.

NSE, CSIQ ve TID2008 üzerinden SSIM'den daha iyi performans, A57 ve LIVE üzerinden daha kötü performans, IVC ve MICT üzerinde aynı performansa sahiptir. Son teknoloji ölçütleriyle yapılan tüm karşılaştırmaları dikkate alarak, rNSE karşılaştırılabilir ve daha iyi performans gösterir. İnsanlar, nörofiziyojyiy göz önünde bulunduran etkili bir IQA bulmak için büyük çaba sarf ettiler, çünkü görüntü farklılıklarının ayrımcılığı, insanın oldukça karmaşık nevroitik sistemi tarafından gerçekleştirilen psikolojik ve fizyolojik bir gelişmedir. Bu düşünceye bağlı olarak, örneğin Sarnoff JND Metrix görsel ayrımcılık modeli (VDM) için IQA modellerini tasarlamada insan erken vizyon sisteminin niteliklerini elde etmek ve modellemek için birçok çalışma yapılmıştır. Ancak bu çabalara rağmen, çok sayıda insan görme sistemi mekanizması hala keşfedilmemiş ve ideal IQA modeli henüz önerilmemiştir.

SSIM'in icadı ile, görüntü kalitesinin değerlendirilmesi, piksel yoğunlukları yerine yapısal bilgilere göre önem kazanmıştır. Yapısal bozulma, insan görsel yolunda meydana gelen sinyallerle hesaplanabilir. Nötr sinyalleri kullanarak yapısal bilgi değişikliklerini ölçebilen bir yöntem bulmaya çalıştılar. Böylelikle, kenarlar LOG filtresiyle tespit edilirken referans görüntüsünün kenar görüntüsünü ve çarpık görüntüyü karşılaştıran NSER (kayma olmayan kenar oranı) adlı bir ölçüm önerilmiştir [43]. Kaydırmayan kenarlar, görüntü bozulmasından sonra yerlerini değiştirmeyen kenarlardır. Görüntü yapısal bozulma, referans resmin ve bozuk

görüntünün kenar konumlarını karşılaştırarak verimli bir şekilde ölçülebilir. Metodolojiden sonra aşağıdaki gibi NSER formülü;

$$NSER = 10 \log_i \left( 1 - \frac{\text{sum}(E_{R_i} \cap E_{D_i})}{\text{sum}E_{R_i}} \right) \quad (3.10)$$

Kenar haritaları ikili değerlere sahiptir. Sıfır arka plan ve kenar noktası için duruyor. Önerilen yöntem, öznel olarak değerlendirilen altı görüntü kalitesi veritabanında incelenir. Bunlar TID2008, IVC, A57, MICT, CSIQ ve LIVE'dır. Sonuçlar, NSER'in diğer IQA veritabanlarına göre daha istikrarlı ve etkili bir performans gösterdiğini göstermektedir. Görüntü yapıları, retinal alandan başlangıç kortikal alana kadar herhangi bir görsel yol seviyesinde modalitelere alınabilir. Başlangıçtaki insan görüşü, klasik alıcı alan (CRF) ile (LGN) nöronları tarafından işlenir. HVS sürecinde bir görüntünün anlamsal bilgisini temsil etmek, önemli olan ilkel imaj yapılarını oluşturmak için, ilk insan görüşü Gauss'ın Laplace (LOG) yardımıyla modellenebilir. Sıfır geçişin yapıldığı kenar konumları, temel ilkeler hakkında önemli bilgiler taşır. Kenar yapısal benzerliği, distorsiyondan sonra kaç kenar noktasının ilk konumlarını koruduğudur. QMESS metriği, sadece kenar yapısal benzerliğini kullanarak uygun bir IQA metriği olarak kabul edilebilir. Yukarıda belirtilen temel ilkel yapılar, esas olarak, görüntüleme sahnesinin durması için ham skeçler oluşturmak üzere esas görsel korteks yoluyla iletilir. Sıfır geçişin gerçekleştiği pozisyonlar bu temel ilkelerde aksel verileri taşır ve bir görüntünün çoklu ölçeklerde meydana gelen sıfır geçişler ile tam olarak temsil edilebileceği varsayılmıştır.

Son çalışmalar, sıfır geçişlerin bir görüntünün mükemmel bir temsilini oluşturmadığını gösterse de, duygusal bilgilerin büyük bir kısmını yürütürler. Sıfır geçişli kenarların uzamsal konumları, sıfır geçişli kenarlar tarafından taşınan bilgiler için durmaktadır. Orijinal görüntü bozulduğunda, kenar noktalarının konumları değişir ve ciddi bozulmalarda, kenar konumlarının değerindeki değişiklik daha yüksektir. Bu değişiklik, bozulmayı ölçmenin ana fikridir. Ancak kenar bölgelerindeki değişimi karşılaştırmak zor bir süreçtir. Çarpıklıktan sonra başlangıç pozisyonunda kalan kenarların yerlerini bulmak daha kolaydır. Orijinal konumlarında kalan kenarlara, kaydırıcı olmayan kenarlar (NSE) denir. Bir



görüntünün kalitesi, NSE'deki kenar noktalarının sayısının değiştirilmesi kullanılarak tahmin edilebilir. Sonuç olarak çarpıklık/bozukluk, NSE haritasının daha az puan alacağı anlamına gelir. Referans görüntüdeki kenar noktalarının sayısı normalleştirilmelidir. Bu nedenle NSER ölçümü önerilmiştir [44]. Bu ölçüm, tüm basamaklardan sonra, aşağıdaki gibi NSER formülü;

$$NSER(C, D) = \sum_{i=1}^N \log_{10}(1 - p_i) \quad (3.11)$$

NSER matrisini değerlendirmek için altı açık veri tabanı kullanılmaktadır. Bunlar A57, IVC, MICT, CSIQ, LIVE ve TID2008 veritabanıdır. Değerlendirmelerin sonunda, NSER ölçümü tüm altı veri tabanına göre nispeten istikrarlı bir performans gösterebileceğini ve en son teknolojiye sahip ölçümle daha iyi veya benzer performans gösterebileceğini göstermektedir. NSER ölçümü ve erken önerilen MS-SSIM ölçümü veritabanlarında neredeyse aynı performansı gösterir, ancak birbirlerinden farklıdır. En önemli fark şudur: MS-SSIM HVS'yi taklit ederken, NSER sadece erken görme özelliklerini kullanır.

### 3.6. Kenar Hatalarına Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümleri

İyi bir görüntü kalite ölçümü az karmaşıklığa sahip olmalı ve HVS'ye duyarlı olmalıdır. Piksel mutlak hatasına bağlı olan klasik MSE ve PNSR, çeşitli uygulamalar için sıklıkla kullanılır. Çünkü daha az karmaşıklığa ve açık fiziksel anlamlara sahiptirler. Ancak tüm piksel mutlak hata tabanlı görüntü kalitesi metrikleri öznel değerlendirme ile zayıf korelasyon göstermektedir. Bu önemli bir dezavantaj çünkü görüntü alıcılarının veya video işleme sisteminin çoğu HVS'ye bağlıdır ve bu metrikler HVS özelliklerini dikkate alamaz. Bu problemten kurtulmanın tek yolu, HVS'ye dayanan objektif IQA ölçümlerinin tasarlanmasıdır. Son zamanlarda, çok sayıda IQA metrikleri önerilmiş ve HVS özelliklerini (görsel maskeleyme, yapısal bozulma, kontrast duyarlılığı vb. içerecek şekilde tasarlanmıştır. İyi bilinenler SSIM, bilgi sadakat kriteri (IFC), görsel sinyal-gürültü oranı (VSNR), en belirgin bozulma (MAD), Riesz özellik benzerliği (RFSIM) ve gradyan

benzerliğidir (GS). Bu ölçüm genellikle öznel evrimle iyi ilişki içerisindedir, fakat aynı zamanda yüksek hesaplama karmaşıklığına sahiptirler.

HVS özelliklerini dikkate alan ve daha düşük hesaplama karmaşıklığına sahip bir kenar geliştirilmiş MSE (EE-MSE) IQA ölçümü önerilmiştir [19]. HVS, bir görüntünün yerel kenar ölçümü için daha yüksek duyarlılığa sahip olduğundan, önerilen metrik, kenar geliştirilmiş ortalama karesel hataya bağlıdır. Böylece, önerilen metriğin MSE'den geliştirildiği söylenebilir.

Önerilen EE-MSE, HVS'nin görsel yargısına dayanan ve EE-MSE'nin hesaplanmasının basitçe yapılabildiği öznel değerlendirme ile tutarlıdır. Bu analizden, HVS'nin bir görüntüdeki görüntü içeriğini ve içerik değişikliklerini yerel yapısal bilgileri kullanarak algıladığı söylenebilir. Yerel kenarlar yapısal bilgiler gösterdiğinden, entegre uç bilgisini HVS özelliği olarak gören bir IQA metriği önerilmesiyle, güvenilir ölçümler elde edilebilir. IQA'daki önemi göz önünde bulundurarak, EE-MSE'yi (kenar geliştirilmiş MSE) önermek için kenar bilgilerini bilinen MSE ölçümüne entegre ettiler. Bununla, hesaplama karmaşıklığı düşük tutuldu.

Klasik olarak MSE;

$$MSE (X, Y) = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{i,j} - y_{i,j})^2 \quad (3.12)$$

Burada  $x_{i,j}$  ve  $y_{i,j}$  orijinal görüntünün değerini ifade ediyor.

Klasik MSE'den geliştirilen kenar geliştirilmiş MSE;

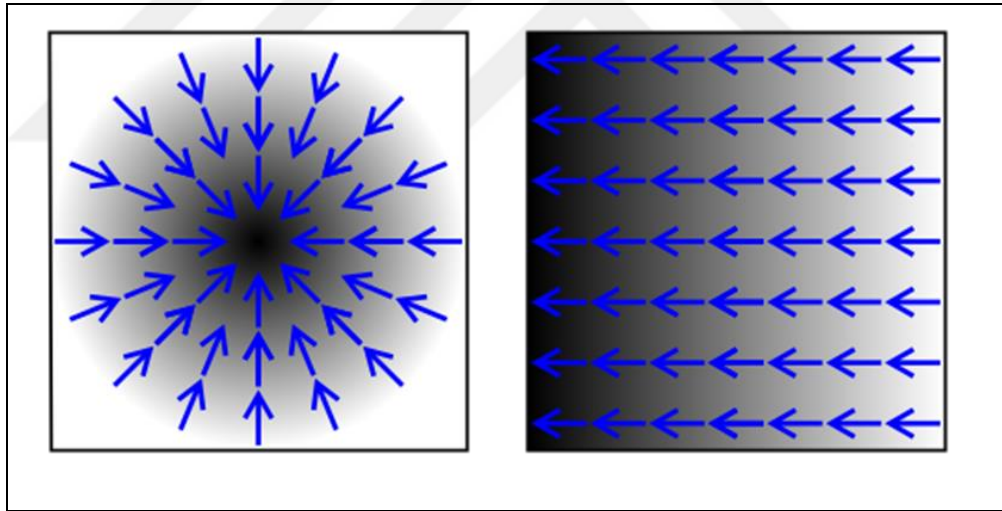
$$EE - MSE (X, Y) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [g_{i,j}^x (x_{i,j} - y_{i,j})]}{M \times N \times g_{ave}^x} \quad (3.13)$$

Burada,  $g_{i,j}^x$ ,  $x_{i,j}$  daki görüntünün gradyanını ifade ediyor.

Piksel de gradyan ve orijinal görüntüdeki gradyan büyüklüğün ortalamasıdır. Önerilen EE-MSE metriği, sık kullanılan LIVE IQA veritabanı üzerinde gerçekleştirilir ve iyi bilinen beş IQA ölçümü (VSNR, MSE / PSNR, SSIM, IFC, UQI ve RFSIM) ile karşılaştırılır. LIVE IQA veritabanı sürüm 2 ile ilgili deneyler, önerilen EE-MSE ölçütünün klasik MSE / PSNR'den daha yüksek bir performansa sahip olduğunu ve UQI, IFC, VSNR ve RFSIM dahil olmak üzere HVS özelliğini dikkate alan ve SSIM ile neredeyse aynı performansa sahip olduğunu teyit etmiştir.

### 3.7. Gradyan Benzerliğine Dayalı Görüntü Kalitesi Ölçümü

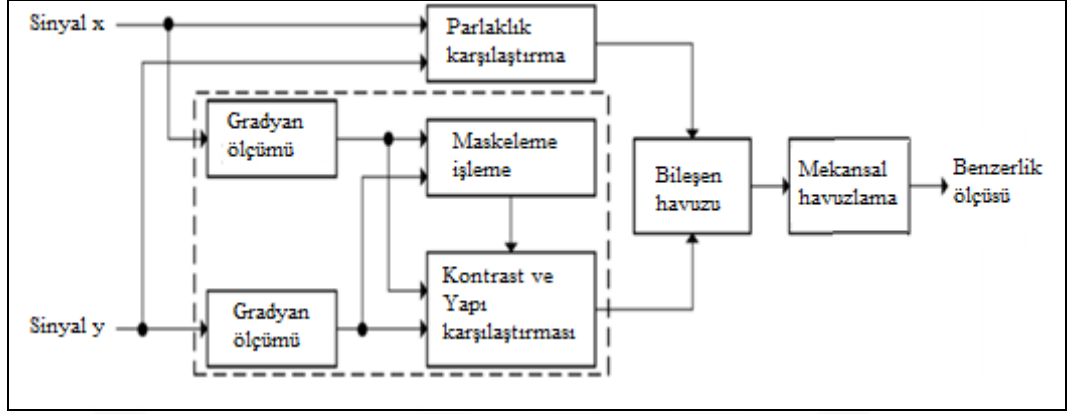
Şekil 3.10.'da gradyan örneklerinin gösterildiği görüntünün yoğunluğunda veya renginde yönlü olarak meydana gelen bir değişiklik gösterilmiştir. Görüntü işleme için gradyan kavramı çok önemlidir. Şekilde mavi oklar yönü, karanlık alanlar şiddeti göstermektedir.



Şekil 3.10. İki tip gradyan durumunda yön ve karanlık alanlarının yapısı

Bir IQA şeması kenar / gradyan benzerliğine bağlıdır. Bu yeni IQA şeması, bir görüntünün parlaklığını ve kontrastını veya yapısal varyasyonlarını ele almaktadır [45]. Gradyan bilgisi bir görüntünün, eş zamanlı olarak kontrastını ve yapısını yakalayabilir. Bu, kenar bölgesinin etrafındaki bozulmaya vurgu yaparak doğru görüntü kalitesi puanları sağlar. Bu şema, kontrast maskeleye ile daha iyi eşleşmektedir ve bu şema, farklı bileşenler olan parlaklık, kontrast yapmayı

bütünleştirmek için uyarlamalı bir yaklaşımdır. Önerilen planın blok şeması Şekil 3.11de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Önerilen planın blok şeması

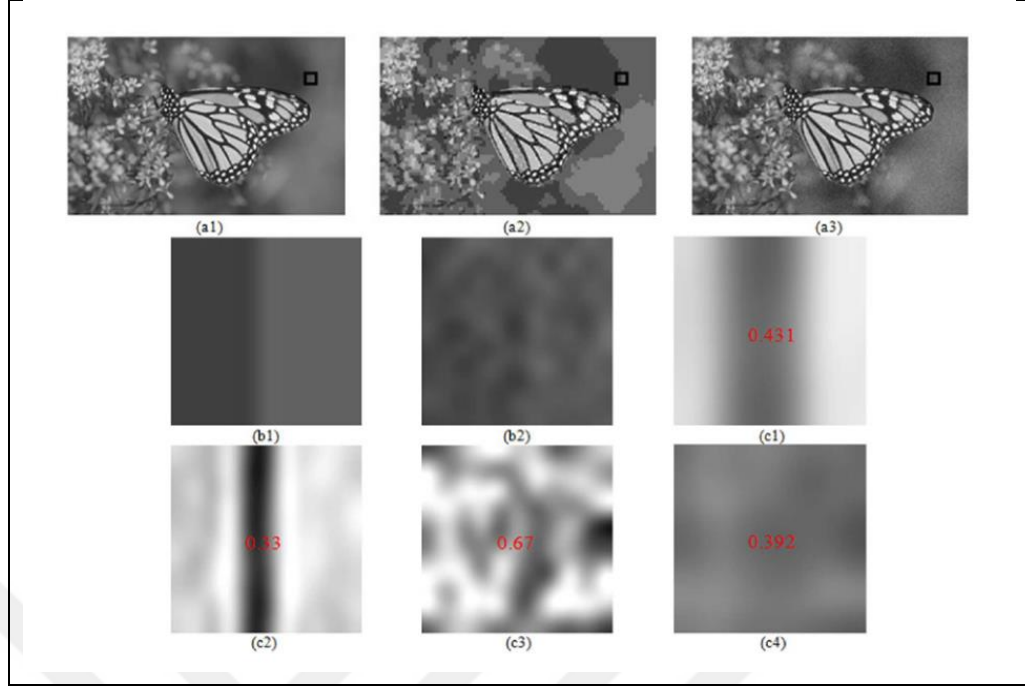
Tüm bu adımların sonunda, aşağıdaki gibi gradyan benzerliğinin formülü;

$$g(x, y) = \frac{2(1 - R) + K}{1 + (1 - R)^2 + K} \quad (3.14)$$

burada,

$$R = \frac{|g_x, g_y|}{\max(g_i, g_j)} \quad \text{ve} \quad K = \frac{C_4}{\max(g_i, g_j)^2} \quad (3.15)$$

R, gradyan değişimi, R = 0 iken ve K genellikle sıfıra yakındır. Buna ek olarak, parlaklık benzerliği de tanımlanmıştır. Bu şemanın performansını değerlendirmek için, konuyla ilgili olarak derecelendirilen altı veri tabanı, örneğin A57, CSIQ, LIVE vb. kullanıldı ve önerilen şema SSIM, çoklu ölçümde SSIM gibi bazı sanat şemalarıyla karşılaştırıldı.



Şekil 3.12. SSIM ve önerilen şema arasındaki resim karşılaştırması. (a<sub>1</sub>) orijinal görüntü (LIVE veri tabanından alınmıştır). (a<sub>2</sub>) JPEG eklenmiş görüntü SSIM = 0, 769 ve g = 0, 787. (a<sub>3</sub>) beyaz gürültü eklenmiş görüntü SSIM = 0, 674 ve g = 0, 795. (b<sub>1</sub>) ve (b<sub>2</sub>), sırasıyla (a<sub>2</sub>) ve (a<sub>3</sub>)'ün yükseltmiş versiyonlarıdır

SSIM ve önerilen metrik karşılaştırması Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Deney sonuçları, önerilen şemanın görünürlük eşiği ve maskeleme etkisiyle eşleşmede daha iyi olduğunu göstermektedir. Diğer şemalardan daha rekabetçi veya daha iyi performans gösterir. Sayısal görüntü düzenleme grafik yazılımında, diğer bir deyişle renk ilerlemesinde, gradyan düşük değerlerden yüksek olan derecelendirme olarak düşünülebilen kademeli bir renk karışımı için kullanılır. CBS araçları, yükseklik ve nüfus yoğunluğunu belirtmek için bu renk ilerlemesini kullandık. Her görüntü noktasında, yoğunluktaki en büyük artış, gradyan vektörünün yönü ile işaret edilir ve yoğunluk değişiminin oranı, gradyan vektörünün uzunluğuna karşılık gelir. Dijital bir görüntünün yoğunluk fonksiyonu sadece biçimlendirme noktalarında tanımlanır; bu nedenle, yoğunluk fonksiyonunun türevi, yoğunluk fonksiyonu sürekli bir fonksiyon olarak kabul edilinceye kadar alınamaz [46]. Bu bilgiler ve görüntü kalitesi için gradyan / kenar önemi ve özellikleri dikkate alınarak yeni bir IQA planı önerilmiştir.

Gradyan bilgileri kullanılarak yapısal ve kontrast değişimlerini yakalamak kolay olduğundan, önerilen gradyan benzerlik ölçümünün yapısal değişikliklerin kullanılabilmesi ve önerilen planın maskeleme etkisi ve görünürlük eşiği ile daha iyi

uyum sağladığı kanıtlanmıştır. Ayrıca kağıda gradiyent ve yoğunluk ilişkisi gösterdi. Yoğunluk boyunca gradyan kullanmak, daha iyi görüntü kalitesi değerlendirmesi için verimli bir seçimdir. Genel olarak, görüntü yoğunluğu bir görüntüyü bölgelere bölmek veya kenar parçaları bulmak için kullanılır. Görüntü yoğunlukları, üç boyutlu Şekil hakkında önemli miktarda bilgi içerir ve bu bilgiyi bir görüntüden elde etmek için, bir görüntü şeklinin ve bir görüntüdeki gözlemlenen yoğunluğun belirleyici faktörünün anlaşılması önemlidir.

Ortalama yoğunluk aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

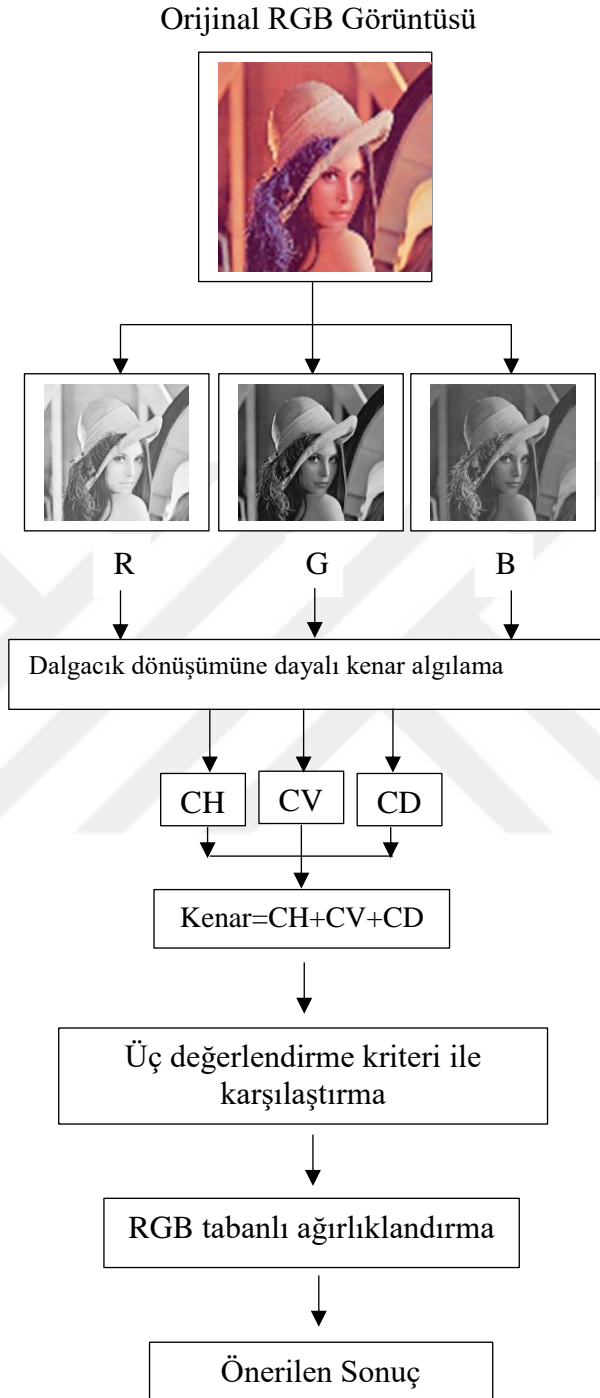
$$Ms_{xy} = \sum_{i=0}^{L-1} r_i p_{xy}(r_i) \quad (3.16)$$

Denklem 3.16 komşu pikselleri temsil eder yerel yoğunluk için de kullanılabilir. Performansı değerlendirmek için, altı tane halka açık değerlendirme ölçütü olan IQA, LIVE, tampere görüntü (TID), toyama, A57, IVC ve CSIQ kullanılmıştır. Ayrıca, önerilen program altı durum ölçüsü, SSIM, çok ölçekli SSIM, VIF, VSNR, MAD ve IW-SSIM ile karşılaştırılmıştır. Deneyle, önerilen şemanın karşılaştırılan şemalarla aynı veya daha yüksek performans gösterdiğini göstermiştir. Önerilen program ayrıca düşük hesaplama karmaşıklığı sağlamıştır. Bu şemayı daha pratik hale getirir. Referans görüntü bulunmadığında, çarpık görüntü'nün kalitesini değerlendirmek için bazı özel algoritmalar vardır. Karanlık görüntü kalitesi değerlendirmesi (BIQA) olarak adlandırılan yöntemler, referans görüntü değerlendirmeyi çok daha kolay hale getirdiğinden, BIQA FR-IQA'dan daha zorlayıcıdır. NR-IQA yöntemleri genellikle transforme edilmiş bir alanda, örneğin DTC domeninde veya dalga boyu domeninde bulunan görüntünün statik bilgisini kullanır. Görüntü yerel kontrast özellikleri, nitelikleri önemli yapısal bilgiler içerdiğinden değerlendirmek için kullanılabilir. Bu temelde, görüntünün yerel kontrast özelliklerine bağlı olan bir BIQA önermişlerdir. Özellikle, yerel kontrast özelliklerinin en bilinenleri olan Gauss (LOG), Yanıtının gradyan büyüklüğü (GM), Haritası ve Laplace [47]. Bu modeli tasarlamak için GM ve LOG özelliklerini birlikte normalleştirdiler ve görüntü verilerini beyazlattılar. Böylelikle bağımsızlık dağılımı ile ölçülen eklem istatistiklerini ispatlamışlardı, bu operasyon BIQA'da kullanılabilir. Bu özellikler neredeyse bağımlı olduğundan, doğal görüntülerin kalitesini tahmin etmek için bunların bir kombinasyonu kullanılır.

Bu modeli test etmek için, bu model büyük ölçeklere sahip bazı subjektif veritabanlarında test edilmiştir. Bu veritabanlarında, görüntüler insanlar tarafından verilen DMOS ile puanlanır. Bu modelin performansını belirlemek için, en son teknoloji BIQA modelleri ve birkaç FR-IQA yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu modellerle neredeyse aynı performansı gösterdi. Bu modelin performansını belirlemek için, en son teknoloji BIQA modelleri ve birkaç FR-IQA yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Bu modellerle neredeyse aynı performansı göstermektedir [48]. FR IQA özellik benzerliği (FSIM) indeksi sunulmuştur. Bu indeks, HVS'nin, görüntülerin düşük seviye özelliklerine sahip görüntü kalitesini, faz uyumu (PC) ve gradyan büyüklüğü (GM) öngördüğü gerçeğine dayanır ve PC yerel yapının önemini ölçer. Bu özellik FSIM'in birincil özelliği olarak kullanılmıştır. İkincil olarak kullanılan özellik GM'dir. Kaliteyi değerlendirirken, bu iki özellik birbiriyle tamamlayıcıdır. Buna dayanarak, yerel kalite haritası elde edilir. Bu haritayı aldıktan sonra, PC başka bir amaç için tekrar kullanılır. Görüntülerin genel kalite puanını belirlemek ve endekslerin performansını elde etmek için sırasıyla verilen altı farklı veri tabanı VIF, SSIM, PSNR, LIVE, CSIQ ve IVC ile test edilmiştir.

### **3.8. Önerilen yöntemin özeti**

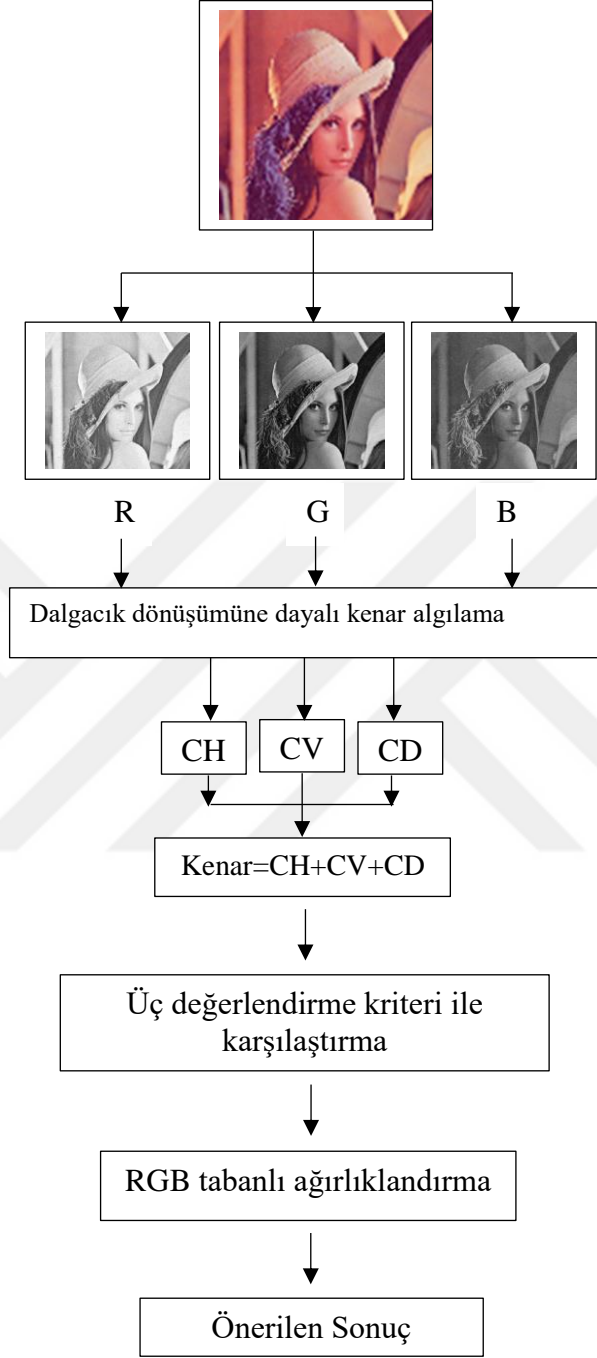
Önerilen yöntemin özeti, Şekil 3.13. ve Şekil 3.14.'de gösterilen blok şema ile sunulmuştur. Bu Şekilde gösterildiği gibi ilk önce orijinal görüntü ve bozuk görüntü yükü ve ardından kırmızı, yeşil ve mavi kanal çıkarılır ve matriste kaydedilir. İkinci adımda dalgacık dönüşümü matrisin her biri için (Kırmızı, Yeşil ve Mavi) alınır ve ayrılmış vektörlerde saklanır. Bu dalgacık dönüşümü bize görüntünün kenarlarını gösteren sonucu verir.



Şekil 3.13. Önerilen yöntemin orijinal RGB görüntü blok şeması



Bozuk RGB Görüntüsü



Şekil 3.144. Önerilen yöntemin bozuk RGB görüntüsü blok şeması

## 4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada objektif bir görüntüyü, tam referanslı görüntü kalitesi değerlendirme ölçümünü geliştirmeye yönelik ilk girişimlerden biri olan yeni bir tam referans görüntü kalitesi değerlendirme algoritması ile ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. Bu amaç doğrultusundan tam referans objektif görüntü kalitesi ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Bu bölüm beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde dalga kenar algılama yöntemi anlatılacak. İkinci bölümde ayrık dalgalar dönüşümü anlatılacak. Sürekli dalga dönüşümü üçüncü bölümde ve ayrık dalga dönüşümü dördüncü bölümde ve Simulasyon sonuçları beşinci bölümde anlatılacaktır.

Görüntünün performansını değerlendirmek için tasarlanan tüm olası görüntü kalitesi değerlendirme algoritmaları için literatür detaylı incelemiştir. Algoritma, farklı mekansal ayrıntılar ve degradasyon türleri ile farklı görüntü kümeleri için test edilebilir. Amaç, algoritmanın eksikliklerini bulmak olası uygulamalar ve analiz edilen algoritmanın performansını iyileştirmek için yeni bir yöntem ortaya koymaktır. Frekans analizi ve dalgalar dönüşümü için zaman analizi kullanılmıştır. Dalgalar dönüşümü kullanılarak görüntülenen seslerin görüntülerin bilgisini bozar.

### 4.1. Dalga Kenar Algılama Yöntemi

Hilbert uzayında bir kare integral fonksiyonu genellikle titreşim olarak periyodik dalgalar şeklinde salınım yapar. Dalgalar, birleşik dalga salınımlarında oluşan ve zamana bağlı olarak enerjisi ve genliği olan bir topluktur.

Tüm görüntüler bir alt gruptan oluşan paralel kayma sistemine ait denklemi;

$$\forall t \in R, \psi_{s,\tau}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (4.1)$$

ile verilmektedir. Ek olarak, grupların dönüşümü için lokal olarak aynı grup altında değişmeyen alt çeşitleri üzerindeki fonksiyonların aileleri de dalgalar olarak tanımlanabilir [49]. Dalgalar alt grubu ayrık ve süreklilik şeklinde iki çeşittir.

## 4.2. Ayrık Dalgalar Dönüşümü

Bu teknik, dijital verilerin, kayıp veya kayıp olmadan sıkıştırılmasında kullanılır. Sıkıştırma, başlangıç bilgisinin daha kalın olandan daha ince olana kadar birbirini izleyen yaklaşımlarla elde edilir. Daha sonra, bir ayrıntı seviyesi seçerek bilgilerin boyutunu azaltır [49]. Dalgalar ayrışması özellikle veri sıkıştırmasında kullanılır. Bu teknik, dijital bilgilerin boyutunu azaltır, aynı zamanda bilgi ekranının sıkıştırılmış bir dosyadan görüntü kalitesi hızlandırır. Gerekli bilgilerin kalitesi ve büyüklüğü kartografik özellikler için gereklidir. Bu görüntü sıkıştırma yöntemi çoğunlukla iki biçimde kullanılır; öncelikle profesyonel haritalama tarafından kullanılan gelişmiş sıkıştırma dalgalar (ECW) modelidir. Buna örnek olarak, yeni ISO standart formatından, JPEG 2000 verilebilir.

Ayrıca, bu sıkıştırma yöntemi video için de kullanılır. Patentsiz Dirac kodek, MPEG2 ye kıyasla 176x144 (QCIF) ve 1920x1080 (HDTV) geçmeli, çift sıkıştırma yüksek çözünürlüğe kadar izin verir. Gözle algılanamayan yüksek frekans bilgisini ortadan kaldırarak sıkıştırma için kullanılan dalgalar dayanmaktadır. Bu genellikle süreksizlikler veya yerel fenomenler ile fonksiyonların daha iyi analiz edilmesine izin verir. Örneğin, görüntülerde konturlar varsa, JPEG 2000 standardında bir dalgalar ayrışmasının benimsenmesini açıklar [49]. Gerilim sinyali gibi tek boyutlu (1D) sinyaller, dalgalar dönüşümü kullanılarak analiz edilebilir.

Dalga dönüşümlerinin, verileri sıkıştırmak ve gürültüyü bastırmak için yaygın olarak kullanıldığı iyi bilinmektedir. Literatürde, bu süreç dalgalar dengesizliği olarak bilinir. Bir boyutlu sinyalin dalgalar dönüşümü, voltaj sinyalinin düşük frekanslı içeriğine ilişkin bilgileri içerir. Bu düşük frekanslı içeriğe yaklaşım katsayıları denir, gerilim sinyalinin yüksek frekanslı içeriğine ilişkin bilgi ise detay katsayıları olarak adlandırılır. Bu tezde, matris yöntemini kullanarak sinyalin dalgalar dönüşümü aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

### 4.3. Sürekli Dalga Dönüşümü

Let  $\Psi(t) \in L^2(\mathbb{R})$  sürekli esas dalgalar fonksiyonu ve bu dalgalarının kayması ve ölçeklenmesiyle elde edilen fonksiyonlar dizisidir.

$$\Psi_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{a}} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (4.2)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \Psi_{a,b}(t) \tilde{\Psi}_{a',b'}(t) dt = \delta(a-a') \delta(b-b') \quad (4.3)$$

3)

Ortonormal dalga teorisinde, a ve b değişkenleri gerçek olup, integral değeri sinyalin belirli bir temel fonksiyona olan yakınlığını gösterir.  $\Psi_{a,b}(t)$  ile belirlenen bölüm fonksiyonu  $\sqrt{a}$  normalite kümesinde  $L^2\{\Psi_{a,b}(t)\}$  ile temsil edilir [49]. CWT'nin temel dezavantajları hesaplama karmaşıklığına neden olur. Esas dalga aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır [49]. Dalganın bulunma olasılığı sonlu olmalıdır.

$$\int |\Psi(t)|^2 dt < \infty \quad (4.4)$$

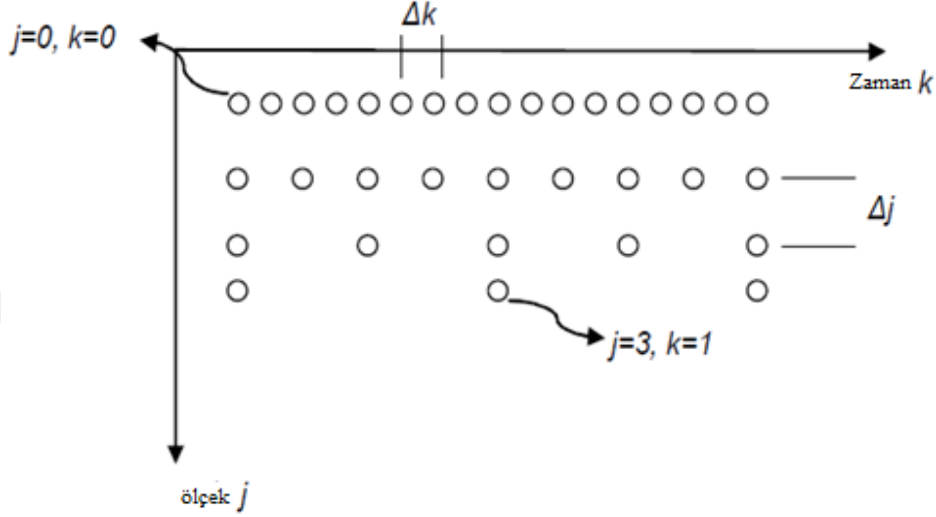
$\Psi(t)$  dalga fonksiyonu zamana bağlı olarak değeri sıfır olabilir ve Fourier ters dönüşüm fonksiyonu,  $\Psi(w)$  değeri  $w = 0$  da sıfıra eşit olur [49]. Sinyal ve dalga arasındaki ilişki integrali olarak tanımlanır.

$$\Psi(w=0) = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi(t) dt = 0 \quad (4.5)$$

### 4.4. Ayrık Dalga Dönüşümü

Ayrık dalga dönüşümü (DWT) genel olarak karşılık gelen sürekli dalga dönüşümünü örnekleyerek elde edilir [49]. CWT'yi ayrıştırmak için, ilgilenilen alan için bir veya iki ortonorma temel oluşturan bir analiz dalga fonksiyonu gereklidir. CWT'nin birçok ayrıştırma yöntemi vardır, ancak en yaygın DWT metodu olan dyadic örnekleme

örgü yöntemidir. Burada,  $a = 2^{-j}$  ve  $b = 2^{-j}k$ . Şekil 4. 1 deki zaman ölçeği katsayılarıdır. Bu katsayı bize görüntülerin kenarlarını verir. Ayrıca dalgacık dönüşümü kullanılarak görüntüden kaldırılan seslerin debisini yansıtır. Şekil 4.1.'de ikili örnekleme karşılık gelen zaman ölçeğindeki hücreleri gösterilmiştir [49].



Şekil 4.1. Çiftli örnekleme karşılık gelen zaman ölçeği hücreleri

Sürekli dalgacık dönüşümünden ikili örneklemeyle üretilen ayrı dalga denklemi;

$$\psi_{j,k} = 2^{j/2} \psi(2^j t - k) \quad (4.6)$$

ile verilir.

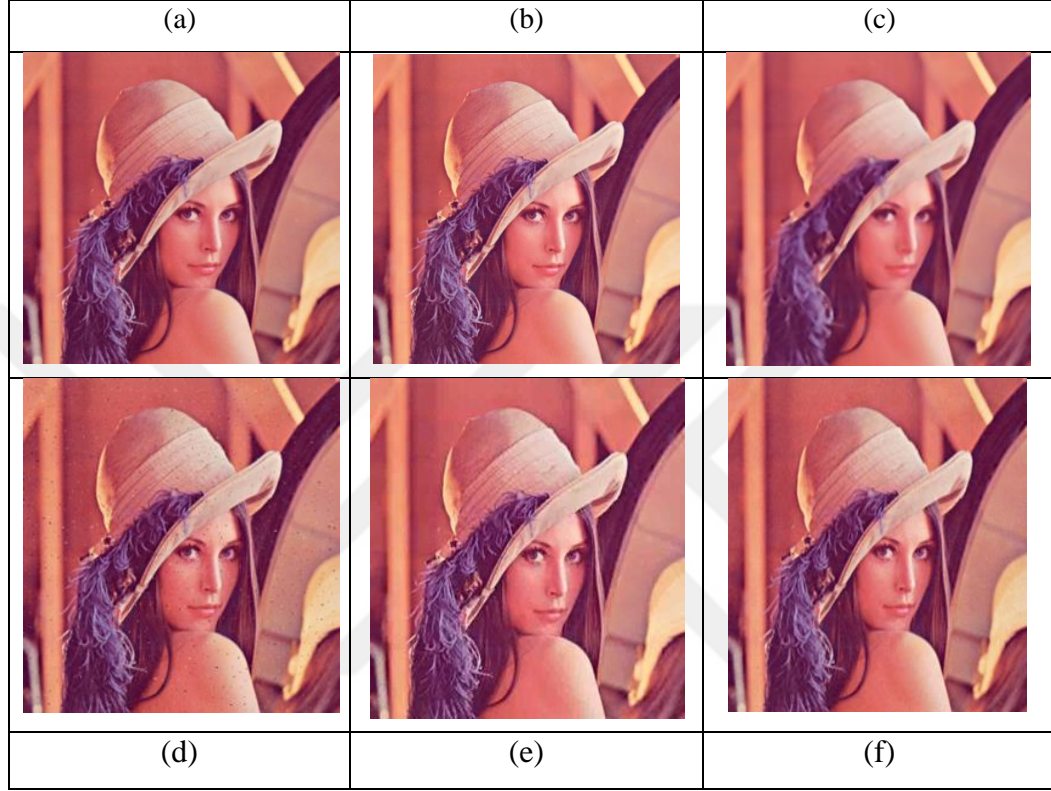
Burada,  $\psi_{j,k}$  dalgacık dalga fonsiyonu ve  $f(t)$  ise,  $j$  ve  $k$  üzerinden sinyal fonsiyonunu ifade eder [49].

$$f(t) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} b_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (4.7)$$

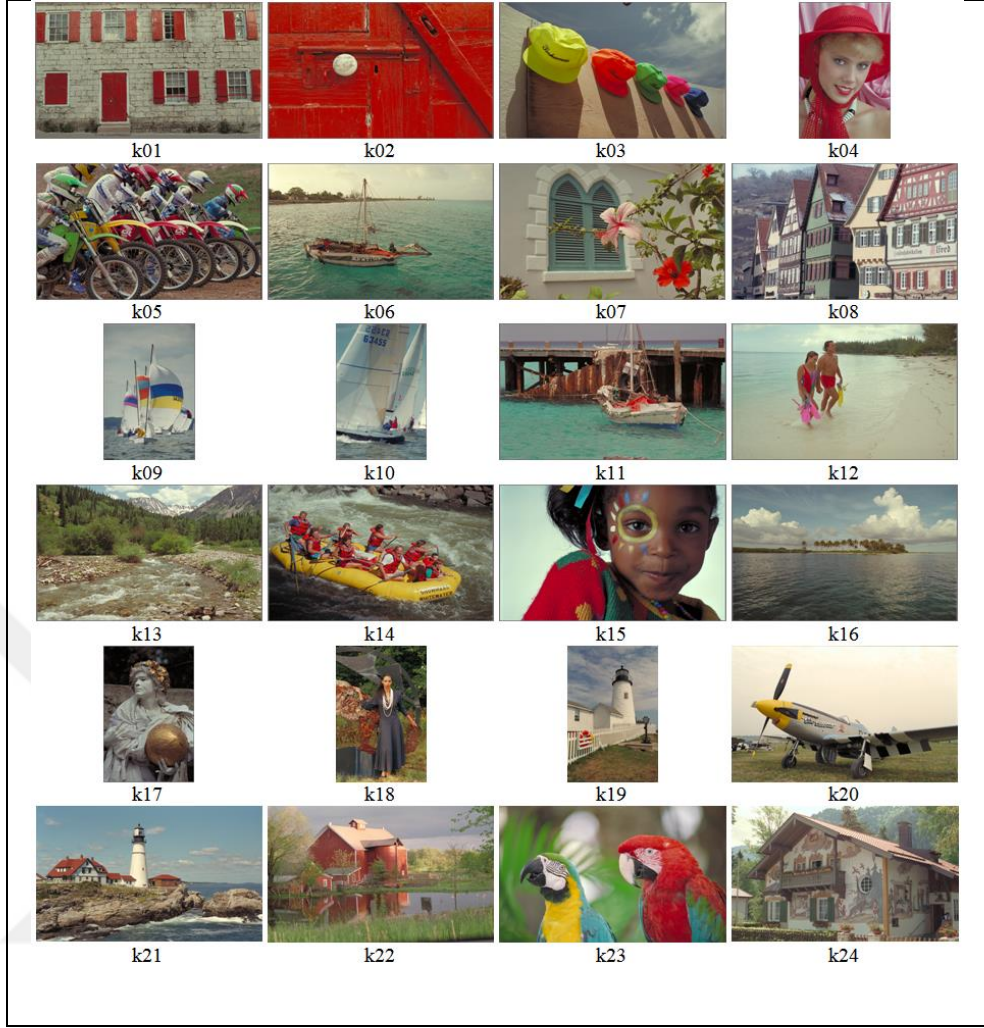
$$b_{j,k} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi_{j,k}(t) dt \quad (4.8)$$

Şekil 4. 2'de Lena örneğinde kontamine olan test görüntüsünün bazı bozukluklara ait değerlendirilmesi verilmiştir. Bunların farklı çarpıklık durumları ayrıntılı deneysel

çalışma için orijinal bir görüntü Şekil 4.2.a.'da gösterilmiştir. Orijinal görüntüye göre aynı PSNR değerlerini elde etmek için, iyi bilinen tüm bozulmalarla, keskin, ortanca JPEG sıkıştırma, gauss gürültüsü ve bulanıklaştırma ayarlanmıştır. Tüm rakamlar için HPQA ve klasik PSNR sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.2. Lena test görüntüsünün bazı çarpıtmalarla kontamine olan değerlendirilmesi; (a),  $512 \times 512$ , 24 bit / piksel; orijinal Lena görüntüsü (b) keskinleştirmek, PSNR = 27,67, (c) medyan gürültüsü, PSNR = 27. 67, (d) karma gürültüsü, PSNR = 27,67, (e) JPEG sıkıştırma, PSNR = 27,67, (f) Gauss gürültüsü, PSNR = 27,67.



Şekil 4.3. Ek deney sonuçları için görüntülerin test edilmiş durumları

Şekil 4.2.(a)' da orijinal duruma ait (b, c, d, e, f) adımlarının bozukluk /çarpıklık Şekilleri bütün parametre değerleri (PSNR 27,67 dB) aynıdır. En azından algısal değerlendirmeye ait test görüntüsünde aynı etkiye sahiptir. Bu PSNR parametre gürültüsü sadece orijinal görüntü ile çarpıtılmış görüntüler arasındaki olası tüm durumları ayırt etmeyi mümkün kılmadığı anlamına gelir [7]. Bu nedenle IQA için zayıf performans sergiler. Şekil 4.3.'de gösterilen görüntü sistemleri mühendisliği için Stanford Üniversitesi bilgi ve veri merkezinden indirilen 24 test görüntüsü kullanılmıştır. Tüm test görüntüleri en az anlamlı bit (LSB) veri gizleme yöntemi ile kodlanmış olup piksel başına 1,5 bittir. LSB yöntemi görüntüdeki diğer çarpıklıklardan daha az etkilenmektedir. Böylece IQA hassasiyeti küçük çarpıklıklara karşı test edilmiştir. Şekil 4. 3'deki PSNR sonuçlarının aynı olduğu kolayca görülebilir (= 51,14 dB). Benzer Şekilde, MS-SSIM [50], (k-05) sonucu hariç aynıdır

(= 0,999). Ek olarak, PSNR-HVS-M ve SSIM [6, 51, 52] yöntemleri tekrarlanabilir şekilde, görüntülerde düşük bozuklar/çarpıklıklar yaygın olarak kullanılan IQA yöntemleri ile ayırt edilemeyeceği anlamına gelir. Aksine, görüntülerde düşük bozulmaların görsel etkilerini kolayca ayırt edebilmek için bir yöntem gereklidir.

Bu çalışmada, Şekil 4.2.'de gösterilen orijinal Lena görüntüsüne ait çeşitli çarpık versiyonları deneyler için kullanılmıştır. Bozulmuş versiyonlar PSNR değerlerini orijinal görüntüye benzer tutmak için bazı iyi bilinen görüntü filtrelerinin (yani gauss gürültüsü, sıkıştırma, keskinleştirme, bulanıklaştırma, keskinleştirme uygulanmasıyla) üretilir. Tüm görüntüler için HPQA ve klasik PSNR sonuçları Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. PSNR sonuçları 4b, c, d, e, f eşittir (= 27,67 dB), bu da test görüntüsünün aksine farklı çarpıklıklar tarafından eşit olarak etkilendiği anlamına gelir. Bu, PSNR parametresinin orijinal ile çarpıtılmış görüntüler arasındaki farkı ayırt etmek için yeterli olmadığını gösterir. Böylece sayısal bir IQA olarak kabul edilir. Tüm test görüntüleri aynı veri saklanma oranına (piksel başına 1,5 bit) sahip anlamlı bit (LSB) veri gizleme yöntemi kullanılarak kodlanmıştır. Çünkü bu yöntem diğer çarpıklıklar/bozuluklar daha az etki üretir [7]. Bu IQA yöntemlerinin küçük çarpıklıklara karşı duyarlılığını değerlendirmek için gerçek zorluklar yaratmaktadır.

İlk aşamada, çalışmada orijinal görüntü okunmakta ve bu görüntü Gauss gürültüsü, Poisson, karma gürültüsü, benek ve JPEG sıkıştırma ile bozulmaktadır. Kenar algılama yöntemi için Sobel, Gauss, Canny, Sıfır çaprazlama ve Prewitt Laplace yöntemleri kullanılmıştır. Her operatör için en yüksek sinyal gürültü oranı (PSNR) Lena görüntü için sorgulama sonucu Tablo 4.1.'de gösterilmiştir. Lena görüntüsü ve boyahane görüntüsü algoritmanın değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Lena görüntüsü ile önerilen yöntem sonucu Tablo 4.2.'de gösterilmiştir. Sonuç olarak, en iyi sonuç ve yüksek PSNR Prewitt metodu için elde edilir ve bu değer JPEG sıkıştırma distorsiyonudur. HSI da en iyi sonuç, Prewitt metodu için elde edilirken, bozulma/çarpıklık yönteminde Gauss gürültü distorsiyon yöntemi kullanılmıştır. Tezin diğer en önemli iyi performansın hangi renkte olduğunun bilinmesi bu tezin temel amacına sahiptir. YUV da en iyi sonuç, ön-sargı ve bozulma yöntemidir. Bu çalışmada tüm renk alanında hangisinin yüksek performans olduğunu test etmek ve karşılaştırmak için kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada görüntü kenarı algılama algoritması kullanılmaktadır. Bu algoritma Sobel, Laplace ve Gauss, Canny,



Zerocross, Prewitt ve Robert'dir. Değerlendirmenin doğruluğunu elde etmek için tüm kenar algılama algoritmasını uygulanmıştır. Analiz çalışmalarında simülasyon için kenar algılama algoritmasına bağlı olarak, en iyi performans elde edilmiştir. Orijinal görüntü ile bozulma görüntüsü arasında karşılaştırma yapmak için Spearman sıralama düzeyi korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

Tablo 4. 1. *Lena* görüntüsü için sorgulama sonuçları

Keskinleştirme (%)	Ortanca (%)	Karma (%)	JPG (%)	Gauss (%)	Bulanıklık (%)
0,0	<b>92,3</b>	0,0	3,8	0,0	3,8
0,0	3,8	1,9	17,3	0,0	<b>76,9</b>
0,0	0,0	17,3	<b>67,3</b>	1,9	11,5
0,0	1,9	<b>59,6</b>	9,6	25,0	5,8
0,0	1,9	21,2	1,9	<b>73,1</b>	1,9
<b>100</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tablo 4.2. *Lena* durumu için çeşitli istatistiksel verileri

Gauss	0,595136
Bulanıklaştırma	0,167521
Medyan	0,256644
Keskinleştirmek	0,980369
Tuz & karabiber	0,586825
JPEG sıkıştırma	0,285663

Bu korelasyon katsayısı bir ölçüm parametresidir. Yani, rasgele bir monotonik fonksiyonun, değişkenlerin olasılık dağılımı hakkında herhangi bir varsayım yapmada iki değişken (görüntü ve çarpık Şekillenim) arasındaki ilişkiyi ölçmektedir.

$$\rho = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.)$$

1)

Bu formül orijinal görüntüdür ve 1D vektörü içinde düzenlenmiştir. Çarpık görüntüde 2D boyutlu görüntü olup 1D boyutlu vektörde düzenlenmiştir. Aynı değer ise 1'e eşittir. Bu çalışmada tüm renk alanı, yüksek performansın hangisi olduğunu test etmek ve karşılaştırmak için kullanılır. Bu çalışmada, hangi rengin en iyi performansa sahip olduğunu bilmek önemlidir.

#### 4.5. Simülasyon Sonuçları

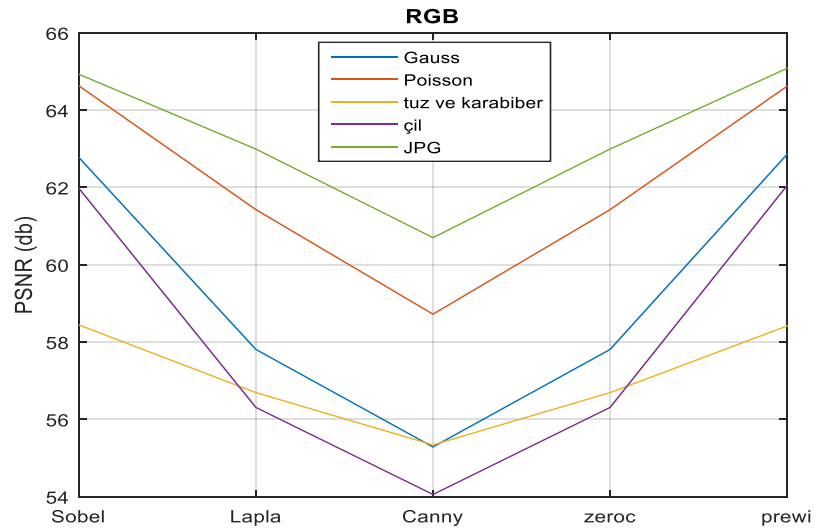
Bu çalışmada, ünlü görüntü kenarı algılama algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma Sobel, Laplace ve Gauss, Canny, Zerocross, Prewitt ve Robert'dir. Tüm kenar algılama algoritmasını uygulamak için gerekli değerlendirmenin doğruluğunu almak için kullanılır. Simülasyondan sonra hangi kenar algılama algoritmasına bağlı olarak en iyi performans elde edildiği tesbit edilir.

Orijinal görüntü ile bozulma görüntüsü arasında karşılaştırma yapmak için Spearman korelasyon katsayısı kullanılır. Spearman korelasyon katsayısı bir ölçüm parametresidir. Yani, rasgele bir monotonik fonksiyonun, değişkenlerin olasılık dağılımı hakkında herhangi bir varsayım yapmadan, iki değişken (görüntü ve çarpık Şekillenim) arasındaki ilişkiyi tanımlayabildiğini ölçmektedir.

Bu çalışmada ilk aşamada orijinal görüntü okunmakta ve bu orijinal görüntü Gauss gürültüsü, Poisson, tuz ve biber gürültüsü, benek ve JPEG sıkıştırma ile bozulmaktadır. Kenar algılama yöntemi için Sobel, Gauss, Canny, Zerocross ve Prewitt Laplace kullanılır. Her biri için sonuç Tablo 4.3.'de gösterilmiştir. RGB senaryosu için orijinal görüntü test edilir ve bu kanallar Şekil 4.5.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. a) Orijinal lenna görüntüsü, b) Kırmızı kanal, c) Yeşil kanal, d) Mavi kanal



Şekil 4.5. Farklı kanal durumlarının karşılaştırılması

Tablo 4.3. RGB durumu için her operatörün sinyal gürültü oranı

Bozulma Yöntemi	PSNR (db) Sobel	PSNR (db) Laplace & Gauss	PSNR (db) Canny	PSNR (db) zerocross	PSNR (db) prewitt
Gauss gürültüsü	62,7786	57,8097	55,2861	57,8097	<b>62,8610</b>
Poisson	<b>64,6320</b>	61,4267	58,7220	61,4267	64,6210
Tuz ve biber gürültüsü	<b>58,4448</b>	56,6929	55,3395	56,6929	58,4183
benek	61,9808	56,3092	54,0577	56,3092	<b>62,0533</b>
JPEG sıkıştırma	64,9300	62,9935	60,7016	62,9935	<b>65,0833</b>

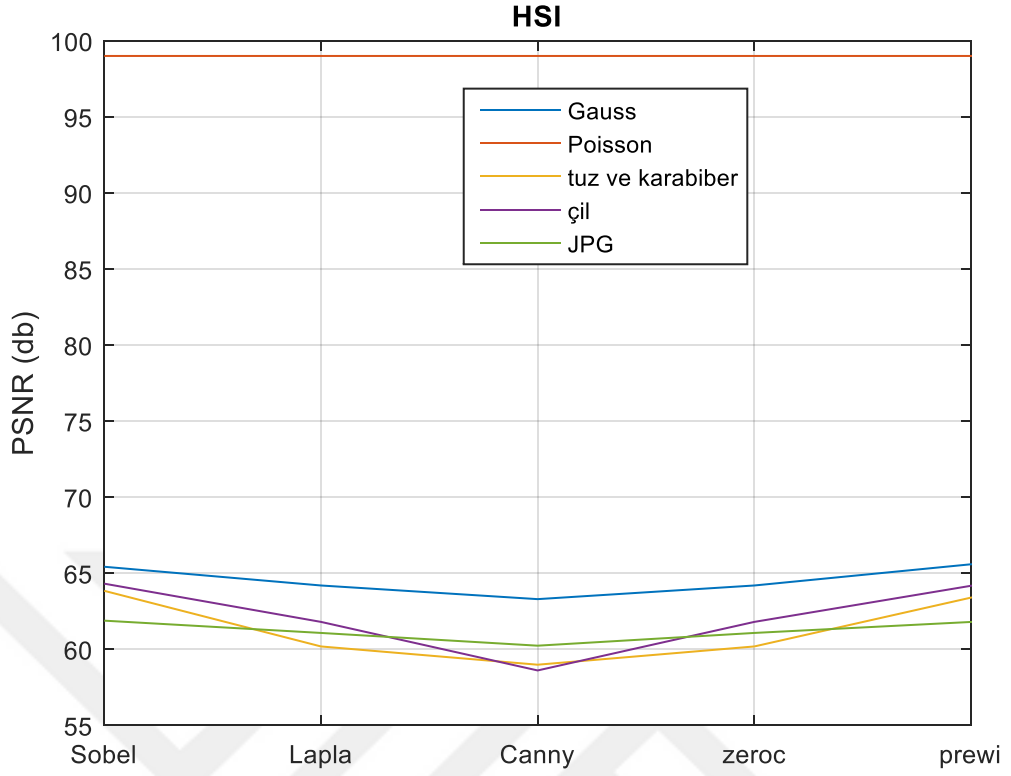
Tablo 4.4. HSI'daki her operatör için en yüksek sinyal gürültü oranı

Bozukluk/çarpıklık modelleri	PSNR(db) Sobel	PSNR (db) Laplace & Gauss	PSNR(db) Canny	PSNR(db) zerocross	PSNR(db) prewitt
Gauss gürültüsü	65,4205	64,1891	63,2918	64,1891	<b>65,5832</b>
Poisson	99	99	99	99	99
Tuz ve biber gürültüsü	<b>63,8380</b>	60,1813	58,9811	60,1813	63,3919
benek	<b>64,3090</b>	61,7958	58,6037	61,7958	64,1697
JPEG sıkıştırma	<b>61,8771</b>	61,0695	60,2318	61,0695	61,7920



Şekil 4.6. a) Orijinal Lenna görüntüsü, b) Renk kanalı, c) Doygunluk kanalı d) Diğer kanal

Her operatör için en yüksek sinyal / gürültü oranı Tablo 4.3.'de gösterilmiştir. Sonuçlar, en iyi sonuç ve yüksek PSNR prewitt metodu için kullanılarak, bu değer JPEG sıkıştırma bozukluklarıdır. Farklı yöntemler arasındaki karşılaştırma Şekil 4.6'da gösterilmiştir. HSI durumu için orijinal görüntü test edilerek, bu kanallar Şekil 4.7.'de gösterilmiştir. Her operatör için en yüksek sinyal gürültü oranı Tablo 4.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Farklı kanal durumlarının karşılaştırılması

HIS'de ayrıca en iyi sonuç, Prewitt metodu için elde edilirken, burada distorsiyon yöntemi Gauss gürültü distorsiyon yöntemidir. Farklı yöntemler arasındaki karşılaştırma Şekil 4'de gösterilmiştir. HSI senaryosu için orijinal görüntü test edilir ve bu kanallar Şekil 4. 9'da gösterilmektedir. Her operatör için pik sinyali pik sinyali Tablo 4. 5 de gösterilmektedir.

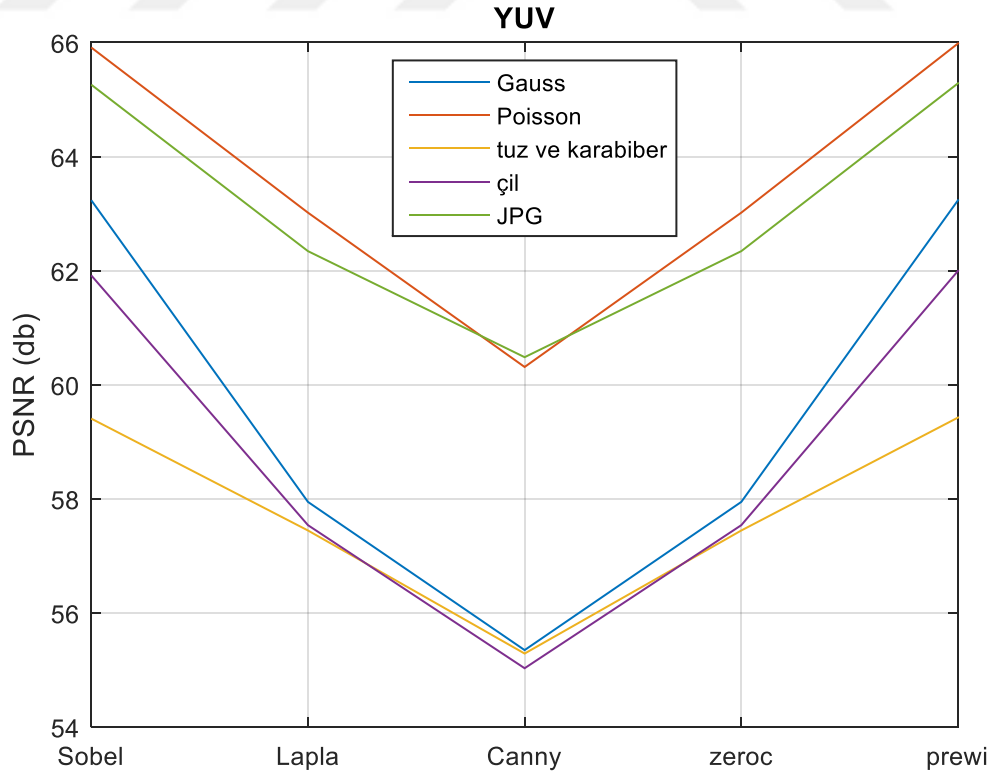


Şekil 4.8. a) orijinal Lena resmi b)Y kanalı c) U kanalı d) V kanalı

YUV'da Prewitt için en iyi sonuç elde edildi. Bu bozulma yöntemi metodudur. Farklı yöntemler ile ayrım Şekil 4.10'da sahiptir. RGB için PSNR hesabı, RGB için Pearson hesabı, HIS için Pearson hesabı, HIS için PSNR hesabı, HIS için Pearson CC hesabı, YUV için PSNR hesabı, YUV için SROCC hesabı ve YUV için Pearson hesabı, Tablo 4.14.'de gösterilmiştir. Görüntülerin bozuklukları için yedi önemli gürültülü yöntem kullanılmıştır. Bu gürültülü yöntemler Gauss gürültüsü, bulanıklaştırma, medyan (ortanca), keskinleştirme, karmaşıklık sesi ve JPEG sıkıştırma.

Tablo 4.5. YUV metodunda her operatör için en yüksek sinyal gürültü oranı

Bozukluk/Çarpıklık	PSNR (db) Sobel	PSNR (db) Laplace & Gauss	PSNR (db) Canny	PSNR (db) Zerocross	PSNR(db) Prewitt
Gauss gürültüsü	<b>63,2340</b>	57,9462	55,3483	57,9462	63,2335
Poisson	65,9114	63,0169	60,3113	63,0169	<b>65,9825</b>
Tuz & karabiber gürültüsü	59,4061	57,4452	55,2875	57,4452	<b>59,4248</b>
Benek	61,9165	57,5385	55,0302	57,5385	<b>61,9957</b>
JPEG sıkıştırma	65,2593	62,3419	60,4829	62,3419	<b>65,2841</b>



Şekil 4.9. Farklı kanal metotların karşılaştırılma



Tablo 4. 6. RGB için PSNR hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık Metodu	PSNR (db) Sobel				PSNR (db) Gaussyalı Laplasyalı				PSNR (db) Canny			
	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam
Gauss gürültüsü	65,2142	66,7195	66,2804	66,0714	63,1071	63,8417	61,8330	62,9273	59,7637	60,4693	58,3434	59,5255
Bulanıklaştırma	62,7025	62,8566	62,2769	62,6120	61,0934	60,9158	61,0731	61,0274	59,5204	59,0878	58,7196	59,1093
Medyan (ortanca)	63,5731	63,6854	62,8803	63,3796	61,5754	61,3711	61,1814	61,3760	59,7751	59,5422	58,5204	59,2792
Keskinleştirme	68,3525	68,6876	68,4763	68,5054	68,0560	67,8183	67,5901	67,8215	65,3983	65,0693	64,1445	64,8707
karmaşıklık sesi	64,6011	65,1138	64,3839	64,6996	63,0133	64,7407	62,9400	63,5647	62,1404	62,3253	60,6218	61,6959
JPEG sıkıştırması	63,3164	63,9796	62,8694	63,3885	61,1138	62,6501	60,3091	61,3576	58,9275	59,9990	57,4433	58,7899
Çıkarma değeri	5,650	5,831	6,1994	5,8934	6,9626	6,9025	7,281	6,7941	6,4708	5,9815	6,7012	6,0808

Tablo 4.6. 'nin devamı

Bozukluk /Çarpıklık Metodu	PSNR (db) zerocross				PSNR (db) prewitt				PSNR (db) Robert			
	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam
Gauss gürültüsü	63,1071	63,8417	61,8330	62,9273	65,2670	66,7028	66,1873	66,0524	65,0874	66,3778	66,3690	65,9447
Bulanıklaştırma	61,0934	60,9158	61,0731	61,0274	62,7483	62,8941	62,3028	62,6484	63,1291	63,5644	63,3218	63,3384
Medyan (ortanca)	61,5754	61,3711	61,1814	61,3760	63,6351	63,7665	62,8738	63,4251	63,9340	63,9070	63,5523	63,7978
Keskinleştirme	68,0560	67,8183	67,5901	67,8215	68,5413	68,8723	68,6482	68,6873	69,0324	69,3102	68,8841	69,0756
Karışık gürültü	63,0133	64,7407	62,9400	63,5647	63,3902	64,0613	63,0538	63,5018	63,6652	64,6055	64,5630	64,2779
JPEG sıkıştırması	61,1138	62,6501	60,3091	61,3576	63,3372	64,0155	62,9355	63,4294	63,4333	64,0116	63,3980	63,6143
Çıkarma değeri	6,9626	6,9025	7,281	6,7941	5,793	5,9782	6,3454	6,0389	5,9033	5,7458	5,5623	5,7372

Tablo 4.7. RGB için SROCC hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	SROCC, Sobel				SROCC, Laplace & Gauss				SROCC, Canny			
	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam
Gauss gürültüsü	0,9707	0,9792	0,9770	0,9756	0,9523	0,9597	0,9363	0,9495	0,8981	0,9129	0,8584	0,8898
Bulanıklaştırma	0,9480	0,9498	0,9427	0,9468	0,9245	0,9215	0,9241	0,9234	0,8920	0,8809	0,8705	0,8811
Medyan (ortanca)	0,9574	0,9585	0,9500	0,9553	0,9328	0,9296	0,9264	0,9296	0,8982	0,8930	0,8649	0,8854
Keskinleştirme	0,9858	0,9868	0,9862	0,9862	0,9848	0,9839	0,9830	0,9839	0,9719	0,9697	0,9625	0,9681
Karışık gürültü	0,9662	0,9700	0,9646	0,9669	0,9518	0,9674	0,9509	0,9567	0,9408	0,9432	0,9160	0,9333
JPEG sıkıştırması	0,9546	0,9610	0,9496	0,9551	0,9245	0,9470	0,9093	0,9269	0,8752	0,9025	0,8244	0,8674
Çıkarma değeri	0,0378	0,037	0,0435	0,0394	0,0603	0,0624	0,0737	0,0605	0,0967	0,0888	0,1381	0,1007

Tablo 4.7. 'nin devamı

Bozukluk /Çarpıklık	Srocc, Sıfır Çaprazlama				Srocc, Prewitt				Srocc, Robert			
	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam
Gauss gürültüsü	0,9523	0,9597	0,9363	0,9495	0,9710	0,9792	0,9765	0,9756	0,9701	0,9777	0,9777	0,9752
Bulanıklaştırma	0,9245	0,9215	0,9241	0,9234	0,9485	0,9503	0,9430	0,9473	0,9528	0,9573	0,9548	0,9550
Medyan (ortanca)	0,9328	0,9296	0,9264	0,9296	0,9580	0,9593	0,9500	0,9557	0,9607	0,9604	0,9570	0,9594
Keskinleştirme	0,9848	0,9839	0,9830	0,9839	0,9864	0,9874	0,9867	0,9868	0,9878	0,9886	0,9874	0,9879
Karışık gürültü	0,9518	0,9674	0,9509	0,9567	0,9554	0,9620	0,9521	0,9565	0,9584	0,9663	0,9659	0,9635
JPEG sıkıştırması	0,9245	0,9470	0,9093	0,9269	0,9548	0,9613	0,9504	0,9555	0,9558	0,9613	0,9554	0,9575
Çıkarma değeri	0,0603	0,0624	0,0737	0,0605	0,0379	0,0371	0,0437	0,0395	0,035	0,0313	0,0326	0,0329

Tablo 4.8. RGB için Pearson hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	Pearson, Sobel				Pearson, Laplace & Gauss				Pearson, Canny			
	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam
Gauss gürültüsü	0,6626	0,7628	0,7499	0,7251	0,6998	0,7433	0,6182	0,6871	0,6230	0,6706	0,5310	0,6082
Bulanıklaştırma	0,2696	0,2770	0,2219	0,2562	0,4353	0,3937	0,4191	0,4160	0,4758	0,4262	0,4378	0,4466
Medyan (ortanca)	0,4389	0,4353	0,3537	0,4093	0,4752	0,4400	0,3946	0,4366	0,5053	0,4836	0,3960	0,4616
Keskinleştirme	0,8536	0,8607	0,8594	0,8579	0,9040	0,8985	0,8905	0,8976	0,8851	0,8791	0,8645	0,8762
Karışık gürültü	0,6340	0,7080	0,6731	0,6717	0,7337	0,8067	0,7210	0,7538	0,7713	0,7817	0,7107	0,7546
JPEG sıkıştırması	0,4864	0,5483	0,4461	0,4936	0,5208	0,6508	0,4301	0,5339	0,4904	0,5907	0,3667	0,4826
Çıkarma değeri	0,584	0,5837	0,6375	0,6017	0,4687	0,5048	0,4959	0,4816	0,4093	0,4529	0,4978	0,4296

Tablo 4. 8. 'in devamı

Bozukluk /Çarpıklık	Pearson, sıfır çaprazlama				Pearson, prewitt				Pearson, Robert			
	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam	R	G	B	Toplam
Gauss gürültüsü	0,6998	0,7433	0,6182	0,6871	0,6659	0,7619	0,7433	0,7237	0,5678	0,6893	0,6624	0,6398
Bulanıklaştırma	0,4353	0,3937	0,4191	0,4160	0,2741	0,2820	0,2246	0,2602	0,3163	0,3444	0,2856	0,3154
Medyan (ortanca)	0,4752	0,4400	0,3946	0,4366	0,4433	0,4444	0,3504	0,4127	0,4837	0,4587	0,3902	0,4442
Keskinleştirme	0,9040	0,8985	0,8905	0,8976	0,8587	0,8665	0,8639	0,8630	0,8554	0,8583	0,8294	0,8477
Karışık gürültü	0,7337	0,8067	0,7210	0,7538	0,5738	0,6611	0,6074	0,6141	0,3725	0,5442	0,5191	0,4786
JPEG sıkıştırması	0,5208	0,6508	0,4301	0,5339	0,4879	0,5514	0,4533	0,4975	0,4762	0,5238	0,4429	0,4809
Çıkarma değeri	0,4687	0,5048	0,4959	0,4816	0,5846	0,5845	0,6393	0,6028	0,5391	0,5139	0,5438	0,5323

Tablo 4.9. HIS için PSNR hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	PSNR (db) Sobel				PSNR (db) Laplace & Gauss				PSNR (db) Canny			
	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam
Gauss gürültüsü	58,8918	63,0734	65,4920	62,4857	55,8886	60,0644	63,2491	59,7340	54,8637	56,9716	59,7802	57,2051
Bulanıklaştırma	59,3421	61,7517	62,5545	61,2161	58,8609	59,6304	61,0461	59,8458	57,3255	57,5285	59,4814	58,1118
Medyan (ortanca)	59,4541	62,6590	63,3631	61,8254	58,9809	60,3167	61,5422	60,2799	57,3705	57,8628	59,7282	58,3205
Keskinleştirme	73,4120	65,3763	64,7188	67,8357	68,2644	64,5080	63,0492	65,2739	68,2101	61,4740	62,1664	63,9502
Karışık gürültü	59,1141	62,0513	63,3076	61,4910	58,5141	59,9972	61,2160	59,9091	56,8473	57,3118	58,9610	57,7067
JPEG sıkıştırması	58,8918	63,0734	65,4920	62,4857	55,8886	60,0644	63,2491	59,7340	54,8637	56,9716	59,7802	57,2051
Çıkarma değeri	14,5202	4,8696	5,7099	6,6196	12,3758	4,8776	6,6852	5,5399	13,3464	4,5024	6,3206	6,7451

Tablo 4.9. 'un devamı

Bozukluk /Çarpıklık	PSNR (db) sıfır çaprazlama				PSNR (db) prewitt				PSNR (db) Robert			
	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam
Gauss gürültüsü	55,8886	60,0644	63,2491	59,7340	58,9442	63,1134	65,6212	62,5596	62,6864	63,5058	65,3579	63,8500
Bulanıklaştırma	58,8609	59,6304	61,0461	59,8458	59,3500	61,7896	62,6081	61,2492	60,7347	62,4195	63,0734	62,0759
Medyan (ortanca)	58,9809	60,3167	61,5422	60,2799	59,4261	62,7220	63,4221	61,8567	60,8043	63,2148	63,7489	62,5893
Keskinleştirme	68,2644	64,5080	63,0492	65,2739	73,3125	64,8289	63,5092	67,2169	76,7052	65,1537	63,8776	68,5788
Karışık gürültü	58,5141	59,9972	61,2160	59,9091	59,1335	62,1584	63,3465	61,5461	60,6180	62,3818	63,4237	62,1412
JPEG sıkıştırması	55,8886	60,0644	63,2491	59,7340	58,9442	63,1134	65,6212	62,5596	62,6864	63,5058	65,3579	63,8500
Çıkarma değeri	12,3758	4,8776	6,6852	5,5399	14,3683	4,9624	5,6478	5,9677	16,0872	5,288	5,6558	6,5029



Tablo 4.10. HIS için SROCC hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	SROCC, Sobel				SROCC, Laplace & Gauss				SROCC, Canny			
	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam
Gauss gürültüsü	0,8754	0,9520	0,9725	0,9333	0,7546	0,9043	0,9539	0,8709	0,6946	0,8070	0,8985	0,8001
Bulanıklaştırma	0,8886	0,9353	0,9462	0,9233	0,8761	0,8942	0,9237	0,8980	0,8225	0,8296	0,8910	0,8477
Medyan (ortanca)	0,8913	0,9474	0,9553	0,9313	0,8796	0,9103	0,9322	0,9074	0,8242	0,8430	0,8971	0,8548
Keskinleştirme	0,8949	0,9788	0,9855	0,9531	0,8210	0,9630	0,9836	0,9225	0,7796	0,9260	0,9712	0,8922
Karışık gürültü	0,9956	0,9718	0,9671	0,9782	0,9855	0,9656	0,9521	0,9677	0,9853	0,9308	0,9412	0,9524
JPEG sıkıştırması	0,8832	0,9392	0,9545	0,9256	0,8663	0,9024	0,9263	0,8983	0,8021	0,8191	0,8762	0,8325
Çıkarma değeri	0,1202	0,0435	0,0393	0,0549	0,2309	0,0714	0,0599	0,0968	0,2907	0,1238	0,095	0,1523

Tablo 4.10. 'nun devamı

Bozukluk /Çarpıklık	SROCC, sıfır çaprazlama				SROCC, prewitt				SROCC, Robert			
	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam
Gauss gürültüsü	0,7546	0,9043	0,9539	0,8709	0,8771	0,9524	0,9733	0,9343	0,9493	0,9566	0,9719	0,9593
Bulanıklaştırma	0,8761	0,8942	0,9237	0,8980	0,8887	0,9359	0,9468	0,9238	0,9176	0,9444	0,9522	0,9381
Medyan (ortanca)	0,8796	0,9103	0,9322	0,9074	0,8905	0,9481	0,9559	0,9315	0,9190	0,9535	0,9589	0,9438
Keskinleştirme	0,8210	0,9630	0,9836	0,9225	0,8948	0,9794	0,9854	0,9532	0,9493	0,9834	0,9869	0,9732
Karışık gürültü	0,9855	0,9656	0,9521	0,9677	0,9955	0,9681	0,9567	0,9734	0,9979	0,9702	0,9603	0,9762
JPEG sıkıştırması	0,8663	0,9024	0,9263	0,8983	0,8837	0,9407	0,9549	0,9264	0,9155	0,9436	0,9557	0,9383
Çıkarma değeri	0,2309	0,0714	0,0599	0,0968	0,1184	0,0435	0,0386	0,0496	0,0824	0,0398	0,0347	0,0381

Tablo 4.11. HIS için Pearson hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	Pearson, Sobel				Pearson, Laplace & Gauss				Pearson, Canny			
	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam
Gauss gürültüsü	0,1527	0,5371	0,6934	0,4611	0,1411	0,5107	0,7077	0,4532	0,1800	0,4432	0,6263	0,4165
Bulanıklaştırma	0,1943	0,1370	0,2616	0,1976	0,1934	0,2979	0,4285	0,3066	0,1772	0,3270	0,4728	0,3257
Medyan (ortanca)	0,2289	0,3551	0,4240	0,3360	0,2158	0,3653	0,4713	0,3508	0,1926	0,3645	0,5015	0,3529
Keskinleştirme	0,4347	0,7946	0,8532	0,6941	0,3029	0,7974	0,8960	0,6654	0,3524	0,7659	0,8824	0,6669
Karışık gürültü	0,9764	0,7492	0,6561	0,7939	0,9315	0,8141	0,7354	0,8270	0,9468	0,7766	0,7734	0,8323
JPEG sıkıştırması	0,0943	0,3587	0,4936	0,3156	0,0770	0,4167	0,5314	0,3417	0,0505	0,3576	0,4949	0,3010
Çıkarma değeri	0,8821	0,6576	0,5916	0,5963	0,8545	0,5162	0,4675	0,5204	0,8963	0,4496	0,4096	0,5313

Tablo 4.11. 'in devamı

Bozukluk /Çarpıklık	Pearson, sıfır çaprazlama				Pearson, prewitt				Pearson, Robert			
	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam	H	S	I	Toplam
Gauss gürültüsü	0,1411	0,5107	0,7077	0,4532	0,1490	0,5400	0,7018	0,4636	NaN	0,3692	0,6019	NaN
Bulanıklaştırma	0,1934	0,2979	0,4285	0,3066	0,1989	0,1373	0,2661	0,2007	0,2039	0,1230	0,3077	0,2115
Medyan (ortanca)	0,2158	0,3653	0,4713	0,3508	0,2267	0,3589	0,4272	0,3376	0,2016	0,3887	0,4631	0,3511
Keskinleştirme	0,3029	0,7974	0,8960	0,6654	0,4175	0,7980	0,8523	0,6893	NaN	0,7816	0,8441	NaN
Karışık gürültü	0,9315	0,8141	0,7354	0,8270	0,9758	0,7266	0,5977	0,7667	0,9796	0,6149	0,4192	0,6712
JPEG sıkıştırması	0,0770	0,4167	0,5314	0,3417	0,0938	0,3720	0,4962	0,3207	0,0709	0,3168	0,4752	0,2876
Çıkarma değeri	0,8545	0,5162	0,4675	0,5204	0,882	0,6607	0,5862	0,566	-	0,6586	0,5364	-

Tablo 4.12. YUV için PSNR hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	PSNR (db) Sobel				PSNR (db) Laplace & Gauss				PSNR (db) Canny			
	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam
Gauss gürültüsü	61,0588	62,6745	59,9847	61,2394	55,9194	58,7416	55,3128	56,6580	54,7015	55,8006	53,6875	54,7299
Bulanıklaştırma	60,4807	60,3788	60,4571	60,4389	58,7965	59,1017	58,3245	58,7409	57,1583	57,1391	56,1316	56,8097
Medyan (ortanca)	60,9519	60,7058	60,4514	60,7030	58,8531	59,5227	58,4591	58,9450	57,8980	57,4962	56,2851	57,2264
Keskinleştirme	59,9619	61,6851	58,4766	60,0412	57,0634	59,3797	56,7732	57,7388	56,9024	56,9052	55,1582	56,3219
Karışık gürültü	60,7091	60,8293	60,9484	60,8289	58,2035	59,6690	58,2556	58,7094	57,6055	57,8105	56,3022	57,2394
JPEG sıkıştırması	61,0588	62,6745	59,9847	61,2394	55,9194	58,7416	55,3128	56,6580	54,7015	55,8006	53,6875	54,7299
Çıkarma değeri	1,5336	2,8147	2,4718	1,1982	2,9337	0,9274	3,1463	2,287	3,1965	2,0099	2,6147	2,5095

Tablo 4.12. 'nin devamı

Bozukluk /Çarpıklık	PSNR (db) sıfır çaprazlama				PSNR (db) prewitt				PSNR (db) Robert			
	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam
Gauss gürültüsü	55,9194	58,7416	55,3128	56,6580	61,1671	62,7637	60,1324	61,3544	63,4254	64,0167	65,0506	64,1642
Bulanıklaştırma	58,7965	59,1017	58,3245	58,7409	60,5744	60,4328	60,4795	60,4956	60,2296	60,3603	60,8907	60,4935
Medyan (ortanca)	58,8531	59,5227	58,4591	58,9450	61,0058	60,7787	60,4602	60,7482	60,7377	60,6253	61,1895	60,8508
Keskinleştirme	57,0634	59,3797	56,7732	57,7388	60,0317	61,6284	58,4883	60,0495	60,6295	62,8404	60,9278	61,4659
Karışık gürültü	58,2035	59,6690	58,2556	58,7094	60,8089	60,9288	61,0258	60,9212	60,7335	61,0546	61,6217	61,1366
JPEG sıkıştırması	55,9194	58,7416	55,3128	56,6580	61,1671	62,7637	60,1324	61,3544	63,4254	64,0167	65,0506	64,1642
Çıkarma değeri	2,9337	0,9274	3,1463	2,287	1,5886	2,7857	2,5375	1,3049	3,1958	4,1911	4,1599	3,6707

Tablo 4.13. YUV için SROCC hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	SROCC, Sobel				SROCC, Laplace & Gauss				SROCC, Canny			
	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam
Gauss gürültüsü	0,9236	0,9474	0,9021	0,9244	0,7592	0,8710	0,7225	0,7842	0,6964	0,7494	0,5999	0,6819
Bulanıklaştırma	0,9127	0,9106	0,9122	0,9118	0,8717	0,8802	0,8578	0,8699	0,8128	0,8131	0,7648	0,7969
Medyan (ortanca)	0,9217	0,9171	0,9121	0,9169	0,8733	0,8913	0,8621	0,8755	0,8425	0,8279	0,7728	0,8144
Keskinleştirme	0,9023	0,9339	0,8632	0,8998	0,8100	0,8880	0,7958	0,8313	0,8039	0,8019	0,7033	0,7697
Karışık gürültü	0,9172	0,9195	0,9217	0,9195	0,8525	0,8949	0,8550	0,8675	0,8307	0,8390	0,7731	0,8143
JPEG sıkıştırması	0,9236	0,9474	0,9021	0,9244	0,7592	0,8710	0,7225	0,7842	0,6964	0,7494	0,5999	0,6819
Çıkarma değeri	0,0287	0,0426	0,0585	0,0246	0,1141	0,024	0,1396	0,0913	0,1461	0,0896	0,1732	0,1325

Tablo 4.13. 'ün devamı

Bozukluk /Çarpıklık	SROCC, sıfır çaprazlama				SROCC, prewitt				SROCC, Robert			
	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam
Gauss gürültüsü	0,7592	0,8710	0,7225	0,7842	0,9254	0,9485	0,9054	0,9264	0,9569	0,9619	0,9701	0,9630
Bulanıklaştırma	0,8717	0,8802	0,8578	0,8699	0,9146	0,9117	0,9127	0,9130	0,9076	0,9104	0,9210	0,9130
Medyan (ortanca)	0,8733	0,8913	0,8621	0,8755	0,9226	0,9185	0,9123	0,9178	0,9178	0,9158	0,9262	0,9199
Keskinleştirme	0,8100	0,8880	0,7958	0,8313	0,9038	0,9330	0,8636	0,9001	0,9157	0,9493	0,9216	0,9289
Karışık gürültü	0,8525	0,8949	0,8550	0,8675	0,9191	0,9213	0,9231	0,9212	0,9176	0,9238	0,9329	0,9248
JPEG sıkıştırması	0,7592	0,8710	0,7225	0,7842	0,9254	0,9485	0,9054	0,9264	0,9569	0,9619	0,9701	0,9630
Çıkarma değeri	0,1141	0,024	0,1396	0,0913	0,0291	0,0418	0,0595	0,0263	0,0493	0,0556	0,0491	0,05



Tablo 4.14. YUV için Pearson hesaplanması

Bozukluk /Çarpıklık	PEARSON, SOBEL				PEARSON, LAPLACE & GAUSS				PEARSON, CANNY			
	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam
Gauss gürültüsü	0,8140	0,7510	0,4106	0,6586	0,8082	0,6147	0,2703	0,5644	0,7601	0,5334	0,2510	0,5148
Bulanıklaştırma	0,2684	0,2190	0,1343	0,2072	0,3989	0,4208	0,2704	0,3633	0,4357	0,4259	0,3045	0,3887
Medyan (ortanca)	0,4415	0,3484	0,3004	0,3634	0,4505	0,3922	0,3101	0,3843	0,4916	0,3900	0,3296	0,4037
Keskinleştirme	0,6794	0,6720	0,6026	0,6513	0,7794	0,7216	0,7029	0,7346	0,7817	0,7120	0,7168	0,7368
Karışık gürültü	0,5531	0,4436	0,0810	0,3592	0,6788	0,4296	0,0382	0,3822	0,6142	0,3667	0,0488	0,3432
JPEG sıkıştırması	0,8140	0,7510	0,4106	0,6586	0,8082	0,6147	0,2703	0,5644	0,7601	0,5334	0,2510	0,5148
Çıkarma değeri	0,5993	0,6434	0,7393	0,6429	0,5022	0,491	0,7995	0,5107	0,4451	0,4811	0,7533	0,5004

Tablo 4.14. 'ün devamı

Bozukluk /Çarpıklık	PEARSON, SIFIR ÇAPRAZLAMA				PEARSON, PREWITT				PEARSON, ROBERT			
	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam	Y	U	V	Toplam
Gauss gürültüsü	0,8082	0,6147	0,2703	0,5644	0,8147	0,7446	0,4136	0,6577	0,7616	0,6623	0,2607	0,5615
Bulanıklaştırma	0,3989	0,4208	0,2704	0,3633	0,2730	0,2234	0,1427	0,2130	0,3262	0,2553	0,1500	0,2438
Medyan (ortanca)	0,4505	0,3922	0,3101	0,3843	0,4423	0,3465	0,3091	0,3660	0,4686	0,3914	0,2959	0,3853
Keskinleştirme	0,7794	0,7216	0,7029	0,7346	0,6296	0,6085	0,5377	0,5919	0,4861	0,5171	0,4294	0,4775
Karışık gürültü	0,6788	0,4296	0,0382	0,3822	0,5630	0,4528	0,0875	0,3678	0,5333	0,4432	0,0710	0,3492
JPEG sıkıştırması	0,8082	0,6147	0,2703	0,5644	0,8147	0,7446	0,4136	0,6577	0,7616	0,6623	0,2607	0,5615
Çıkarma değeri	0,5022	0,491	0,7995	0,5107	0,5967	0,6389	0,73	0,6368	0,5374	0,5715	0,7006	0,5769

Önerilen kenar algılama yöntemine dayalı olarak; RGB, HIS ve YUV için PSNR, SROCC ve Pearson hesaplamaları Tablo 4.15. (a, b, c), Tablo 4.16. (a, b, c) ve Tablo 4.17. (a, b, c) de gösterilmiştir. Görüntülerin çarpıklık/bozukluk yapısını belirlemede yedi önemli gürültülü yöntemleri kullanılmıştır. Bu gürültülü yöntemler Gauss gürültüsü, Bulanıklaştırma, Medyan(Ortanca), Keskinleştirme, Karışık gürültüsü ve JPEG sıkıştırmasıdır.

Tablo 4.15. (a). RGB için PSNR dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	PSNR(db) dalgacık tipleri			
	R	G	B	Toplam
Gauss Gürültüsü	23,5063	23,4844	23,4321	23,4742
Bulanıklaştırma	30,7559	27,2553	26,2845	28,0986
Median(Ortanca)	30,8250	27,4628	26,2973	28,1951
Keskinleştirme	31,4595	28,0368	26,1071	28,5345
Karışık Gürültü	22,8225	23,1546	23,6744	23,2171
JPEG sıkıştırması	29,6756	27,2964	26,0064	27,6594
Çıkarma işlemi	8,637	4,8822	2,8652	5,3174

Tablo 4.15. (b). RGB için SROCC dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	SROCC (db) dalgacık tipleri			
	R	G	B	Toplam
Gauss Gürültüsü	0,3239	0,4533	0,5147	0,4306
Bulanıklaştırma	0,4187	0,3824	0,4095	0,4035
Median(Ortanca)	0,1319	0,1220	0,0894	0,1144
Keskinleştirme	0,9715	0,9765	0,9800	0,9760
Karışık Gürültü	0,7572	0,7878	0,8014	0,7821
JPEG sıkıştırması	0,1435	0,1381	0,0983	0,1266
Çıkarma işlemi	0,8396	0,8545	0,8906	0,8616

Tablo 4.15. (c). RGB için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	PEARSON (db) dalgacık tipleri			
	R	G	B	Toplam
Gauss Gürültüsü	0,3994	0,5522	0,5960	0,5159
Bulanıklaştırma	0,3277	0,3024	0,3466	0,3255
Median(Ortanca)	0,3059	0,3050	0,2236	0,2782
Keskinleştirme	0,9785	0,9812	0,9823	0,9807
Karışık Gürültü	0,3821	0,5376	0,6022	0,5073
JPEG sıkıştırması	0,3517	0,3537	0,2651	0,3235
Çıkarma işlemi	0,6726	0,6788	0,7587	0,7025

Tablo 4.16. (a). HSI için PSNR dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	PSNR (db) dalgacık tipleri			
	H	S	I	Toplam
Gauss Gürültüsü	52,1193	66,9878	71,7458	63,6176
Bulanıklaştırma	56,4324	72,1675	78,1901	68,9300
Median(Ortanca)	56,2210	72,0515	78,2307	68,8344
Keskinleştirme	55,8319	73,1809	78,8262	69,2796
Karışık Gürültü	70,2177	72,1185	70,9521	71,0961
JPEG sıkıştırması	56,3431	71,7829	77,4701	68,5320
Çıkarma işlemi	18,0984	6,1931	7,8741	7,4785

Tablo 4.16. (b). HSI için SROCC dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	SROCC (db) dalgacık tipleri			
	H	S	I	Toplam
Gauss Gürültüsü	0,0943	0,4239	0,3397	0,2860
Bulanıklaştırma	0,0868	0,3410	0,4142	0,2807
Median(Ortanca)	0,0710	0,0797	0,1294	0,0934
Keskinleştirme	0,4251	0,9660	0,9678	0,7863
Karışık Gürültü	0,9286	0,8388	0,7594	0,8423
JPEG sıkıştırması	-0,0075	0,0849	0,1414	0,0729
Çıkarma işlemi	0,9361	0,8863	0,8384	0,7693

Tablo 4.16 (c). HSI için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	PEARSON (db) dalgacık tipleri			
	H	S	I	Toplam
Gauss Gürültüsü	0,1408	0,4663	0,4341	0,3470
Bulanıklaştırma	0,1024	0,2940	0,3094	0,2353
Median(Ortanca)	0,0631	0,1805	0,2809	0,1749
Keskinleştirme	0,5850	0,9678	0,9753	0,8427
Karışık Gürültü	0,9772	0,7123	0,4077	0,6991
JPEG sıkıştırması	-0,0007	0,1868	0,3600	0,1820
Çıkarma işlemi	0,9779	0,7873	0,6944	0,6678

Tablo 4.17. (a). YUV için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	PEARSON (db) dalgacık tipleri			
	Y	U	V	Toplam
Gauss Gürültüsü	26,9603	30,5984	25,2872	27,6153
Bulanıklaştırma	28,8534	33,4194	33,5423	31,9383
Median(Ortanca)	29,1223	33,4395	33,3090	31,9569
Keskinleştirme	29,9184	33,2469	32,9165	32,0273
Karışık Gürültü	23,4315	30,8978	32,1372	28,8222
JPEG sıkıştırması	28,7023	33,1591	33,1549	31,6721
Çıkarma işlemi	6,4869	2,8411	8,2551	4,412

Tablo 4.17. (b) YUV için SROCC dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	SROCC (db) dalgacık tipleri			
	Y	U	V	Toplam
Gauss Gürültüsü	0,4986	0,5107	0,3185	0,4426
Bulanıklaştırma	0,2688	0,2619	0,2476	0,2594
Median(Ortanca)	0,1279	0,0808	0,0856	0,0981
Keskinleştirme	0,9600	0,9709	0,9571	0,9627
Karışık Gürültü	0,7611	0,8024	0,8292	0,7976
JPEG sıkıştırması	0,1437	0,0951	-0,0019	0,0789
Çıkarma işlemi	6,4869	2,8411	8,2551	4,412

Tablo 4.17. (c) YUV için PEARSON dalgacık durumlarının karşılaştırılması

Bozukluk/Çarpıklık	PEARSON (db) dalgacık tipleri			
	Y	U	V	Topal
Gauss Gürültüsü	0,6288	0,5926	0,3578	0,5264
Bulanıklaştırma	0,2152	0,2225	0,2222	0,2200
Median(Ortanca)	0,3135	0,2115	0,1741	0,2330
Keskinleştirme	0,9767	0,9774	0,9667	0,9736
Karışık Gürültü	0,4786	0,6042	0,6579	0,5803
JPEG sıkıştırması	0,3770	0,2617	0,0055	0,2147
Çıkarma işlemi	0,7615	0,7659	0,9612	0,7589

Önerilen sonuçların onaylanması için diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma Tablo 4.18'de gösterilmektedir.

Tablo 4.18. Önerilen yöntem ve diğer yöntemlerin karşılaştırması

Lenaya Ait Fotoğrafının Adımları	Bozukluk Çeşitleri	PSNR (dB)	PSNR-HVS-M (dB)	MS-SSIM	SSIM	UQI	HPQA	Önerilen Metot (RPW)
1	Keskinleştirmek	27,67	25,0338	0,9905	0,9097	0,8698	0,9238	0,9800
2	Median(ortanca)	27,67	24,3752	0,9546	0,7683	0,4989	0,8857	0,3200
3	Karışık Gürültü	27,67	29,5427	0,9509	0,8640	0,8204	0,8322	0,4771
4	JPEG sıkıştırması	27,67	24,7130	0,9402	0,7781	0,5034	0,7475	0,3805
5	Gauss Gürültüsü	27,67	29,0506	0,9521	0,6285	0,5257	0,6580	0,6316
6	Bulanıklaştırma	27,67	23,9838	0,9546	0,7839	0,6147	0,5011	0,2645
(Mak – Min) Fark		0	5,5589	0,0503	0,2812	0,3709	0,4227	0,7155

Tablo 4.18'de uyum sonuçlarının diğer yöntemlerle karşılaştırılması. Sonuçları karşılaştırmak için (mak- min) arasındaki fark, önemli bir kriterdir. Bu fark az olmamalıdır. Çünkü fark küçük ise, görüntüler arasındaki gürültüyü bulmak zordur. Tablo 4.18'de gösterildiği gibi önerilen yöntem maksimum ve minimum değerlendirme değerleri arasındaki fark için en yüksek değere sahiptir.

Painthouse için sorgulayıcı sonucu Tablo 4.19'da gösterilmektedir.

Tablo 4.19. Painthouse anket için sonuçların karşılaştırılması

Painthouse QUTIONAIR								
Yaş	Cinsi -yet	Ülkesi	Keskin- leştirmek	Ortanca	Karışık Gürültü	Jpeg Sıkıştırması	Gauss Gürültüsü	Bulanık- laştırma
36	M	Libya	6	3	5	4	2	1
37	M	Libya	6	1	4	3	5	2
36	M	Libya	6	5	2	4	3	1
35	M	Libya	6	1	3	4	5	2
29	M	Libya	6	5	2	4	3	1
29	M	Irak	6	1	3	4	5	2
28	F	Türkiye	6	1	5	4	3	2
26	F	Türkiye	6	1	5	4	3	2
27	M	Türkiye	6	1	5	3	4	2
34	F	Türkiye	6	4	1	2	5	3
23	F	Irak	6	4	2	3	5	1
38	F	Türkiye	6	1	4	3	5	2
38	F	Libya	6	1	5	3	4	2
24	M	Türkiye	6	1	4	3	5	2
22	M	Suriye	6	1	4	3	5	2
37	M	Türkiye	6	1	4	3	5	2
25	M	Irak	6	2	5	4	3	1
22	F	Irak	6	5	2	4	3	1
35	F	Türkiye	6	1	5	3	2	4
32	M	Iran	6	3	5	4	2	1
22	F	Irak	6	4	5	3	2	1
37	F	Türkiye	6	3	4	2	5	1
33	M	Iran	6	2	1	3	5	4
27	M	Iran	6	1	4	3	5	2
24	M	Iran	6	5	4	3	2	1
28	F	Türkiye	6	4	5	2	3	1
31	F	Türkiye	6	1	4	3	5	2
19	M	Türkiye	6	1	3	4	5	2
32	F	Türkiye	6	1	5	3	4	2
18	M	Suriye	6	3	4	1	5	2
1			0%	53,33%	6,66%	3,33%	0%	36,66%
2			0%	6,66%	13,33%	10%	16,66%	53,33%
3			0%	13,33%	10%	50%	23,33%	3,33%
4			0%	13,33%	33,33%	36,66%	10%	6,66%
5			0%	13,33%	36,66%	0%	50%	0%
6			100%	0%	0%	0%	0%	0%

Tablo 4.20. Lena anket için sonuçların karşılaştırılması

LENA QUTIONAIR								
Yaş	Cinsiyet	Ülkesi	Keskinleştirmek	Ortanca	Karışık Gürültü	JPEG Sıkıştırması	GAUSS Gürültüsü	Bulanıklaştırma
36	M	Libya	6	1	4	3	5	2
37	M	Libya	6	1	4	3	5	2
36	M	Libya	6	2	4	3	5	1
35	M	Libya	6	1	5	2	4	3
29	M	Libya	6	1	4	3	5	2
29	M	Irak	6	1	3	4	5	2
28	F	Türkiye	6	2	4	1	5	3
26	F	Türkiye	6	1	5	3	4	2
27	M	Türkiye	6	1	4	2	5	3
34	F	Türkiye	6	1	3	2	4	5
23	F	Irak	6	1	4	3	5	2
38	F	Türkiye	6	1	5	3	4	2
38	F	Libya	6	1	5	3	4	2
24	M	Türkiye	6	1	4	3	5	2
22	M	Suriye	6	1	4	3	5	2
37	M	Türkiye	6	1	5	2	4	3
25	M	Irak	6	2	4	3	5	1
22	F	Irak	6	1	4	3	5	2
35	F	Türkiye	6	1	4	2	5	3
32	M	Iran	6	1	3	4	5	2
22	F	Irak	6	1	4	3	5	2
37	F	Türkiye	6	1	4	3	5	2
33	M	Iran	6	1	4	3	2	5
27	M	Iran	6	3	5	1	4	2
24	M	Iran	6	1	4	2	5	3
28	F	Türkiye	6	1	4	3	5	2
31	F	Türkiye	6	1	3	4	5	2
19	M	Türkiye	6	1	4	3	5	2
32	F	Türkiye	6	1	4	3	5	2
18	M	Suriye	6	1	5	3	4	2
1			0%	86,66%	0%	6,66%	0%	6,66%
2			0%	10%	0%	20%	3,33%	66,66%
3			0%	3,33%	13,33%	63,33%	0%	20%
4			0%	0%	63,33%	10%	26,66%	0%
5			0%	0%	23,33%	0%	70%	6,66%
6			100%	0%	0%	0%	0%	0%

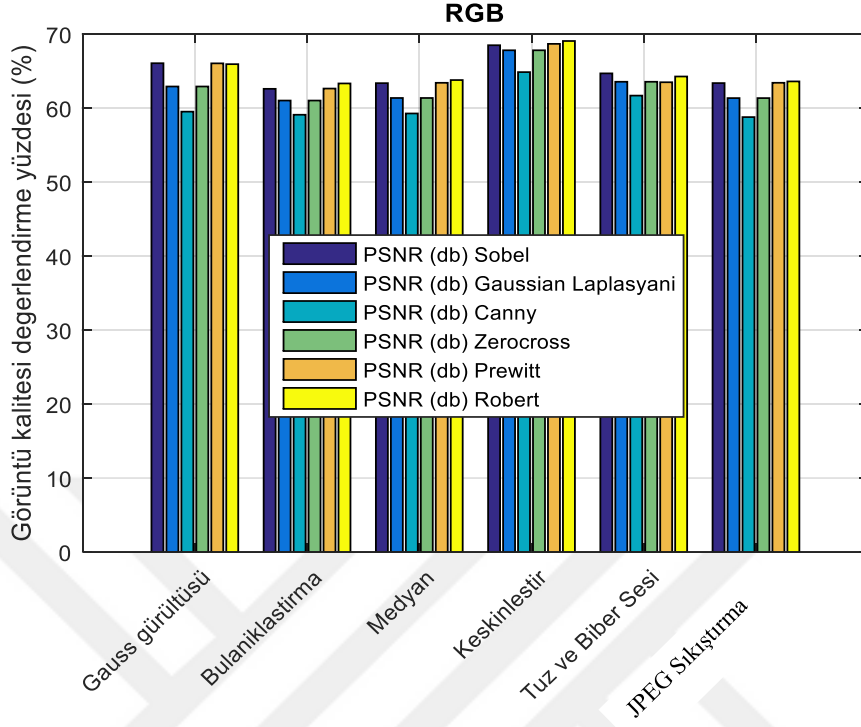


Bu çalışmada gösteriyor ki, en yüksek değer ve en düşük değer daha önemlidir. Çünkü değerlendirme sonucu olarak, daha net sonucu çıkarabilir. Önerilen yöntemde gösterildiği gibi minimum ve maksimum değer arasındaki fark 0,7155'dir. Veri analizleri incelendiğinde, bu önerilen yöntemin değerlendirme olarak başarılı olduğu anlamına gelir. Ayrıca RGB renk haritası ve dalgacık teorisine dayanan PEARSON için en iyi durumunu verir. Painthouse anket için sorgulama sonucu Tablo 4.19.'da gösterilmiştir. Lena için sorgulama sonucu Tablo 4.20.'de gösterilmiştir. Tablo 4.20.'de verilen simülasyon sonuçları çalışmamızın sorularına yanıt vermektedir. Görüntü kalitesi değerlendirmesinde sonuçların anket sonuçlarına yakın olduğu görülmektedir. Sonuçların değerlendirilmesinin de halkın görselleştirilmesi temel teşkil etmektedir.

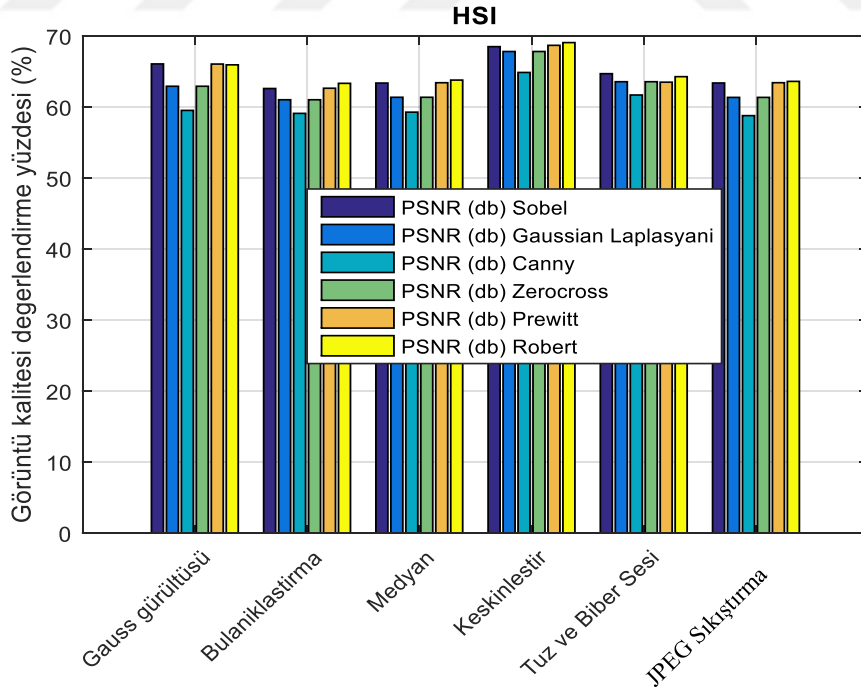
## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuç

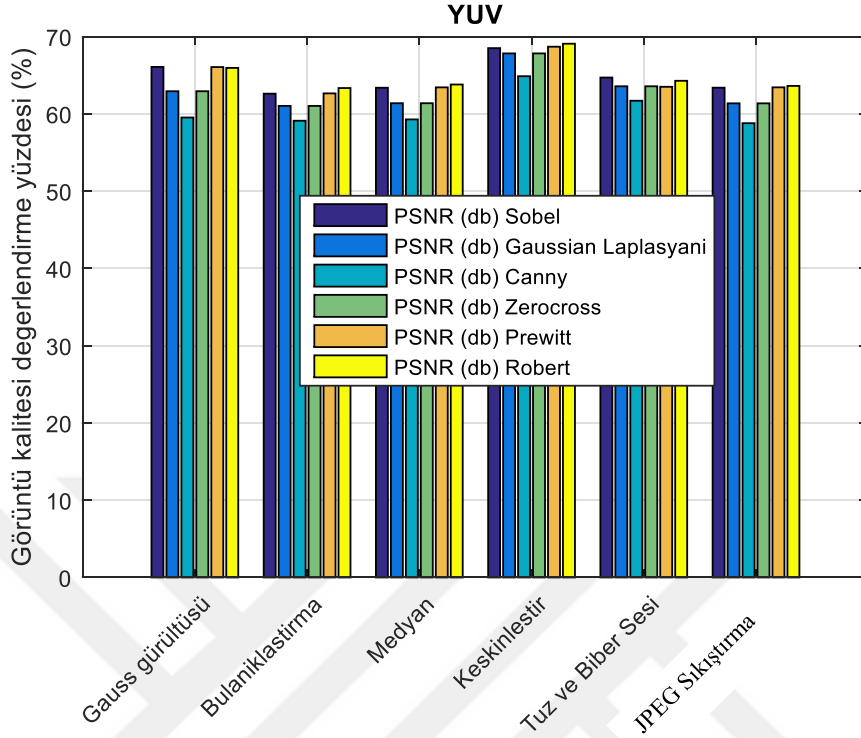
Bu tez çalışmasında, insan algılama metodu ile korelasyona sahip olan her türlü bozulmaya karşı güçlü olan, görüntü çözünürlüğü için tam referanslı görüntü kalitesi değerlendirme ölçütü önerilmiştir. Bu çalışmada önerilen IQA algoritması birçok farklı kenar algılama metodu ile önemli kenar algılama yöntemleri test edilmiştir. Değerlendirme için, kenar özelliği kullanılmıştır. Tez çalışmamızda önemli veri kaynaklarına sahip LIVE2, TID2008 ve CSIQ veri bankaları kullanılmıştır. Önerilen IQA algoritması, genel IQA tipi problemine bir kenar tespitine dayalı yaklaşım modelidir. Algoritmada, görüntüler için çoklu renk kanalları hesaplanmıştır. Hem uzay, hem de zaman boyutundaki farklı özellikler için test altındaki görüntüler hesaplanarak ve görüntülerdeki çoklu gürültü modelleriyle karşılaştırılmıştır. Zaman (frekans) analizi için dalgacık dönüşümü kullanmıştır. Dalgacık dönüşümünün kullanılmasıyla, bu seslerin görüntülerin bilgisini bozduğu görüntü analizlerinden ortaya çıkmıştır. İnsan görüş oranı, kenarı görüntüsü'nün çok önemli bir parçasıdır. Bu nedenle dalgacık dönüşümü kenar görüntüsü hakkında önemli sonuçlar vermiştir. Frekans boyutta, titreşim enerjisinin hatalı istatistik verileri, görüntü kenarının toplam enerjisini mevcut diğer yöntemlere kıyasla çok verimli şekilde Laplace dönüşümü kullanılarak hesaplanmıştır. Uzaysal boyut görüntü kalitesi değerlendirmesi uygulanmıştır. Ancak bu alanın sonuç analizleri zaman boyutundan elde edilen sonuçlara göre daha iyi değildir. RGB kanalı için 5 gürültü yöntemi PSNR üzerinde test edilerek, sonuçlar Şekil 5. 1'de gösterilmiştir. Ayrıca, HIS kanalı için 5 gürültü yöntemi test edilmiş olup sonuçlar Şekil 5. 2'de gösterilmiştir. Son olarak YUV kanalı için 5 gürültü yöntemi PSNR üzerinde test edilerek, sonuçlar Şekil 5. 3'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 1. Farklı gürültü yöntemi için RGB sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5. 2. Farklı gürültü yöntemi için HIS sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5. 3. Farklı gürültü yöntemi için YUV sonuçlarının karşılaştırılması

Sonuç olarak anket değerlendirilmesinde; Türkiye, Libya, Suriye, Irak gibi ülkelerden oluşan çeşitli kadın ve erkek 100 kişilik veri bankası kullanılmıştır. Bu insanlara ait tüm cevaplarda, önerilen yöntemlerin istatistiksel sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu göstermiştir. Gelecekte de önemli bir çalışma olarak, büyük ölçekli bir öznel deney diğer farklı zaman-frekans boyutunda, kenar algılama yöntemleri kullanılarak oluşturulan görüntülerin kenarlarını içeren daha büyük bir görüntü kümesiyle gerçekleştirilebilir. Ayrıca görüntüdeki en iyi kenarları bulmak için, ateş böceği algoritması, karınca kolonisi optimizasyonu ve arı kolonisi algoritmaları gibi optimizasyon yöntemleri kullanılabilir. Ayrıca önerilen yöntem, doktorların orijinal görüntü verileri ve çarpık görüntüler hakkında daha fazla bilgi edinmelerine yardımcı olan biyomedikal görüntü kalitesi değerlendirmesinde kullanılabilir. Son olarak, önerilen yöntemin gerçek zamanlı uygulamada kullanmak için hızlı, verimli ve sağlam olduğunu söyleyebiliriz.

## 5.2. İleri Çalışmalar

Gelecekteki bir çalışma olarak, diğer farklı zaman-frekans kenarı algılama yöntemleri kullanılarak oluşturulan görüntülerin kenarını içeren daha büyük bir görüntü seti ile büyük ölçekli bir öznel deney yapılabilir. Ayrıca görüntüdeki en iyi kenarları bulmak için ateş böceği algoritması, karınca kolonisi optimizasyonu ve arı kolonisi algoritmaları gibi optimizasyon yöntemlerini kullanabilirsiniz. Ayrıca önerilen yöntem, doktorların orijinal görüntü verileri ve çarpık görüntüler hakkında daha fazla bilgi edinmelerine yardımcı olan biyomedikal görüntü kalitesi değerlendirmesinde de kullanılabilir. Son olarak, önerilen yöntemin gerçek zamanlı uygulamada kullanmak için hızlı, verimli ve sağlam olduğunu söyleyebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] X. Zhang, X. Feng, W. Wang, and W. Xue, Edge strength similarity for image quality assessment, " *IEEE Signal processing letters*, 20, 319-322, 2013.
- [2] Y. Yalman and İ. Ertürk, "A new color image quality measure based on YUV transformation and PSNR for human vision system, " *Türkiye Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, vol. 21, pp. 603-612, 2013.
- [3] H. Maitre, "A Review of Image Quality Assessment with application to Computational Photography, " 2015.
- [4] A. C. B. Zhou Wang, LigangLu, "Why Is Image Quality Assessment So Difficult?, " *IEEE*, 2002.
- [5] D. Chandler, "Seven Challenges in Image Quality Assessment: Past, Present, and Future Research, " *ISRN Signal Processing*, 2012.
- [6] Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, and E. P. Simoncelli, "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity, " *IEEE transactions on image processing*, vol. 13, pp. 600-612, 2004.
- [7] Y. Yalman, M. B. Guldogan, and I. F. Sen, "Contemporary approaches on no-reference image quality assessment methods: a comparative study, " in *Proceedings of 9th International Conference on Electronics and Computer Technologies, Turkey*, 2012, pp. 251-255.
- [8] K. -H. Thung and P. Raveendran, "A survey of image quality measures, " in *Technical Postgraduates (TECHPOS), 2009 International Conference for*, 2009, pp. 1-4.

- [9] D. Tao, X. Li, W. Lu, and X. Gao, "Reduced-reference IQA in contourlet domain, " *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, vol. 39, pp. 1623-1627, 2009.
- [10] X. Zhu and P. Milanfar, "A no-reference sharpness metric sensitive to blur and noise, " in *Quality of Multimedia Experience, 2009. QoMEX 2009. International Workshop on*, 2009, pp. 64-69.
- [11] E. C. Larson and D. M. Chandler, "Most apparent distortion: full-reference image quality assessment and the role of strategy, " *Journal of Electronic Imaging*, vol. 19, p,011006, 2010.
- [12] O. Le Meur, P. Le Callet, D. Barba, and D. Thoreau, "A coherent computational approach to model the bottom-up visual attention, " *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 28, pp. 802-817, 2006.
- [13] P. Fränti, "Blockwise distortion measure for statistical and structural errors in digital images, " *Signal processing: Image communication*, vol. 13, pp. 89-98, 1998.
- [14] H. R. Sheikh and A. C. Bovik, "Image information and visual quality, " in *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2004. Proceedings. (ICASSP'04). IEEE International Conference on*, 2004, pp. iii-709.
- [15] A. Shnayderman, A. Gusev, and A. M. Eskicioglu, "An SVD-based grayscale image quality measure for local and global assessment, " *IEEE transactions on Image Processing*, vol. 15, pp. 422-429, 2006.
- [16] K. Okarma, "Combined full-reference image quality metric linearly correlated with subjective assessment, " in *International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing*, 2010, pp. 539-546.

- [17] A. Attar, R. M. Rad, and A. Shahbahrami, "Ebiqa: An edge based image quality assessment, " in *Machine Vision and Image Processing (MVIP), 2011 7th Iran*, 2011, pp. 1-4.
- [18] B. K. J. Ajay Kumar Boyat, "A Review Paper: Noise Models in Digital Image Processing, " *Signal & Image Processing : An International Journal (SIPIJ)*, vol,06, 2015.
- [19] Z. G. Ziguan Cui, Guijin Tang, Feng Liu, Xiuchang Zhu, "Simple and Effective Image Quality Assessment Based on Edge Enhanced Mean Square Error, " *IEEE*, 2014.
- [20] A. E. -M. Pedram Mohammadi, Shahram Shirani, "Subjective and Objective Quality Assessment of Image: A Survey, " *Preprint Submitted to Elsevier*, 2014.
- [21] M. K. Jr. , "Image Quality Assessment, " *WDS'12 Proceedings of Contributed Papers*, 2012.
- [22] J. A. Karen Egiazarian, Nikolay Ponomarenko, Vladimir Lukin, Federica Battisti, Marco Carli, "A New Full Reference Image Quality Metric Based on HVS. "
- [23] D. S. B. Sumit Mittal, "Objective Full Reference Image Quality Assessment Metrics, " *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 2011.
- [24] X. F. Xuande Zhang, Weiwei Wang, Wufeng Xue, "Edge Strength Similarity for Image Quality Assessment, " *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 20, 2013.
- [25] C. B. Mohammed Hassan, "Evaluation of Image Quality Assessment Metrics Color Quantization Noise, " *International Journal of Applied Information Systems (IJ AIS)*, vol. 9, 2015.



- [26] A. C. B. Zhou Wang, LigangLu, "Applications of Objective Image Quality Assessment Methods, " *IEEE signal processing magazine*, 2011.
- [27] X. G. Wei Fu, Yuanyuan Wang, "Image Quality Assessment Using Edge And Contrast Similarity, " *IEEE*, 2008.
- [28] W. Sharba. (2016). *Spatial Domain Filtering Edge Detection*. Available: <https://www.slideshare.net/wsharba/lecture-8-56855418>
- [29] D. A. Deepika Adlakha, Rohit Tanwar, "Analytical Comparison between Sobel and Prewitt Edge Detection Techniques, " *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2016.
- [30] V. M. Dharampal, "Methods of Image Edge Detection: A Review, " *J Electr Electron Syst*, 2015.
- [31] R. D. Pinaki Pratim Acharjya, Dibyendu Ghoshal, "Study and Comparison of Different Edge Detectors for Image Segmentation, " *Global Journal of Computer Science and Technology*, 2012.
- [32] M. F. Mohsen Sharifi, Maryam Tayefeh Mahmoudi, "A Classified and Comparative Study of Edge Detection Algorithms, " presented at the Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2002.
- [33] H. H. Zolqernine Othman, Mohammed Rafiq Abdul Kadir, "Comparison of Canny and Sobel Edge Detection in MRI Images. "
- [34] P. G. M. M Sudarshan, Suryakanth V Gangashetty, "Optimized Edge Detection Algorithm for Face Recognition. "
- [35] R. M. R. Abdolrahman Attar, Asadollah Shahbahrami, "EBIQA: An Edge Based Image Quality Assessment, " *IEEE*, 2011.

- [36] A. R. A. Li Cui, "An Image Quality Metric based on Corner, Edge and Symmetry Maps, " 2008.
- [37] W. H. Liu Junyao, "Image Quality Assessment Based on Structure and Edge Similarity, " *IEEE*, 2011.
- [38] C. -L. Y. Guan-Hao Chen, Lai-Man Po, Sheng-Li Xie, "Edge-Based Structural Similarity for Image Quality Assessment, " *IEEE*, 2006.
- [39] Y. -q. W. Li-xiong LIU, "A Mean-Edge Structural Similarity for Image Quality Assessment, " presented at the International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2009.
- [40] S. M. Min Zhang, IEEE, Xuanqin Mou, "A Psychovisual Image Quality Metric Based On Multi-Scale Structure Similarity, " *IEEE*, 2008.
- [41] L. M. Zhangkai Ni, Member, IEEE, Huanqiang Zeng, Member, IEEE, Jing Chen, Canhui Cai, Senior Member, IEEE, and Kai-Kuang Ma, Fellow, IEEE, "ESIM: Edge Similarity for Screen Content Image Quality Assessment, " *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, vol. 26, 2017.
- [42] X. M. Wufeng Xue, "An Image Quality Assessment Metric Based On Non-Shift Edge, " presented at the IEEE International Conference of Image Processing 2011.
- [43] M. Z. Xuanqin Mou, Wufeng Xue, Lei Zhang, "Image Quality Assessment Based On Edge, " *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 2011.
- [44] X. M. Min Zhang, Lei Zhang, "Non-Shift Edge Based Ratio (NSER): An Image Quality Assessment Metric Based on Early Vision Features, " *IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS*, vol. 18, 2011.

- [45] W. L. Anmin Liu, Senior Member, IEEE, and Manish Narwaria, "Image Quality Assessment Based on Gradient Similarity, " *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, vol. 21, 2012.
- [46] N. S. F. ASMA BEGUM, NAHID JABEEN<sup>3</sup>, "Image Quality Assessment Based on Gradient Similarity, " *International Journal of Advanced Technology and Innovative Research*, 2014.
- [47] X. M. Wufeng Xue, Member, IEEE, Lei Zhang, Senior Member, IEEE, Alan C. Bovik, Fellow, IEEE, Xiangchu Feng, "Blind Image Quality Assessment Using Joint Statistics of Gradient Magnitude and Laplace Features, " 2014.
- [48] S. M. Lin Zhanga, IEEE, Lei Zhanga, Member, IEEE, Xuanqin Moub, Member, IEEE, and David Zhanga, Fellow, IEEE, "FSIM: A Feature Similarity Index for Image Quality Assessment. "
- [49] G. Strang and T. Nguyen, *Wavelets and filter banks*: SIAM, 1996.
- [50] Z. Wang, E. Simoncelli, and A. Bovik, "Multi-scale structural similarity for image quality assessment, " in *ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS SYSTEMS AND COMPUTERS*, 2003, pp. 1398-1402.
- [51] N. Ponomarenko, F. Silvestri, K. Egiazarian, M. Carli, J. Astola, and V. Lukin, "On between-coefficient contrast masking of DCT basis functions, " in *Proceedings of the third international workshop on video processing and quality metrics*, 2007.
- [52] Z. Wang and A. C. Bovik, "A universal image quality index, " *IEEE signal processing letters*, vol. 9, pp. 81-84, 2002.
- [53] Y. Yalman, "Histogram based perceptual quality assessment method for color images, " *Computer Standards & Interfaces*, vol. 36, pp. 899-908, 2014.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Tarik Milod Alarabi AHMAD  
Doğum Yeri ve Tarihi : 1974 /Libya  
Medeni Hali : Evli  
Telefon : 05317369780  
E-mail : tma\_7444@yahoo. com  
Yabancı dil : Temel Türkçe, İngilizce



### Eğitim Durumu

Lise : AboMoad Enstitüsü (1993)  
Lisans : Her şey dahil tatillerin merkezi Gharian (1998)  
Yüksek Lisans : Szent Istvan Macaristan (2007)  
Doktora : Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Malzeme (2014-2019)

### Yayınlar

- [1]. Entesar Eljali, Can Dogan Vurdu, **Tarik Ahmad** (2018). Detecting the Likely Causes behind the emotion spikes of influential twitter users for Arabiclanguage, *journal of engineering research and application* [www.ijera.com](http://www.ijera.com), 8 (9), 34-40.
- [2]. **Tarik Ahmad**, Javad Rahebi, Can Vurdu, Entesar Eljali (2018). Full Reference Image Quality Assessment Method based onWaveletFeatures and Edge Intensity, *International Journal of Engineering Research and Development*, 14, 3 50-55.
- [3]. **Tarik Ahmad**, Can Dogan Vurdu, and Javad Rahebi (2018). New Full Reference Image Quality Assessment Method based on Edge Intensity. *International Journal of Computer Science and Network Security* 18. 3 82-85.