

**GÖRÜNTÜ KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERİN KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şevkiye BABACAN
Danışman

Prof. Dr. İbrahim KILIÇ

İSTATİSTİK ANABİLİM DALI
Temmuz 2021

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖRÜNTÜ KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE
İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERİN KULLANILMASI

Şevkiye BABACAN

Danışman
Prof. Dr. İbrahim Kılıç

İSTATİSTİK ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

TEZ ONAY SAYFASI

Şevkiye BABACAN tarafından hazırlanan “Görüntü Kalitesinin Belirlenmesinde İstatistiksel Yöntemlerin Kullanılması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 05/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İstatistik Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İbrahim KILIÇ

Başkan : Doç. Dr. Cengiz GAZELOĞLU
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi

Üye : Prof. Dr. İbrahim KILIÇ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Sinan SARAÇLI
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

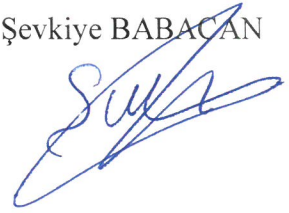
Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

05.07.2021

Şevkiye BABACAN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖRÜNTÜ KALİTESİNİN BELİRLENMESİNDE İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERİN KULLANILMASI

Şevkiye BABACAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim KILIÇ

Görüntü işleme, bilgisayarlı görü biliminde oldukça önemli bir çalışma alanıdır. Genel olarak görüntü bilgilerinin analizine yönelik bir yöntem olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada en iyi görüntü kalitesinin belirlenmesi amacıyla bulanıklaştırılmış görüntüler orijinal görüntü ile karşılaştırılmıştır. Literatürde görüntü kalitesini belirlemede referanslı (Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon (NÇK), Normalleştirilmiş Mutlak Hata (NMH), Yapısal İçerik (Yİ), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Ortalama Fark (OF), Maksimum Fark (MF), Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO)) ve referanssız (Uzamsal Referanssız Görüntü Kalite Değerlendiricisi (URGKD), Doğal Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi (DGKD), Algı Tabanlı Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi (ATGKD)) olarak adlandırılan klasik teknikler kullanılmaktadır. Bu çalışmada bilimsel araştırmalarda iki metodun karşılaştırılmasında kullanılan Bland-Altman metodu, ilk kez görüntü kalitesinin belirlenmesi amacı ile kullanılmıştır. Literatürde kullanılan Ki-kare testinin formülünde yer alan beklenen değer, şimdiye kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak referans görüntünün ilgili piksel değeri olarak ele alınarak çözümlenmeler gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizler için ilk olarak görüntü standardının sağlanması amacıyla Afyon Kocatepe Üniversitesinin logosu 8 bit derinliğinde 256 x 256 boyutlarında gri tonlamalı bir görüntüye dönüştürülmüştür. Bu görüntü orijinal görüntü olarak ele alınıp A olarak adlandırılmıştır. Karşılaştırılan görüntüler ise orijinal görüntünün gürültü eklenerek bulanıklaştırılmış B, C ve D olarak adlandırılan üç görüntüsünden oluşmaktadır. İlgili görüntüler rassal olarak seçilen ve k, k1 ve k2 olarak

adlandırılan 0-256 arasındaki farklı üç satır ve bu satırlara karşı gelen sütunlara ait piksellerin değerlerinden elde edilmiştir. Daha sonra bulanıklaştırılmış görüntülerin referans görüntü ile ikili karşılaştırmaları, Bland-Altman metodu ile gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde MATLAB ve MedCalc paket programlarından yararlanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda B, C ve D olarak adlandırılan bulanık görüntüler arasından orijinale en yakın görüntünün hem klasik yaklaşımlarla hem de Bland-Altman metodu ile B görüntüsü olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar ilgili tablo ve şekillerde ayrıntılı olarak verilmiştir.

2021, xi + 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel metot karşılaştırma, Bland Altman metodu, Görüntü kalitesi, Görüntü kalite değerlendiricisi.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE USE OF STATISTICAL METHODS TO DETERMINE THE IMAGE QUALITY

Şevkiye BABACAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Statistics

Supervisor: Prof. İbrahim KILIÇ

Image processing is a very important field of study in computer vision science. It can generally be defined as a method for analyzing image information. In this study, blurred images were compared with the original image in order to determine the best image quality. In the literature classical techniques named as referenced (Normalized Cross Correlation (NCC), Normalized Absolute Error (NAE), Structural Content (SC), Peak Signal to Noise Ratio (PSNR), Mean Square Error (MSE), Maximum Difference (MD), Average Difference (AD)) and non-referenced (Blind Referenceless Image Spatial Quality Evaluator (BRISQUE), Naturalness Image Quality Evaluator (NIQE), Perception Based Image Quality Evaluator (PIQE)) are used to determine the image quality. In this study, the Bland-Altman method, which is used to compare two methods in scientific research, was used for the first time to determine image quality. The analyses are carried out by considering the expected value in the formulation of Chi-square test as the pixel value of the reference image opposite of the other studies in the literature till now. For statistical analysis, the logo of Afyon Kocatepe University was transformed into a grayscale image with 256 x 256 dimensions in 8-bit depth in order to provide the image standard first. This image was taken as the original image and named A. The compared images consist of three images called B, C and D of the original image blurred with noise. Relevant images were obtained from the values of pixels belonging to different rows 0-256 and corresponding columns, named k, k1 and k2, which were selected randomly. Then, binary comparisons of blurred images with the

reference image were carried out using the Bland-Altman Method. MATLAB and MedCalc software were used for statistical analysis. As a result of the analysis, it was determined that among the blurred images named B, C and D, the closest image to the original was the B image with both classical approaches and Bland-Altman method. The results are given in the relevant tables and figures in detail.

2021, xi + 69 pages

Keywords: Statistical method comparison, Bland Altman method, Image quality, Image quality assessment.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamın daha iyi bir noktaya gelmesinde değerli katkılarıyla yönlendiren, araőtırmalarım aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını sunan danışman hocam Prof. Dr. İbrahim KILIÇ 'a teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin ana fikrinin oluőmasında, hazırlanması ve tamamlanması aşamasında, her türlü imkanını sunan bilgi ve tecrübesi ile yol gösteren yardımlarını hiç esirgmeden tüm samimiyetiyle destek olan ve bu süreçte bir hocadan daha fazlası olan sevgili hocam Doç. Dr. Sinan SARAÇLI 'ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansın ilk gününden beri yanımda olan, sadece bilgisiyle değil aynı zamanda iyi bir mentorlüğüyle beni her koşulda destekleyen kıymetli hocam Doç. Dr. Cengiz GAZELOğLU' na teőekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu süreçte her türlü nazımı çeken baőta babam Murat BABACAN olmak üzere bu güne kadar büyük fedakârlıklarla bana hem maddi hem manevi destek olan biricik annem, kardeőim ve babaanneme teőekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans yolculuğunda bana dostluk eden, çıktığımız bu zorlu yolculuğu daha eğlenceli bir hale getiren tüm güzel duyguların her anının birlikte yaőadıęım değerli arkadaşlarım Nefise FERMANCI ve Mustafa DEMİR' e teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	2
2.1 Görüntü İşleme	6
2.1.1 İnsan Görme Sisteminin Yapısı	7
2.1.2 Tarihsel Gelişim Süreci.....	10
2.1.3 Görüntü İşleme Tanımları.....	13
2.1.4 Görüntü İşlemede Temel Kavramlar	14
2.1.4.1 Dijital Görüntü	14
2.1.4.2 Piksel.....	16
2.1.4.3 Çözünürlük.....	18
2.1.4.4 Bit Çözünürlüğü.....	18
2.1.4.5 Görüntü Türleri	18
2.1.5 Görüntü Dosyası Türleri	23
2.2 Görüntü Kalite Değerlendirmesi.....	24
2.2.1 Referanssız Görüntü Kalite Değerlendirmesi	25
2.2.1.1 Uzamsal Referanssız Görüntü Kalite Değerlendiricisi	25
2.2.1.2 Doğal Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi	31
2.2.1.3 Algı Tabanlı Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi.....	32
2.2.2 Tam Referans Görüntü Kalite Değerlendirmesi	35
2.2.2.1 Tepe Sinyal Gürültü Oranı.....	36
2.2.2.2 Hata Kareler Ortalaması	36
2.2.2.3 Yapısal İçerik	37
2.2.2.4 Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon.....	37

2.2.2.5 Normalleştirilmiş Mutlak Hata	38
2.2.2.6 Maximum Fark.....	39
2.2.2.7 Ortalama Fark	39
2.3 Bland Altman Metodu	40
2.4 Entropi Yaklaşımı	40
2.5 Görüntü Kalitesinde Gürültü	41
2.5.1 Dürtü Gürültüsü	42
2.5.2 Beyaz Gürültü	45
2.6 Ki-Kare Testi	46
3. MATERYAL ve METOT.....	47
4. BULGULAR.....	48
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	59
6. KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ.....	69

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

μ	Görüntünün Ortalaması
σ	Görüntünün Standart Sapması
σ^2	Varyans
f	Referans Görüntünün Matris Değeri
g	Bozulmuş Görüntünün Matris Değeri
M	Matriste Satırı Temsil Eder
N	Matriste Sütunu Temsil Eder
i	Seçilen Satır Dizisi
MAX_1	Görüntünün Mümkün Olan Maksimum Piksel Değeri
$L(m, n)$	Parlaklık
L	Piksel Değerleri için Dinamik Aralık
α	Dağılımın Şekli
\bar{t}	Özelliğin Ortalaması
$C(x, y)$	Kontrast Karşılaştırma Fonksiyonu
$S(x, y)$	Yapı Karşılaştırma Fonksiyonu
a_{pq}	Yapılandırma Elamanı
p	Kenar İndeksi
q	Segment İndeksi
\bar{d}	Ortalama Fark
h	Bilgi İçeriği

Kısaltmalar

AGGD	Asimetrik Genelleştirilmiş Gauss Dağılımı
2B	2 Boyutlu
DSİ	Doğal Sahne İstatistiği
DGİ	Dijital Görüntü İşleme
GGD	Genelleştirilmiş Gauss Dağılımı
GKD	Görüntü Kalite Değerlendirmesi
HKO	Hata Kareler Ortalaması
İGS	İnsan Görme Sistemi
KYM	Kırmızı Yeşil Mavi
OGD	Ortalama Gözlemci Değeri

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Gözün önden ve yandan kesit olarak gösterimi	8
Şekil 2.2 Gözün palmiye ağacına bakmasının gösterimi	9
Şekil 2.3 1921’de kodlanmış ve özel telgraf yazıcı ile üretilmiş dijital bir görüntü	10
Şekil 2.4 5 farklı seviyedeki gri tonlamalı resim ve ilk dijital fotoğraf	11
Şekil 2.5 Görüntü işleminin kullanıldığı disiplinler	12
Şekil 2.6 Sayısallaştırılmış görüntü.....	14
Şekil 2.7 Sayısal görüntü fonksiyonları	14
Şekil 2.8 İki boyutlu bir görüntünün dijital görüntüye dönüştürülmesi	15
Şekil 2.9 Dijital görüntülerin dikdörtgen bir ızgara üzerindeki nokta dizileri (a) 2 boyutlu görüntüyü (b) 3 boyutlu görüntüyü temsil eder.....	17
Şekil 2.10 Gri tonlamalı iki görüntünün piksel değerleri.....	17
Şekil 2.11 Görüntülerin sınıflandırılması.....	18
Şekil 2.12 256 farklı gri seviyesinin 16X16’lık ızgarada gösterimi.....	19
Şekil 2.13 (a) RGB renk küpünün şeması, (b) renklendirilmiş hali	22
Şekil 2.14 Renklerin değerleri ve oluşumu	22
Şekil 2.15 BRISQUE Modelini Kullanarak Görüntü Kalitesi Puanının Hesaplanması... 26	
Şekil 2.16 Sol üstte ki resim doğal bir ve gauss dağılımına uyuyor. Sağ üstte ki resim ise yapay bir resim ve gauss dağılımına uymuyor.....	27
Şekil 2.17 Sekiz yön boyunca ikili çarpımların gösterimi: Yatay ($H1$ ve $H2$), dikey ($V1$ ve $V2$) ve diyagonal ($D1, D2, D3$ ve $D4$).....	30
Şekil 2.18 PIQE blok şeması.....	33
Şekil 2.19 (a) Blok B_k ve kenarları, (b) L_p kenarının on bir parçası.....	34
Şekil 2.20 Bir bloktan merkez ve çevre seçimi	34
Şekil 2.21 Merkezi piksel değeri biber gürültüsü ile bozulmuştur.....	44
Şekil 4.1 A_k, B_k, C_k ve D_k görüntülerinin $k=82$ satırına karşı gelen sütunlarındaki piksel değerlerinin grafiği.....	51
Şekil 4.2 A_{k1}, B_{k1}, C_{k1} ve D_{k1} görüntülerinin $k1=93$ satırına karşı gelen sütunlarındaki piksel değerlerinin grafiği.....	51
Şekil 4.3 A_{k2}, B_{k2}, C_{k2} ve D_{k2} görüntülerinin $k2=168$ satırına karşı gelen sütunlarındaki piksel değerlerinin grafiği.....	52

Şekil 4.4 Bland-Altman analizi sonucunda k değeri için ikili karşılaştırma sonuçlarına ait grafikler.....	53
Şekil 4.5 Bland-Altman analizi sonucunda k1 değeri için ikili karşılaştırma sonuçlarına ait grafikler.....	54
Şekil 4.6 Bland-Altman analizi sonucunda k2 değeri için ikili karşılaştırma sonuçlarına ait grafikler.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Görüntü işlemenin farklı seviyelerde işleyiş süreçleri.	16
Çizelge 4.1 Analiz edilen görüntüler ile bunlara ilişkin Entropi ve Göreli Etkinlik değerleri.	49
Çizelge 4.2 Ele alınan görüntülerin orijinal ile ikili karşılaştırılmalarına ilişkin değerler.	50
Çizelge 4.3 İncelenen görüntülere ait kalite kriterleri ve değerleri.	56

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle görsellerin elde edilmesi, iletilmesi eskiye kıyasla daha az çaba gerektirir oldu. Elde edilen bu imkanlardan dolayı resim ve videolar günlük hayatın kaçınılmaz bir parçası haline gelmiştir.

Elektronik cihazların kullanımının artması ve günlük hayatta hemen hemen her yerde karşılaşmakta olduğumuz kameralar aracılığıyla milyonlarca görüntü ve videodan oluşan veri tabanı rahatlıkla oluşturulabilmektedir. Oluşturulan bu veri tabanları sayesinde birçok farklı iş dalında görüntü ve görüntüden elde edilen bilgilerle zaman, maliyet ve yüksek başarı oranları sağlanmaktadır.

Görüntü işlemede ilk adım görüntü elde etmektir. Görüntünün oluşabilmesi için bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulur ve bu ihtiyaç ışık ile sağlanır. Işık nesnenin üzerine düştüğünde o nesne tarafından yansıtılan ışık miktarı yakalanır ve görüntü oluşur. Elde edilen bu görüntü üzerinden bilgiler çıkarmak için görüntü dijital forma dönüştürülür. Bunun sonucunda iki boyutlu bir dizi veya matris oluşur. Tüm bu süreçler gerçekleştirilirken görüntü üzerinde istenmeyen bilgi kaybı ve görüntünün kalitesinde bozulmalar meydana gelebilir. Bu gibi durumların önüne geçmek veya oluşabilecek kaybı en aza indirmek amacıyla görüntü kalitesi, görüntü işlemede önemli bir yer işgal eder.

Görüntü kalitesinin değerlendirilmesinde doğası gereği insanoğlu en iyi karar vericidir. Bu çalışmanın amacı kalitenin karar verici olan insandan ilham alarak geliştirilen görüntü kalite değerlendirme metriklerini kullanarak mevcut görüntü ile üzerinde bozulmalar meydana gelmiş görüntü arasındaki uyumu istatistiksel tekniklerden faydalanarak test etmektir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Literatürde birçok görüntü işleme çalışması yer almaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı görüntü üzerinde yüz algılama, nesne algılama ve tespiti, hastalıkların tespiti gibi daha çok ihtiyaca yönelik çalışmalarırken bir kısmı görüntü kalitesi üzerinde işlem yapmaktadır.

Bu çalışmalar görüntü tespiti ve ağılması yapmaktan çok mevcut görüntü üzerinde görüntünün kalitesini artırma, var olan görüntü üzerinde iyileştirmeler yapma veya mevcut görüntünün görüntü kalitesini düşürerek analizler gerçekleştirmek için kullanılır.

Bu bağlamda literatür taraması kapsamında incelenen çalışmalar daha çok görüntü eşleme ve görüntü kalitesi üzerine olup bu anlamda yapılmış çalışmalardan oluşmaktadır.

Ankara Hafif Raylı Sistemde, Ankara-Kızılay istasyonunda bekleyen yolcuların, güvenlik amaçlı kullanılan kameralar aracılığıyla elde edilen gri tonlamalı görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Elde edilen bu görüntüler üzerinde görüntü sınıflandırması yapılmış ve nesnelere arka plandan ayrılmıştır, ayrılan görüntülerin kalitesi artırılarak belirginleştirilmiştir. Netleştirilmiş görüntülerin gri tonlamalı histogramal bilgilerinden faydalanarak nesnelere ait alansal bilgiler elde edilmiştir. Yolcu gelişleri, dakika bazında sayısal olarak hesaplanmıştır. Hesaplama ve gözle sayım arasında büyük bir uyum olduğu gözlenip. Bu yolcu geliş değerleri “Zaman Serisi Verileri” olarak alınıp yolcu gelişlerinin Box-Jenkins yaklaşımı ile modellenmesi yapılmıştır. Kurulan model aracılığı ile önümüzdeki dönemler için yolcu gelişleri tahmin edilmiştir. Bu teknikleri kullanılarak söz konusu hizmet sisteminde dinamik çizelgeleme sürecine veri hazırlanabileceği gösterilmiştir (Yaman vd. 2001).

Buğday çeşitleri tanelerinin uzunluk, genişlik, kalınlık, izdüşüm alanı, çevre, küresellik derecesi ve farklı şekil katsayıları gibi bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğinden yararlanılarak belirlenebilmektedir. Elle ve görüntü işleme yardımı ile

yapılan ölçüm sonuçları arasındaki korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde görüntü işleme tekniğinden başarıyla yararlanılabileceği belirlenmiştir (Demirbaş ve Dursun 2006).

Plaka tanıma sistemi, görüntü işleme algoritmaları ile geliştirilmiştir. İnsan gücünden tasarruf sağlayan ve güvenliği artırmak için geliştirilen bu sistem kapıya gelen aracın görüntüsünü kamera ile yakalayıp bilgisayara aktarılmakta ve geliştirilen görüntü işleme tabanlı algoritmaları bir yazılım sayesinde plaka tanıma işlemi çok hızlı bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Yazılım tarafından okunan plaka veri tabanından kontrol edilmekte ve plaka veri tabanında kayıtlı ise kapı açılmakta, kayıtlı değilse uyarı verilmektedir. Çalışmada plakadaki karakterleri ayırmak için Blob Coloring (İkili Renklendirme) algoritması kullanılmıştır. Geliştirilen yazılım ile plakaların yerinin bulunmasında %98, plakaların doğru olarak okunmasında ise %88,1 başarı elde edilmiştir ve daha önceki çalışmalara oranla bir iyileştirme sağlandığı görülmüştür (Çevik ve Çakır 2011).

Kolonoskopik video görüntülerinin yardımıyla poliplerin yerlerini belirlemede hekimlere yardımcı akıllı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sistem, dalgacık dönüşümü eş oluşum matrislerinden çıkarılan öznitelikler ile yapay sinir ağı sınıflandırıcısından oluşmaktadır. Sistem polip ve normal dokuların bulunduğu bir dizi kolonoskopik video görüntüsüne uygulanmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar özgüllük ve duyarlılık analizi ile değerlendirilmiştir. Kullanılan değerlendirme kriterince gerçekleştirilen bütün uygulamaların sonucunda ortalama %90,2 duyarlılık ve %88,7 özgüllük değerleri elde edilmiştir (Şengür vd. 2009).

Mimari görüntülerin elde edilmesinde çatı görüntülerinin etkili bir biçimde alınamaması şeklindeki bazı tersliklerin giderilmesi için bir görüntü oluşturma sistemi geliştirilmiştir. Görüntüleri elde etmek için özel bir helikopter tasarlanmıştır. Tasarlanan helikopterin içinde kamera, video kontrol iletici ve kaydedici yer almaktadır. Elde edilen görüntüler eski bir değirmen mimarisinden oluşmaktadır. Elde edilen 38 görüntü ile sayısal fotoğraf makinesinden alınan 82 karasal görüntü birleştirilmiş ve görüntü işleme uygulanmıştır. Görüntü işleme ile piksel değerlendirmesi yapılarak görüntünün kontrol

noktaları ve koordinat noktaları oluşturulmuştur. Elde edilen koordinatlar yardımıyla yüksek kalitede üç boyutlu modeller yapılmıştır (Zischinsky vd. 2000).

Maksimum entropinin, birçok veri türünden görüntüleri yeniden yapılandırmak için son derece güçlü bir araç olduğu kanıtlanmıştır. Farklı verileri tek bir görüntüde birleştirmek için tek tutarlı yöntem olarak ayrıcalıklı bir konuma sahiptir. Bir milyon piksele ve yüksek dinamik aralığa kadar olan görüntülerle rutin olarak uğraştığı radyo astronomik girişim ölçümünde en muhteşem şekilde kullanılmıştır. Ayrıca, uygulamanın genelliğini ve maksimum entropi görüntülerinin kalitesini göstermek için optik çözümler ve tomografik rekonstrüksiyon örnekleri de verilmektedir. Fourier yoğunlukları gibi bazı veri türleri, iyi bir görüntü oluşturmak için kendi başlarına yetersizdir. Maksimum entropi yöntemi, görüntülenen nesne hakkında ekstra, ön bilgileri birleştirmemize izin verir. Yöntemin doğasında bulunan doğrusal olmayan özellikler, faz kaymaları gibi deneysel parametrelerin otomatik olarak yeniden kalibre edilmesine izin verir (Gull ve Skilling 1984).

Görüntü kalitesi değerlendirmesi için iki yeni tam referans ölçütü sunulmuştur. İnsan görme sistemini hesaba katacak şekilde geliştirilmiş olan Tepe Sinyal Gürültü oranı ve Evrensel Kalite İndeksine dayanmaktadır. Birçok çalışma, insan görme sistemi yüksek frekanslı bozukluklardan ziyade düşük frekans bozulmalarına karşı daha duyarlı olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca kontrast değişikliklerine ve gürültüye karşı çok hassastır. Önerilen ölçümlerin etkinliğini test edilebilmesi için öznel bir deney yapılmıştır. Deneyde, her birinde üç bozukluk seviyesi olan yedi tür bozulma kullanılmıştır. Görüntü kalitesi değerlendirme testine Finlandiya, Ukrayna ve İtalya'dan üç bağımsız gözlemci grubu katıldı. Sonuçların analizi, önerilen PSNR-HVS' nin Ortalama Gözlemci Skoru (MOS) ile PSNR' den daha iyi korelasyon sağladığını ve önerilen UQI-HVS metriğinin son zamanlarda ikiden daha iyi performans gösterdiğini göstermektedir (Egiazarian vd. 2006).

Yüksek dinamik aralık (YDA) ile görüntü yakalama ve görüntüleme teknolojilerindeki son gelişmeler, bilimsel, profesyonel ve sanatsal toplulukların büyük ilgisini çekmiştir. Her teknolojiye olduğu gibi, YDA sistemlerinin deneyim kalitesi açısından değerlendirilmesi esastır. Öznel değerlendirmeler zaman alıcı ve pahalıdır ve bu nedenle nesnel kalite değerlendirme araçlarına da ihtiyaç vardır. YDA görüntü kalitesi değerlendirmesi için kapsamlı bir nesnel kalite ölçütlerinin karşılaştırmasının sonuçlarını rapor ve analiz edilmiştir. Toplamda 35 objektif ölçüm, 4 bit hızlarında 3 sıkıştırma algoritması ile kodlanmış 20 YDA içeriğinden oluşan bir veri tabanında karşılaştırılmıştır sonuç olarak öznel kalite puanları kullanılarak toplam 240 sıkıştırılmış YDA görüntüsü elde edilmiştir. Performans endeksleri, öznel puanların metrik tahmininin doğruluğunu, monotonluğunu ve tutarlılığını değerlendirmek için hesaplanmıştır. Ölçümler arasındaki küçük farklılıkları ayırt etmek için performans indekslerinde istatistiksel analizler yapılmıştır (Hanhart vd. 2015).

Sonuç olarak, YDA içeriği için tasarlanmış ölçümlerin, yani YDA-VDP-2 ve YDA-VQM' nin, algılanan kalitenin en güvenilir belirleyicileri olduğunu gösterdi. Çoğu tam referans ölçütünün performansının insan görsel sisteminin doğrusal olmayan yönleri dikkate alınarak iyileştirilebileceğini, buna karşın YDA içeriği için referanstan yoksun kalite ölçütlerinin performansını iyileştirmek için daha fazla çaba gösterilmesi gerektiğini göstermektedir (Hanhart vd. 2015).

2.1. Görüntü İşleme

Görüntü işleme, orijinalinden farklı bir görüntünün çeşitli dönüşümler yapılarak belli başlı özelliklerin net bir biçimde algılanmasına yönelik bir analiz olarak tanımlanabilir. Herhangi bir görüntünün sayısal temsili olan piksel 2 boyutlu bir sayı dizisi üzerinde elektronik bir veri işlemedir (Solomon ve Breckon 2011). Görüntü işleme, görüntü üzerinden yararlı bilgiler çıkarmak için bir görüntüyü dijital forma dönüştürmek ve üzerinde bazı işlemler gerçekleştirmek için kullanılan bir yöntemdir (Shoyab vd. 2014). Görüntü işleme, pikselleri işlemek için kullanılan bir teknolojidir. Görüntü kalitesinin iyileştirilmesi, farklı perspektiflerin oluşturulması ve bilgisayar algoritmaları aracılığıyla görüntülerden bilgilerin dijital olarak çıkarılması olarak tanımlanabilir (Amin 2018). Görüntü işlemenin çıktısı bir görüntü veya görüntüyle ilgili bir dizi özellik olabilir. Dijital görüntüleri bilgisayar kullanarak değiştirmek için görüntü işleme teknikleri kullanılır. Görüntü işleme sistemi, görüntülerin 2 boyutlu sinyal olarak ele alınmasını içerir (İnt. Kyn. 1).

Görüntü işleme sistemi, bir görüntü verisi kaynağı, bir işleme ögesi ve işlenen sonuçlar için bir varış yerinden oluşur. Görüntü verilerinin kaynağı bir kamera, bir sensör, uydu, tarayıcı, matematiksel bir denklem, istatistiksel veriler, Web, bir SONAR sistemi vb. olabilir. İşleme elemanı bir bilgisayardır, işlenen sonuç için varış noktası ve işlem bir görüntü monitörü olabilir (Shoyab vd. 2014). Görüntü işleme günümüzde hızla büyüyen bir teknolojidir. Görüntü işleme mühendislik ve bilgisayar bilimlerinin temel çalışma alanını oluştursa da uydu sistemleri tarafından yakalanan görüntülerin işlenmesi, istatistik, meteoroloji, arazi sınıflandırma, tıp, coğrafya, fizik, psikoloji gibi birçok farklı alanda kapsamlı uygulamalara sahiptir (İnt. Kyn. 2). Görüntü işleme; yapay zekâ, görüntü tanıma, makine öğrenimi ve insan görüşü gibi diğer alanlar ile de ilgilidir (Tyagi 2018).

Hiçbir görüntüleme sistemi mükemmel kalitede görüntüler vermez. Görüntü kalitesini artırma yöntemleri mevcuttur. Evrendeki gezegenleri fotoğraflarken, atmosferik türbülanslar sapma ve bozulmaya neden olur aynı şekilde tıp alanında radyografiler genellikle kalibrasyon hatası gibi dış etmenlerden kaynaklı olarak düşük çözünürlüklü

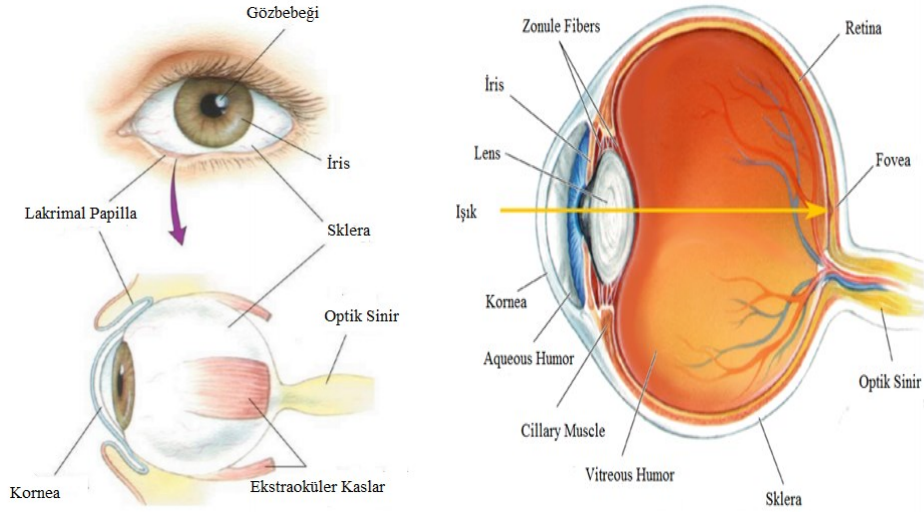
ve düşük kontrastlıdır (Huang vd. 1971). Bu ve benzeri pek çok durumda elde edilen orijinal görüntü ile kalitesi bozulmuş görüntülerin uyumu test edilir. Görüntü işlemede matematik ve olasılık formülleri kullanılmasına rağmen insan sezgisi ve analizi görüntü işlemede kullanılacak tekniğin seçiminde ilk ve öncül rol oynar. Kullanılacak tekniğin seçimi için insan, genellikle öznel ve görsel yargılara dayalı bir seçim yapar (Gonzalez ve Woods 2008).

Bu nedenle insan görme ve algılama sisteminin temeline bakmakta fayda vardır. İnsan görme yapısı oldukça derin ve karmaşık bir konu olması nedeniyle sadece insanlar tarafından görüntülerin nasıl oluşturulduğu ve bu konu ile ilgili temel parametrelere yer verilmiştir.

2.1.1. İnsan Görme Sisteminin Yapısı

İnsan görsel sistemini dikkate almadan görüntü işlemeyi düşünemeyiz. Bu ifade önemsiz gibi görünüyorsa da görüntü işleminin temelini oluşturan geniş kapsamlı sonuçları olan bir ifadedir. Görsel sistemimiz ile işlediğimiz görüntüleri gözlemliyoruz ve değerlendiriyoruz. Bu temel gerçeği dikkate almadan, görüntülerin yorumlanması yanıltıcı olabilir. Amaç, daha çok insan ve bilgisayar görüşü arasındaki temel ilişkilerin farkına varmamızı sağlamaktır.

İnsan görme sistemi iki bölümden oluşur; göz ve beyin. İnsan gözü hareket eder ve ışığı yakalayıp sinyallere dönüştürür. Dönüştürülen sinyaller, bir görüntü alıcısı olan beyne sinyalleri analiz etmesi için iletir. Göz ve beyin bir resim oluşturmak için kombinasyon halinde çalışır. İnsan gözü bir kameraya benzer (Tyagi 2018). İnsan gözünün yapısı Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1 Gözün önden ve yandan kesit olarak gösterimi (İnt. Kay. 3).

Göz, ortalama çapı yaklaşık 20 mm olan neredeyse bir küredir. Gözü üç zar çevreler.

Birincil Mercek: Gelen ışık sinyaline odaklanmak için kullanılan kornea ve aqueous humor.

İris: Göze giren ışık miktarını dinamik olarak kontrol eder, böylece göz, loş ışıktan çok parlak ışığa kadar çeşitli aydınlatma koşullarında işlev görebilir. Lensin iris tarafından kapatılmayan kısmına gözbebeği denir.

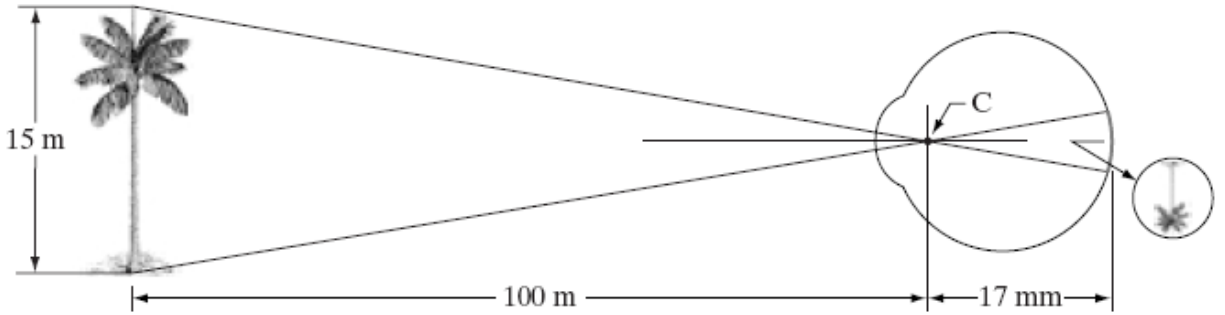
Zonula: Göz merceğinin şeklini ve konumunu (ileri ve geri) kontrol eden bir kastır.

Retina: Gözün arkasında ışığa duyarlı bir ekran sağlar; retinaya çarpan ışığı sinir sinyallerine dönüştürür.

Fovea: Retinanın çok sayıda ışığa duyarlı hücre içeren ve çok iyi çözünürlük sağlayan küçük bir merkezi bölgesi.

Optik sinir: Bu sinirler retinanın ürettiği sinyalleri beyne taşır (Zhu vd. 2012, Tyagi 2018).

Göz uygun şekilde odaklandığında, gözün dışındaki bir nesneden gelen ışık retinada görüntülenir. Desen görüşü, retina yüzeyi üzerinde ayrı ışık reseptörlerinin dağılımı ile sağlanır. Beyinde ışığa duyarlı iki sınıf vardır; koniler ve çubuklar. Yaklaşık 120 milyon çubuk hücresi ve 6 milyon koni hücresi vardır. Çubuklar, görüş alanının genel resmini vermeye hizmet eder ve loş ışıklı görüş olarak da bilinir. Retinanın fovea adı verilen orta kısmında bulunurlar ve renge karşı oldukça hassastırlar. Bir nesnenin görüntüsü fovea' nın üzerine düşene kadar, gözü kontrol eden kaslar göz küresini döndürmeye devam eder. Retinada odaklanan ışık, fotokimyasal reaksiyonla elektrik enerjisine çevrilir (aksiyon potansiyeli) ve optik sinir yolu ile beyne iletilir. Beyin ise her iki gözden gelen bilgileri birleştirerek tek bir görüntü elde eder. Bilinç düzeyine ulaşan bu görüntüler, üç boyutlu (derinlik hissi) ve renklidir (Gonzalez ve Woods 2008, Tyagi 2018, İnt. Kyn. 4).



Şekil 2.2 Gözün palmye ağacına bakmasının gösterimi (Gonzalez ve Woods 2008).

Şekil 2.2' de retinada oluşan bir görüntünün boyutlarının nasıl elde edileceği gösterilmektedir. Görsel eksen boyunca lensin merkezi ile retina arasındaki uzaklık 17mm'dir. Odak uzaklığı yaklaşık 14mm ile 17mm'dir. 100 m uzaklıktan 15 m yüksekliğindeki bir ağaca bakıldığını varsayalım. Retina görüntüsündeki nesnenin yüksekliğini göstermek için h' ı kullanırsak, $15/100 = h'/17$ 'den $h'=2.55$ mm şeklinde hesaplanır.

İnsanların zekâ deneyimi görme eylemi ile bütünleşince görüntü hakkında yorum yapabilir fakat bu yüzeysel durumu elektronik cihazlara yaptırılmasıyla sayı karşılaştırmaları gözün ayrıntı çözme yeteneğinden daha ileri sonuçlar veriyor. Durum

böyle olunca dijital görüntü işleme son dönemlerin en popüler çalışma alanlarından bir tanesi haline geldi.

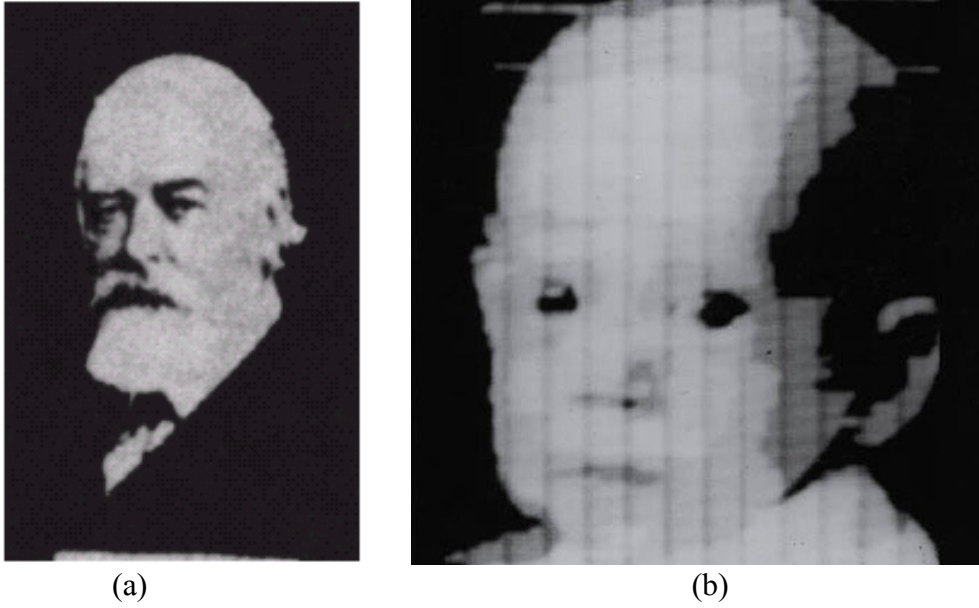
2.1.2. Tarihsel Gelişim Süreci

Bilgisayar biliminin tarihi çok eskilere dayanmakla birlikte bu alandaki büyük gelişmeler 1920’li yılların öncesinde başlamıştır. Bu bağlamda dijital görüntüleme ilk uygulamalardan biri gazete endüstrisidir. 1920’lerde Bartlane kablo görüntü iletim sistemi ile Atlantik boyunca New York ve Londra arasında deniz altı kablosu ile gazete görüntüleri iletildi. Görüntüler kablo iletimi için kodlandı ve alıcı bir telgraf yazıcısı ile yeniden oluşturuldu. Şekil 2.3’ de kodlanan ve telgraf yazıcı ile üretilen görsel verilmiştir. Oluşturulan görüntüler özel baskı telgrafı ile çoğaltıldı. Deniz altı kablosu ile görüntü iletmek zaman açısından da tasarruf sağladı. Görüntüyü iletmek bir haftadan fazla sürerken Bartlane kablosu sayesinde üç günden az sürede iletilmesi sağlandı (Gonzalez ve Woods 2008).



Şekil 2.3 1921’ de kodlanmış ve özel telgraf yazıcı ile üretilmiş dijital bir görüntü (McFarlane 1972).

İlk Bartlane sistemleri, görüntüleri 5 farklı gri seviyesinde kodlayabiliyordu. 1929’da Bartlane sistemindeki iyileştirmeler daha yüksek kalite ile sonuçlandı ve 15 farklı gri seviyesine çıkartıldı (Gonzalez ve Woods 2008). Şekil 2.4’ de (a) 5 farklı gri seviyesini temsil eden görsel şekil (b) ilk dijital fotoğrafı temsil eden görsel.



Şekil 2.4 5 farklı seviyedeki gri tonlamalı resim ve ilk dijital fotoğraf (McFarlane 1972, Gonzalez ve Woods 2008).

1947’ de Bell laboratuvarlarında Shockley, Bardean ve Brattain tarafından transistorlar üretildi. Transistorlar, kablosuz iletişimde bir milden fazla uzak mesafeye sinyali yükselterek gerilim ve akım kazancı sağlayan elektronik devre elemanıdır (Millman ve Casimir 1985, İnt. Kyn. 5).

1960’larda bilgi işlem teknolojisinde gelişmeler artış göstermeye başladı. Programlama dilleri seçenekleri COBOL (Common Business Oriented Language, Ortak İş Odaklı Dil) ve FORTAN geliştirildi. Ranger 7 ABD uzay aracı ile çekilen ay uydu görüntüleri Nasa’nın Kaliforniya Jet Tahrik Laboratuvarında görüntüleri iyileştirmek için bilgisayar algoritmaları üzerinde çalışıldı ve çekilen görüntülerin keskinliği ve netliği artırıldı. 1960’tan itibaren dijital görüntü işleme teknikleri kullanımı muazzam bir şekilde büyüdü (Tyagi 2018).

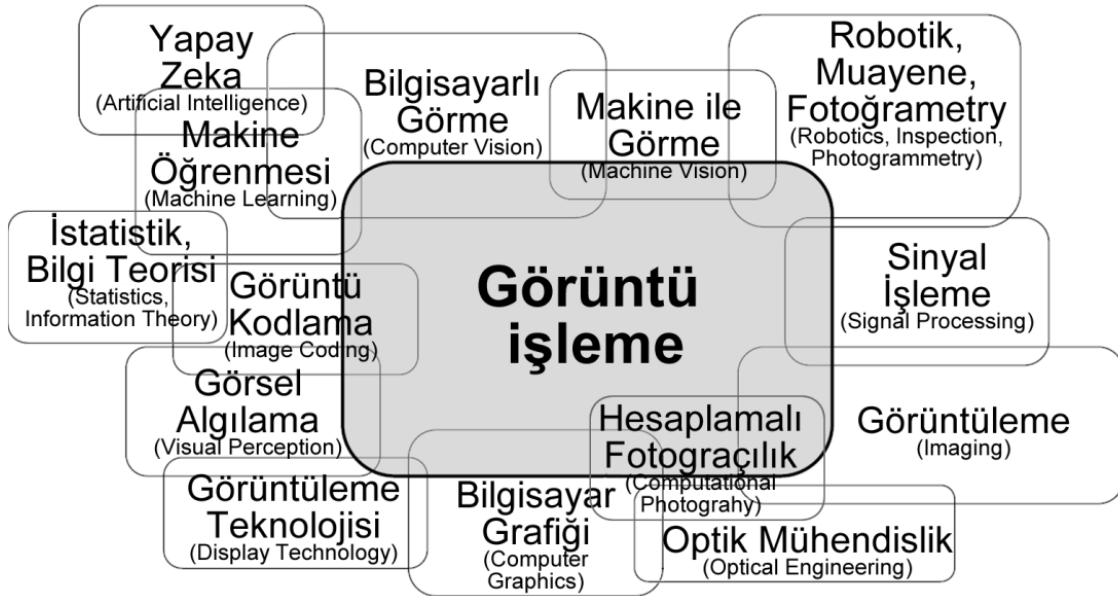
1970’lerde Tıbbi uygulamalarda dijital görüntü işleme kullanılmaya başlandı. Bilgisayarlı Eksenel Tomografi (BET), bilgisayarlı tomografi (BT) olarak adlandırılan en çok tıbbi tanıda aşamasında kullanılan teknikler görüntü işlemenin önemli gelişmelerindendir (Shinde 2011). Dijital görüntü işleme teknolojisini büyük ölçüde etkileyen faktörlerden biri, basit bir görüntüde bile mevcut olan büyük miktarda veri olmuştur (Lyons 1977).

1980’ler sonrası ve günümüz, görüntü işleme büyük ilgi gören çalışma alanlarından biri haline geldi ve bu alanda yapılan çalışmaların sayısı da her geçen gün artmaktadır.

Görüntü işlemenin doğuşu yapay zekânın temellerine dayanmaktadır. Yapay zekâ insan beynin düşünce ve işleyiş şeklini referans olarak geliştirilmiştir. Görüntü işleme ise insan görme sisteminden esinlenerek geliştirilmiştir. İnsan beyni doğası gereği görsel verileri algılamada, işlemede ve yorumlamada diğer veri türlerine kıyasla daha iyi bir biçimde gerçekleştirir.

1950’li yıllarda psikolog Prof. Dr. Albert Mehrabian’ a göre iletişimin %93’ü sözel olmayan verilerden (mimik, jest, ses tonu, vb.) sağlanır ve beyin yazılı verileri sözel verilere kıyasla 60.000 kat daha yavaş işler (Gençer 2020).

Görsel verilerin bu kadar etkili bir araç olması gelişmekte olan teknoloji ile birleşince milyonlarca görsel veri yığını oluşturur. Oluşan veri tabanı ile yapay zekâ ve görüntü işleme uygulamalarının bir araya gelmesiyle reklamcılık, savunma, medikal tanı koymaya kadar geniş ölçekli bir çalışma alanına yayılır. Şekil 2.5’ de verilmiştir.



Şekil 2.5 Görüntü işlemenin kullandığı disiplinler (İnt. Kyn. 6).

2.1.3. Görüntü İşleme Tanımları

Bir görüntü, bir nesnenin, bir kişinin veya bir sahnenin görsel bir temsilidir. Görüntü işleme (Digital Image Processing) sayısal görüntülerin bilgisayarlar aracılığıyla işlenmesidir. Sayısal görüntüler kendine özgü yer ve değerler alan sonlu sayıda elemanlardan oluşur. Görüntü içinde var olan bilgi tamamen farklı biçimlerde gösterilir. En önemli gösterim biçimleri uzamsal gösterim ve dalga sayısı gösterimidir. Bu gösterim biçimleri mekânsal veriye farklı görüş açılarıyla bakılmasından ibarettir. Çeşitli gösterimlerin eksiksiz ve eşit olması durumunda, gösterimler birbirine çevrilebilir. Uzamsal ve dalga sayısı gösterimlerinin en bilinen çevrimi Fourier dönüşümleridir (Edizer 2006).

2 boyutlu (2 Dimension, 2D) tanımlanan bir dijital görüntü $a[m, n]$, sayısallaştırma olarak adlandırılan bir örnekleme aracılığıyla 2D sürekli bir uzayda $a(x, y)$ şeklinde tanımlanan analog bir görüntüye dönüştürülür. Burada x, y , resim ögesinin veya pikselin konumunu temsil eder ve yoğunluğu içerir. İki boyutlu uzay, kısaca 2D şeklinde de tanımlanır. 2D görseller içinde bulunduğumuz evrenin düzlem niteliğinde olan yansımasının geometrik bir modelidir. Bu görseller sadece genişlik ve yükseklikten oluşur. Derinlikleri yoktur ve düzlemsel bir yapıya sahiptir. 2D analog bir görüntü $a(x, y)$ N satıra ve M sütuna bölünür. Şekil 2.6' da gerçek görüntünün dijital görüntüye dönüştürülmüş şekli verilmiştir ve şekil 2.7' de ise sayısal görüntü fonksiyonu verilmiştir. Bir satır ve bir sütunun kesişimi piksel olarak adlandırılır. Atanan değer $\{m = 0, 1, 2, \dots, M - 1\}$ ve $\{n = 0, 1, 2, \dots, N - 1\}$ ile tam sayı koordinatları $a[m, n]$ şeklinde gösterilir. $a(x, y)$ ise birden fazla değişkenin fonksiyonudur. Derinlik (z), renk (λ), zaman (t) şeklinde ifade edilir (Young vd. 1995).

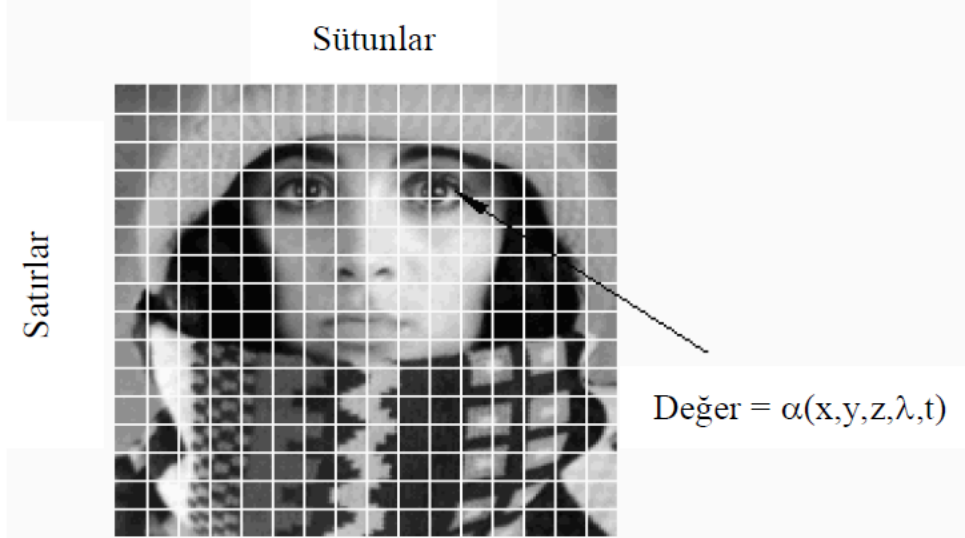
164	164	164	155	155	247	164	155	164	247	164	164	164	237	255	255	247	164	164	164	
164	247	247	91	164	247	247	164	91	164	164	155	164	164	91	247	255	8	7	247	91
164	164	247	164	155	155	164	247	164	164	247	164	155	91	91	7	255	255	255	247	164
246	7	164	164	164	91	164	247	164	164	247	247	164	155	164	91	82	164	7	164	164
255	246	7	164	173	91	164	164	164	155	247	164	247	164	164	164	164	164	164	155	91
255	255	246	7	247	155	164	164	164	164	247	164	164	164	91	164	164	164	247	164	164
255	255	255	8	82	164	164	155	247	247	164	155	155	164	164	91	164	164	100	164	164
255	255	255	246	247	82	164	91	164	247	164	155	164	164	164	91	164	247	164	173	7
255	255	255	246	246	247	82	247	164	155	155	164	164	164	164	247	164	164	7	164	247
246	91	255	255	255	7	73	247	164	155	164	164	164	247	247	247	7	164	247	8	246
82	155	7	247	82	155	164	247	164	155	164	164	155	247	7	164	173	8	246	255	255
7	247	247	247	164	155	91	164	164	155	164	164	164	155	164	246	246	255	246	255	255
82	155	164	247	247	164	247	164	164	164	164	7	246	8	246	255	255	255	255	246	246
7	164	91	247	164	155	155	164	164	164	155	164	255	246	246	255	255	255	246	255	255
246	247	164	164	164	91	164	164	7	246	246	246	255	255	255	255	255	255	246	164	164



Dijital Görüntü

Gerçek Görüntü

Şekil 2.6 Sayısallaştırılmış görüntü.



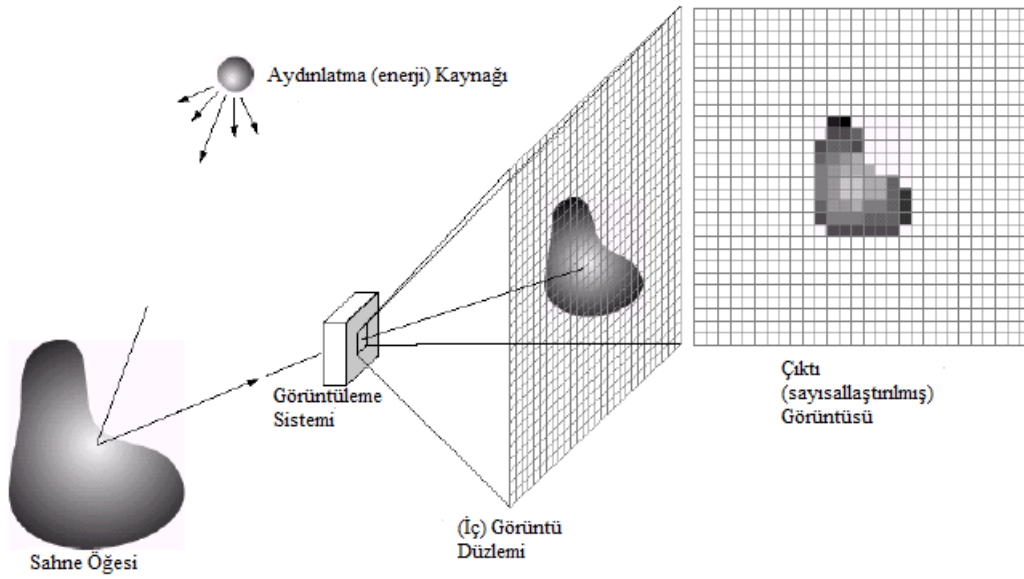
Şekil 2.7 Sayısal görüntü fonksiyonları (Young vd. 1995).

2.1.4. Görüntü İşlemede Temel Kavramlar

2.1.4.1. Dijital Görüntü

Dijital bir görüntü, 3 boyutlu bir sahnenin 2 boyutlu bir projeksiyon düzlemine iki boyutlu bir izdüşümü olan $f(x,y)$ fonksiyondur; burada x , y , resim öğesinin veya pikselin konumunu temsil eder ve yoğunluğu içerir (Tyagi 2018). Dijital görüntü, iki

boyutlu bir görüntünün, resim öğeleri veya pikseller adı verilen sonlu bir dijital değerler kümesi olarak da adlandırılır (Vernon 1991). İki boyutlu (2-D) renk ızgarasıyla eşleşen örneklenmiş bir veri kümesidir 2 boyutlu alanda görseller rakamlar kullanılarak temsil edilir. Şekil 2.8’ de iki boyutlu bir görüntünün dijital görüntüye dönüştürülmesi verilmiş. Matematiksel olarak, dijital bir görüntü, genellikle pikseller (resim öğeleri veya pels) olarak adlandırılan, sınırlı sayıda nokta hücre öğeleri kullanan iki boyutlu bir görüntünün matris gösterimidir (Tyagi 2018). Siyah beyaz bir görüntü için her bir piksel bir sayıdan oluşurken renkli görüntüler de her bir piksel birden çok sayıdan oluşur siyah beyaz görüntüler 0 ile 255 arasında değer alır ve 0 siyah pikseli temsil ederken 255 beyaz piksel için karşılık gelir (Kuo vd. 2006). Renkli görüntü pikseli, üç ana renk kullanılarak temsil edilir; kırmızı (Red), yeşil (Green), mavi (Blue) dolayısıyla genellikle RGB verileri olarak da adlandırılır (Kuo vd. 2006, Suentens 2007).



Şekil 2.8 İki boyutlu bir görüntünün dijital görüntüye dönüştürülmesi (Vernon 1991).

Görüntü işlemede literatürde, aşağıdaki üç görüntü işleme seviyesi tanımlanmıştır. Düşük, orta ve üst düzey süreçlere ayrılabilir (Vernon 1991). Çizelge 2.1 de bu süreçler verilmiştir.

Çizelge 2.1 Görüntü işlemenin farklı seviyelerde işleyiş süreçleri.

Düşük Seviyeli Süreç	Orta Seviyeli Süreç	Yüksek Seviyeli Süreç
Girdi: Görüntü Çıktı: Görüntü Örnekler: Gürültü Azaltma, Gürültü Keskinleştirme	Girdi: Görsel Çıktı: Öznitelikler Örnekler: Nesne Tanımlama, Bölümleme	Girdi: Öznitelikler Çıktı: Anlayış ve Kavrama Örnekler: Sahne Anlayışı, Otonom Gezinme

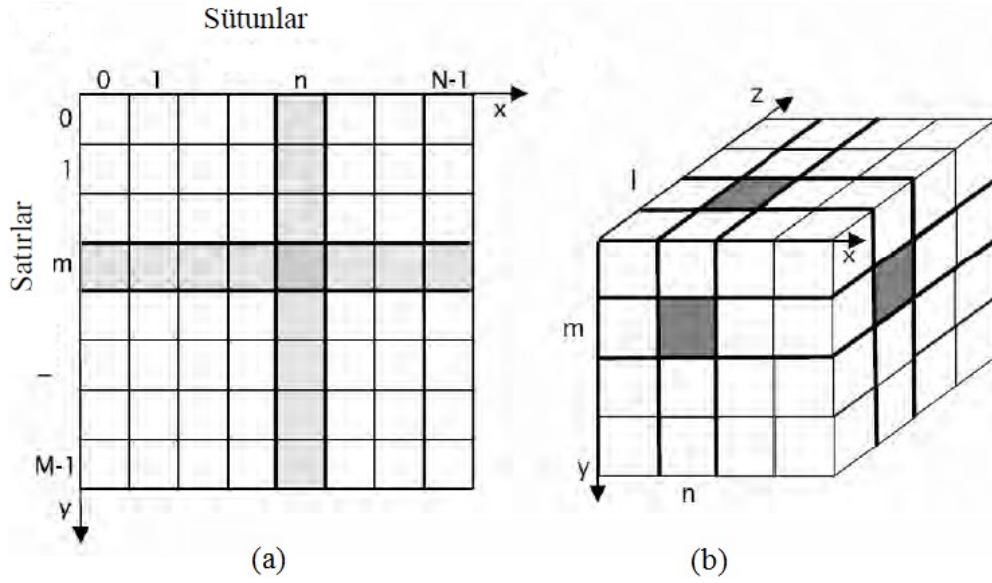
Düşük Seviyeli görüntü işleme, görüntülerde ilkel işlemler (kontrast geliştirme, gürültü azaltma, vb.). Hem girişin hem de çıkışın görüntü olduğu bu kategori altında yer alır. Orta Seviye görüntü işleme, bu kategoride, görüntülerden özniteliklerin (nesne tanımlama, konturlar, bölgeler vb.) çıkarılmasını içeren işlemler gerçekleştirilir. Üst Düzey görüntü işleme, bu kategori, bazı kararlar için bir sahnenin içeriğinin analizi ve yorumlanmasıyla ilgili karmaşık görüntü işleme işlemlerini içerir (Tyagi 2018).

2.1.4.2. Piksel

Görüntüler, bir düzlemdeki ışığın dalgalar halinde yayılmasının (ışığa) uzamsal dağılımını oluşturur. Matematiksel olarak ifade edilecek olursa, uzamsal parlaklık dağılımını iki uzamsal değişkenin sürekli bir fonksiyondur (Jahne 2002, Edizer 2006). Denklem 2.1' deki gibi gösterilir.

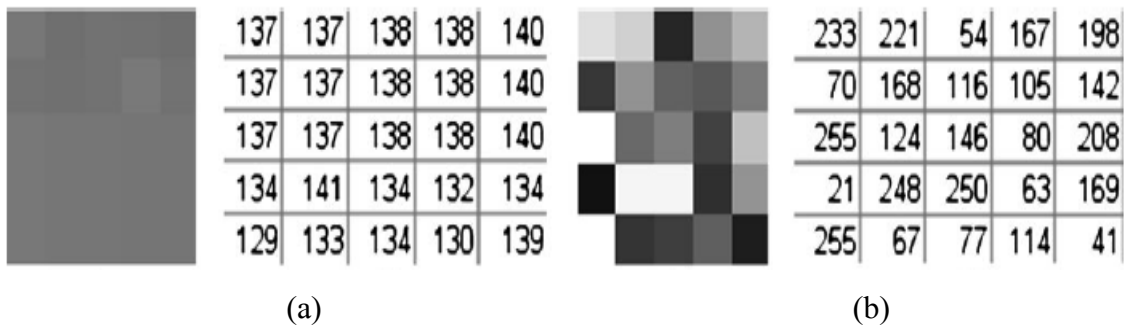
$$E(x_1, x_2) = E(x) \quad (2.1)$$

Bilgisayarlar sürekli görüntüleri işleyemez, bilgisayarların görüntüleri işleyebilmesi için dijital sayı dizelerine dönüştürülmesi gerekir. Bu sebeple görüntüler 2 boyutlu nokta dizini olarak temsil edilmelidir. 2 boyutlu ızgaradaki noktaya piksel veya resim elemanı adı verilir (Janhe 2002). Piksel, picture element (resim ögesi) kelimesinin kısaltmasıdır. Görüntünün en küçük kurucu unsurunu ifade eder ve temel bilgi birimi olan sayısal ifadeler içerir (Solomon 2011) ayrıca görüntünün bir satır ve bir sütun kesişimi olarak da ifade edilir.



Şekil 2.9 Dijital görüntülerin dikdörtgen bir ızgara üzerindeki nokta dizileri (a) 2 boyutlu görüntüyü (b) 3 boyutlu görüntüyü temsil eder (Janhe 2002).

Şekil 2.9' da görüldüğü üzere pikseller dikdörtgen ızgara üzerine konumlandırılmıştır. Burada m satırın konumunu, n sütunun konumunu gösterir. Dijital görüntü $M \times N$ piksel içeriyorsa; n göstergesi 0'dan $N - 1$ ' e ve m göstergesi 0'dan $M - 1$ ' e kadardır ve $M \times N$ matrisi ile temsil edilir. M satır sayısını, N sütun sayısını verir. Matris gösterimine göre dikey eksen y eksenini gösterir alışımlı y ekseninin tersine, yukarıdan aşağıya doğru ilerler. Yatay eksen x eksenini gösterir ve her zamanki gibi soldan sağa doğru ilerler (Janhe 2002).



Şekil 2.10 Gri tonlamalı iki görüntünün piksel değerleri (Norouzi vd. 2014).

Şekil 2.10' da 5×5 boyutunda kırılmış bir gri tonlamalı matris gösterilmektedir. Gri renk seviyesinin 0-255 değer aralığındaki aldığı piksel değerleri gösterilmiştir.

2.1.4.3.Çözünürlük

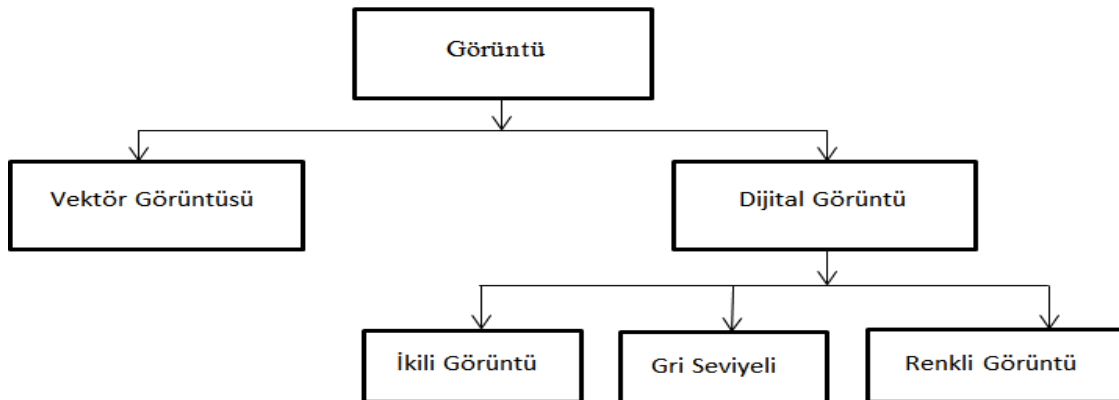
Çözünürlük, inç ya da cm başına düşen piksel sayısıdır(1 inç =2.54 cm) (İnt. Kyn. 7). Bir görüntünün boyutu çözünürlüğü ile belirlenir. Görüntülerin çözünürlüğü genellikle görüntünün sütun ve satır boyutları tarafından yakalanan piksel sayısıdır (Solomon ve Breckon 2011) (ör. 640x480, 800x600,1024x768 vb.).

2.1.4.4. Bit Çözünürlüğü

Bit çözünürlüğü, bir pikselin olası renk yoğunluk değerinin sayısını tanımlar. İkili bir görüntüde sadece siyah-beyaz iki renge sahiptir fakat gri tonlamalı bir görüntüde siyahtan beyaza değişen 256 farklı gri tonlaması mevcuttur. Örneğin ikili bir görüntü 2-bit, gri tonlamalı bir görüntü 8-bit, renkli bir görüntü 24-bittir. Uzaysal Frekans, 2 boyutlu görüntülerin gerçek uzayda var olan yoğunluk veya renk dağılımlarını işlevler ve yayın olarak kullanılan güçlü bir metodolojidir (Aytan vd. 1993, Yıldız 2010, Solomon ve Breckon 2011).

2.1.4.5. Görüntü Türleri

İnsan beyninin rengi algılama ve yorumlamada izlediği süreç tam olarak anlaşılmasa da, rengin fiziksel doğası deneysel ve teorik sonuçlarla desteklenen biçimsel bir temelde ifade edilebilir. Görüntü, belirli bir zaman örneğindeki bazı nesnelerin grafik temsilidir (Maity ve Chatterjee 2017). Görüntü şekil 2.11’ deki gibi çeşitli kategorilere ayrılmıştır.

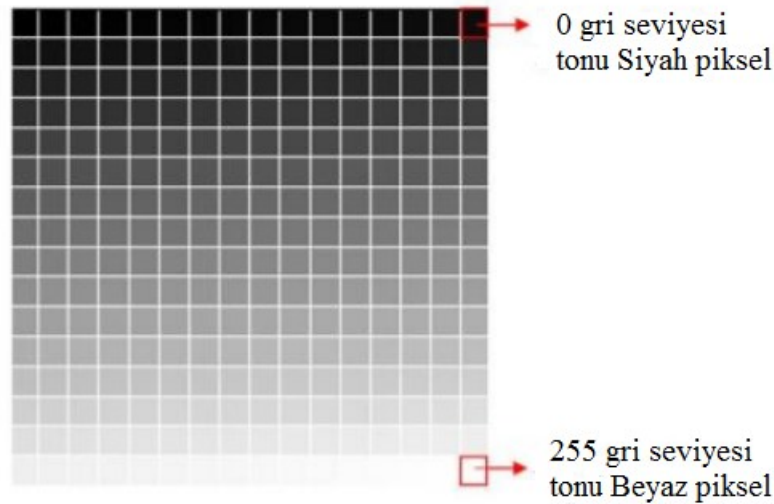


Şekil 2.11 Görüntülerin sınıflandırılması.

Gri tonlamalı görüntü; $M \times N$ pikselden oluşur ve bu pikseller k bit ile temsil edilir. k bit ile temsil edilen bir piksel, gri tonlamalı bir görüntüde 2^k farklı gri tonuna sahip olabilir. Bu piksel değerleri genellikle 0 (siyah piksel) ile $2^k - 1$ (beyaz piksel) arasında değişen değerlere sahip tam sayılardır (Tyagi 2018).

Daha geniş bir ifadeyle tanımlanacak olursa; bir görüntünün sayısallaştırma sürecinde, boyutunun ve her bir pikselin alabileceği bir parlaklık değeri vardır. Bu sayısal görüntüdeki pikselin sahip olduğu parlaklık değeri gri seviye (gray level) şeklinde tanımlanır. Gri seviye, pikselin parlaklık seviyesinin kodlandığı sayıya göre belirlenir. Gri seviye aralığında iki renk mevcuttur bunlar; siyah ve beyaz renkleridir. Siyah ve beyaz renklerinin aralığındaki renklerin kodlanması ile gri tonlu görüntüler oluşur ve bu görüntülere gri-ton (gray scale) görüntü adı verilir (Tyagi 2018, İnt. Kyn. 6).

Genellikle siyah beyaz görüntü uygulamalarında kullanılan her piksel 8 bit ile kodlanır. $2^8 = 256$ farklı gri seviyesi (parlaklık seviyesi) değerine karşılık gelir. Gri değer aralığı şu şekilde gösterilir; $Gri = \{0,1,2,3, \dots, 254,255\}$. Burada ki 0 değeri siyahı, 255 ise beyaz rengini temsil eder ve aradaki bütün değerler grinin tonlarından oluşmaktadır. Şekil 2.12' de gösterilmiştir.



Şekil 2.12 256 farklı gri seviyesinin 16X16'lık ızgarada gösterimi (İnt. Kyn. 6).

Matematiksel olarak, görüntünün parlaklığı iki boyutlu bir fonksiyonla gösterilebilir. $f(x, y)$ fonksiyondaki x ve y değerleri pikselin parlaklığını gösterebilir. Kuramda; $x, y \in R$, $f(x, y) > 0$ ve sonlu bir sayıdır. Bu fonksiyonun iki unsuru vardır:

- 1) Objenin ışığı yansıtma oranı (yansıtma),
- 2) Mevcut konumdaki ışığın miktarı (aydınlatma).

Denklem 2.2' de yansıtmayı $r(x, y)$, aydınlanmayı $i(x, y)$ ile ifade edilirse $f(x, y)$ 'yi ikisinin çarpımı şeklinde veririz:

$$f(x, y) = i(x, y) \times r(x, y) \quad (2.2)$$

Burada kuramsal olarak denklem 2.3' de aydınlanmayı $i(x, y)$ ile veririz ve alt sınırı 0 üst sınırı ise sonsuzdur.

$$0 < i(x, y) < \infty \quad (2.3)$$

ve

$$0 < r(x, y) < 1 \quad (2.4)$$

Denklem 2.4' de objenin ışığı yansıtma oranı verildi. Burada objenin ışığı yansıtma oranının alt sınırı 0, üst sınırı 1' dir. 0 değerini alması ışığın tamamen emilmesini gösterirken 1 değerini alması ışığın tamamen yansıtıldığı şeklinde yorumlanır. Aydınlanma ortalama olarak kapalı bir mekânda 100 foot açık bir günde 9000, bulutlu günde 1000 foot kandeladır. Yansıtma için ortalama olarak bulunan bazı değerler en koyu cisim için 0.01, paslanmaz çelik için 0.65, kar için 0.93' tür (Gonzalez ve Woods 2008, Çayırılı 2006).

Tek renkli bir görüntünün yoğunluğu (gri seviyesi) denklemde verilen koordinat denklem 2.5' deki gibi gösterilir.

$$\ell = f(x_0, y_0) \quad (2.5)$$

$f(x, y)$ fonksiyonun (x, y) noktasındaki değerine λ denilirse denklem 2.2, 2.3 ve 2.4 denklemlerinden λ 'nın

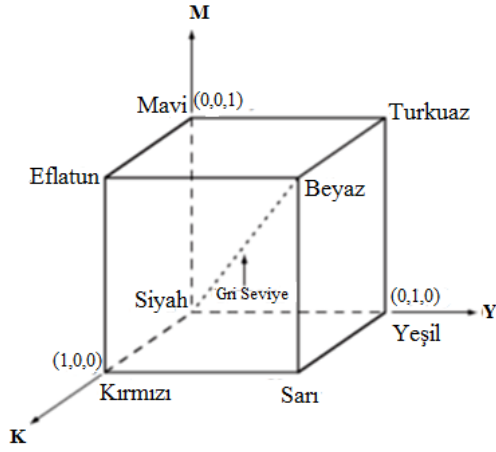
$$L_{min} < \lambda < L_{max} \quad (2.6)$$

Denklem 2.6 için tek şart L_{min} 'in pozitif olması ve L_{max} 'in sonlu değer almasıdır. Çalışmalarda $L_{min} = i_{min} \times r_{min}$ ve $L_{max} = i_{max} \times r_{max}$ ifadelerini yerine koyulursa ve denklemlerde verilen değerleri de kullanılırsa, kapalı mekânlar için $L_{min} \cong 0.005$ ve $L_{max} \cong 100$ olur. $[L_{min}, L_{max}]$ aralığına gri ton ölçeği (gray scale) adı verilir. Pratikte bu aralık $[0, L]$ aralığına kaydırılır. Burada $\lambda = 0$ siyah ve $\lambda = L$ beyaz olarak kabul edilir. Aradaki değerler grinin tonlarına karşılık gelir (Gonzalez ve Woods 2008).

Renkli (RGB) görüntü; renkli görüntüler kırmızı, yeşil ve mavi (Red, Green, Blue, RGB) olmak üzere üç ana rengi temel alır. Renk oluşumunda renkler siyahtan başlar ve beyazla biter (Tyagi 2018). Bu renkler görüntülerde, her bir pikselin tümünü kodlamak için $3 \times 8 = 24$ bit gerekir. Üç bileşen ve her renk bileşeninin renk aralığı $[0, 255]$ 'dir (Burger ve Burger 2016).

24 bit RGB görüntüsündeki toplam renk sayısı $2^{24} = 16777216$ 'dir. RGB görüntü modeli Kartezyen koordinat sistemine dayanmaktadır. RGB birincil değerlerinin üç köşede olduğu; ikincil renkler turkuaz, eflatun ve sarı diğer üç köşede; siyah başlangıçta ve beyaz, orijinden en uzak köşede olduğu bir küptür (Gonzalez ve Woods 2008). Şekil 2.15 (a)'da Kartezyen koordinat sistemi verilirken (b)'de küpün renkli hali verilmiştir.

Şekil 2.16' da RGB değerleri olarak renklerin oluşumu verilmiştir. Kırmızı yeşil ve mavi renklerinin bileşimi $RGB = (0,0,0), \dots, (255,255,255)$ şeklinde gösterilir. RGB renk modelinde, ana renkler şu şekilde temsil edilir: *Kırmızı* = $(1,0,0)$, *Yeşil* = $(0,1,0)$, *Mavi* = $(0,0,1)$ ve RGB'nin ikincil renkleri de bu şekilde temsil edilir: *Turkuaz* = $(0,1,1)$, *Eflatun* = $(1,0,1)$, *Sarı* = $(1,1,0)$.

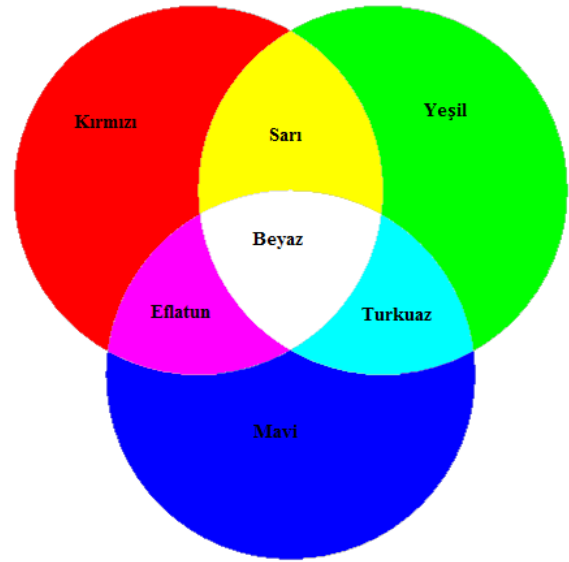


(a)

(b)

Şekil 2.13 (a) RGB renk küpünün şeması, (b) renklendirilmiş hali (Gonzalez ve Woods 2008).

Renk	R	G	B	Görünüm
Kırmızı	255	0	0	
Yeşil	0	255	0	
Mavi	0	0	255	
Beyaz	255	255	255	
Siyah	0	0	0	
Açık Gri	200	200	200	
Koyu Gri	100	100	100	
Sarı	255	255	0	
Turkuaz	0	255	255	
Eflatun	255	0	255	



Şekil 2.14 Renklerin değerleri ve oluşumu (Tyagi 2018, İnt. Kyn. 6).

Binary (İkili) görüntüler; piksellerin yalnızca siyah veya beyaz olmak üzere iki değerden birini alabildiği özel bir yoğunluk görüntü türüdür. Bu değerler tipik olarak piksel başına tek bir bit [0,1] kullanılarak kodlanır. İkili görüntüler genellikle çizgi grafiklerini temsil etmek, belgeleri arşivlemek, faks iletimini kodlamak ve elektronik baskıda kullanılır (Burger ve Burger 2016).

2.1.5. Görüntü Dosyası Türleri

Farklı türlerde kullanılan görüntü dosyası türleri vardır. En yaygın kullanılan dosya türleri şunlardır; BMP, JPEG, TIFF, PNG ve GIF' dir. Görüntü dosyası türleri, görüntü dosyasının boyutunu küçültmek için kullanılan sıkıştırma tekniğine dayanır (Tyagi 2018). Standartlaştırılmış dosya formatlarının kullanılması, görüntülerin değiştirilme kolaylığını ve görüntülerin uzun vadede diğer yazılımlar tarafından okunabilir olma olasılığını büyük ölçüde artırır (Burger ve Burger 2016).

BMP (Bit Mapped Image): Dosya biçimi basittir ve Windows altında gri tonlamalı, dizine alınmış ve gerçek renkli görüntüleri destekleyen yaygın olarak kullanılan dosya formatıdır. BMP, TIFF ile benzer görüntü türleri aralığı için depolama sunarken, çok daha az esnek bir formattır (Burger ve Burger 2016). Microsoft tarafından icat edilen sıkıştırılmamış özel bir biçimdir (Tyagi 2018).

TIFF (Tagged Image File Format): Bu dosya biçimi oldukça esnektir ve kayıplı veya kayıpsız bir sıkıştırma tekniğine dayalı olabilir. Sıkıştırma tekniğinin ayrıntıları görüntünün kendisinde saklanır. Genellikle, TIFF dosyaları kayıpsız bir görüntü depolama biçimi kullanır ve bu nedenle boyut olarak oldukça büyüktür (Tyagi 2018).

JPG veya JPEG (Joint Picture Experts Group): Renk çeşitliliği fazla olan görüntüler ve sürekli tonlu görüntüler için optimize edilmiş bir formattır. JPEG dosyaları, görüntünün kalitesini koruyarak yüksek sıkıştırma oranları elde edebilir (Tyagi 2018).

PNG (Portable Network Graphics): Bu dosya biçiminde sıkıştırma işleminde kayıpsız bir depolama sunar. Özellikle internette kullanım için evrensel bir görüntü formatı olarak tasarlanmıştır. Bu sebeple PNG formatı üç farklı görüntü türünü destekler (Burger ve Burger 2016).

- Gerçek renkli görüntüler (3×16 bit / piksele kadar),
- Gri tonlamalı görüntüler (en fazla 16 bit / piksel),
- İndekslenmiş renkli görüntüler (256 renge kadar) (Burger ve Burger 2016).

GIF (Graphics Interchange Format): Bu format, 16 milyon renkten 256 renge kadar bir tablo oluşturur. Sıkıştırılacak görüntü 256'dan daha az renge sahipse, GIF görüntüsü tam olarak aynı renge sahip olur. Ancak renk sayısı 256'dan fazlaysa, GIF görüntüdeki renkleri mevcut 256 renkten oluşan bir tablo kullanarak yaklaştırır (Tyagi 2018).

RAW: Bazı dijital kameralarda bulunan kayıpsız bir görüntü formatıdır. Bu dosyalar çok küçüktür ancak format üreticiye bağlıdır, bu nedenle resimleri görüntülemek için üreticinin yazılımı gereklidir (Tyagi 2018).

2.2. Görüntü Kalite Değerlendirmesi

Görüntü Kalite Değerlendirmesi (GKD, Image Quality Assessment (IQA)) algoritmasında, girdi olarak rasgele bir görüntü verilir ve çıktı olarak kalite değerlerini verir (İnt. Kyn. 8). Görüntü kalite değerlendirme üç farklı şekilde yapılmaktadır. Fakat bu çalışmada referanssız ve tam referanslı görüntü kalite değerlendirme yöntemlerinden bahsedilecektir.

Çeşitli görsel ve işitsel uyarıcılar yakalayabilen, depolayabilen, sıkıştırabilen, gönderebilen ve görüntüleyebilen ağı bağlı cihazların kullanımıyla birlikte yüksek çözünürlüklü televizyon, internet ve sosyal ağların kullanımı da her geçen gün artış göstermektedir. Son kullanıcılara kaliteli bir görüntü deneyimi sunabilmek için son dönemlerde önemli ölçüde zaman ve kaynak geliştirilmektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada, görüntü kalitesini belirlemek için referanslı ve referanssız olmak üzere görüntü kalite unsurları iki grupta incelenmiştir. Bu unsurların hesaplanmasında kullanılan istatistiksel yaklaşımların önemi de azımsanmayacak ölçüdedir.

a) Tam referans görüntü kalite değerlendirme: Bu işlemde, farklı teknikler ile bozulmuş bir görüntünün kalitesini ölçmek için görüntünün orijinal versiyonu ile bozulmuş görüntü karşılaştırılarak görüntü kalitesi değerlendirme işlemi yapılır (Wang ve Bovik 2006).

b) Azaltılmış referans görüntü kalite değerlendirmesi: Bu işlemde herhangi bir referans görüntü yoktur fakat bozulmuş görüntünün kalitesini karşılaştırmak veya ölçmek için bazı seçici bilgiler içeren bir filigranlı görüntü mevcuttur (Wang ve Bovik 2006).

c) Referanssız görüntü kalite değerlendirmesi: Algoritmaya verilen tek girdi, kalitesi ölçülmek istenen görüntüdür. Bu sebeple bu işleme referanssız denir (Wang ve Bovik 2006).

2.2.1. Referanssız Görüntü Kalite Değerlendirmesi

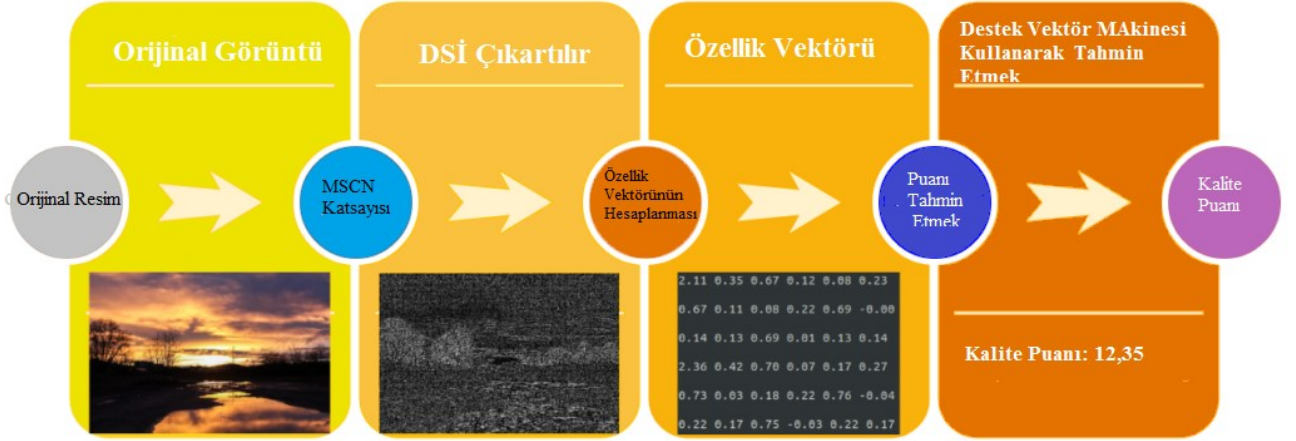
Referansı olmayan görüntü kalitesi değerlendirme algoritmaları genellikle üç farklı yaklaşımdan birinin izler. 1) Bozulmalara özgü yaklaşımlar: Bozulmalar hakkında önceden bilgi sahibi olunduğu varsayılır ve öznel bir kalite puanı tahmin etmek için nesnel bir algoritma tercih edilir. Algoritmayı çalıştırmak için özel bir bozulma modeli kullanılır. Bu algoritmalar bulanıklık, blokluk ve gürültü gibi bir veya birden fazla bozulmanın miktarını belirler ve görüntüyü buna göre puanlar. 2) Eğitime dayalı yaklaşımlar: Görüntüden çıkarılan bir dize özelliğe dayanarak görüntü kalitesi puanını tahmin etmek için bir model eğitilir. 3) Doğal sahne istatistikleri (DSİ) yaklaşımı: Doğal dünyanın görüntüleri (sapmasız görüntüler) tüm olası görüntü uzayının küçük bir alt uzayını işgal eder. Doğal görüntü alt alanı ve test görüntüsü arasındaki mesafeyi bulmaya çalıştığı hipotezine dayanır (Gabarda ve Cristobabrendal 2007, Brendao ve Queluz 2008, Moorthy ve Bovik 2010, Charrier vd. 2016).

2.2.1.1. Uzamsal Referanssız Görüntü Kalite Değerlendiricisi

Uzamsal Referanssız Görüntü Kalite Değerlendiricisi (URGKD, Blind Referenceless Image Spatial Quality Evaluator, BRISQUE) Referanssız bir uzamsal alan görüntü kalitesi değerlendirme algoritmasıdır.

Şekil 2.15’ de görüldüğü üzere algoritma genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak DSI’ nin çıkarılması sonrasında özellik vektörünün hesaplanması ve son olarak görüntü kalite puanının hesaplanmasıdır.

Doğal bir görüntünün piksel yoğunluk dağılımı, bozulmuş bir görüntünün piksel yoğunluk dağılımından farklıdır. Doğal görüntünün piksel yoğunluk dağılımı Gauss dağılımına uyarken, bozulmuş veya doğal olmayan görüntünün piksel yoğunluk dağılımı Gauss dağılımına uymaz. Dolayısıyla piksellerin Gauss dağılım eğrisi, görüntü bozulmasının bir ölçütüdür (Mittal vd. 2012). Karşılaştırma şekil 2.16’ da verilmiştir.



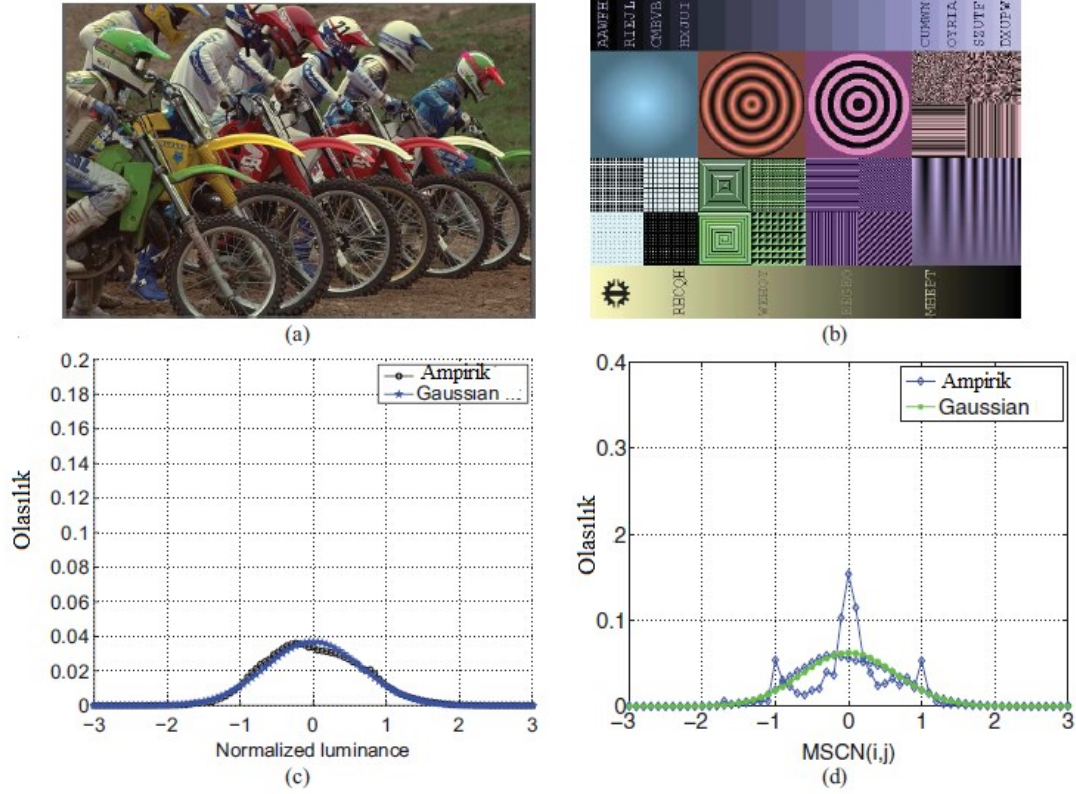
Şekil 2.15 BRISQUE Modelini Kullanarak Görüntü Kalitesi Puanının Hesaplanması (İnt. Kyn. 9).

BRISQUE yaklaşımı, konum olarak normalize edilmiş bir parlaklıktır. Ortalaması Çıkarılmış Normalize Karşıtlık (OÇNK) olarak da bilinir. Yoğunluk görüntüsü $\hat{I}(m, n)$ denklem 2.7 yardımıyla hesaplanır.

$$\hat{I}(m, n) = \frac{I(m, n) - \mu(m, n)}{\sigma^2(m, n) + C} \quad (2.7)$$

Denklem 2.7’ de konum ortalaması $\mu(m, n)$ yoğunluk görüntüsünden $\hat{I}(m, n)$ çıkartılır ve konum varyansı $\sigma(m, n)$ normalleştirilir. $m \in 1, 2, \dots, M$ ve $n \in 1, 2, \dots, N$ uzamsal indislerdir. M ve N sırasıyla görüntünün yüksekliğini ve genişliğini temsil eder. Konum ortalaması alanı (μ) orijinal görüntünün Gauss bulanıklığından başka bir şey değildir, konum varyans alanı (σ^2) orijinal görüntünün farkının karesinin Gauss bulanıklığıdır.

$C = 1$ ise paydayı sıfır yapmaktan kaçınmak için kullanılır. Konum ortalaması ve varyansı denklemler 2.8 ve 2.9 yardımıyla bulunur (Mittal vd. 2012, Chow ve Rajagapol 2017).



Şekil 2.16 Sol üstte ki resim doğal bir ve gauss dağılımına uyuyor. Sağ üstte ki resim ise yapay bir resim ve gauss dağılımına uymuyor (Mittal vd. 2012).

$$\mu(m, n) = \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L w_{k,l} I_{k,l}(m, n) \quad (2.8)$$

$$\sigma(m, n) = \sqrt{\sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L w_{k,l} (I_{k,l}(m, n) - \mu(m, n))^2} \quad (2.9)$$

Burada, $w = \{w_{k,l} | k = -K, \dots, K, l = -L, \dots, L\}$ 3 standart sapmaya örneklenen ve daha sonrasında birim hacme yeniden ölçeklenen, 2 boyutlu (2D) dairesel simetrik bir Gauss ağırlıklandırma fonksiyonunu belirtilir. 7 pencere boyutu kullanılır, $K = L = 3$. Denklem 2.8 ve 2.9' daki w ise Gauss bulanıklığı penceresi işlevidir. MSCN

katsayısının avantajı, doku gibi özelliklerin ürettiği alan korelasyonunun çok küçük olmasıdır. Doğal görüntüde pikseller arası korelasyon yüksektir sebebi görüntü fonksiyonları genellikle pürüzsüzdür. OÇNK uygulanmış görüntünün pikseller arasındaki korelasyonu büyük ölçüde azalır. OÇNK tamamen olmasa da büyük ölçüde homojen bir görüntü sağlar (Mittal vd. 2012).

Genelleştirilmiş Gauss Dağılımı (GGD), kuyruk davranışında çeşitlilik gösteren (basıklık) çok çeşitli bozulmuş görüntüleri temsil etmek için kullanılır (Sharifi ve Leon Garcia 1995). GGD için iki parametre vardır: α (dağılımın şekli) ve σ^2 (varyans). Moment eşleştirme ilkesi, her bir görüntü için (α, σ^2) 'yi hesaplamak için kullanılır (Chow ve Rajagapol 2017). Sıfır ortalama GGD, Denklem 2.10' da verilmiştir.

$$f(x; \alpha, \sigma^2) = \frac{\alpha}{2\beta\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)} \exp\left(-\left(\frac{|x|}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (2.10)$$

Burada denklem 2.10' daki β denklem 2.11 yardımıyla hesaplanır.

$$\beta = \sigma \sqrt{\frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)}{\Gamma\left(\frac{\alpha}{\alpha}\right)}} \quad (2.11)$$

ve denklem 2.12 $\Gamma(\cdot)$ bir gamma fonksiyonudur.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty t^{\alpha-1} e^{-t} dt, \alpha > 0 \quad (2.12)$$

Ayrıca, Asimetrik Genelleştirilmiş Gauss Dağılımı (AGGD) kullanarak bozuk görüntülerde daha genelleştirilmiş bir GGD' yi temsil edilir. AGGD için dört parametre vardır: ν (dağılımın şekli), σ_l^2 ve σ_r^2 (sırasıyla sol ve sağ ölçek değişkenleri) ve η . Sıfır modlu AGGD denklemde verilmiştir (Mittal vd. 2012). Denklem 2.13 de verilmiştir.

$$f(x; v, \sigma_l^2, \sigma_r^2) = \begin{cases} \frac{v}{(\beta_l + \beta_r)\Gamma\left(\frac{1}{v}\right)} \exp\left(-\left(\frac{-x}{\beta_l}\right)^2\right), & x < 0 \\ \frac{v}{(\beta_l + \beta_r)\Gamma\left(\frac{1}{v}\right)} \exp\left(-\left(\frac{-x}{\beta_r}\right)^2\right), & x \geq 0 \end{cases} \quad (2.13)$$

Burada denklem 2.13' deki β_l ve β_r denklem 2.14 ve 2.15 yardımıyla hesaplanır.

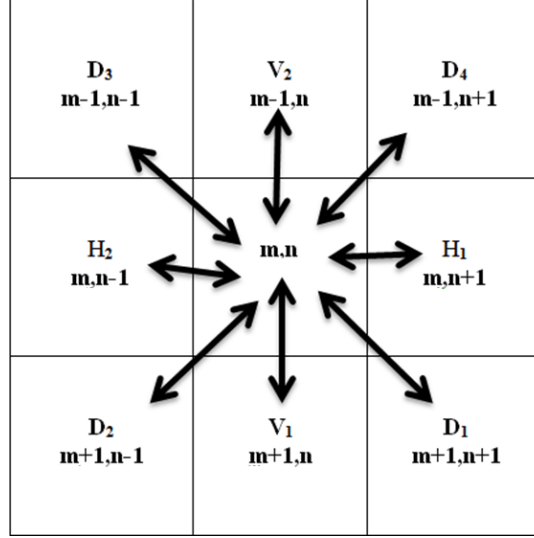
$$\beta_l = \sigma_l \sqrt{\frac{\Gamma\left(\frac{1}{v}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{v}\right)}} \quad (2.14)$$

$$\beta_r = \sigma_r \sqrt{\frac{\Gamma\left(\frac{1}{v}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{v}\right)}} \quad (2.15)$$

En iyi uyumunun $(v, \sigma_l^2, \sigma_r^2)$ parametreleri, η 'nin hesaplanmasıyla elde edilir. Denklem 2.16 ile elde edilir.

$$\eta = (\beta_r - \beta_l) \frac{\Gamma\left(\frac{2}{v}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{v}\right)} \quad (2.16)$$

Herhangi bir bozukluğu ifade ettiği için bitişik pikseller arasındaki istatistiksel ilişkiyi hesaplamak gerekir. Bitişik OÇNK katsayılarının ikili ürünlerinin sekiz yönde dağılımı ile modellenmiştir: Şekil 2.17' de gösterildiği gibi yatay (H_1 ve H_2), dikey (V_1 ve V_2) ve diyagonal (D_1, D_2, D_3 ve D_4) (Mittal vd. 2012, Chow ve Rajagapol 2017). Denklemler 2.17 kullanılarak hesaplanır.



Şekil 2.17 Sekiz yön boyunca ikili çarpımların gösterimi: Yatay (H_1 ve H_2), dikey (V_1 ve V_2) ve diyagonal (D_1, D_2, D_3 ve D_4).

$$H_1(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m, n + 1)$$

$$H_2(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m, n - 1)$$

$$V_1(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m + 1, n)$$

$$V_2(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m - 1, n)$$

$$V_2(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m - 1, n) \tag{2.17}$$

$$D_1(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m + 1, n + 1)$$

$$D_2(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m + 1, n - 1)$$

$$D_3(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m - 1, n - 1)$$

$$D_4(m, n) = \hat{I}(m, n)\hat{I}(m - 1, n + 1)$$

Denklemler 2.17’de verilen ikili çarpımların farkı eşittir. $H_1 = H_2$, $V_1 = V_2$, $D_1 = D_2 = D_3 = D_4$.

2.2.1.2. Doğal Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi

Doğal Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi (DGKD, Naturalness Image Quality Evaluator, NIQE) BRISQUE yönteminde kullanılan DSİ özellikler NIQE yönteminde de aynı şekilde kullanılır. Aralarında şöyle farklar vardır; NIQE yalnızca doğal görüntülerden oluşan bir topluluktaki DSİ özelliklerini kullanırken, Brisque hem doğal hem de bozuk görüntülerden elde edilen özellikler ve ayrıca bu görüntülerin kalitesiyle ilgili insan yargıları konusunda eğitilmiştir. Bu nedenle Brisque, ayarlandığı bozukluk türleri ile sınırlıdır. Karşılaştırıldığında, NIQE yöntemi herhangi bir spesifik bozukluk tipine bağlı değildir (Mittal vd. 2013).

Çok Değişkenli Gauss Modeli (ÇDGM), doğal görüntüden çıkarılan DSİ özelliklerinin basit bir modeli görüntü parçaları ÇDGM’ ye benzetilerek yoğunluk elde edilir (Mittal vd. 2013). Denklem 2.18’ de verildiği gibi hesaplanır.

$$f(x_1, \dots, x_k) = \frac{1}{(2\pi)^{k/2} |\Sigma|^{1/2}} \times \exp\left(-\frac{1}{2}(x - v)^T \Sigma^{-1}(x - v)\right) \quad (2.18)$$

Denklem 2.18’ de (x_1, \dots, x_k) hesaplanan DSİ özellikleridir ve ÇDGM’ nin ortalama ve kovaryans matrisini belirtir. Standart bir maksimum olasılık kullanılarak tahmin edilen model tahmin işlemidir.

NIQE, hesaplama yoluyla uygulanır. Görüntüden aynı boyutta olan $P \times P$ boyutundaki parçalardan elde edilen 36 özdeş DSİ özelliği kalite analizi uygulanır, sonrasında ÇDGM modeline benzetilir ve ardından ÇDGM uyumu doğal ÇDGM modeli ile karşılaştırılır. Son olarak bozuk görüntünün kalitesi, kaliteye duyarlı DSİ özellik modeli ile çarpık görüntüden çıkarılan özelliklere uyan ÇDGM arasındaki mesafe olarak ifade edilir: (Mittal vd. 2013). Denklem 2.19’de verilmiştir.

$$D(v_1, v_2, \Sigma_1, \Sigma_2) = \sqrt{(v_1 - v_2)^T \left(\frac{\Sigma_1 + \Sigma_2}{2} \right)^{-1} (v_1 - v_2)} \quad (2.19)$$

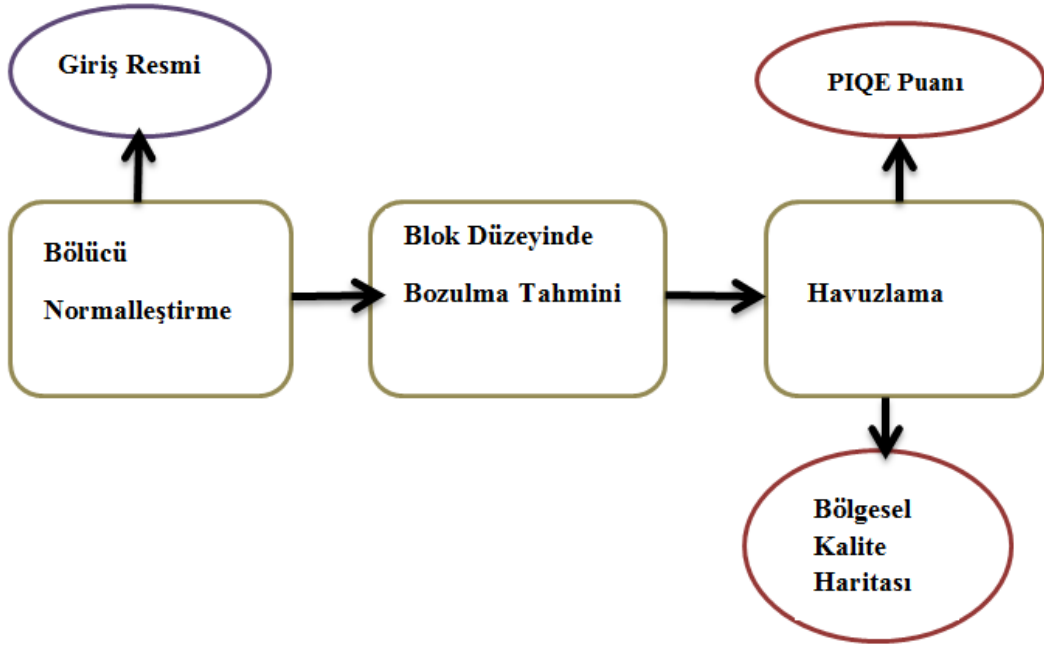
Denklem 2.19' da v_1, v_2 ve Σ_1, Σ_2 , doğal ÇDGM modelinin ve bozuk görüntü ÇDGM modelinin ortalama vektörleri ve kovaryans matrisleridir.

2.2.1.3. Algı Tabanlı Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi

Algı Tabanlı Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi (ATGKD, Perception Based Image Quality Evaluator, PIQE) BRISQUE ve NIQE yöntemlerinde kullanılan DSİ özellikleri PIQE yönteminde de aynı şekilde kullanılmaktadır. Yalnızca şöyle bir fark vardır, PIQE görüntü kalitesini tahmin etmek için blok temelli bir yaklaşım sunmaktadır (Venkatanath vd. 2015).

Bu yöntem insanların görüntü kalitesini nasıl algıladıklarına ilişkin iki prensipten ilham almıştır. İlk olarak; insanların görsel dikkati bir görüntüdeki veya mekânsal olarak aktif bölgelerdeki belirgin noktalara yöneliktir. İkinci olarak; blok veya parça seviyesindeki konumsal kalitedir. Bir görüntünün insanlar tarafından algılanan kalitesine katkıda bulunur. İlk prensip, yalnızca konumsal öneme sahip bozukluğu tahmin eder, ikincisi $n = 16$ olduğu $n \times n$ boyutundaki konumsal blok düzeyindeki bozukluğun düzeyini hesaplamak için ele alınır. Blok düzeyinde çalışmak, bir görüntünün genel algısal kalitesini açıklamak için bölgesel özelliklerinde yararlanmamızı sağlar (Venkatanath vd. 2015, Jeelanbasha vd. 2019).

Şekil 2.18' de yaklaşımın blok şeması verilmiştir. Giriş görüntüsü bir ön işleme adımına tabi tutulur. Bölücü normalleştirme adımı denklem 2.20' de verilen formül yardımıyla yapılır. Daha sonra bozukluğu tanımlamak için blok düzeyi analizi gerçekleştirilir. Bozulan her bloğa, bozukluk türüne göre bir puan atanır. Blok düzeyi puanları daha sonra genel görüntü kalitesini belirlemek için havuzlanır. Kalite puanına ek olarak, diğer uygulamalar tarafından etkin bir şekilde kullanılacak bir bölgesel kalite haritası da oluşturulur (Venkatanath vd. 2015, Jeelanbasha vd. 2019).



Şekil 2.18 PIQE blok şeması.

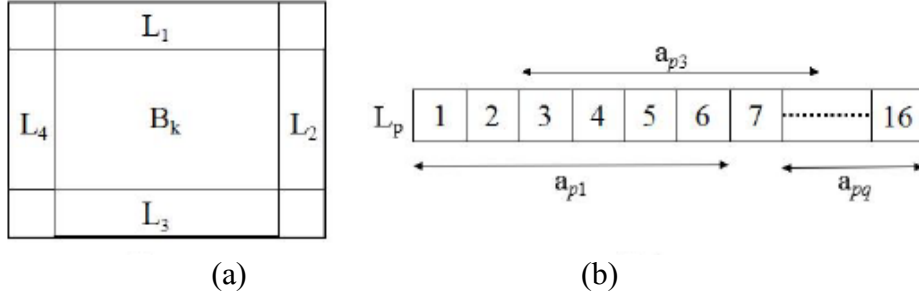
Blok düzeyinde bozulma tahmini; görüntüleri etkileyen en yaygın bozulmalar sıkıştırma ve iletim kaynağıdır. Bu bozulmalar genel olarak bulanıklık ve gürültü olarak sınıflandırılabilir. Blok düzeyinde bozulma sınıflandırması ve bir blok skorunu tahmin etmek iki kriter incelenir (Venkatanath vd. 2015).

Fark edilebilir bozukluk kriteri; bir blok seviyesinde bozukluk, kenar seçmenlerinden en az biri düşük uzamsal aktivite gösteriyorsa fark edilir. Uzamsal olarak aktif bir blok için B_k $n = 16$ ve $n \times n$ boyutundaki $\hat{I}(m, n)$ 'den türetilmiştir. Her bir kenar L_p denklem 2.20' deki gibi on bir parçaya bölünmüştür (Venkatanath vd. 2015).

$$a_{pq} = L_p(x) : x = q, q + 1, \dots, q + 5, \quad (2.20)$$

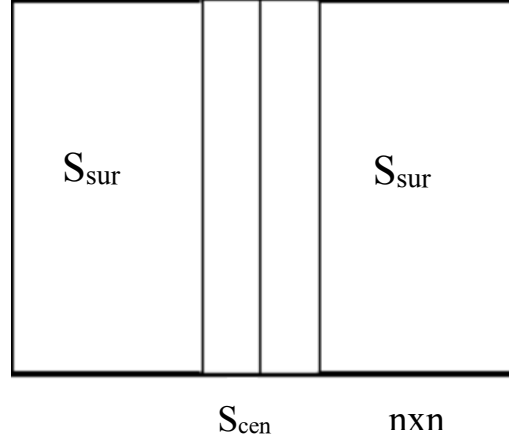
Burada a_{pq} yapılandırma elemanıdır, $p \in 1,2,3,4$ kenar indeksini ve $q \in 1,2,3, \dots, 11$ parçanın indeksini gösterir. Blok ve kenar parçaları şekil 2.19' da gösterilmektedir. Bir parça, parçanın standart sapması ise a_{pq} , T_{STD} eşik değerinden daha küçüktür ve düşük uzamsal aktivite sergiler denklem 2.21' de gösterilmiştir (Venkatanath vd. 2015).

$$\sigma_{pq} < T_{STD} \quad (2.21)$$



Şekil 2. 19 (a) Blok B_k ve kenarları, (b) L_p kenarının on bir parçası (Venkatanath vd. 2015).

Gürültü Kriteri; burada blok seviyesi ÇDGM özelliklerini kullanarak gürültü bozulmasını modellemek için ek algılama tabanlı merkez-çevre kriteri dikkate alınmaktadır. Bu kriter, İnsan Görsel Sisteminin (İGS) merkez-çevre varyasyonlarına duyarlılığından esinlenmiştir. Bloğu Şekil 2.20’ de gösterildiği gibi iki bölüme ayırıyoruz. Bölümlerden biri, ortadaki iki sütunu, S_{cen} 'i içeren merkezi bölümdür. Diğer parça olan S_{sur} , kalan sütunlardan oluşur (Venkatanath vd. 2015).



Şekil 2.20 Bir bloktan merkez ve çevre seçimi (Venkatanath vd. 2015).

Merkez-çevre sapma oranı ile MSCN bloğunun blok standart sapması arasında bir ilişki vardır. Bu ilişkiyi ölçmek için denklem 2.22 kullanılır.

$$\beta = \frac{\left| \left(\frac{\sigma_{cen}}{\sigma_{sur}} \right) \right| - \sigma_{blk}}{\max \left(\frac{\sigma_{cen}}{\sigma_{sur}} \right), \sigma_{blk}} \quad (2.22)$$

Burada σ_{cen} parçanın standart sapmasıdır. σ_{sur} , S_{cen} parçanın standart sapmasıdır. S_{sur} , $\sigma_{blk} \hat{I}(m, n)$ 'den türetilen uzamsal olarak aktif blok B_k 'nin standart sapmasıdır. β nerede ise blok standart sapmasına, σ_{blk} 'ye eşittir. Bu nedenle, belirli bir blok, B_k , denklem 2.23' deki koşulu karşılırsa gürültüden etkilenmiş olarak kategorize edilebilir (Venkatanath vd. 2015).

$$\sigma_{blk} > 2 \times \beta \quad (2.23)$$

Havuzlama, bozulmuş bir bloğa bozulma miktarını atamak için varyans özelliği, v_{blk} kullanılır. Denklem 2.24, belirli bir blok, B_k için bozukluk atama prosedürüdür.

$$D_{sk} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } \sigma_{pq} < T_{STD}, \sigma_{blk} > 2 \times \beta \\ v_{blk} & \text{eğer } \sigma_{blk} > 2 \times \beta \\ (1 - v_{blk}) & \text{eğer } \sigma_{pq} < T_{STD} \end{cases} \quad (2.24)$$

Algı tabanlı görüntü kalitesi değerlendiricisi, PIQE denklem 2.25 şeklinde verilir;

$$PIQE = \frac{(\sum_{k=1}^{N_{SA}} D_{sk}) + C_1}{(N_{SA} + C_1)} \quad (2.25)$$

Burada, N_{SA} belirli bir görüntüdeki uzamsal olarak aktif blokların sayısıdır ve C_1 paydayı 0 yapmayı önlemek için dâhil edilen pozitif bir sabittir ($C_1=1$) (Venkatanath vd. 2015).

2.2.2. Tam Referans Görüntü Kalite Değerlendirmesi

Tam referans görüntü kalite değerlendirme probleminde bozulmamış veya üzerinde oynama yapılmamış görüntü verilir. Böyle görüntüler genellikle mükemmel bir kaliteye sahip olarak kabul edilir ve görüntü kalite değerlendirme terminolojisinde “referans görüntü” olarak adlandırılır. Sonrasında bozuk görüntülerin oluşturduğu küme elde edilir. Buradaki amaç her bozuk görüntünün algısal kalitesini değerlendirmek için bilgisayarlı bir algoritma sunmaktır (Zhang vd. 2012). Tam referans görüntü kalite değerlendirmede hesaplanan parametrelerden birkaçı ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.2.2.1. Tepe Sinyal Gürültü Oranı

Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO, Peak Signal to Noise Ratio, PSNR) Referans görüntü ile bozulmuş görüntü arasında bir kalite ölçümü olarak kullanılır. Maksimum piksel değerinin Piksellerin kalitesini etkilen gürültüye oranıdır ve Logaritmik desibel cinsinden hesaplanır. Psnr değeri ne kadar yüksekse, çıktı görüntüsün kalitesi o kadar iyidir (Hemanth vd. 2019). PSNR değeri denklem 2.26 gibi hesaplanır.

$$TSGO = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \quad (2.26)$$

Burada MAX_I görüntünün mümkün olan maksimum piksel değeridir. 8 bitlik gri tonlamalı bir görüntü MAX olması durumunda, değer 255 olur. 255 değeri şu şekilde bulunur. $MAX_I, 2^n - 1$ dir. 8 bitlik bir görüntü ile çalışıldığında $2^8 - 1 = 255$ bulunur (Erkan vd. 2020).

2.2.2.2. Hata Kareler Ortalaması

Hata Kareler Ortalaması (HKO, Mean Squared Error, MSE) görüntünün yoğunluğunun ölçülmesine bağlıdır. Bu nedenle geliştirme algoritması, çıktı görüntüsünün referans görüntüsüne yakın olmalıdır (Hemanth vd. 2019). Ayrıca PSNR' nin hesaplanmasında kullanılır. PSNR ve HKO arasında ters orantılı bir ilişki vardır. PSNR' nin payda kısmında HKO yer aldığı için HKO' nin küçük olması PSNR' nin daha yüksek çıkması anlamına gelir. HKO denklem 2.27' deki gibi hesaplanmaktadır.

$$HKO = \frac{1}{M \times N} \sum_0^{M-1} \sum_0^{N-1} [f(i,j) - g(i,j)]^2 \quad (2.27)$$

Burada f , referans (orijinal) görüntünün matris değerlerini temsil eder. g , söz konusu bozulmuş görüntünün matris değerlerini temsil eder. M , görüntülerin piksel satırlarının sayısını temsil eder ve i , seçilen satırın dizisini temsil eder. N , görüntülerin piksel

sütunlarının sayısını temsil eder ve i , seçilen sütunun dizisini temsil eder (Asokan vd. 2020).

2.2.2.3. Yapısal İçerik

Yapısal İçerik (Yİ, Structural Content, SC) Korelasyona dayalı ölçümlerden biridir. Korelasyon işlevi açısından da ölçülebilen iki dijital görüntü arasındaki benzerlik anlamına gelir. Bu metrik, iki görüntü arasındaki benzerliği ölçer. Dolayısıyla farka dayalı ölçüyü tanımlayıcı bir niteliktir (Kahdum 2008). SC, denklem 2.28' deki gibi hesaplanabilir.

$$S = \frac{\sum_{i,j=0}^{N-1} (C(i,j))^2}{\sum_{i,j=0}^{N-1} (\hat{C}(i,j))^2} \quad (2.28)$$

Denklem 2.28' de N , test edilen görüntünün boyutu. $C(i,j)$ referans (orijinal) görüntünün piksel değeri, $\hat{C}(i,j)$ bozulmuş görüntünün piksel değeridir. Bu teknik referans görüntü ile bozulmuş görüntü arasındaki benzerliği ölçer (Kahdum 2008).

2.2.2.4. Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon

Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon (NÇK, Normalized Cross Correlation, NCC), karşılaştırılan iki görüntü arasındaki benzerliğin veya farklılığın derecesini değerlendirmek için bir ölçüt olarak kullanılır. Normalleştirilmiş çapraz korelasyonun normal çapraz korelasyona göre avantajı, karşılaştırılan iki görüntüde aydınlatma genişliğinin değişikliğine daha az duyarlı olmasıdır (Rao vd. 2014). Bozuk görüntü ile referans görüntünün karşılaştırmasını gösterir. NÇK denklem 2.29 gibi ifade edilir.

$$d_{f,t}^2(u,v) = \sum_{x,y} [f(x,y) - t(x-u,y-v)]^2 \quad (2.29)$$

Burada f , t özelliğini içeren pencerenin altında x ve y 'nin üzerinde d^2 genişliğinde u ve v konumunda ki bir görüntüyü temsil eder.

$$d_{f,t}^2(u, v) = \sum_{x,y} f^2(x, y) - 2f(x, y) \cdot t(x - u, y - v) + t^2(x - u, y - v) \quad (2.30)$$

Denklem 2.30' deki $t^2(x - u, y - v)$ terimi sabittir. $\sum f^2(x, y)$ terimi yaklaşık olarak sabitse geri kalan kısım NCC terimidir.

$$c(u, v) = \sum_{x,y} f(x, y) \cdot t(x - u, y - v) \quad (2.31)$$

Denklem 2.31 görüntü ve özellik arasındaki benzerliğin bir ölçüsüdür. Bu eşitliği kullanmanın dezavantajı vardır. Görüntüde $\sum f^2(x, y)$ konumuna göre değişirse benzerlik başarısız olabilir. Sebebi referans görüntü ile bozulmuş görüntü arasından seçilen konumda parlak nokta seçilmişse aralarında korelasyon daha düşük olabilir. Çünkü aydınlatma koşulları aynı olmayabilir böyle durumlar için korelasyon katsayısı, görüntü ve özellik vektörlerini normalleştirerek bu zorluğun üstesinden gelinebilir (Lewis 2009, Yoo ve Han 2009). Denklemde 2.32' de verilmiştir.

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x, y) - \bar{f}_{u,v}] \times [t(x - u, y - v) - \bar{t}]}{\sum_{x,y} \{ [f(x, y) - \bar{f}_{u,v}]^2 \times [t(x - u, y - v) - \bar{t}]^2 \}^{0.5}} \quad (2.32)$$

Burada \bar{t} , özelliğin ortalamasıdır ve $f(x, y)$ 'nin altında kalan bölge de $\bar{f}_{u,v}$ 'nin ortalamasıdır. Bu denklem normalleştirilmiş çapraz korelasyon olarak adlandırılır. Bu teknik -1 ile 1 arasında bir değer alır, 1'e yakın olması benzerliğin yüksek olduğu anlamına gelir (Lewis 2009).

2.2.2.5. Normalleştirilmiş Mutlak Hata

Normalleştirilmiş Mutlak Hata (NMH, Normalized Absolute Error, NAE) Referans görüntü ile bozulmuş (işlenmiş) görüntü arasındaki farkın tam olarak ne kadar olduğunu ölçmeye çalışır. Bu tekniğin sonucu, 0 ile 1 arasında bir değer alır. Sıfıra yakın sonuçlar görüntünün, referans görüntü benzerliğinin yüksek olduğu anlamına gelirken 1' e yakın

sonuçlar görüntünün, referans görüntü benzerliğinin düşük olduğu anlamına gelir (Saravanan vd. 2017). Denklem 2.33 gibi gösterilir.

$$NMH = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N |x_{j,k} - \hat{x}_{j,k}|}{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N |x_{j,k}|} \quad (2.33)$$

Burada $x_{j,k}$ referans görüntüyü temsil eder, $\hat{x}_{j,k}$ bozulmuş görüntüyü temsil etmektedir (Eskicioglu ve Fisher 1995, Saravanan vd. 2017).

2.2.2.6. Maximum Fark

Maximum Fark (MF, Maximum Difference ,MD) Maksimum hata sinyali sağlar yani işlenen ve referans görüntü arasındaki farkın maksimum olmasıdır. Denklem 2.34' deki gibi gösterilir.

$$MF = \text{Max} (|A_{ij} - B_{ij}|) \quad (2.34)$$

burada $i = 1,2, \dots, m$, $j = 1,2, \dots, n$, m , görüntülerin piksel satırlarının sayısını temsil eder ve i , seçilen satırın dizisini temsil eder. n , görüntülerin piksel stnlerinin sayısını temsil eder ve i , seçilen stnunun dizisini temsil eder (Memon vd. 2015, Asokan vd. 2020).

2.2.2.7. Ortalama Fark

Ortalama Fark (OF, Average Difference, AD) Bozuk ve referans görüntüyle ilgili ortalama değişimi verir (Memon vd. 2015). Denklem 2.35' deki gibi ifade edilir.

$$OF = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [A(i,j) - B(i,j)] \quad (2.35)$$

2.3. Bland Altman Metodu

Aynı değişkenin klinik ölçümüne sahip iki metot arasındaki uyum, ölçüm değerleri arasındaki farklar kullanılarak ifade edilebilir. Ortalama farklar (\bar{d}) ölçümün şiddetinden kaynaklı olarak orantılı da olabilir. Bu etkiler ortalama grafiğe karşı çizilen farklar grafiği yardımı ile de kolaylıkla görülebilir (Bland ve Altman 1999).

Yöntem karşılaştırması çalışmasına iki yöntemden elde edilen ölçümlerin ortalamalarına karşı farklarının saçılım grafiğinin çizilmesi ile başlanır. Farklara karşı ortalamaların grafiği ölçüm hataları ile gerçek değerler (gerçek değerler elde edilemediğinden onun en iyi kestiricisi olan ortalamalar) arasında olabilecek herhangi bir ilişkinin incelenmesine olanak sağlar. Ayrıca bu grafikten yanın ve hatanın incelenmesi de mümkündür (Hollis 1996). Farklar ve ortalamalar arasında ilişki yoksa iki yöntem arasındaki uyum farkların ortalaması (\bar{d}) ve standart sapması (s) kullanılarak incelenebilir (Bland ve Altman 1986). Eğer farklar normal dağılıma sahipse farkların sıfırın etrafında rasgele dağılması ve %95'inin " $\bar{d} - 1,96s$ ile $\bar{d} + 1,96s$ " arasında olması beklenir. Bu durum altında ortalamalar ve farklar arasında ilişki olmadığı söylenebilir. Bu yöntemde, $d \pm 1,96s$ "uyum sınırları" olarak adlandırılır (Hollis 1996, Genç vd. 2003, Saraçlı ve Çelik 2012).

2.4. Entropi Yaklaşımı

Shannon iletişimin temel problemi olarak gördüğü, bir noktada seçilmiş bir mesajın yaklaşık olarak ya da tamamen başka bir noktada yeniden üretilme sürecinde bilgi kaybını azaltabilmek için araştırmalar yapmıştır. Geliştirdiği formül için de iki tabanlı logaritmayı kullanmıştır. Yapılan işlemlerde, logaritmanın alınması, entropiyi bağımsız sistemler için toplanabilir bir nitelik haline getirmektedir. Çalışmalarında, logaritmanın kullanışlı olduğunu belirterek sayısal kodlama sistemine uygun olduğu için iki tabanlı logaritmayı seçmiştir. Bu şekilde entropi sisteminde çıkan sonuç, 'bit' olarak adlandırılmıştır. İkili kodlama sisteminde iki sabit durum, sıfır ve bir olmaktadır (Ocakçı ve Bostancı 2009). h bilgi içeriği, p olayın gerçekleşme olasılığı olmak üzere, Denklem 2.36 yardımıyla hesaplanır.

$$h = \log \frac{1}{p} \quad (2.36)$$

veya denklem 2.37 yardımıyla bulunur.

$$h = -\log p \quad (2.37)$$

Bir sistemin mümkün tüm durumları ve bunların olasılıkları belirlendiğinde, sisteme ilişkin ortalama veya beklenen bilgi içeriği de hesaplanabilir. Örneğin bir sistemin mümkün durumları x tesadüfi değişkeni ile tanımlanırsa (Ocakçı ve Bostancı 2009), beklenen bilgi içeriği Denklem 2.38 ile hesaplanabilir.

$$H(x) = -\sum p \log p \quad (2.38)$$

2.5. Görüntü Kalitesinde Gürültü

Görüntü, görsel bilgileri iletmek için güçlü bir araçtır. Dijital görüntüler alınmaları ve aktarılmaları sırasında genellikle gürültü nedeniyle bozulur. Gürültü dijital görüntülerde istenmeyen bir durumdur. Gürültü, yakalanan görüntüdeki rasgele parlaklık veya renk bilgisi değişimidir. Dış kaynakların neden olduğu görüntü sinyalindeki bozulmalardır. Dijital görüntülerdeki temel bozulma nedenleri, görüntü elde edimi veya iletimi sırasında meydana gelir. Görüntüleme sistemlerinin performansı, görüntünün elde edilmesi sırasındaki çevresel koşullar ve algılama öğelerinin kalitesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Örneğin, bir kamera ile görüntüler elde ederken, ışık seviyeleri ve sensör sıcaklığı ortaya çıkan görüntüdeki gürültü miktarını etkileyen başlıca faktörlerdir. İletim sırasında, esas olarak aktarım için kullanılan kanaldaki parazit nedeniyle görüntüler bozulur (Gonzalez ve Woods 2008, Boyat ve Jashi 2015, Sontakke ve Kulkarni 2015, Owotogbe vd. 2019).

Gürültü, yoğunluk seviyesinin rastgele değişmesi anlamına gelir. Piksellere bazı ek bilgiler eklenir ve görüntü parazitli hale gelir. Görüntüde gösterilen piksel doğru piksel değildir çünkü gerçek piksel değerine bir miktar yabancı değer eklenir. Matematiksel

olarak gürültü iki temel model olarak sınıflandırılır: 1) toplamsal ve 2) çarpımsal. Toplamsal gürültüsünün modellenmesi kolaydır ve kolayca azaltılabilir veya kaldırılabilir. Bunun sebebi sinyalden bağımsız olmasıdır (Maity ve Chatterge 2017). Matematiksel olarak denklem 2.39' deki şekilde tanımlanır:

$$t(p, q) = o(p, q) + n(p, q) \quad (2.39)$$

Oysa çarpımsal gürültünün modellenmesi hem daha karmaşıktır hem de azaltılması veya ortadan kaldırılması zordur. Bunun sebebi ise sinyale bağlı olmasıdır. Matematiksel olarak denklem 2.40' deki şekilde tanımlanır:

$$t(p, q) = o(p, q) \times n(p, q) \quad (2.40)$$

Burada denklem 2.39 ve denklem 2.40 de verilen t , gözlemlenen gürültülü görüntüdür ve o , gerçek sinyaldir (görüntü) ve n , gürültü bileşenidir (Maity ve Chatterge 2017).

Toplamsal, çarpımsal ve dürtü (rastgele) gürültü gibi dosyalanan görüntü işleme yoluyla bazı diğer sınıflandırmalar mevcuttur. Dürtü gürültüsü, piksel değerlerini rastgele değiştiren tek gürültü türüdür. Bu tür gürültü statik ve dinamik (rastgele) olarak sınıflandırılabilir (Verma ve Ali 2013, Maity vd. 2015, Maity ve Chatterge 2017).

2.5.1. Dürtü Gürültüsü

Dürtü gürültüsü bozulması dijital görüntülerde çok yaygın olarak görülür. Dürtü gürültüsü her zaman bağımsızdır ve görüntü pikselleriyle ilişkisizdir ayrıca görüntü üzerinde rasgele dağılır. Bu nedenle gauss gürültüsünün aksine dürtü gürültüsü bozulmaları görüntünün tüm piksellerinde değildir. Bir dizi görüntü pikseli gürültülü olacaktır ve piksellerin geri kalanı parazitsiz olacaktır (Harikiran vd. 2010, Ibrahim vd. 2012).

Kendini rastgele oluşan siyah beyaz pikseller olarak tanıtır, yani karanlık olan alanlarda parlak piksellere sahip olur; parlak alanlarda, karanlık piksele sahip olur (Owotogbe vd.

2019). Gri tonlamalı (veya gri düzeyli) bir görüntüde, tek renkler grinin gölgeleridir. "Gri" renk, RGB alanında kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerin hepsinin eşit yoğunluğa sahip olduğu bir renktir, bu nedenle, belirtmek için gereken üç yoğunluğun aksine, her piksel için yalnızca tek bir yoğunluk değeri belirtmek gerekir. Tam renkli bir görüntüde bir piksel genellikle, (gri tonlama) yoğunluğu, $[0,255]$ tamsayı aralığı olarak gösterilebilen, siyahtan beyaza giden 256 olası farklı gri tonu veren 8 bitlik bir tamsayı olarak saklanır (Schulte 2006).

Gri tonlamalı görüntüler için dürtü gürültüsünün oluşumunu genel olarak denklem 2.41' deki denklem ile açıklanır. Dürtü gürültüsü, kamera sensörlerinde arızalı piksellerden, donanımdaki hatalı bellek konumlarından veya gürültülü bir kanaldaki iletimden kaynaklanır (Sontakke ve Kulkarni 2015). Dürtü gürültüsü, tuz ve biber (salt and paper) türü gürültü ve rasgele değerli dürtü gürültüsü şeklinde farklı dürtü gürültüsü türleri vardır (Harikiran vd. 2010).

$$D(x, y) = \begin{cases} C(x, y), & 1 - P \text{ olasılıkla} \\ C(x, y) + N(x, y), & P \text{ olasılıkla} \end{cases} \quad (2.41)$$

Burada C orijinal görüntü, D gürültülü görüntüyü temsil eder. Matematiksel olarak dürtü gürültüsü iki denklem ile tanımlanabilir. İlk olarak D'nin tanımlandığı toplamsal gürültü (Ibrahim vd. 2012, Maity ve Chatterge 2017) ikinci olarak da Denklem 2.42' deki gibi tanımlanır.

$$D(x, y) = \begin{cases} C(x, y), & 1 - P \text{ olasılıkla} \\ N(x, y), & P \text{ olasılıkla} \end{cases} \quad (2.42)$$

Denklem 2.42' deki $C(i, j)$ ve $N(i, j)$ sırasıyla orijinal ve gürültülü görüntünün (i, j) konumundaki parlaklık değerlerini gösterir (Schulte 2006).

Tuz ve Biber gürültüsü (Salt And Pepper Noise); Bu aynı zamanda veri düşme gürültüsü olarak da adlandırılır çünkü istatistiksel olarak orijinal veri değerlerini düşürür. Ancak görüntü tuz ve biber gürültüsüyle tam olarak bozulmaz yerine görüntüde bazı piksel değerleri değiştirilir (Joshi vd. 2014).

Tuz ve biber tipi gürültüde, gürültülü pikseller tuz değerini (gri seviye 225) veya biber değerini (gri seviye 0) alır ve görüntülerde siyah beyaz noktalar olarak görünür. Eğer p toplam gürültü yoğunluğu ise, tuz gürültüsü ve biber gürültüsü, $p / 2$ gürültü yoğunluğuna sahip olacaktır (Harikiran vd. 2010). Matematiksel gösterimi denklem 2.43' de verilmiştir.

$$y_{ij} = \begin{cases} 0 \text{ veya } 255, & P \text{ olasılıkla} \\ x_{ij}, & 1 - P \text{ olasılıkla} \end{cases} \quad (2.43)$$

Denklem 2.43' de y_{ij} , gürültülü görüntü pikselini temsil ederken, P , dürtü gürültüsünün toplam gürültü yoğunluğu ve x_{ij} , bozulmamış görüntü pikselidir. Zaman zaman tuz gürültüsü ve biber gürültüsü farklı gürültü yoğunluklarına sahip olabilir. p_1 ve p_2 ve toplam gürültü yoğunluğu $p = p_1 + p_2$ olacaktır (Harikiran vd. 2010).

254	125	207
89	212	20
62	32	15

254	125	207
89	0	20
62	32	15

Şekil 2.21 Merkezi piksel değeri biber gürültüsü ile bozulmuştur.

Şekil 2.21' de gösterilen 3x3 görüntü matrislerini ele alalım. Matrislerin merkezi değerinin biber gürültüsü tarafından bozulmuş olduğunu varsayalım. Bu nedenle, bu merkezi değer, yani 212, Şekil 2.21' de verildiği gibi sıfır değeri ile değiştirilir.

Rasgele değerli dürtü gürültüsü; Rastgele değerli dürtü gürültüsü durumunda, gürültü sıfırdan 225'e kadar herhangi bir gri seviye değerini alabilir. Bu durumda da gürültü, tüm görüntünün üzerine rastgele dağıtılır ve gürültü aynı olacağı için herhangi bir gri seviye değerinin oluşma olasılığı da aynı olacaktır (Harikiran vd. 2010). Rastgele değerli dürtüyü matematiksel olarak denklem 2.44'deki gibi temsil edilebilir.

$$y_{ij} = \begin{cases} n_{ij}, & P \text{ olasılıkla} \\ x_{ij}, & 1 - P \text{ olasılıkla} \end{cases} \quad (2.44)$$

Burada n_{ij} , gürültülü pikselin gri düzey değeridir.

2.5.2. Beyaz Gürültü

Beyaz gürültü herhangi bir spesifik sinyalden ziyade sinyaller ve sinyal kaynakları için istatistiksel bir model anlamına gelir. Beyaz gürültü, istatistiksel sinyal işlemenin geliştirilmesinde ve model oluşturulmasında kritik rol oynar (Balakrishkan ve Mazumdar 2010). Beyaz gürültünün örneklerin bağımsız olması ve aynı olasılık dağılımına sahip olması gerekir diğer bir deyişle bağımsız ve aynı şekilde dağıtılmış rasgele değişkenler beyaz gürültünün en basit tanımıdır (Stein 1999). Beyaz gürültünün özel bir hali olan Gauss beyaz gürültüsünün temeli, ortalaması (μ) sıfır, varyansı σ^2 bir olan standart normal dağılıma dayanır.

Gürültü, esas olarak gürültü gücü ile tanımlanır. Gürültü gücü spektrumu beyaz gürültüde sabittir. Bu gürültü gücü, güç spektral yoğunluk işlevine eşdeğerdir. "Gauss gürültüsü genellikle beyaz gürültüdür" ifadesi doğru bir tanımlama değildir (Dougherty 2010).

Toplam gürültü güç aralığı frekans alanında $-$ ile $+$ arasındadır. Bu durum gürültü gücünün beyaz gürültüde sonsuz olduğu anlamına gelir. Bu olgu tamamen doğrudur çünkü güneşten yayılan ışık tüm frekans bileşenlerine sahiptir (Boyat ve Jashi 2015).

Beyaz gürültüde her piksel değeri komşularından farklı olduğu için korelasyon mümkün değildir. Bu nedenle otokorelasyon sıfırdır. Bununla birlikte pikseller arası ilişkisiz olması bir sinyalin alabileceği değerleri sınırlamaz, herhangi bir değer alımı mümkündür. Örneğin, sadece 1 veya 0 değerlerini alabilen bir ikili sinyal, sıfırlar ve birler dizisi istatistiksel olarak ilintisiz ise "beyaz" dır. Normal bir dağılım gibi sürekli bir dağılıma sahip olan gürültü de beyaz olabilir (Dougherty 2010, Boyat ve Jashi 2015).

2.6. Ki-Kare Testi

Beyaz gürültünün varlığı görüntüyü önemli ölçüde bozmaktadır. Görüntüdeki önemli ayrıntıları ve arka planı gizleyerek orijinal görüntünün bilgilerinin kaybolmasına neden olur. Genel olarak görüntülerdeki ilgili gürültüyü anlamaya ve gidermeye yönelik ilk adım görüntünün istatistiksel özelliklerini anlamaktır. Gauss modelinin teorik çekiciliği ve analitik sadeliğine rağmen sis gibi bazı doğal sahnelerin görüntüleri gauss dağılımından farklıdır (Teng ve Li 2019).

Bu durumu çözmek için Weibull, Log-normal dağılım ve Cauchy dağılımı gibi çeşitli dağılımlar tercih edilir. Fakat bu tür seçimler görüntü histogramlarının alt yarısını modellemede başarısız olur. Bu sorunların önüne geçebilmek için görüntüdeki gürültüyü hesaplamada Ki-kare dağılımı kullanılır (Teng ve Li 2019). Bir histogramın tek düzeliğini Ki-kare yardımıyla hesaplanabilir (Borujeni ve Eshghi 2013). Ki-kare denklem 2.45' deki gibi hesaplanır.

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^{256} \frac{(v_k - 256)^2}{256} \quad (2.45)$$

burada k , gri seviyelerin sayısıdır (256) ve v_k , her bir gri seviyenin (0 – 255) gözlemlenen oluşum frekanslarıdır. Ki-kare değerinin düşük değer alması daha iyi bir tekdüzelik gösterir (Norouzi vd. 2014).

3. MATERYAL ve METOT

Çalışmada analizler için Afyon Kocatepe Üniversitesinin logosu kullanılmıştır. Görüntünün işlenebilmesi ve karşılaştırmaların bir standartta yapılabilmesi amacı ile 8 bit derinliğinde 256 x 256 boyutlarında gri tonlamalı logo referans görüntü olarak ele alınmış, karşılaştırılmak amaçlı kullanılacak diğer üç görüntü ise bu görüntünün Dürtü gürültüsü yardımıyla bozulup bulanıklaştırılmıştır halidir. İstatistiksel analizler MATLAB ve MedCalc paket programları yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen görüntüler arasındaki uyum incelenerek orijinal görüntüye en yakın görüntünün belirlenmesinde literatürde yaygın olarak kullanılan referanslı görüntü kalite metriklerinden, Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO), Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon (NÇK), Normalleştirilmiş Mutlak Hata (NMH), Yapısal İçerik (Yİ), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Maximum Fark (MF), Ortalama Fark (OF) gibi kriterler ile referanssız görüntü kalite metriklerinden, Uzamsal Referanssız Görüntü Kalite Değerlendiricisi (URGKD), Doğal Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi (DGKD), Algı Tabanlı Görüntü Kalitesi Değerlendiricisi (ATGKD) ve bu çalışma kapsamında alternatif olarak öne sürülen Bland-Altman metodu ve Ki-kare testinden yararlanılmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde her bir görüntünün entropi değeri hesaplanarak karşılaştırılan görüntüler arasındaki uyum bu değerler yardımıyla belirlenmektedir. Bu çalışmada da referans görüntü ile karşılaştırılacak görüntülerin entropileri hesaplanarak aralarındaki uyum belirlenmeye çalışılmıştır.

İstatistiksel karşılaştırılma yapıldığında karşılaştırılan yöntem ya da tekniğin ilgili referansa olan yakınlığını belirlemede kullanılan görelî etkinli değeri de entropi değeri üzerinden hesaplanmıştır. Görelî etkinlik değeri en yüksek olan görüntü referans görüntüye en yakın görüntü olarak değerlendirilmiştir.





4. BULGULAR

Çalışmanın uygulama kısmında Afyon Kocatepe Üniversitesinin logosu orijinal görüntü olarak ele alınmıştır. Bu görüntü ile beraber farklı özelliklerde bulanıklaştırılmış üç görüntü analizlere dahil edilmiştir. Bu görüntüler çizelge4.1'in içerisinde sırası ile A, B, C ve D simgeleri ile gösterilmiştir. Görüntülerin karşılaştırılmasında MATLAB ve MedCalc paket programından yararlanılmış ve her bir görüntü program içerisinde işlenerek matris formatına çevrilmiştir.

Çizelge 4.1 incelendiğinde her bir görüntünün entropi değerleri ve entropi değerlerinin orijinal görüntü entropisine oranlanması ile elde edilen Görelî Etkinlik (GE) değerleri de görülmektedir. Entropisi ve görelî etkinliği yüksek olan görüntülerin orijinal ve orijinale en yakın görüntüler olduğu görülmektedir.

Ele alınan B, C ve D görüntülerinden hangisinin orijinal görüntüye en yakın olduğunu belirlemede ilk olarak literatürde mevcut olan ve sıkça kullanılmakta olan Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO), Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon (NÇK), Normalleştirilmiş Mutlak Hata (NMH), Yapısal İçerik (Yİ), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Maximum Fark (MF), Ortalama Fark (OF) değerlerine bakılmıştır. Çizelge 4.2'de verilen bu değerler incelendiğinde ikili karşılaştırmalar sonucunda A-B karşılaştırmasından elde edilen değerlerin görüntü benzerliği konusunda diğer görüntü karşılaştırmalarına nazaran daha iyi sonuçlar verdiği için, orijinale en yakın görüntünün B görüntüsü olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1 Analiz edilen görüntüler ile bunlara ilişkin Entropi ve Görelî Etkinlik değerleri.

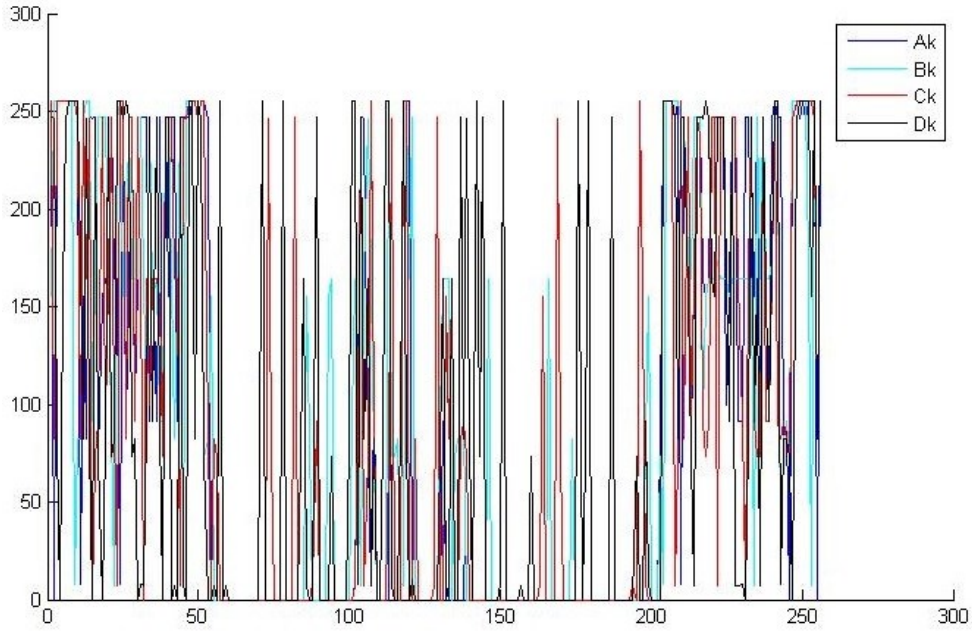
Görüntü	Simge	Entropi	GE
	A	0.7035	1
	B	0.6686	0.9504
	C	0.6273	0.8917
	D	0.5978	0.8498

Çizelge 4.2 Ele alınan görüntülerin orijinal ile ikili karşılaştırılmalarına ilişkin değerler.

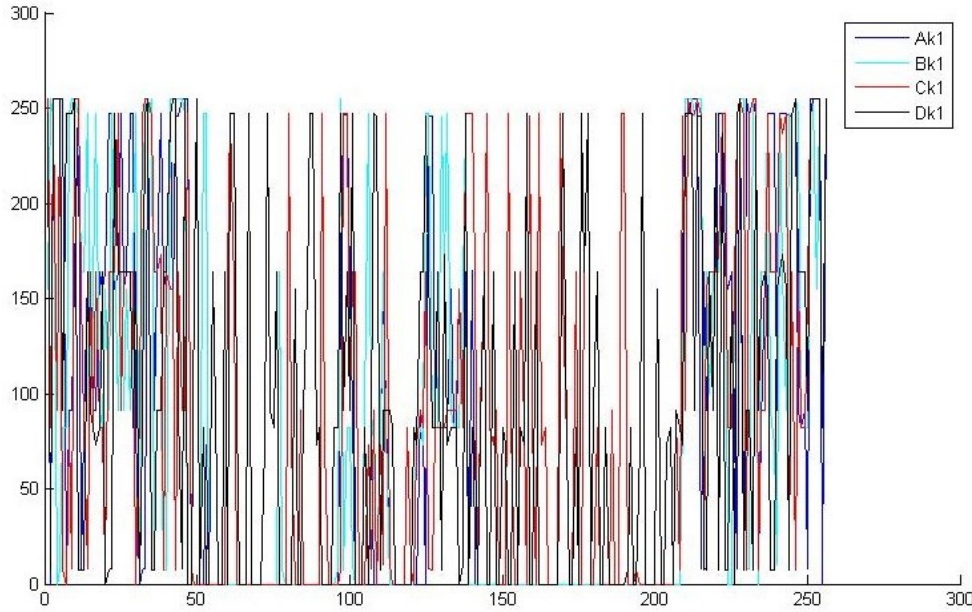
Karşılaştırılan Görüntü	A-B	A-C	A-D
Tepe Sinyal Gürültü Oranı	9.5044	8.4702	6.7683
Hata Kareler Ortalaması	7.2885	9.2483	1.3685
Yapısal İçerik	1.0557	1.1567	1.3021
Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon	0.8810	0.8148	0.7102
Normalleştirilmiş Mutlak Hata	0.2618	0.3198	0.4473
Maximum Fark	255	255	255
Ortalama Fark	6.3643	16.997	29.844

Çalışmada alternatif bir yaklaşım olarak öne sürülen teknik için üç farklı k değeri k , k_1 ve k_2 olacak şekilde rassal olarak seçilerek bu ele alınan görüntüde bu k değerlerine ait satıra karşı gelen sütunlar için piksel değerlerinin oluşturduğu dağılımlar dikkate alınmıştır. Çalışmada k , k_1 ve k_2 değerleri rassal olarak sırası ile 82, 93 ve 168 olarak belirlenmiştir.

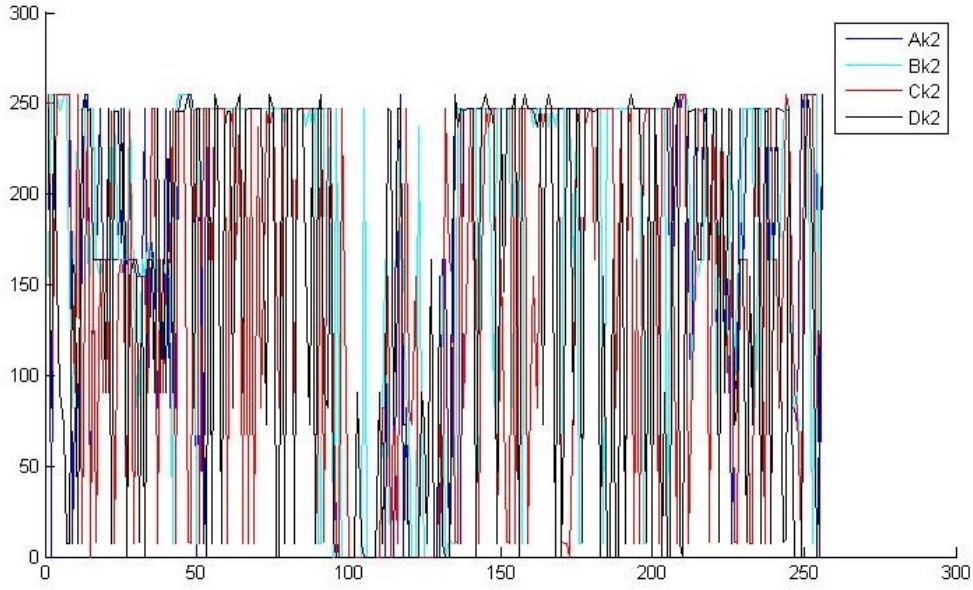
Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te A, B, C ve D görüntülerinin bu k değerlerine karşı gelen sütunlarındaki sayısallaştırılmış piksel değerlerinin dağılım grafikleri görülmektedir.



Şekil 4.1 Ak, Bk, Ck ve Dk görüntülerinin $k=82$ satırına karşı gelen sütunlarındaki piksel değerlerinin grafiği.



Şekil 4.2 Ak1, Bk1, Ck1 ve Dk1 görüntülerinin $k1=93$ satırına karşı gelen sütunlarındaki piksel değerlerinin grafiği.

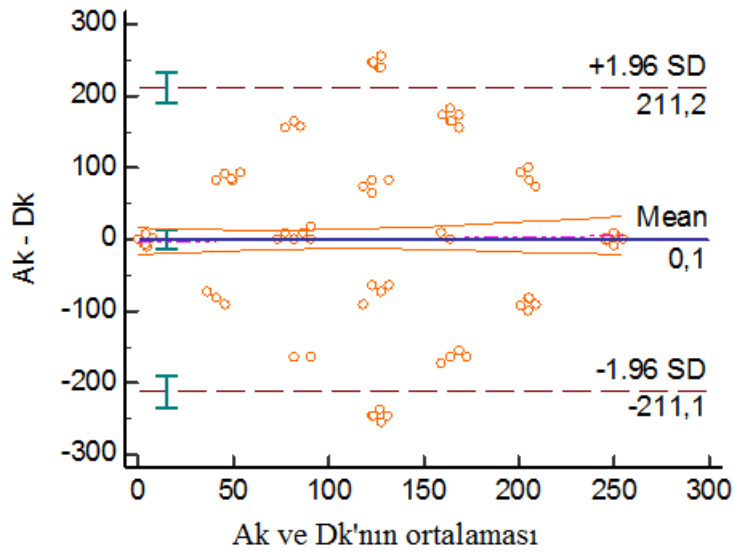
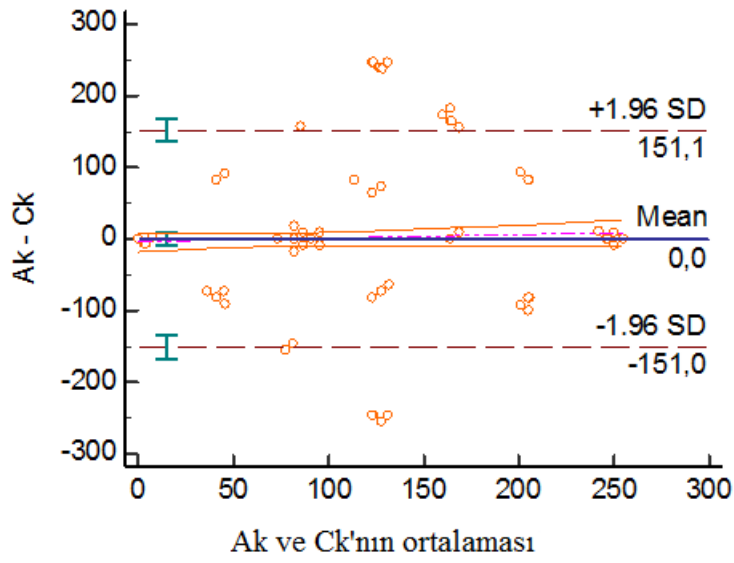
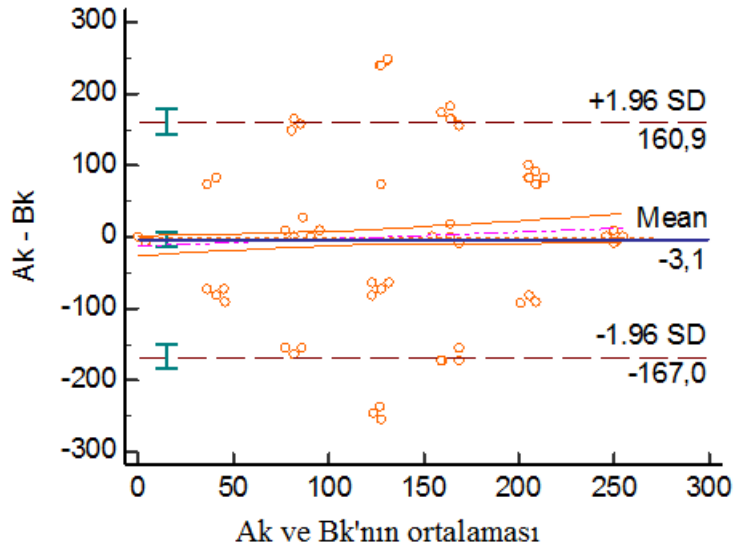


Şekil 4.3 Ak2, Bk2, Ck2 ve Dk2 görüntülerinin k2=168 satırına karşı gelen sütunlarındaki piksel değerlerinin grafiği.

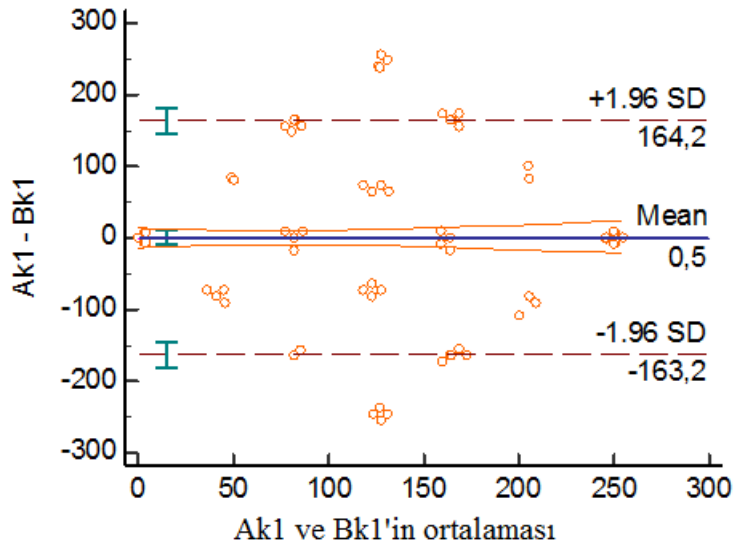
Çalışmada daha sonra k, k1 ve k2 değerlerine karşı gelen sütunlardaki piksel değerlerinin oluşturduğu dağılıma ait değerler MedCalc programına girilerek, Bland-Altman analizi gerçekleştirilmiştir. Orijinal ile mevcut görüntülere ait k değeri için ortalama farkların ikili karşılaştırmalarına ait Bland-Altman grafikleri Şekil 4.4 a, b ve c’de, k1 değeri için ilgili Bland-Altman grafikleri Şekil 4.5 a, b ve c’de ve k2 değeri için ilgili Bland-Altman grafikleri Şekil 4.6 a, b ve c’de verilmektedir.

Şekil 4.4 a, 4.5 a ve 4.6 a’da k, k1 ve k2 değeri için orijinal görüntü (A) ile bulanıklaştırılmış görüntü (B) için Bland-Altman analizi sonuçları görülmektedir. A ve B görüntülerine ilişkin elde edilen değerlerin farklarına ait bu üç grafik incelendiğinde, A-B gözlemlerine dayalı ortalama farkların genel olarak güven sınırları içerisinde kaldığı (b) ve (c) grafiklerine nazaran güven aralığının daha dar olduğu dolayısı ile A görüntüsüne en yakın görüntünün B görüntüsü olduğu söylenebilir.

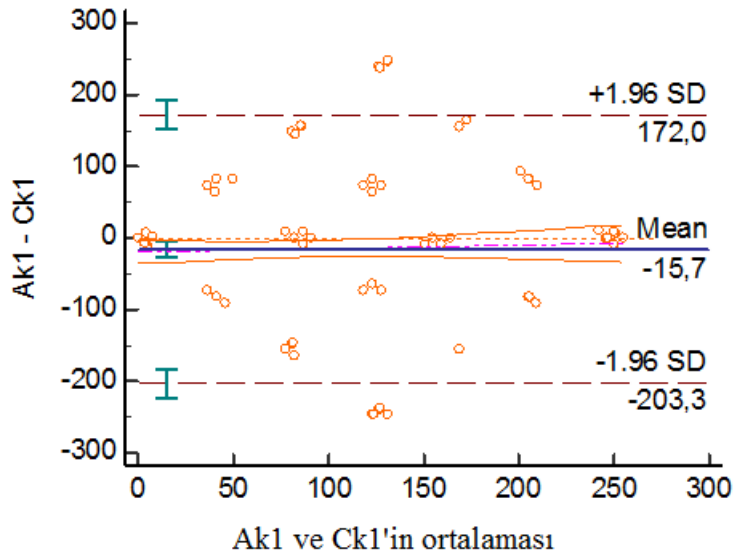
Bland-Altman analizi sonucunda elde edilen bu bulgular, klasik tekniklerden elde edilen bulgularla benzer sonuçlar sergilediği gibi, çalışmanın başında dürtü gürültüsü eklenen bulanıklık miktarları da dikkate alındığında, en az bulanıklaştırılan (d değeri en düşük) görüntünün en benzer görüntü olarak analiz sonuçlarında kendisini göstermesi de çalışma bulguları açısından önemli bir sonuçtur.



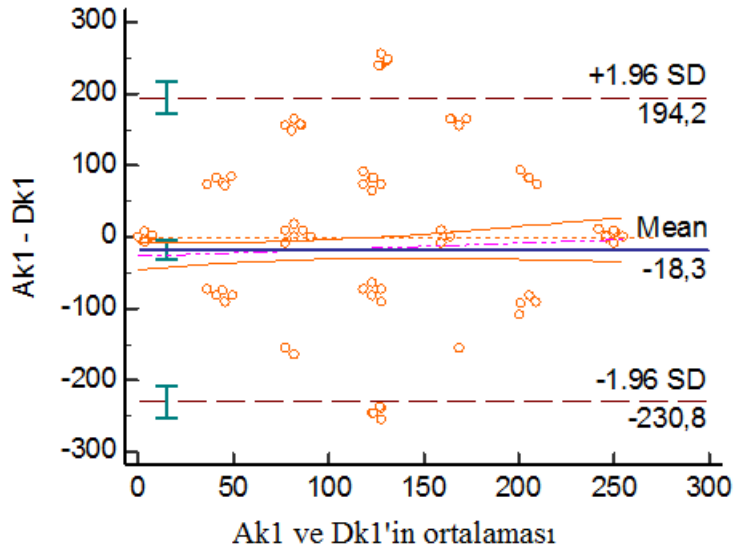
Şekil 4.4 Bland-Altman analizi sonucunda k değeri için ikili karşılaştırma sonuçlarına ait grafikler.



(a)

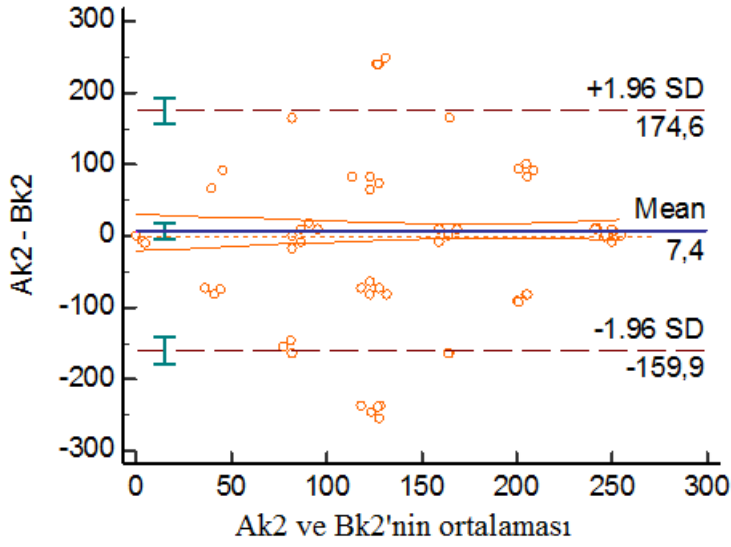


(b)

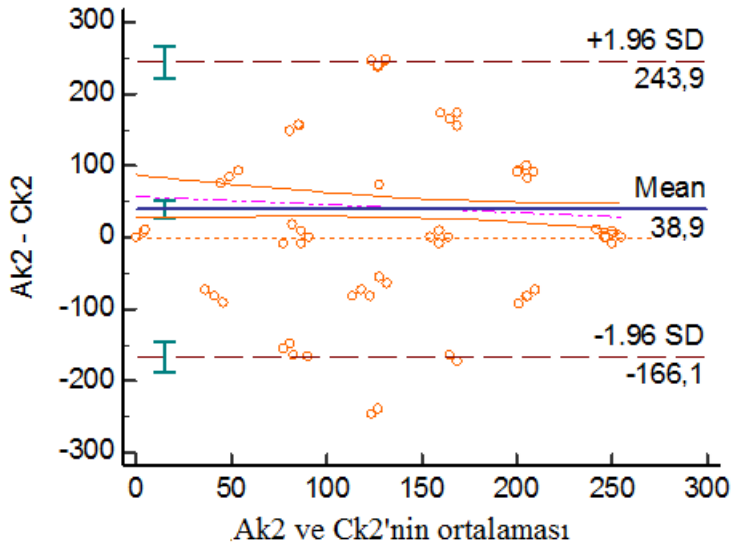


(c)

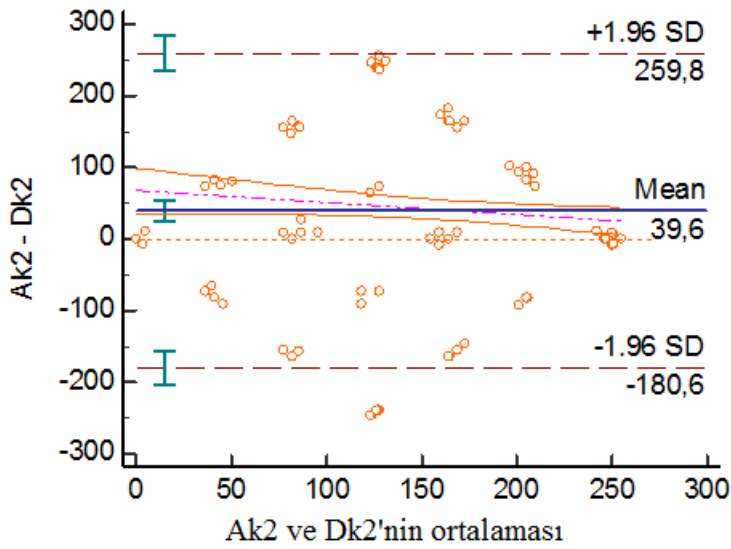
Şekil 4.5 Bland-Altman analizi sonucunda k1 değeri için ikili karşılaştırma sonuçlarına ait grafikler.



(a)







(b)



(c)

Şekil 4.6 Bland-Altman analizi sonucunda k2 değeri için ikili karşılaştırma sonuçlarına ait grafikler.

Çizelge 4.3 İncelenen görüntülere ait kalite kriterleri ve değerleri.

Görüntü	BRISQUE	NIQE	PIQE	χ^2 (Mevcut)	χ^2 (Önerilen)
	43.94	27.29	81.57	11527634,57	BEKLENEN
	43.86	23.71	82.93	11871187,01	71005866871,50
	43.46	34.14	86.06	12268312,50	78575269668,35
	43.53	67.89	88.18	12546216,53	139967266439,64

Literatür incelendiğinde görüntü kalitesinin belirlenmesi üzerine daha önce yapılan çalışmaların tümünde Ki-Kare ölçütü denklem 4.1' de verilmiştir.

$$\chi^2 = \sum_{k=1}^{256} \frac{(v_k - 256)^2}{256} \quad (4.1)$$

Burada k gri seviyelerin sayısıdır (256), v_k her gri seviyenin (0-255) gözlenen değer frekansdır ve her gri seviyenin beklenen değer frekansı 256' tür (Jolfaei ve Mirghadri 2011).

Bu çalışmayı orijinal kılan bir diğer özelliği ise referans bir görüntü söz konusu olduğunda yukarıda verilen formüle alternatif bir yaklaşımla hesaplamaya gitmesidir.

Daha önceki çalışmalarda ilgili görüntü matris formatına dönüştürülüp piksel değerlerinin 256'dan olan farkları (her bir piksel değeri için beklenen değer olarak 256 değeri alınmıştır. 256 değeri, beyaz renge karşılık geldiğinden herhangi bir pikselin renk içermesi durumunda beyazdan farkı dikkate alınmaktadır ki kendi içerisinde mantıklı bir yaklaşımdır).

İstatistik biliminde önemli bir yere sahip olan Ki-kare testi, gözlemlenen değerlere bağlı olarak hesapladığı beklenen değerleri dikkate alıp, gözlemlenen ve beklenen değerler arasındaki farka dayalı olarak test istatistiğini hesaplamaktadır. Bu çalışmada da bu mantık çerçevesinde referans bir görüntüye ait piksel değerlerini beklenen değerler olarak ele alıp, karşılaştırılacak olan görüntünün ilgili piksel değerlerini gözlemlenen değerler olarak ele alarak bu iki değer arasındaki fark dikkate alınmış ve test istatistiği hesaplanmıştır ki bu yaklaşım istatistik bilimi açısından da daha doğru bir yaklaşımdır. Çizelge 4.3' de verilen ve önerilen χ^2 değerleri bu yaklaşım sonucu elde edilmiş değerler olup, analiz sonuçları incelendiğinde, sırası ile B-C ve D görüntülerine ait piksel değerlerinin A görüntüsüne ait piksel değerlerinden farkına dayalı Ki-kare istatistiklerinin artmakta olduğu ve En klasik ölçüt olan PSNR sonuçları ve bu çalışmada görüntü kalitesini belirlemek amaçlı öne sürülen Bland-Altman metodu ile aynı sonucu verdiği görülmektedir. Görüntülerin matris formatına dönüştürülmesi ve her bir

piksel değerinin 0-255 arasında değer alması, bunun yanında matrislerin 256×256 boyutlarında olmasına bağlı olarak hesaplanan Ki-Kare test istatistiği değerleri oldukęa yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlar elde edilen bulguların istatistiki açıdan anlamlı olduğu sonucunu da ayrıca içermektedir.

Çizelge 4.3' de yer alan diğer kriterler referans bir görüntü söz konusu olmadığında başvurulan yaklaşımlar olup ilgili kriterlere ait değerler incelendiğinde, Piqe değerleri dışında Brisque ve Niqe değerlerinin her bir görüntü için hesaplanmış bağımsız değerler olmakla birlikte referans olarak alınan görüntü için hesaplanan bir değerlerin bile duruma göre bundan türetilmiş görüntülerden elde edilen değerlerden daha kötü sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu alışma için kullanılması doğru bir yaklaşım olmamakla beraber hesaplanan değerler bakımından incelendiğinde bu kriterlerden sadece Piqe değerlerinin bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralellik gösterdiği ve buna bağlı olarak diğer çalışmalarda tercih edilmesi tavsiye edilebilir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Son yıllarda teknolojideki hızlı gelişmeler, veriye verilen önemin ve sağlıklı veri analizinin öneminin artmasına bağlı olarak istatistik bilimine verilen önemin de arttığını görmek, istatistikçiler için sevindirici bir durumdur. Ancak istatistik bilgisi yeterli olmayıp teknolojiyi iyi kullanabilen araştırmacıların elde ettikleri bilgi kalitesinin artırılmasında alanında iyi bir istatistikçinin varlığı büyük önem arz etmektedir. Görüntü işleme ve görüntü kalitesinin belirlenmesi amacıyla her ne kadar farklı birçok istatistiksel teknik ve yaklaşımdan yararlanılsa da farklı bakış açılarına bağlı olarak yeni yaklaşımların geliştirilmesi daha kolay uygulanabilir, maliyeti daha az, sağlıklı tahmin ve sonuçların elde edilmesine sebep olacaktır. Bu noktada farklı yaklaşımların geliştirilmesi konusunda istatistikçilere de büyük görevler düşmektedir. Görüntü kalitesinin belirlenmesinde yaygın olarak Tepe Sinyal Gürültü Oranı (TSGO), Normalleştirilmiş Çapraz Korelasyon (NÇK), Normalleştirilmiş Mutlak Hata (NMH), Yapısal İçerik (Yİ), Hata Kareler Ortalaması (HKO), Maximum Fark (MF), Ortalama Fark (OF) gibi kriterler dikkate alınmaktadır. Bu çalışmada da görüntüler arasındaki uyum incelenerek orijinal görüntüye en yakın görüntünün belirlenmesi amaçlanarak bu kriterlere alternatif bir yaklaşım sunulmaya çalışılmıştır.

Farklı ölçümlerden elde edilen gözlem değerlerine ilişkin ikili karşılaştırmalar İstatistiksel olarak uyuma ve ilişkiye yönelik karşılaştırmalar olarak ayrılabilir. İki farklı ölçüm arasındaki ilişkinin yüksek olması ikisinin birbirine çok benzer olduğu anlamına gelmeyeceği gibi, birbirine çok benzeyen ölçümler arasındaki ilişkinin de her zaman yüksek çıkmasını beklemek doğru olmayacaktır. Zira ele alınan değişkenler arasındaki ilişki araştırılırken kullanılan birçok ilişki katsayısı bile ilişkinin doğrusal olduğu varsayımına dayanarak hesaplamaları gerçekleştirmekte doğrusal olmayan ilişkiler söz konusu olduğunda yanlış çıkarımlara sebep olmaktadır.

Önerilen Bland-Altman metodu, mevcut iki ölçüm arasındaki uyumu karşılaştırmak amaçlı daha çok klinik araştırmalarda kullanılan istatistiksel bir yaklaşımdır. Bu metot ayrıca ele alınan ölçümlerin ortalama farklarının grafiğini çıkararak görsel karar vermeye yardımcı bir metottur. Bu metodun karşılaştırma yaparken iki teknikten birisini

referans olarak ele alması bu çalışmada karşılaştırılan görüntülerin referans bir görüntüyle karşılaştırılması açısından da benzerlik göstermektedir.

Analiz sonuçları Bland-Altman yöntemi sonucunda elde edilen bulguların klasik yöntemlerle örtüştüğünü, dolayısıyla bu yöntemin de orijinal görüntü ile karşılaştırma yaparak görüntü kalitesini belirlemede kullanılabilecek alternatif bir yöntem olduğunu göstermektedir.

İstatistiksel olarak gözlenen değerlerin beklenen değerlerden farkının alınması temeline dayalı Ki-Kare testi uygulanırken bu çalışmada literatürdeki diğer çalışmaların aksine test istatistiğinin hesaplanmasında referans görüntüye ait değerler beklenen değerler olarak ele alınmıştır. Bu bağlamda literatürde yer alan yaklaşıma alternatif olarak öne sürülen Ki-Kare test istatistiğinden elde edilen sonuçların Bland-Altman yaklaşımını destekleyici doğrultuda olması da bu çalışma açısından önemli bulgulardan birisidir.

Çalışmada elde edilen önemli sonuçlardan birisi ise, referans istemeyen görüntü kalite metriklerinden Piqe değerlerinin diğer metriklere ait değerlere göre en iyi sonucu vermesidir. Bu bağlamda referans gerektirmeyen görüntülerin karşılaştırılmasında bu çalışmadan elde edilen bulgulara bağlı olarak diğer kriterlere nazaran Piqe değerinin kullanılmasının daha gerçekçi değerler vereceği söylenebilir.

Yapılan bu çalışmanın literatüre en büyük iki katkısından birisi, karşılaştırılacak görüntülerin rassal olarak seçilen bir satırındaki piksellere ait sayısal değerleri alması (işlem hacmi ve zaman tasarrufu olarak değerlendirilebilir) diğeri ise daha önceden kullanılmamış olan Bland-Altman Metodu ile mevcut görüntüler arasındaki uyuma karar vermesidir. Bu bağlamda çalışmanın gelecekte yapılacak çalışmalara katkı sağlaması ümit edilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Amin R A, 2018, A Content-Based Web Image Retrieval System for Person Identification Structured on The Ssm, Psnr and Snr, Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Siirt.
- Asokan A, Anitha J, Ciobanu M, Gabor A, Naaji A, Hemanth D J, 2020, Image Processing Techniques for Analysis of Satellite Images for Historical Maps Classification an Overview, Mdpi Journal, 4207, 1–21.
- Aytan A E, Öztürk Y, Örgen E K, 1993, Görüntü İşleme, İ.Ü. Diş Hekimliği Dergisi, 27, 273–277.
- Balakrishkan A V, Mazumdar R R, 2010, On Powers of Gaussian White Noise, 57, 1–10.
- Bland J M, Altman D G, 1999, Measuring Agreement in Method Comparison Studies, Statistical Methods in Medical Research, 8, 135–160.
- Bland J M, Altman D G, 1986, Statistical Methods for Assessing Agreement Between Two Methods Of Clinical Measurement, Lancet, I, 307–10.
- Boyat A K, Joshi B K, 2015, A Review Paper: Noise Models In Digital Image Processing, Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ), 6, 63–75.
- Borujeni E S, Eshghi M, 2013, Chaotic Image Encryption System Using Phase-Magnitude Transformation and Pixel Substitution, Telecommun 52, 525–537.
- Brandao T, Queluz M P, 2008, No-Reference Image Quality Assessment Based on Dct-Domain Statistics, Signal Processing, 88, 822–833.
- Brunet D, Vass J, Vrscay E R, Wang Z 2012, On The Mathematical Properties of The Structural Similarity Index, IEEE Transactions on Image Processing, 21, 2324–2328.
- Burger W, Burger M J, 2016, Digital Image Processing An Algorithmic Introduction Using Java, Springer, 791p, Verlag London.

- Çayırılı M, 2006, Yanma Olayının Modellenmesi ve Görüntü İşleme Yoluyla Yanma Performansının Optimizasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 69s, Isparta.
- Çevik K K, Çakır A, 2011, Görüntü İşleme Yöntemleriyle Araç Plakalarının Tanınarak Kapı Kontrolünün Gerçekleştirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 31–38.
- Charrier C, Saadane A, Maloigne C F, 2016, Comparison of No-Reference Image Quality Assessment Machine Learning-based Algorithms on Compressed Images, Hal Archives-Ouvertes.
- Chow L S, Rajagopal H, 2017, Modified-BRISQUE As No Reference Image Quality Assessment for Structural MR Images. Magnetic Resonance Imaging, 43, 74–87.
- Demirbaş H Y, Dursun İ, 2006, Buğday Tanelerinin Bazı Fiziksel Özelliklerinin Görüntü İşleme Tekniğiyle Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13, 176–185.
- Dosselmann R, Xue Dong Y, 2009, A Comprehensive Assessment Of The Structural Similarity Index, Signal, Image and Video Processing, 5, 81–91.
- Dougherty G, 2010, Digital Image Processing for Medical Applications, Cambridge University Press, 447p, United States of America, New York.
- Edizer E, 2006, Sayısal Görüntü İşleme Yöntemi İle Tane Boyut Dağılımı Analizi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 254s. Adana.
- Egiazarian K, Astola J, Ponomarenko N, Lukin V, Battisti F, Carli M, 2006, A New Full-Reference Quality Metrics Based On Hvs, in Proc, Second International Workshop on Video Processing and Quality Metrics, Scottsdale, 4p. USA.
- Erkan U, Thanh D H N, Enginoğlu S, Memiş S, 2020, Improved Adaptive Weighted Mean Filter for Salt and Pepper Noise Removal, Proc. of The 2nd International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering (ICECCE), 12–13 June 2020, Istanbul, Turkey.
- Eskicioglu A M, Fisher P S, 1995, Image Quality Measures and Their Performance, IEEE Transactions On Communications, 43, 2959–2965.

- Gabarda S, Cristobal G, 2007, Blind Image Quality Assessment Through Anisotropy, *JOSA*, 24, B42–B51.
- Genç Y, Sertkaya D, Demirtaş S, 2003, Klinik Araştırmalarda İki Ölçüm Tekniğinin Uyumunu İncelemede Kullanılan İstatistiksel Yöntemler, *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 56, 1–6.
- Gençer Y, 2020, Mustafa Kemal Atatürk'ün Sözsüz İletişim Yönetimi, *Egemia Ege Üniversitesi İletişim Fakültesi Medya Ve İletişim Araştırmaları Hakemli E-Dergisi*, 6, 39–69.
- Gonzalez R C, Woods R, 2008, *Digital Image Processing*, Prentice-Hall, 943p, International Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Gorley P, Holliman N, 2008, Stereoscopic Image Quality Metrics and Compression. In *Stereoscopic Displays and Applications XIX*; International Society for Optics and Photonics: San Jose 6803p. 680305. CA, USA.
- Gull S F, Skilling J, 1984, Maximum Entropy Method in Image Processing, *IEE Proceedings*, 131, 646–659.
- Guo Y, Ashour A (Ed), 2019, *Neutrosophic Set in Medical Image Analysis*, Academic Press, 370p, United States.
- Hanhart P, Bernardo V M, Pereira M, Pinheiro A M G, Ebrahimi T, 2015, Benchmarking of Objective Quality Metrics for HDR Image Quality Assessment, *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 1–18.
- Harikiran J, Saichandana B, Divakar B, 2010, Impulse Noise Removal in Digital Images, *International Journal of Computer*, 10, 39–42.
- Hemanth D J, Gupta D, Balas E V (Ed.), 2019, *Intelligent Data Analysis for Biomedical Applications*, Academic Press, 294p, United States.
- Hollis S, 1996, Analysis of Method Comparison Studies, *Ann Clin Biochem*, 33, 1–4.
- Huang T S, Schreiber W F, Tretiak O J, 1971, Image Processing, *Proceedings Of The Ieee*, 59, 367–390.

- Ibrahim H, Neo K C, Teoh S H, Ng T F, Chieh D C J, Fakhuruddin N, Hassan N, 2012, Impulse Noise Model and Its Variations, *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, 4, 647–650.
- Jahne B, 2002, *Digital Image Processing Fifth Edition*, Springer, 598s, Germany.
- JeelanBasha S, Saranya M, AmruthaVarshini P, Sahithi N, Sravani P, 2019, Image Quality Assessmentbased On Niqe, Piqe, Glcm, And Lbp Using Svm, *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 6, 159–163.
- Jolfae A, Mirghadri A, 2011, Image Encryption Using Chaos and Block Cipher, *Computer and Information Science*, 4, 172–185.
- Joshi A, Boyat A, Joshi B K, 2014, Impact of Wavelet Transform and Median Filtering on Removal of Salt and Pepper Noise in Digital Images, *IEEE International Conference on Issues and Challenges in Intelligant Computing Teachniques*, Gaziabad.
- Kahdum A I, 2008, Image Steganalysis Using Image Quality Metrics (Structural Contant Metriscs), *Hartham J. For Pure Appl. SCI*, 21, 24–31.
- Kuo M S, Lee H B, Tian W, 2006, *Introduction to Digital Image Processing, Real-Time Digital Signal Processing*, 579–626.
- Lewis L P, 2009, Fast Normalized Cross-Correlation, *Proceedings of Vision Interface, Circuits Systems and Signal Processing*, 120–123.
- Lyons E C, 1977, *Digital Image Processing*, in *Overview Computer*, 10, 12–14.
- Maity A, Pattanaik A, Sagnika S, Pani S, 2015, A Comparative Study on Approaches to Speckle Noise Reduction in Images, In *International Conference on Computational Intelligence and Networks*, IEEE, 148–55.
- Maity A, Chatterjee R, 2017, Impulsive Noise in Images: A Brief Review, *ACCENTS Transactions on Image Processing and Computer Vision*, 4, 6–15.
- Memon F, Unar A M, Memon S, 2015, Image Quality Assessment for Performance Evaluation of Focus Measure Operators, *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology*, 34, 379–386.
- McFarlane M.D. 1972, Digital Pictures Fifty Years Ago. *Proc. IEEE*, 60, 768–770, 2

- Millman S, Casimir H B G, 1985, A History of Engineering and Science in the Bell System, *Physics Today*, 38, 117–118.
- Moorthy A K, Bovik A C, 2010, A Two-Step Framework For Constructing Blind Image Quality İndice, *IEEE Signal Processing Letters*, 17, 513–516.
- Mittal A, Moorthy A K, Bovik A C, 2012, No-Reference Image Quality Assessment in the Spatial Domain, *IEEE Transactions on Image Processing*, 21, 4695–4708.
- Mittal A, Soundararajan R, Bovik A C, 2013, Making a Completely Blind Image Quality Analyzer, *IEEE Signal Processing Letters*, 20, 209–212,
- Norouzi B, Seyedzadeh M S, Mirzakuchaki S, Mosavi M R, 2014, A Novel Image Encryption Based on Hash Function with Only Two-Round Diffusion Process, *Multimedia Systems*, 20, 45–64.
- Ocakçı M, Bostancı S H, 2009, Kent Siluetlerine İlişkin Tasarım Niteliklerinin Entropi Yaklaşımı ile Değerlendirilmesi, *İTÜ Dergisi*, 2, 27–36.
- Önder M, Uzun M M, Ulaşan F, Saygılı H, 2020, Yapay Zeka Stratejileri ve Türkiye, *ULİSA*, 1–55.
- Owotogbe J S, Ibiyemi T S, Adu B A, 2019, A Comprehensive Review On Various Types of Noise in Image Processing, *International Journal of Scientific & Engineering Research* 10, 388–393.
- Rao Y R, Prathapani N, Nagabhooshanam E, 2014, Application of Normalized Cross Correlation To Image Registration, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3, 12–16.
- Saraçlı S, Çelik H E, 2012, Metot Karşılaştırma Çalışmalarında Bland-Altman ve Tip II Regresyon Analizinin Karşılaştırılması, *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2, 11–14.
- Saravanan M, Prabhu T, Kumar S A, Jagadesh M, 2017, Analysis and Implementation of Mean, Maximum and Adaptive Median for Removing Gaussian Noise and Salt & Pepper Noise in Images, *European Journal of Applied Sciences*, 9, 239–242.

- Schulte S, Nachtegaele M, Witte V D, Weken D V, Kerre E E, 2006, A Fuzzy Impulse Noise Detection and Reduction Method, IEEE Transactions On Image Processing, 15, 1153–1162.
- Sharifi K, Leon Garcia A, 1995, Estimation of Shape Parameter for Generalized Gaussian Distributions in Subband Decompositions of Video, IEEE Trans, Circuits Syst, Video Technol, 5, 52–56.
- Shinde B S, 2011, The Origins of Digital Image Processing & Application Areas in Digital Image Processing Medical Images, IOSR Journal of Engineering, 1, 66–71.
- Shoyab M, Shawal S, Begum S, 2014, International Journal of Chemical and Process Engineering Research, 1, 98–108.
- Solomon C, Breckon T, 2011, Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab. Wiley-Blackwell. 355p, USA.
- Sontakke M D, Kulkarni M S, 2015, Different Types Of Noises In Images and Noise Removing Technique, International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science, 3, 102–115.
- Stein M L, 1999, Interpolation of Spatial Data: Some Theory for Kriging. Springer Series in Statistics. Springer, 40p, Germany.
- Suentens P, 2017, Introduction to Digital Image Processing, Fundamentals of Medical Imaging, 1–14.
- Şengür A, Türkoğlu İ, İnce M C, 2009, Endoskopik Görüntülerin Değerlendirilmesinde Görüntü İşleme Temelli Akıllı Bir Karar Destek Sistemi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 15, 33–42.
- Teng L, Li H, 2019, CSDK: A Chi-Square Distribution-Kernel Method for Image Denoising Under The Internet of Things Big Data Environment, International Journal of Distributed Sensor Networks, 15, 1–16.
- Tyagi T, 2018, Understanding Digital Image Processing, CRC Press, 365p, USA.

- Verma R, Ali D J, 2013, A Comparative Study of Various Types of Image Noise and Efficient Noise Removal Techniques, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3, 617–22.
- Venkatanath N, Praneeth D, Maruthi Chandrasekhar B, Sumohana S C, Swarup S M, 2015, Blind Image Quality Evaluation Using Perception Based Features, *Twenty First National Conference on Communications (NCC)*, 1–6.
- Vernon D, 1991, *Machine Vision Automated Visual Inspection and Robot Vision*, Prentice Hall International, 255p, England.
- Yaman K, Sarucan A, Atak M, Aktürk N, 2001, Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme Ve Arama Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama, *Gazi Üniversitesi Mimarlık ve Mühendislik Dergisi*, 16, 19–40.
- Yıldız N, 2010, Görüntü İşlemenin Dünü, Bugünü ve Geleceği, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 440, 11–16.
- Yoo J C, Han T H, 2009, Fast Normalized Cross-Correlation. *Circuits, Systems and Signal Processing*, 28, 819–843.
- Young I T, Gerbrands J J, Vliet L J, 1995, *Fundamentals of Image Processing*.
- Zhang L, Zhang L, Mou X, Zhang D, 2012, A Comprehensive Evaluation of Full Reference Image Quality Assessment Algorithms, in *Proc. ICIP*, 1477–1480.
- Zhu J, Zhang E, Del RioTsonis K, 2012, *Eye Anatomy*, ELS, John Wiley & Sons Ltd, Chichester; Steinberg, RH *Retina-pigment Epitel Venöral Retina*. *Doc. Ophthalmol*, 60, 327–346.
- Zischinsky T, Dorffner L, Rottensteiner F, 2000, Application of A New Model Helicopter System in Architect Photogrammetry, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS)*, 33, 959–965.
- Wang Z, Bovik A C, Sheikh H R, Simoncelli E P, 2004, Image Quality Assessment: From Error Visibility To Structural Similarity, *IEEE Trans. IP*, 13, 600–612.
- Wang Z, Simoncelli E P, Bovik A C, 2003, Multiscale Structural Similarity for Image Quality Assessment. *Conference Record of the Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 1398–1402.

Wang Z, Bovik A C, 2006, Modern Image Quality Assessment, Morgan & Claypool Publishers, 133p, United States of America.

İnternet Kaynakları

- 1- <http://engineersgarage.com/articles/image-processing-tutorial-applications>.
15/01/2021
- 2- <https://britannica.com/technology/image-processing>. 02/01/2021
- 3- <https://ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK65754/>
- 4- <https://isikoptik12.files.wordpress.com/2014/11/gc3b6z-anatomisi.pdf> 25/02/2021
- 5- <https://aps.org/publications/apsnews/200011/history.cfm>. 08/03/2021
- 6- http://brahimcayiroglu.com/Dokumanlar/GoruntuIsleme/Goruntu_Isleme_Ders_Notlari-1.Hafta.pdf
- 7- <https://webier.link/it5hg>. 01/05/2021
- 8- <https://de.mathworks.com/help/images/image-quality-metrics.html>. 04/03/2021
- 9- <https://learnopencv.com/image-quality-assessment-brisque/> 16/01/2021

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Şevkiye BABACAN
Doğum Yeri ve Tarihi :ISPARTA- 08/08/1997
Yabancı Dili :İngilizce
İletişim (Telefon/E-posta) :sevkiye_bbcn@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Gül Şehri Mesleki Anadolu Lisesi (2011-2015)
Lisans :Süleyman Demirel Üniversitesi (2015-2019)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi (2020-2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Yayımları (SCI ve diğer):

Babacan Ş, Kılıç İ, 2021, Görüntü İşlemede Görüntü Kalitesinin Belirlenmesi için Alternatif Bir İstatistiksel Yaklaşım: Bland-Altman Metodu, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 25, DOI: 10.19113/sdufenbed.898845.