

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YÖNTEMLERLE OLED/AMOLED EKRLANLARDAL
GÜÇ VERİMLİLİĞİNİN SAĞLANMASI

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDANUR USTABAŞ

OCAK 2024

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YÖNTEMLERLE OLED/AMOLED EKRLANLARDAL
GÜÇ VERİMLİLİĞİNİN SAĞLANMASI

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sedanur USTABAŞ

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Özge ONUR

ZONGULDAK

Ocak 2024

KABUL:

Sedanur USTABAŞ tarafından hazırlanan “Görüntü İşleme Tabanlı Yöntemlerle Oled/Amoled Ekranlarda Güç Verimliliğinin Sağlanması” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 19/01/2024

Danışman: Unvan Adı SOYADI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Üye: Unvan Adı SOYADI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Üye: Unvan Adı SOYADI (varsa)

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

....../....../20....

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Sedanur USTABAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YÖNTEMLERLE OLED/AMOLED EKRANLARDA GÜÇ VERİMLİLİĞİNİN SAĞLANMASI

Sedanur USTABAŞ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Özge ONUR

Ocak 2024, 93 sayfa

Günümüzde her geçen gün yaygınlaşan OLED (Organic Light-Emitting Diode-Organik Işık Yayan Diyot) / AMOLED (Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode-Aktif Matris Organik Işık Yayan Diyot) ekran teknolojileri, bu teknolojileri cihazlarında kullanan, bu ekranları gören ve deneyimleyen bireyler tarafından olumlu görüşlerle değerlendirilmektedir. Organik bileşenlerden oluşan OLED/AMOLED ekranlar içerisinde her pikselin kendine özgü ışık ürettiği elektrotlar yer alır.

OLED/AMOLED ekranların parlaklığının yüksek olması, görsel kalitesinin mükemmelliği, hafif ve esnek özelliği, iyi derecede kontrasta sahip olması, düşük seviyede güç tüketimi sağlaması tercih edilebilirliği açısından önemini artırmıştır. Bir cihazın enerji tüketimini önemli miktarda düşürmek için enerji tasarruflu ekranlara ihtiyaç vardır.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada 1024*1024 boyutunda OLED/AMOLED ekran görüntüleri üzerinde görüntü iyileştirme yöntemlerinden Histogram Eşitleme (HE-Histogram Equalization), Parlaklığı Koruyan İkili Histogram Eşitleme (BBHE- Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization), İkili Alt Görüntü Histogram Eşitleme (DSIHE- Dual Sub-Image Histogram Equalization), Kontrast Sınırlı Uyarlanabilir Histogram Eşitleme (CLAHE-Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), Parlaklık Ayarlama (AL- Adjusting Luminance), Doygunluk Ayarlama (AS- Adjusting Saturation) ve ekranın sol tarafını karartma olmak üzere görüntü işleme tabanlı yöntemler kullanılarak OLED/AMOLED ekranlarda enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Ayrıca, kullanılan yöntemlerle AMOLED ve OLED ekran görüntülerinde sağlanan enerji tasarrufu karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ekran görüntüleri görsel kalitesi, görüntü bozukluğu, aydınlık/karanlık oluşu ve orijinalinden uzaklaşma gibi kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, ekran görüntülerinde güç tasarrufunun sağlanmasında, dört görüntü içerisinde en düşük verim ortalama %3 olan doyguluk ayarlama yönteminde olurken, parlaklık ayarlama yönteminde ortalama %17 güç verimliliği elde edilmiştir. Diğer görüntü iyileştirme yöntemlerinde bazı görüntülerde bu yöntemler ilk uygulandığında verim sağlanırken bazı görüntülerde yöntemlere ek olarak parlaklık azaltma da uygulanarak verim sağlanmıştır. Bu açıdan enerji verimliliğinde en etkili yöntemin parlaklık ayarlama olduğu söylenebilir. Ancak, güç tasarrufunun sağlanabilmesi için kullanılan yöntemlere ek olarak parlaklık ayarı yapılan görüntülerde kararma olduğundan orijinalinden uzaklaştığı gözlemlenmiştir. Elde edilen ekran görüntüleri incelendiğinde görsel açıdan ise en kaliteli görüntülerin doyguluk ayarlama yönteminin uygulandığı görüntüler olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: OLED, AMOLED, enerji verimliliği, parlaklık, doyguluk

Bilim Kodu: 608.05.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ENSURING POWER EFFICIENCY ON OLED/AMOLED SCREENS WITH IMAGE PROCESSING BASED METHODS

Sedanur USTABAŞ

Zonguldak Bülent Ecevit University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Tuğba Özge ONUR

January 2024, 93 pages

OLED (Organic Light-Emitting Diode) / AMOLED (Active-Matrix Organic Light-Emitting Diode) display technologies, which are becoming more widespread today, are evaluated with positive opinions by individuals who use these technologies in their devices, see these screens, and experience them. OLED/AMOLED displays, which are made of organic components, contain electrodes where each pixel produces its own light.

OLED/AMOLED screens' high brightness, excellent visual quality, light and flexible features, good contrast, and low power consumption have increased their importance in terms of preferability. Energy-saving displays are needed to significantly reduce the energy consumption of a device.

ABSTRACT (continued)

In this study, it is aimed to save energy on OLED/AMOLED screens by using image processing-based methods such as HE (Histogram Equalization), BBHE (Brightness Preserving Bi Histogram Equalization), DSIHE (Dualistic Sub Image Histogram Equalization), CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), AL (Adjusting Luminance), AS (Adjusting Saturation) and dimming the left side of the screen, which are image enhancement methods on OLED/AMOLED screen images of 1024*1024 size. Additionally, the energy savings achieved in AMOLED and OLED screen displays were compared with the methods used. The results obtained were evaluated according to criteria such as visual quality of the screenshots, image distortion, lightness/darkness and distance from the original.

As a result, in providing power savings in screenshots, the lowest efficiency among the four images was in the saturation adjustment method, which was 3% on average, while an average of 17% power efficiency was achieved in the brightness adjustment method. In other image enhancement methods, efficiency was achieved in some images when these methods were first applied, while in some images, efficiency was achieved by applying brightness reduction in addition to the methods. In this respect, it can be said that the most effective method in energy efficiency is brightness adjustment. However, in images where brightness adjustment is applied in addition to the method used for energy saving, darkening has been observed, deviating from the original. When the resulting screenshots are examined, it can be said that the best quality images in terms of visibility are those in which the saturation adjustment method is applied.

Keywords: OLED, AMOLED, energy efficiency, brightness, saturation

Science Code: 608.05.00

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her anında desteğini esirgemeyen, başından sonuna kadar her aşamasında yol gösteren değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Tuğba Özge ONUR'a, her zaman değerli fikirlerini benimle paylaşan arkadaşım Merve Keser'e, yoğun çalışmalarım devam ederken sabırla kızım ile ilgilenen canım anneme, çalışmalarım sırasında beni motive ederek ümit veren babam ve abime, her konuda beni cesaretlendirip destek olan eşim Muhammer'e ve arkadaşlarım Şeyma Ekincioğlu ve Elif Hasibe Erdoğan'a manevi desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
 BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	 1
1.1 OLED TEKNOLOJİSİ	1
1.2 AMOLED TEKNOLOJİSİ.....	2
1.3 OLED/AMOLED EKRAN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ÖNEMİ	3
 BÖLÜM 2 OLED/AMOLED EKRAN LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	 7
2.1 DİJİTAL GÜÇ TASARRUFU (DPS- DIGITAL POWER SAVER) YÖNTEMİ.....	7
2.1.1 Dijital Güç Tasarrufu Yöntemi ve Matematiksel İfadeleri	8
2.1.1.1 Parlaklık Tahmini (LE-Light Estimation)	8
2.1.1.2 Küresel Parlaklık Kısıtlaması.....	8
2.1.1.3 Uyarlanabilir İçerik Ayarlaması.....	9
2.2 TON KORUYUCU PİKSEL KARARTMA YÖNTEMİ	9
2.2.1 Ton Koruyucu Piksel Karartma Yöntemi Matematiksel İfadeleri.....	10
2.3 YANMA POTANSİYEL BÖLGESİ(BPR-BURN-IN POTENTIAL REGION)	
TESPİT YÖNTEMİ.....	10

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.3.1 Yanma Potansiyel Bölgesi Tespit Yöntemi Matematiksel ifadeleri	11
2.3.1.1 Uzatılmış üstel bozulma (SED) İşlevini Kullanarak Yanma Potansiyel Piksellerini (BPP'leri) Hesaplama	11
2.3.1.2 Seviye Seti Bazlı Segmentasyonla Yanma Potansiyel Bölgelerinin (BPR) Tahmini.....	11
2.4 OPTİMUM HVS UYUMLU VE GÜÇ TASARRUFU SAĞLAYAN RENK DÖNÜŞÜMÜ(OPT- OPTIMAL HUMAN VISUAL SYSTEM-AWARE AND POWER- SAVING COLOR TRANSFORMATION) YÖNTEMİ.....	12
2.4.1 Optimum HVS Uyumlu ve Güç Tasarrufu Sağlayan Renk Dönüşümü Yöntemi Matematiksel İfadeleri.....	13
2.4.1.1 Düşük Güçlü Renk Dönüşümü.....	13
2.4.1.2 Optimum HVS Uyumlu ve Güç Tasarrufu Sağlayan Renk Dönüşümü Yöntemi (OPT)	14
2.5 AMOLED EKРАНLARIN ÇALIŞMA SÜRESİ GÖSTERGESİ VE GÜÇ TAHMİNİ YÖNTEMİ.....	15
2.5.1 AMOLED Ekranların Çalışma Süresi Göstergesi ve Güç Tahmini Yöntemi Matematiksel İfadeleri.....	16
2.5.1.1 Önceki Çalışmalarda (Piksel Seviye Güç Modeli, Kod Seviyeli Güç Modeli, Görüntü Seviye Güç Modeli) Kullanılan OLED Güç Modeli.....	16
2.5.1.2 Önerilen Yeni OLED Güç Modeli	16
2.6 PARLAKLIK VE DOYGUNLUK AYARLAMA (ALS- ADJUSTING LUMINANCE AND SATURATION) YÖNTEMİ	16
2.6.1 Parlaklık ve Doygunluk Ayarlama Yöntemi Matematiksel İfadeleri	17
2.6.1.1 İlgi Bölgesi (ROI) Soyutlaması Yapılarak Görüntüyü Griye Çevirme.....	17
2.6.1.2 İlgi Bölgesi (ROI) Soyutlaması Yapılarak Görüntü Yumuşatma	18
2.6.1.3 Maksimum Olmayan Bastırma.....	18
2.6.1.4 Çift Eşikleme.....	18
2.6.1.5 Histerisizle Kenar Takibi	18

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.6.1.6 İlgi Bölgesi (ROI) Olmayan Karartmaya Bağlı Olarak Parlaklık Ayarlama	19
2.6.1.7 İlgi Bölgesi (ROI) Olmayan Karartmaya Bağlı Olarak Doygunluk Ayarlama.	19
2.7 GÜÇ KISITLAMALI KONTRAST GELİŞTİRME (PCCE-POWER-CONSTRAINED CONTRAST ENHANCEMENT) YÖNTEMİ	19
2.7.1 Güç Kısıtlamalı Kontrast Geliştirme Yöntemi Matematiksel İfadeleri	20
2.7.1.1 Uyarlamalı Kontrast Geliştirme (ACE) Ağı.....	20
2.7.1.2 Kayıp Fonksiyonu	21
2.8 OLED GÖRÜNTÜ GÜÇ TASARRUFU İÇİN R-ACE AĞI YÖNTEMİ.....	21
2.8.1 OLED Görüntü Güç Tasarrufu için R-ACE Ağı Yöntemi Matematiksel İfadeleri .	22
2.9 MOBİL AMOLED EKRANLAR İÇİN KANAL BAĞIMLILIĞINA DAYALI YÜKSEK DOĞRULUK VE HIZLI GÜÇ MODELİ YÖNTEMİ.....	22
2.9.1 Mobil AMOLED Ekranlar İçin Kanal Bağımlılığına Dayalı Yüksek Doğruluk ve Hızlı Güç Modeli Yöntemi Matematiksel İfadeleri	23
2.10 OLED EKRANLAR İÇİN GÜÇ MODELLEME VE OPTİMİZASYON YÖNTEMİ25	
2.10.1 Piksel Seviyesi Modeli.....	25
2.10.2 Görüntü Seviyesi Modeli	26
2.10.3 Kod Seviyesi Güç Modeli	26
2.10.4 Yapılandırılmış Dönüşüm	26
2.10.5 Yapısal Olmayan Dönüşüm	27
2.10.6 OLED Ekranlar için Güç Modelleme ve Optimizasyon Yöntemi Matematiksel İfadeleri	27
2.10.6.2 Görüntü Seviyesi Modeli	28
2.10.6.3 Kod Seviyesi Güç Modeli	28
2.11 OLED'LER İÇİN DÜŞÜK YÜK UYARLAMALI GÜÇ TASARRUFU VE KONTRAST GELİŞTİRME (LAPSE- LOW-OVERHEAD ADAPTİVE POWER SAVİNG AND CONTRAST ENHANCEMENT) YÖNTEMİ	28
2.11.1 Parlaklığı Dönüştürme	28
2.11.2 Genel Dönüşüm Fonksiyonunun Seçimi	29
2.11.3 Düşük Yük Uyarlamalı Güç Tasarrufu ve Kontrast Geliştirme Yöntemi Matematiksel İfadeleri.....	29

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.11.3.1 Parlaklığın Dönüştürülmesi	29
2.11.3.2 Genel Dönüşüm Fonksiyonunun Seçimi	29
2.12 OLED/AMOLED EKРАНLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLE İLGİLİ LİTERATÜRDE YER ALAN GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YÖNTEMLERDEN BU TEZ ÇALIŞMASINDAKİ YÖNTEMLERİN FARKLARI	30
 BÖLÜM 3 OLED/AMOLED EKРАНLARDA GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI UYGULANAN YÖNTEMLER.....	 31
3.1 GÖRÜNTÜ İŞLEME	31
3.2 HİSTOGRAM EŞİTLEME (HE)	32
3.2.1 HE Yönteminin Matematiksel İfadesi	32
3.2.2 HE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	34
3.3 KONTRAST SINIRLI ADAPTİF HİSTOGRAM EŞİTLEME (CLAHE).....	35
3.3.1 CLAHE Yönteminin Matematiksel İfadesi	36
3.3.1.1 CLAHE Gri Tonlamalı Haritalama Süreci	36
3.3.2 CLAHE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	40
3.4 PARLAKLIĞI KORUYAN İKİLİ HİSTOGRAM EŞİTLEME (BBHE)	40
3.4.1 BBHE Yönteminin Matematiksel İfadesi	41
3.4.2 BBHE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	45
3.5 İKİLİ ALT GÖRÜNTÜ HİSTOGRAM EŞİTLEME (DSIHE)	45
3.5.1 DSIHE Yönteminin Matematiksel İfadesi	46
3.5.2 Çevrim Tabloları (LUTs) Dönüşümü	49
3.5.3 DSIHE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	49
3.6 PARLAKLIĞI AYARLAMA (AL) YÖNTEMİ.....	50
3.6.1 AL Yönteminin Matematiksel İfadesi	50
3.6.2 AL Yöntemi Avantaj ve Dezavantajları	52
3.7 DOYGUNLUĞU AYARLAMA (AS) YÖNTEMİ	53
3.7.1 RGB Renk Modeli	53
3.7.2 HSV Renk Modeli.....	54

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.7.3 RGB Renk Alanından HSV'ye Dönüştürme	55
3.7.4 HSV Renk Alanından RGB'ye Dönüştürme	57
3.8 EKRANIN SOL TARAFININ KARARTILMASI YÖNTEMİ	60
3.8.1 Ekranın Sol Tarafının Karartılması Yönteminin Matematiksel İfadesi	61
3.8.2 Ekranın Sol Tarafının Karartılması Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	62
3.9 GÖRÜNTÜNÜN GÜCÜ	62
3.9.1 Görüntü Gücünün Matematiksel İfadesi	63
 BÖLÜM 4 BULGULAR VE SONUÇLAR	 65
4.1 ELDE EDİLEN SONUÇLAR	65
 BÖLÜM 5 TARTIŞMA VE SONUÇ	 83
KAYNAKLAR	85
 ÖZGEÇMİŞ	 93



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 OLED Yapısı.....	1
Şekil 1.2 AMOLED ekran yapısı	3
Şekil 3.1 HE Algoritması.	34
Şekil 3.2 512*512 boyutundaki bir görüntünün 64 eş parça haline getirilmiş yapısı	36
Şekil 3.3 (a) IR grubu ve komşu bölgeleri, (b) (i, j) alanının ilk çeyreğindeki p ile ifade edilen piksel ve çevresindeki dört alanın merkezlerine göre durumu	37
Şekil 3.4 (a) BR grubu ve komşu bölgeleri (b) (i, j) alanının ikinci çeyreğindeki p ile ifade edilen piksel ve çevresindeki iki alanın merkezlerine göre durumu	38
Şekil 3.5 CR alanının sol üst kısmı ve komşuluk durumu	38
Şekil 3.6 CLAHE Algoritması	39
Şekil 3.7 BBHE Algoritması.....	44
Şekil 3.8 DSIHE Algoritması.....	48
Şekil 3.9 (a)Sayısal değerler (b)LUT (c)Dijital Görüntü.	49
Şekil 3.10 Renklerin siyahtan beyaza geçişini gösteren gri renk skalası	50
Şekil 3.11 AL Algoritması.	52
Şekil 3.12 RGB Renk Uzayı	53
Şekil 3.13 RGB Renk Küpü	54
Şekil 3.14 HSV Renk Uzayının Görüntü ve Yapısı	55
Şekil 3.15 Newton'un Renk Çemberi	56
Şekil 3.16 AS Algoritması.	59
Şekil 3.17 Ekranın sol tarafının karartılması yönteminin algoritması.	61
Şekil 4.1 (1) Orijinal 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü	65
Şekil 4.2 (1) BBHE uygulanan 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü	66
Şekil 4.3 (1) 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanan görüntü.	67
Şekil 4.4 (1) Orijinal Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.5 (1) BBHE uygulanan Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü	69
Şekil 4.6 (1) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanan görüntü.....	69
Şekil 4.7 (1) Orijinal LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsü	70
Şekil 4.8 (1) BBHE uygulanan LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsü	71
Şekil 4.9 (1) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanan görüntü.....	71
Şekil 4.10 (1) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü .	72
Şekil 4.11 (1) BBHE uygulanan LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü	73
Şekil 4.12 (1) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsüne AS(doygunluk ayarı) yöntemi uygulanan görüntü	74
Şekil 4.13 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü üzerinde görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri	75
Şekil 4.14 LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsü üzerinde görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri.	76
Şekil 4.15 Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü üzerinde, görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri.	77
Şekil 4.16 LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü üzerinde, görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri.....	78

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 a) 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü ve LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsü enerji tasarruflarının görüntü işleme tabanlı yöntemler kullanılarak karşılaştırılması.	75
Çizelge 4.2 b) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü ve LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü enerji tasarruflarının görüntü işleme tabanlı yöntemler kullanılarak karşılaştırılması.	77



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

V	: Volt
W	: Ağırlık Faktörü
CNT	: Bitişik piksellerin toplam sayısını hesaplama
SUM	: Ağırlıklı hesaplamanın sonucu
TH	: Benzer pikselin tanımını düzenleme yaparken kullanılan eşik değeri
Q	: Eşik değerine ulaşmak için kullanılan azaltma faktörü
m_o	: Küresel parlaklık kısıtlaması eğrisinde çıkış parlaklık yüzdesi
m_i	: Küresel parlaklık kısıtlaması eğrisinde giriş parlaklık yüzdesi
Cur_mean	: Küresel parlaklık
cur_luma	: Yerel parlaklık
ref_luma	: Yerel parlaklığın eşleme değeri
LocalRatio1	: Uyarlanabilir içerik ayarlaması eğrilerindeki eğim katsayısı
LocalRatio2	: Uyarlanabilir içerik ayarlaması eğrilerindeki eğim katsayısı
$I(j)$	: Giriş görüntüsü
$O(j)$	: Çıkış görüntüsü
μ	: Kaydırma katsayısı
λ	: Kaydırma katsayısı
$\omega(j)$	: Kaydırma katsayısı
k_j	: Ölçeklendirme katsayısı
t	: Görüntüdeki belirli bir kare
(x, y)	: Piksel konumu
$Lo(x, y, t)$	: t'inci karede piksel (x, y) 'de istenen çıkış parlaklığı
$L(x, y, t)$	: t'inci karede piksel (x, y) 'de gerçek çıkış parlaklığı
e	: Her cihaza bağlı olan uyum parametresi
β	: Her cihaza bağlı olan uyum parametresi
i	: Piksel indeksi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$N(x,y,i)$	: i. karedeki (x, y) pikselinin birim alanı başına tüketilen yüklerin sayısı
$V_R(x,y,t)$	: Kırmızı (Red) kanalın belirli bir konum ve zamandaki renk değeri
$V_G(x,y,t)$	: Yeşil (Green) kanalın belirli bir konum ve zamandaki renk değeri
$V_B(x,y,t)$	: Mavi (Blue) kanalın belirli bir konum ve zamandaki renk değeri
$I_c(x, y, i)$	: Renk kanallarından biri olan kırmızı, yeşil, mavi piksel yoğunluğu
T_1	: Deneysel olarak 300'e ayarlanan kayıtlı karelerin sayısı
$M*N$	: Görüntü boyutu
$\phi(x, y)$	: Seviye ayar fonksiyonu
θ	: Heaviside fonksiyonu
$m(t)_z$	: t karesinde z'inci kümedeki pikselin zamansal renk tutarlılığını ölçen renk varyansının ortalama değeri
E_t	: Enerji fonksiyoneli
L_0, a_0, b_0	: Orijinal renk
L', a', b'	: Belirli bir renk
h	: Dönüştürülmüş rengin yarıçapı
P_{pixel}	: Piksel gücü
$f(R), h(G), g(B)$	: Sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanallarının üç ayrı güç fonksiyonu
P_{panel}	: AMOLED ekran panelinin güç tüketimi
$P_{standby}$	: Bekleme durumundaki güç tüketimi
$P_{pixel,i}$	: Piksel gücü
ΔH	: Renk tonu farkı
ΔS	: Doygunluk farkı
P_{oled}	: OLED gücü
U	: OLED bileşeninin temel gücü
n	: Toplam piksel sayısı
$f(R_i)$	: R alt pikselinin güç tüketimi
$h(G_i)$	: G alt pikselinin güç tüketimi
$k(B_i)$	: B alt pikselinin güç tüketimi
B_z	: 0 -1 arası değişen parlaklık seviyesi
$\beta_R, \beta_G, \beta_B$	: Sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanallarının üç ayrı güç fonksiyonu
$e(R, G, B)$	: Belirli bir renk için bir çıkış değeri

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

a, b	: Deneysel olarak elde edilen sabitler
mw	: Milivat
P_{gray}	: Gri görüntü gücü
P_R, P_G, P_B	: Sırasıyla renkli bir pikselin kırmızı, yeşil ve mavi bileşenler
$I^{filtered}$	: Filtrelenen görüntü
W_p	: Normalleştirme faktörü
I	: Filtrelenecek olan orijinal giriş görüntüsü
x	: Filtrelenecek pikselin koordinatları
Ω	: x 'te ortalanan pencere
f_r	: Yoğunluk farkı olan kısımları yumuşatmak için kullanılan aralık çekirdeği
g_s	: Koordinatlardaki farklı olan kısımları yumuşatmak amacıyla kullanılan uzamsal çekirdeği
$P_{pixel}(S)$	: Pikselin orijinal parlaklığı
$f(R, G, B)$	: Üç renkli (R, G, B) piksel değerlerinin ağırlıklı toplamı
P'_{pixel}	: Pikselin parlaklığı azaltıldığında parlaklık ayarı
f	: Ağırlıklı toplam fonksiyonu
a	: 0-1 aralığındaki ayar ölçeği
J	: Derecelendirme düzenlemesinin sayısı
$\Delta s1$	: RGB'nin renk farkını önceden ayarlayan bileşeni
X	: Renk azaltma miktarı
R'	: Güç tasarruf oranı
P_{in}	: Giriş görüntülerinin toplam harcanan enerjisi
P_{dim}	: Karartılan görüntülerin toplam harcanan enerjisi
Y	: YUV renk uzayındaki parlaklığı
Y_i	: i 'inci pikselin Y bileşeninin yoğunluğu
g	: Parlaklık görüntüsü yoğunluğunu azaltma oranı
L_p	: Güç kaybı
L_s	: Benzerlik kaybı
L_c	: Kontrast kaybı
L_{total}	: Kayıp terimleri üzerinden ağırlıklı toplamı
$\lambda_p', \lambda_s', \lambda_c'$	: Her terimi inceleyen hiper parametreler

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

L_1, L_2	: Güç kayıpları
L_{SSIM}	: SSIM kaybı
y	: Parlaklık görüntüsü
$\hat{y}$	: ACE ağı tarafından üç kayıp fonksiyonunu optimize ederek üretilen yeni görüntü
y_s	: Güç ölçekli parlaklık
k_s	: Ölçeklendirme katsayısı
L_{power}	: Güç kaybı
$ R_{y_s} - R_y $	: Güç azaltma oranı arasındaki fark
L_{lc}	: Yerel kontrast kaybı
L_{gc}	: Küresel kontrast kaybı
λ_s	: SSIM kayıplarına verilen ağırlıklar
λ_p	: Güç kayıplarına verilen ağırlıklar
λ_{gc}	: Global kontrast kayıplarına verilen ağırlıklar
λ_{lc}	: Yerel kontrast kayıplarına verilen ağırlıklar
P_{AMOLED}	: AMOLED panelin gücü
I_{panel}	: Panel içerisinden geçen akım
V_{panel}	: Panelin gerilimi
C_p	: Ekran siyah iken panelin statik enerji tüketimi
$C_{I_{panel}}$	: Panelin siyah ekranda ölçülen statik akım tüketimi
$r_k(R_i)$	: Kırmızı renk kanalı üzerinden işlem yapan, k-inci renk kanalının değeri
$g_k(G_i)$	: Yeşil renk kanalı üzerinden işlem yapan, k-inci renk kanalının değeri
$b_k(B_i)$	: Mavi renk kanalı üzerinden işlem yapan, k-inci renk kanalının değeri
l	: Tahmin edilen gücün doğruluğu ile doğrudan ilgili olan doğruluk kontrol parametresi
$D_2(R_i, G_i, B_i)$	: İki kanal arasında daha doğru bir bağımlılığı dikkate alan yeni bir akım
$\alpha(R_i), (G_i)$	: R ve G kanalları arasındaki olabilecek bütün iki kanallı akım bağımlılıkları
$\beta(R_i), (B_i)$	: R ve B kanalları arasındaki olabilecek bütün iki kanallı akım bağımlılıkları
$\gamma(G_i), (B_i)$	: G ve B kanalları arasındaki olabilecek bütün iki kanallı akım bağımlılıkları
$a_k(R_i)$	: Her kanaldaki piksel değerini oluşturan hatalarla ilişkilendiren ifade

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$b_k(R_i)$	: Her kanaldaki piksel değerini oluşturan hatalarla ilişkilendiren ifade
$c_k(G_i)$	: Her kanaldaki piksel değerini oluşturan hatalarla ilişkilendiren ifade
d	: Doğruluk kontrol parametresi
$D_3(R_i, G_i, B_i)$	: Doğruluğu artırmak amacıyla R,G,B kanalları arasındaki bütün bağımlılıkları dikkate alan yeni terim
$z_k(R_i, B_i)$	: R ve B piksellerini G pikseli ile ilişkilendiren terim
$x_u(B_i)$	: B pikselini R pikseli ile ilişkilendiren terim
ξ	: Yeni oluşturulan doğruluk kontrol parametresi
P	: n pikseli bir OLED ekranın güç tüketimi
CI	: Ekranın piksel olmayan bölümü tarafından yapılan statik güce karşılık gelen sabiti
N	: Piksel numarası
y_i	: i'inci pikselin güç tüketimi
P_{object}	: GUI nesnesinin gücü
K	: Renklerin toplam sayısı
T	: Bir vektörün transpozu
T	: Dönüşüm fonksiyonu
I_i	: Giriş görüntüsü
I_o	: Çıkış görüntüsü
$Y_{i,j}$	: (i, j) konumundaki pikselin giriş parlaklık faktörü
$Y_{out,i,j}$	: (i, j) konumundaki pikselin çıkış parlaklık faktörü
a_0, a_1, a_2, a_3	: Gücü azaltan, kontrastı artıran katsayı parametreleri
F	: Panelin genişliği
H	: Panelin yüksekliği
$f(x,y)$	: İki boyutlu görüntü fonksiyonu
X	: Giriş görüntüsü
$X(i,j)$	: (i, j) konumunda olan görüntünün yoğunluğu
$p(X)$	: 'X' görüntüsü için olasılık yoğunluk fonksiyonu
n_k	: X_k 'nın giriş görüntüsünün piksel sayısı
n	: Görüntü X_k 'daki toplam piksel sayısı
$L-1$	: Maksimum seviye

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$c(x)$	: Kümülatif yoğunluk fonksiyonu
X_0	: X görüntüsü için sıfır seviyesi
X_{L-1}	: X görüntüsü için maksimum seviye
V	: Değer(parlaklık)
H	: Renk tonu
S	: Doygunluk
β_1	: Alan ebatının gri seviye değerine oranı
M_1	: Alan ebatı
N_1	: Gri seviye değeri
α_1	: 0 ile 100 arasında toplam histogramı belirten klip değişkeni
S_{max}	: İzin verilen maksimum eğim
p	: Piksel
$f(i,j)$	: Eşleme fonksiyonu
P_{yeni}	: Yeni oluşan 'p' pikseli
$P_{önceki}$	: Önceki 'p' pikseli
r ve s	: İki komşu bölgenin birbirine olan dikey uzaklığı
X_m	: 'X' görüntüsünün ortalaması
X_L ve X_U	: 'X' görüntüsünün alt görüntüleri
$X(i, j)$	: Görüntü yoğunlukları
$p_U(pdf_U)$	: ' X_U ' alt görüntüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu
X_k	: Gri seviyeleri
n_U^k	: X_U 'daki ilgili X_k sayıları
n_U	: X_U 'daki piksel sayısının toplamı
$p_L(pdf_L)$	: ' X_L ' alt görüntüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonu
n_L^k	: X_L 'deki ilgili X_k sayıları
n_L	: X_L 'deki piksel sayısının toplamı
$c_L(cdf_L)$	: X_L 'nin kümülatif yoğunluk fonksiyonu
$c_U(cdf_U)$	: X_U 'nin kümülatif yoğunluk fonksiyonu
f_L	: $c_L(cdf_L)$ ' yi kullanarak elde edilen dönüşüm fonksiyonu
f_U	: $c_U(cdf_U)$ ' yu kullanarak elde edilen dönüşüm fonksiyonu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

Y'	: BBHE görüntüsü
Y''	: DSIHE görüntüsü
$H1$ ve $H2$	: Giriş görüntüsü histogramları
$C1$ ve $C2$	: Kümülatif histogramlar
$C1n$ ve $C2n$	: Yeni parlaklık dönüşüm tabloları
X_D (D)	: Medyan değer
X_0	: Histogramın ilk başladığı seviye olan sıfır
X_e	: Ayrılan iki ayrı histogramın ya da ayrılan iki alt görüntünün ayrıldığı eşik noktası
n_k	: 'k' yoğunluk seviyesine ait piksel sayısı
k	: Yoğunluk seviyeleri
N_U	: X_U 'daki piksel sayısının toplamı
N_L	: X_L 'deki piksel sayısının toplamı
MAX	: RGB'ye ait renk değerlerinden maksimum
MIN	: RGB'ye ait renk değerlerinden minimum
C	: Kroma
H'	: Yeni oluşan renk tonu
Z	: Rengin ikinci en büyük ögesi için ara değeri
$H' \bmod 2$	: H' 'nin 2'ye bölümünden kalan
m_{RGB}	: En küçük değere sahip RGB bileşeni
Yeni_R	: RGB'ye ait yeni piksel değeri
Yeni_G	: RGB'ye ait yeni piksel değeri
Yeni_B	: RGB'ye ait yeni piksel değeri
(m,n)	: Frekans ya da dönüşüm değişkenleri
exp	: Fourier dönüşümündeki tüm $F(m,n)$ noktasına uyumlu asıl fonksiyonu
W_f	: Görüntü işleme teknikleri uygulanan görüntü
W_l	: Orijinal giriş görüntüsünün güç değeri
W	: Watt

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KISALTMALAR

ACE	: Uyarlanabilir Kontrast Geliştirme
AHE	: Uyarlanabilir Histogram Eşitleme
AL	: Parlaklık Ayarlama
ALS	: Parlaklık ve Doygunluk Ayarlama
AMOLED	: Aktif Matris Organik Işık Yayan Diyot
AS	: Doygunluk Ayarlama
BBHE	: Parlaklığı Koruyan İkili Histogram Eşitleme
BD	: Parlaklık Farkı Değeri
BLOB	: İkili Büyük Nesne
BPP	: Yanma Potansiyel Pikselleri
BPR	: Yanma Potansiyel Bölgesi
BR	: Sınır Bölgeleri
BSD	: Berkeley Yazılım Dağıtımı
BSDS	: Berkeley Segmentasyon Veri seti
CDF	: Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonu
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CLAHE	: Kontrast Sınırlı Uyarlanabilir Histogram Eşitleme
CNN	: Evrişimsel Sinir Ağı
CR	: Köşe Bölgeleri
CV	: Pikselin Zamansal Renk Tutarlılığını Ölçen Renk Varyansı
DPS	: Dijital Güç Tasarrufu
DSIHE	: İkili Alt Görüntü Histogram Eşitleme
EME	: İyileştirme Ölçüsü
FcPR	: Güç Başına FSIMc Oranı
FPR	: Güç Başına FSIM Oranı
FSIM	: Özellik Benzerliği Ölçüsü
FSIMc	: Renkli Görüntüler İçin Özellik Benzerliği Ölçümü
GUI	: Grafik Kullanıcı Ara yüzü
HE	: Histogram Eşitleme

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

HSD	: Ton Doygunluğu Mesafesi
HSDPR	: Ton Doygunluğu, Mesafe ve Güç Oranı
HSV	: Ton Doygunluk Değer
HVS	: İnsan Görsel Sistemi
IR	: İç Bölgeler
LAPSE	: Düşük Yük Uyarlamalı Güç Tasarrufu Ve Kontrast Geliştirme
LCD	: Sıvı kristal ekran
LE	: Parlaklık Tahmini
LIVE	: Görüntü ve Video Mühendisliği Laboratuvarı
LUT	: Arama Tablosu
MAX	: RGB'ye ait renk değerlerinden maksimum
MIN	: RGB'ye ait renk değerlerinden minumum
NDE	: Normalleştirilmiş Ayrık Entropi
OLED	: Organik Işık Yayan Diyot
OPT	: Optimum HVS Uyumlu Ve Güç Tasarrufu Sağlayan Renk Dönüşümü
PCCE	: Güç Kısıtlamalı Kontrast Geliştirme
PDA	: Kişisel Dijital Asistan
PDF	: Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
QLED	: Kuantum Nokta Işık Yayan Diyot
QVGA	: Çeyrek Video Grafikleri Dizisi
R-ACE	: Artık uyarlamalı kontrast geliştirme
RGB	: Kırmızı yeşil mavi
ROI	: İlgi Bölgesi
SED	: Uzatılmış Üstel Bozulma
SP	: Benzerlik Pikseli
SPR	: Güç Başına SSIM Oranı
SSIM	: Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçüsü
SSIM_{OVERVALL}	: Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçüsü Genel Değeri
TFT	: İnce Film Transistör
TV	: Toplam Varyasyon
VIF	: Görsel Bilgi Kesinliği

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

VSI	: Görsel Belirginlik İndüklenmiş İndeks
WQHD	: Geniş Dörtlü HD
WXGA	: Geniş Ekran Genişletilmiş Grafik Dizisi Gösterimi
YUV-YCbCr	: Y, Luma (Parlaklık),U, Chroma Blue (Mavi Renk),V, Chroma Red (Kırmızı Renk)



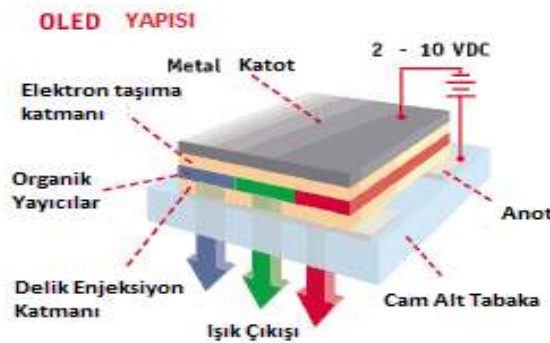
BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 OLED TEKNOLOJİSİ

Ekran teknolojilerinin günlük yaşantımızda önemli bir yeri vardır. Televizyon, laptop, mobil telefon, tablet, reklam panoları vb. donanımsal sistemlerdeki ekranlar, görsel detayları görmemize imkan verir. Çözünürlük, kontrast oranı, renk doğruluğu, ekran boyutu, tepki süresi ve günümüzde üzerinde durulan enerji tasarruflu bir ekran olması, ekran seçiminin önemli kriterleridir. Bu faktörlere dikkat ederek OLED, AMOLED, QLED vb. ekran çeşitleri tercih edilebilir (URL-1 2023).

OLED'ler, elektrik kullanarak ışık üretmek için iki elektrot arasında iletken bir yayıcı katmanı olan, katı hal yarı iletken teknolojidir (Sain ve ark. 2020). OLED'in üretim süreci basittir. OLED'e farklı açılardan ve arka ışıktan bakıldığında daha az bozulmaya sahiptir. Böylece OLED ekranlar kompakt bir ekrana sahip olmaktadır (Dhyani ve Bisht 2016). OLED teknolojisi deliklerin ve elektronların yeniden birleşimi yoluyla ışık üretir. OLED cihaza voltaj uygulandığında katottan elektronlar, anottan ise delikler enjekte edilir. Elektronlar deliklere ulaştığında ışık şeklinde enerji ortaya çıkarır (Kunić ve Šego 2012). Her bir OLED elemanı ışık yayma yeteneğine sahip olduğundan OLED'ler, arka ışık olmaksızın her bir elemana farklı bir akım vererek ışığı kontrol altına alabilir (Kim ve ark. 2018). OLED ekranlar 2-10 V gibi çok az güce ihtiyaç duyar.



Şekil 1.1 OLED Yapısı (URL-2 2023).

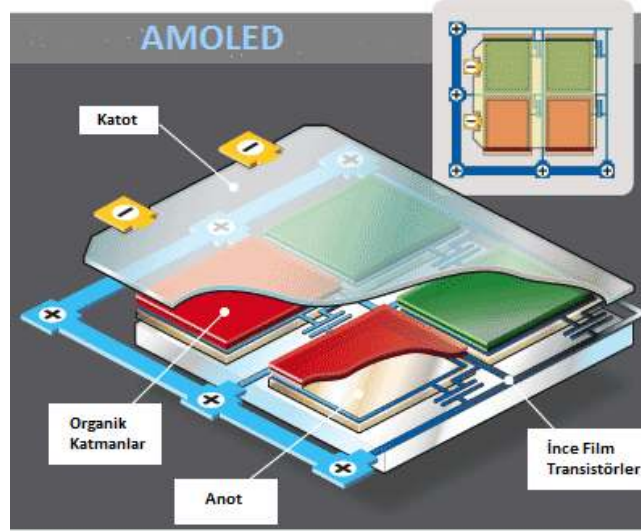
OLED yapısında kırmızı, yeşil, mavi veya beyaz ışık yayan malzemeler kullanılır (Dhyani ve Bisht 2016). OLED cihazlar neredeyse her açıdan izlenebilen, parlaklığı yüksek, düşük oranda enerji tüketen, kontrastı iyi cihazlar olmakla birlikte aynı zamanda çok renkli ışık yayarlar. Mekanik yüklere karşı direnç gösterirler. Kapsamlı bir çalışma sıcaklık mesafesine ve yeterli kullanım ömrüne sahiptirler (Kunić ve Šego 2012).

OLED'lerin bir diğer özelliği oldukça ince bir film yapısı içermeleridir. Bu şekilde, OLED'ler daha parlak ışık üretebilirler; üretilen fotonların çoğunluğu, düzlemsel fonksiyonel filmler arasındaki kırılma indisi farkından dolayı cihazın içinde tutulur (Zou ve ark. 2020).

OLED'lerin kullanıldığı alan oldukça fazladır (Kunić ve Šego 2012). Örneğin; görüntü kalitesi ve güç tüketimi açısından mükemmel performansı sayesinde televizyon ekranları, bilgisayar monitörleri, cep telefonları, PDA'lar (Personal Digital Assistant- Kişisel Dijital Asistan) gibi avuç içine sığabilecek boyutta olan cihazlarda dijital ekran meydana getirmek için kullanılır (Dhyani ve Bisht 2016). Ayrıca son dönemde OLED cihazlar iç mekan aydınlatması, dijital kameralar gibi çeşitli tüketici elektroniği cihazlarında görüntü ekranı olarak kullanılmaya başlanmıştır (Zou ve ark. 2020).

1.2 AMOLED TEKNOLOJİSİ

AMOLED'ler yapısında anot,katot ve organik bileşen olmak üzere eksiksiz katmandan oluşan bir OLED türüdür. Anot katmanları ince film transistörlerinden (TFT- thin film transistor) oluşmaktadır. Gerektiğinde her pikselin açılıp kapanmasını ve böylece bir görüntü oluşmasını sağlar. Piksellere gerek kalmadığı durumlarda kapanır veya AMOLED ekran siyah olarak görünür. Dolayısıyla güç tüketiminde en az olan türdür ve hızlı yenileme özelliğine sahiptir (Sain ve ark. 2020).



Şekil 1.2 AMOLED ekran yapısı (Altaş 2019).

OLED ekranlarda olduğu gibi AMOLED ekran teknolojisinde de her pikselden renkli ışık üretilir. Böylece, arka ışık kaynağından gelen ışığı filtreleyen LCD ekranlardan kontrastı daha iyi olur. AMOLED ekranlar, ekranın renkleri kontrol edebilmesini sağlamak için her piksele ek olarak bir transistör ve kapasitör ekler. Böylece güç tüketiminin kontrol edilmesine imkan tanır (Collins ve ark. 2023).

AMOLED'ler bilgisayar monitörleri, reklam panoları, büyük televizyon ekranları gibi yerlerde en iyi kullanıma sahiptir (Kunić ve Šego 2012). Ayrıca yeni akıllı telefonlarda, tabletlerde ve giyilebilir cihazlar gibi pil ömrü sınırlı olan mobil cihazlarda kullanımı artmaktadır. AMOLED ekran, görüntüdeki piksellerin ince ayarını yapabilir, yani her pikselin bağımsız şekilde kontrolünü sağlayarak ekran tasarımı ve görüntü kalitesi açısından daha ince ve hassas ayarlamaların yapılabilmesine imkan tanır. AMOLED ekranda görüntü içeriği görüntülenirken çözünürlüğe göre değişiklik gösterir ve esnek bir görüntü sunar (Kim ve ark. 2018).

1.3 OLED/AMOLED EKRAN ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN ÖNEMİ

Güç tüketimi, pil ve termal açıdan kısıtlı mobil gömülü sistemler için önemli bir engeldir. Ekranların mobil sistemlerde çok fazla güç kaybına neden olduğu bilinmektedir (Dong ve Zhong 2012). OLED'ler, özellikle mobil sistemlerde giderek daha yaygın hale gelmektedir; bu ekran panellerinin ana özelliklerinden biri, enerji tüketiminin ekrana yansıtılan görüntüye oldukça bağlı olmasıdır (Pagliari ve ark. 2018). Bu nedenle çalışan herhangi bir uygulamanın ekran güç tüketimini tahmin etmek için ekran içeriği her güncellendiğinde ekrandaki renk

değişikliklerinin, yani gücün dinamik olarak algılanması gerekir (Kim ve ark. 2013). OLED ekran içerisindeki her bir piksel, sıralı olarak kırmızı, yeşil ve mavi tamamlayıcılarla eşleşen üç farklı organik bileşenden oluşur. Ek olarak her bir pikselin kırmızı, yeşil ve mavi tamamlayıcısı farklı ışık verimliliklerine sahiptir. Sonuçta bir pikselin rengi enerji tüketimini doğrudan etkiler (Dong ve Zhong 2012).

OLED ekranların en benzersiz özelliği yayıcı organik bileşenlerden oluşması ve bundan dolayı dışarıdan bir ışık kaynağına ihtiyaç duymamasıdır. Buradan, OLED'lerin güç tüketiminin ekrana oldukça bağlı olması gibi önemli bir sonuç çıkarılır (Pagliari ve ark. 2018). LCD ekranlar ise enerji tasarrufu açısından çok az esneklik sunar; çünkü LCD sistemler, ekranın içeriğine bakılmaksızın büyük ölçüde sabit güç tüketirken, harici aydınlatma sistemin güç tüketimini yönetir (Dong ve Zhong 2012).

OLED cihazları genel olarak geleneksel LCD ekranlardan daha verimli olmasına rağmen parlak görüntüler üretmek için çok daha fazla enerji tüketir (Pagliari ve ark. 2018). OLED'ler siyah ekranı görüntülerken neredeyse sıfır enerji tüketimi sunarlar (Asnani ve ark. 2021). Beyaz arka plan kullanarak ekranı yansıtırken ise LCD sisteme gereken gücün oldukça fazlasını harcayabilirler (Ustabaş ve Onur 2023).

OLED ekranın çalışma prensiplerini ve görsel oluşturmalarını sağlayan temel unsurları içeren ekran alt sistemi, bir mobil cihazın toplam enerji tüketimine önemli miktarda katkı sağlar. Bu nedenle OLED güç tüketiminin uygun şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu verimlilik ihtiyacı, tüketimi azaltılmasında birçok yöntem ortaya çıkarmıştır (Pagliari ve ark. 2018).

AMOLED ekranlar da benzer şekilde yüksek parlaklık seviyelerinde güç farklılıklarına maruz kaldıklarında, ekranların tükettiği güç tümüyle görüntülenene içeriğe bağlı olduğundan çok fazla enerji tüketebilir (Chondro ve ark. 2018). Yüksek enerji tüketiminin önüne geçmek için video ve fotoğrafların OLED/AMOLED cihaz ve ekranlarda ayrıntısını kaybetmeden sunulması sırasında enerji tüketimini azaltacak yeni yöntemler önerilmiştir (Albaba ve Akkuş 2021).

Bu tez çalışmasında LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü, Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü, 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü (Jeong ve ark. 2008) ve LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsü üzerinde Histogram eşitleme (HE), parlaklığı koruyan ikili histogram eşitleme (BBHE), ikili

alt görüntü histogram eşitleme (DSIHE), kontrast sınırlı adaptif histogram eşitleme (CLAHE), doygunluğu ayarlama (AS), parlaklığı ayarlama (AL) ve ekranın sol tarafının karartılması gibi görüntü işleme tabanlı yöntemler uygulanarak OLED/AMOLED ekranlarda enerji verimliliği sağlanması amaçlanmaktadır.





BÖLÜM 2

OLED/AMOLED EKRAN LİTERATÜR İNCELEMESİ

OLED/AMOLED ekranlarda enerji verimliliğinin sağlanabilmesi için literatürde farklı yöntemler önerilmektedir.

2.1 DİJİTAL GÜÇ TASARRUFU (DPS- DIGITAL POWER SAVER) YÖNTEMİ

Yeni nesil elektronik cihazların kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, AMOLED ekran teknolojisinin performansını artırmak için çeşitli geliştirme ve araştırma konuları önerilmiştir. Dijital güç tüketimi sorunu için, LCD'de gücü düşürmek amacıyla arka ışık kontrolü ve karartma bulunur. Bir AMOLED uygulamasında dijital güç tasarrufu (DPS- dijital power saver) teknolojisi yer almıyorsa, parlak görüntü içeriği için LCD panelden daha fazla güç çekilmesi mümkün olabilir. Dolayısıyla güç verimliliğinin sağlanması ve AMOLED ömrünün uzatılması amacıyla DPS tekniği gereklidir (Yang ve Tsao 2011).

DPS tekniği; ekran uygulaması, içerik ayarı ve ekran parlaklığını kontrol etmek için uygulanır. Ekran parlaklığını kontrol ederken oluşturulan algorithmadaki temel sorun, ekran uygulamasının güç özelliklerinin belirlenmesidir (Yang ve Tsao 2011). Bu nedenle Yang ve arkadaşları tarafından parlaklık tahmini, küresel parlaklık kısıtlaması ve uyarlanabilir içerik ayarlaması önerilmiştir (Yang ve ark. 2008). Önerilen tekniklerin sonucunda; DPS teknikleri oluşturmak için uyarlanabilir parlaklık düzeltme algoritması geliştirilmiştir. Böylece görüntüleme uygulamasının enerji tüketimi azaltılmaya çalışıldığında görüntü verileri daha fazla korunabildiği ve görünürlüğünün geliştirilebildiği görülmüştür. Oluşturulan algorithmada, görüntü içeriğini çözümlmek açısından parlaklık tahmini ve çift doğrusal haritalama yöntemleri önerilmiştir. Önerilen tekniğin, Parlaklık Farkı Değeri (BD- Brigtness Difference) uyumluluğunu koruyabildiği görülmüştür. Önerilen DPS algoritması, görüntüleme uygulamalarında daha yüksek dinamik aralığı ve DPS verimliliğini destekler (Yang ve Tsao 2011).

2.1.1 Dijital Güç Tasarrufu Yöntemi ve Matematiksel İfadeleri

2.1.1.1 Parlaklık Tahmini (LE-Light Estimation)

Parlaklık tahmini, yerel aydınlık dağılımının ağırlıklı ortalamasının hesaplanması için kullanılır. Var olan benzer pikselin etki oranını yükseltmek amacıyla ağırlıklı hesaplama yapılır.

$$\begin{cases} \text{SUM} += \text{SP} * \text{W}; \text{CNT} += \text{W} & \text{if } |\text{SP} - \text{Q}| \leq \text{TH} \\ \text{SUM} += \text{SP}; \text{CNT} += 1 & \text{Else} \end{cases} \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1)'de TH, benzer piksel tanımı düzenlenirken kullanılan eşik değerini; SUM, ağırlıklı hesaplamaların sonucunu ifade eder. CNT ise sayılan piksel sayısını göstermektedir. Yani bitişik piksellerin toplam sayısını hesaplar. Bu nedenle CNT bir W faktörü kadar arttırılır (Yang ve Tsao 2011). Burada W ağırlık faktörü, SP benzer piksel ve Q, eşik değerine ulaşmak için kullanılan azaltma faktörüdür.

2.1.1.2 Küresel Parlaklık Kısıtlaması

Gücü kontrol edebilmek için kısıtlama eğrisi belirlenir. Küresel parlaklık kısıtlamasında haritalama eğrisinin ayrılma yayını tespit etmek için maksimum DPS ile bir orta yüzde kullanılır. Maksimum DPS oranının belirlenmesi, gerçek panel üzerinde yapılan deneysel çalışma sonuçlarına dayanarak gerçekleşir. Ayrıca; hesaplamada belirli bir zaman diliminde tüketmesi amaçlanan enerji miktarı olan güç hedefi kullanılır. Buna karşın orta yüzde serisi, görüntü parlaklığının tutarlılık mesafesini belirler.

$$\text{GlobalRatio1} = d_{mo} / d_{mi} \quad (2.2)$$

$$\text{GlobalRatio2} = \frac{(255 - \text{cur_mean} \times \text{GlobalRatio1})}{(255 - \text{cur_mean})} \quad (2.3)$$

Eşitlik (2.2)'de, m_o , küresel parlaklık kısıtlaması eğrisinde çıkış parlaklık yüzdesini ve m_i ise giriş parlaklık yüzdesini ifade eder.

Eşitlik (2.3)'te, Cur_mean, küresel parlaklığı ifade eder ve maksimum parlaklık için 255 değeri kullanılır.

2.1.1.3 Uyarlanabilir İçerik Ayarlaması

İçerik ayarlamasının uygulanabilmesi için önerilen teknik çift doğrusal haritalamadır. Görüntü bilgisinden daha dar bir mesafeye sahip olup yerel parlaklığın histogram dağılımı çeşitlidir. Yani; histogram eşitleme gereksiz olarak hesaplama gücünü artırmış olur. Çift doğrusal haritalama, histogram eşitleme yerine; parlaklık değişimini inceler.

$$LocalRatio1 = \frac{ref_luma}{cur_luma} \quad (2.4)$$

$$LocalRatio2 = GlobalRatio2 \quad (2.5)$$

Eşitlik (2.4)'te, *cur_luma*, yerel parlaklığı ve *ref_luma*, yerel parlaklığın eşleme değerini ifade eder. Ayrıca eşitlik (2.4) ve eşitlik (2.5)'te yer alan *LocalRatio1* ve *LocalRatio2*, uyarlanabilir içerik ayarlaması eğrilerindeki eğim katsayılarıdır.

2.2 TON KORUYUCU PİKSEL KARARTMA YÖNTEMİ

Chondro ve arkadaşları tarafından, önerilen ton koruyucu piksel karartma; AMOLED ekranların enerji tüketimini düşüren, ayrıştırılmış ton-doygunluk değer renk haritasına dayalı azaltma faktörlerini kullanan bir tekniktir. Bu tekniğe göre; dinamik bölge bozulmalarını engellemek için renk koruyan bir dönüşüm kullanarak alt piksel seviyesinde görüntü renk çeşitliliğini uyarlanabilir biçimde değiştirir. Güç yasası piksel dönüşümü kullanarak görüntünün parlaklığını azaltır. Görüntüdeki titreşimi engellemek ve hesaplama maliyetini düşürmek için görüntü entropisi aracılığı ile görüntüdeki belirli bölümlerde meydana gelen değişiklikleri tespit eder (Chondro ve ark. 2018).

AMOLED ekranlarda piksel yoğunluğu yüksek olduğunda güç verimliliği az olur. Bu teknik kullanılarak ayrıntı kaybı ve renk tonu farklılıkları ile enerji tüketiminin azaltılması amaçlanmıştır. Piksel yapısının karartılması ve renklerin muhafaza edilmesi, ton koruma ile birlikte karartma tekniği kullanılan yöntemin gerekleridir.

Önerilen yöntemin, hesaplama verimliliğini korumak için video girişinde entropi tabanlı görüntüdeki belirli bölümleri tanıma kullanılmıştır. 5.5 inç 1080p çözünürlüklü AMOLED ekranda uygulanan tekniğin deneysel sonuçları, önerilen yöntemin diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında görüntüleme gücünü yüksek verimle %73 oranında koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca uygulanan teknik çerçevenin parlaklığını daha az piksel seviyelerine

indirdiğinden ortaya çıkan çerçevede daha fazla artık piksel tespit edilebilmektedir (Chondro ve ark. 2018).

2.2.1 Ton Koruyucu Piksel Karartma Yöntemi Matematiksel İfadeleri

Video girişi açısından en uygun hale getirilen piksel tabanlı dönüşüm tekniği, görüntü tonu da dahil olarak kaliteyi korurken AMOLED ekranların enerji tasarruf oranını yükseltmeyi amaçlar. Yöntem, uyarlanabilir ölçekleme-kaydırma katsayılarına göre eşitlik (2.6)'da bulunan $I(j)$ 'yi (giriş görüntüsünü) karartır.

$$O(j) = (I(j) - (\omega(j) \cdot \mu \cdot \lambda)) \cdot k_j. \quad (2.6)$$

Eşitlik (2.6)'ya göre, $I(j)$, giriş görüntüsünü; $O(j)$, çıkış görüntüsünü; μ , λ ve $\omega(j)$, kaydırma katsayılarını, k_j ise ölçeklendirme katsayısını temsil eder.

2.3 YANMA POTANSİYEL BÖLGESİ (BPR-BURN-IN POTENTIAL REGION) TESPİT YÖNTEMİ

OLED ekranın birçok avantajı olduğu bilinmektedir. Fakat yanma adı verilen parlaklık bozulması OLED'lerin önemli bir sorunudur. Sorunun üstesinden gelmek için özellikle cihaz yapısı ve malzeme kalitesi alanında önemli araştırmalar yapılmıştır (Féry ve ark. 2005 ve In ve ark. 2010).

OLED yanmasını engellemek için görüntü işleme kullanılarak OLED yanmasına karşılık gelen piksel değerleri öncesinde tespit edilerek ayarlama yapılabilir. Bu süreç iki aşamada gerçekleşir: Öncelikle yanma potansiyel bölgelerinin (BPR'ler- Burn-in Potential Region) tam olarak belirlenmesi gerekir. Sonrasında tespit edilen alan sırasıyla parlaklığı ayarlamak için kullanılır.

BPR'ler parlaklık bozulmasını hafifletmek amacıyla uygulanır. İlk olarak her OLED pikselinin kalan ömrü hesaplanır ve ekranın düzgünlüğünü bozanlar, uzatılmış üstel bozulma (SED- Stretched Exponential Decay) işlevine dayalı olarak yanma potansiyel pikselleri (BPP- Burn-in Potential Pixels) şeklinde ayrılır. İkinci olarak BPR'lerin seviye seti tabanlı görüntü segmentasyonu aracılığıyla belirlenebilmesi için BPP'ler kullanılır.

Gelecekte yanma potansiyeli bölge tespit yönteminin; OLED cihazları geliştirmek için kullanılan geleneksel yöntemlerden farklı olarak OLED yanmasının azaltılmasında alternatif bir çözüm olarak kullanılması beklenmektedir (Shin ve ark. 2017).

2.3.1 Yanma Potansiyel Bölgesi Tespit Yöntemi Matematiksel ifadeleri

2.3.1.1 Uzatılmış üstel bozulma (SED) İşlevini Kullanarak Yanma Potansiyel Piksellerini (BPP'leri) Hesaplama

OLED'in parlaklık bozulması SED işlevi kullanılarak açıklanır. OLED cihazın maksimum çıkış parlaklığı, cihazdan geçen tüketilen şarj miktarına bağlı olarak aşağıdaki formüldeki gibi azalır.

$$L(x,y,t) = L_o(x,y,t)\exp\left[-(e \sum_{i=0}^t N(x,y,i))^{\beta}\right] \quad (2.7)$$

Eşitlik (2.7)'de $L_o(x,y,t)$, t'inci karede piksel (x, y)'de istenen çıkış parlaklığını ve $L(x,y,t)$, t'inci karede piksel (x, y)'de gerçek çıkış parlaklığını ifade eder. Ayrıca; e ve β , her cihaza bağlı olan uyum parametrelerini, $N(x,y,i)$, i. karedeki (x, y) pikselinin birim alanı başına tüketilen yüklerin sayısını ifade eder.

2.3.1.2 Seviye Seti Bazlı Segmentasyonla Yanma Potansiyel Bölgelerinin (BPR) Tahmini

Görüntü üzerinde olumsuz bir etkisi olmadan parlaklığı ayarlamak için başlangıç noktası olarak yanma potansiyel piksellerini (BPP'leri) kullanır ve seviye seti tabanlı görüntü segmentasyon tekniği kullanılarak zamansal statik bölge belirlenir.

$$CV(x,y,t)=\max(V_R(x,y,t),V_G(x,y,t),V_B(x,y,t)) \quad (2.8)$$

$$V_C(x,y,t)=\frac{1}{T_1}\sum_{i=t-T_1+1}^t I_C^2(x,y,i)-(\frac{1}{T_1}\sum_{i=t-T_1+1}^t I_C(x,y,i))^2 \quad (2.9)$$

Eşitlik (2.8)'de CV, pikselin zamansal renk tutarlılığını ölçen renk varyansıdır. Ayrıca, $CV(x,y,t)$, piksel (x, y) ve t karesindeki CV'yi ifade eder. Ayrıca, $V_R(x,y,t)$, $V_G(x,y,t)$, $V_B(x,y,t)$, sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi kanalların belirli bir konum ve zamandaki renk değerlerini ifade eder.

Eşitlik (2.9)'da, $I_c(x, y, t)$ 'de bulunan c, renk kanallarından biri olan kırmızı, yeşil, mavi piksel yoğunluğunu temsil eder. T_1 ise deneysel olarak 300'e ayarlanan kayıtlı karelerin sayısını gösterir.

$$E_t = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [CV(i, j, t) - m(t)_z]^2 \theta_k(\phi(i, j)) \quad (2.10)$$

Eşitlik (2.10)'da $M \times N$ piksellik bir görüntü ifade edilmektedir. Ayrıca; $\phi(x, y)$, seviye ayar fonksiyonunu, $\theta, \phi(x, y) \geq 0$ ve başka yerde 0 olduğunda 1 değerini alan Heaviside fonksiyonunu, $m(t)_z, t$ karesinde z'inci kümedeki CV'nin ortalama değerini, E_t , enerji fonksiyoneli ifade eder.

2.4 OPTİMUM HVS UYUMLU VE GÜÇ TASARRUFU SAĞLAYAN RENK DÖNÜŞÜMÜ (OPT- OPTIMAL HUMAN VISUAL SYSTEM-AWARE AND POWER- SAVING COLOR TRANSFORMATION) YÖNTEMİ

AMOLED ekranların enerji tüketimi ekranın içeriğine göre büyük ölçüde değişiklik göstermektedir. Ekran gücünün önemli miktarda azalmasına gösterge panelindeki piksel değerlerinin değiştirilmesi sebep olmaktadır. Düşük enerjili renk dönüşümü, AMOLED ekranlarda kullanılan ve enerji tasarrufu sağlamak için tüm piksellerin renk değiştirmesine olanak tanıyan bir tekniktir.

Uygulanan teknik; düşük enerjili renk dönüşümünü ve gerçek zamanlı uygulamaları amaçlamaktadır. Düşük enerjili renk dönüşümünde dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktör, dönüşüm öncesinde ve sonrasında devam ettirilebilecek görsel memnuniyet miktarıdır.

Jin ve arkadaşları tarafından önerilen Optimum HVS Uyumlu ve Güç Tasarrufu Sağlayan Renk Dönüşümü (OPT- Optimal Human Visual System-aware and Power-saving Color Transformation); hem görsel memnuniyeti hem de enerji tüketimini aynı anda dengelemeyi ve optimize etmeyi amaçlayan yeni bir düşük enerjili renk dönüştürme yöntemidir. İnsan görsel sistemini (HVS- Human Vision System) temel alan, güce duyarlı bir insan görüşü değerlendirme metriği, en uygun çözümü bulmayı kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. Tüm işlemler AMOLED ekrana dayalı bir SAMSUNG Galaxy S3 Android cep telefonunda gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemle aynı anda HVS farkındalığı ve düşük enerji tüketimi yeterli olacak şekilde renk dönüşümü gerçekleştirilir (Jin ve ark. 2017).

OPT, HVS'ye duyarlı güç zayıflamasını dikkate alan mevcut bir teknik olan PARVAI'den daha iyi görsel sağlar. Anand ve arkadaşlarının önerdiği PARVAI, arama tablosu olan LUT(Look-up Table) kullanan, ekranı ızgaralara ayıran, sonrasında arama tablosunu ızgaralara uygulayan HVS uyumlu, düşük güçlü renk dönüştürme tekniğidir. Bu teknik HVS farkındalığını göz önünde bulundurarak güç optimizasyonu sorununa çözüm bulmaya çalışır. Ancak yalnızca mavi kanalı en aza indirmeye yönelik renk dönüşümü bir LUT oluşturur ve LUT renklerinin parlaklığı farklı olarak orijinal renklerin parlaklığına göre daha yüksek bir şekilde gerçekleştirilir (Anand ve ark. 2014).

Sonuçta OPT, yapılan deneyler sonucunda AMOLED ekranlarda 140 görüntü için %24.58 oranında enerji tasarrufu sağlayarak pil ömrünü %12.22 oranında yükseltmiştir. Böylece OPT, AMOLED ekrana sahip bir mobil telefonun pil ömrünü yükseltebilir ve görsel kriterleri sağlayabilir. AMOLED ekrana sahip mobil telefonlara önerilen algoritma uygulandığında tüketilen enerji düşürülebilir ve pil ömür süresi artırılabilir. Bu şekilde HVS farkındalık kriterleri karşılanır. Ayrıca önerilen yöntemin avantajları, mobil telefonlarda esneklik ve kullanım kolaylığıdır (Jin ve ark. 2017).

2.4.1 Optimum HVS Uyumlu ve Güç Tasarrufu Sağlayan Renk Dönüşümü Yöntemi Matematiksel İfadeleri

2.4.1.1 Düşük Güçlü Renk Dönüşümü

HVS farkındalığı ve enerji tasarrufu dengesini sağlayabilmek amacıyla HVS uyumlu görünürlük ve enerji tasarrufu arasındaki dengenin optimum olabilmesi için önerilen bir tekniktir. Önerilen yöntemde CIE (Commission Internationale de l'Eclairage-Uluslararası aydınlatma komisyonu) Lab renk uzayı kullanılır.

$$h = \sqrt{(L' - L_0)^2 + (a' - a_0)^2 + (b' - b_0)^2} \quad (2.11)$$

Eşitlik (2.11)'de L_0, a_0, b_0 orijinal renk, L', a', b' belirli bir renge dönüştürülür ve h , dönüştürülmüş rengin (L', a', b') yarıçapını belirtir.

$$P_{pixel} = f(R) + h(G) + g(B) \quad (2.12)$$

Eşitlik (2.12)'de P_{pixel} , piksel gücünü, $f(R), h(G), g(B)$, kırmızı, yeşil ve mavi kanallarının üç ayrı güç fonksiyonunu ifade eder.

$$P_{panel}=P_{standby}+\sum_{i=1}^n P_{pixel,i} \quad (2.13)$$

Eşitlik (2.13)'te P_{panel} , AMOLED ekran panelinin güç tüketimini, $P_{standby}$, bekleme durumundaki güç tüketimini ve $P_{pixel,i}$, piksel gücünü temsil eder.

$$SPR=\frac{SSIM}{Güç\ oranı} \quad (2.14)$$

Eşitlik (2.14)'te yer alan SPR, güç başına SSIM (Structural Similarity Index Measure- Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçüsü) oranını ifade eder.

2.4.1.2 Optimum HVS Uyumlu ve Güç Tasarrufu Sağlayan Renk Dönüşümü Yöntemi (OPT)

HVS uyum algısalılığı ve enerji tasarrufu arasında denge kurulurken en çok verim alınan ölçümün tespit edilmesi için SSIM (Structural Similarity Index Measure- Yapısal Benzerlik İndeksi Ölçüsü), FSIM (Feature Similarity Measure- Özellik Benzerliği Ölçüsü), FSIMc (Feature Similarity Measure for Color Images- Renkli Görüntüler için Özellik Benzerliği Ölçümü) ve renk tonu ile doygunluk kombinasyonu incelenmiştir.

$$FPR=\frac{FSIM}{Güç\ oranı} \quad (2.15)$$

$$FcPR=\frac{FSIMc}{Güç\ oranı} \quad (2.16)$$

Eşitlik (2.15)'te yer alan $FSIM$, renklilik bilgisi eklenerek elde edilir. Eşitlik (2.16)'da yer alan $FSIMc$, $FSIM$ 'nin genişletilmiş halidir.

$$HSD=1+\frac{Avg((\Delta H)^2)+Avg((\Delta S)^2)}{Avg(origin\ S^2)+Avg(origin\ H^2)} \quad (2.17)$$

Renk dönüşümü yoluyla görüntü bozulmalarını değerlendirmek için ton ve doygunluğun, iki önemli faktör olduğu kabul edildiğinden, renk dönüşümünde İnsan Görsel Sistemi (HVS) farkındalığına odaklanan yeni bir ölçüm olan şekil (2.17)'de bulunan HSD (Hue Saturation Distance-Ton Doygunluk Mesafesi), önerilir. Amacı renk dönüşümünün neden olduğu bozulmanın derecesini ölçmek olan HSD, bunu gerçekleştirirken HSV renk uzayında bulunan doygunluk ve renk tonu bilgilerini kullanır. Ayrıca şekil (2.17)'de bulunan ΔH , renk tonu farkını ve ΔS , doygunluk farkını ifade eder.

$$\text{Güç Oranı} = \frac{\text{Dönüştürülmüş Güç Tüketimi}}{\text{Orişinal güç tüketimi}} \quad (2.18)$$

$$\text{HSDPR} = \frac{1}{\text{Güç oranı} * \text{HSD}} \quad (2.19)$$

Eşitlik (2.19)'da HSDPR, güç oranı ile HSD'yi birleştiren bir renk tonu doygunluğu, mesafe ve güç oranını ifade eder. Ayrıca HSDPR; HVS farkındalık ile enerji tasarrufu arasındaki dengeyi sağlayabilmek için kullanılır.

2.5 AMOLED EKРАНLARIN ÇALIşMA SÜRESİ GÖSTERGESİ VE GÜÇ TAHMİNİ YÖNTEMİ

Kim ve arkadaşları tarafından OLED ekranlar için, çalışan uygulamalardaki ekran değişikliği olaylarını kaydeden, işletim sistemi çekirdeğinin faaliyetlerinin izlenmesini kapsayan bir güç tahmin sistemi önerilmiştir (Kim ve ark. 2013). Yapılan çalışmada, Android'e özgü sistem süreçlerini kullanarak çerçeve arabelleği farklılıklarını tespit etmek amaçlanmıştır. Çerçeve arabelleğindeki pikselleri taramadan ızgara tabanlı olarak yani; her ızgaranın orta pikselinin renk özelliklerinin simgelendiği kısmi tarama tekniği kullanılmaktadır. Android çerçevesi, çerçeveleri birleştirmek, arabelleği meydana getirmek ve çerçeveleri ekrana aktarmak için SurfaceManager'ı kullanır. SurfaceManager'ın Android bağlayıcı kullanmasının nedeni, Linux çekirdeğindeki çerçeve arabelleğini yönetmektir. Deneyde 720×1280 WXGA ekran çözünürlüğü olan 4,8 inç Super AMOLED ekrana sahip Samsung Galaxy S3 mobil cep telefonu kullanılmıştır. Mobil cihazda; PenTile matris teknolojisi ile 24 bit sRGB renk bölgesi kullanılmıştır. Cihazın enerji tüketimi wifi ya da hücre ağı kullanılmadan Muson güç ölçer ile ölçölmüştür. Sistemin enerji tüketiminin cihazın genel enerji tüketiminden çıkarılmasıyla OLED ekranın enerji tüketimi bulunmuştur. Sonuçta; öncelikle ızgara tabanlı tarama yönteminin iyileştirilmesi gerektiği görölmüştür. Yöntem doğruluk olarak iyi olsa da ızgaranın eşit olmayan renk dağılımını içeren modelinin daha fazla geliştirilmesi gerekmektedir. SurfaceManager tabanlı izleme şeması, devamlı video görüntülerinin değişimini kavrayamamakta ve bu nedenle video uygulaması için izleme şemasının desteklenmesi gerekmektedir (Kim ve ark. 2013).

2.5.1 AMOLED Ekranların Çalışma Süresi Göstergesi ve Güç Tahmini Yöntemi Matematiksel İfadeleri

2.5.1.1 Önceki Çalışmalarda (Piksel Seviye Güç Modeli, Kod Seviyeli Güç Modeli, Görüntü Seviye Güç Modeli) Kullanılan OLED Güç Modeli

$$P_{oled}=U+\sum_{i=1}^n\{f(R_i) + h(G_i) + k(B_i)\} \quad (2.20)$$

Eşitlik (2.20)'de U, OLED bileşeninin temel gücünü, n, toplam piksel sayısını, i, piksel indeksini ve $f(R_i), h(G_i), k(B_i)$, R,G,B alt piksellerinin güç tüketimini temsil eder (Dong ve ark 2009).

2.5.1.2 Önerilen Yeni OLED Güç Modeli

$$P_{oled}=U+Bz \cdot \sum_{i=1}^n(\beta_R(R_i) + \beta_G(G_i) + \beta_B(B_i) + e(R_i, G_i, B_i)) \quad (2.21)$$

$$e(R, G, B) = a(R+G+B) + b \quad (2.22)$$

Eşitlik (2.21)'e göre; Bz, 0 -1 arası değişen parlaklık seviyesini ifade etmektedir ve önceki modeldeki $f(R), h(G), k(B)$ yerine $(\beta_R, \beta_G, \beta_B)$ katsayıları kullanılmıştır.

Eşitlik (2.22) denklemi doğrusal regresyon tekniğiyle elde edilir. Burada (a,b) deneysel olarak elde edilen sabitleri ve $e(R, G, B)$, belirli bir renk için bir çıkış değerini ifade etmektedir (Kim ve ark. 2013).

2.6 PARLAKLIK VE DOYGUNLUK AYARLAMA (ALS- ADJUSTING LUMINANCE AND SATURATION) YÖNTEMİ

Li ve arkadaşları tarafından OLED ekranların ekran enerji verimliliğini artırmak için Parlaklık ve Doygunluk Ayarlama (ALS- Adjusting Luminance and Saturation) yöntemi önerilmiştir. İlk olarak kenar algılama algoritması kullanılarak görüntüden ilgi bölgesi (ROI-Region of Interest) çıkarılmıştır. Daha sonra görüntünün ROI olmayan doygunluk ve parlaklığı ayarlanmıştır. Oluşturulan algoritmanın enerji verimliliği açısından etkisini görebilmek için Parlaklığı Ayarlama (AL-Adjusting Luminance) ve Doygunluğu Ayarlama (AS-adjusting saturation) yöntemleri uygulanmıştır. İkisinin birleşimi Parlaklık ve Doygunluk Ayarlama (ALS- Adjusting Luminance and Saturation) tekniği yaklaşım olarak belirlenmiştir (Li ve ark. 2016).

Bir görüntünün ilgi alanı aynı zamanda görüntünün vurgulama bölgesi, ana içeriği gösteren bölge ve görüntünün en ilgi çekici bölgesi olarak da bilinir. ROI soyutlaması, vurgu alanını korurken görüntüdeki istenmeyen detayları kaldırma işlemidir. Özellik çıkarma ve algılama için sıklıkla kenar algılama kullanılır. Dijital görüntünün birleşik olmayan alanlarındaki kenarları ya da değişimleri kavramak için kenar algılama tasarlanmıştır.

ROI olmayan bölgede bir görüntünün parlaklık ve doygunluk ayarlanması, ROI olmayan bölgede ayarlanan parlaklık ve doygunluğun yumuşak bir geçiş sağlanabilmesi amacıyla enerji verimliliği için gerekli ön adımdır. Yöntem algoritmaları oluşturulurken ROI soyutlaması için kenar algılama algoritması olan Canny algoritması, ROI olmayan bölge için ALS algoritması ile karartma tekniği kullanılmaktadır.

ROI soyutlamasında Canny algoritmasının adımları; görüntüyü griye çevirme, görüntüyü yumuşatma, Maksimum olmayan bastırma, Çift eşikleme, Histerezis ile kenar takibi işlemlerinden oluşmaktadır. ROI olmayan bölgede maximum enerji tüketimi indirgenerek AL ve AS eşzamanlı uygulanmaktadır.

Önerilen uygulama OLED-32028-P1 AMOLED ekranda Google galerisinden seçilen martı resmi kullanılarak test edilmiştir.

Görüntünün orijinal enerji tüketim değeri 2374.836 mw'tır. Üç yöntem kullanıldıktan sonra görüntü için yapısal benzerlik indeksi ölçüsü genel değeri ($SSIM_{OVERVALL}$ - Overall Value of Structural Similarity Index Measure), 0.95'tir. Görüntüye AS yöntemi uygulandığında güç verimliliği %25, AL yöntemi uygulandığında %26.68, ALS yöntemi uygulandığında %28 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. Sonuçta; uygulanan yöntemin ortalama olarak %22 oranında enerji tasarrufu sağladığı görülmektedir (Li ve ark. 2016).

2.6.1 Parlaklık ve Doygunluk Ayarlama Yöntemi Matematiksel İfadeleri

2.6.1.1 İlgi Bölgesi (ROI) Soyutlaması Yapılarak Görüntüyü Griye Çevirme

Kenar algılama sürecinin gerçekleşmesi için renkli görüntü griye dönüştürülür. Renkli görüntüyü griye çevirirken aşağıdaki dönüşüm kullanılır. Eşitlik (2.23)'teki dönüşümde, P_R , P_G , P_B sırasıyla renkli bir pikselin kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerini göstermektedir.

$$P_{gray} = P_R * 0.299 + P_G * 0.587 + P_B * 0.114 \quad (2.23)$$

2.6.1.2 İlgili Bölgesi (ROI) Soyutlaması Yapılarak Görüntü Yumuşatma

Görüntü yumuşatılırken, gürültünün yok edilmesi için görüntü bulanıklaştırılır. Gauss filtresi kullanılarak görüntü yumuşatma sağlanmaya çalışılmıştır. Gauss filtresi kullanıldığında kenarların bulanık olduğu frekansı yüksek olan detayların aynı kalmadığı görülmüştür. Bu çalışmada doğrusal olmayan kenarlı bir filtre olan ikili filtre, görüntü yumuşatma için eşitlik (2.24) ve eşitlik (2.25) kullanılmıştır.

$$I^{filtered}(x) = \frac{1}{W_p} \sum_{x_i \in \Omega} I(x_i) f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(|x_i - x|) \quad (2.24)$$

$$W_p = \sum_{x_i \in \Omega} f_r(\|I(x_i) - I(x)\|) g_s(|x_i - x|) \quad (2.25)$$

Eşitlik (2.24)'e göre, $I^{filtered}$, filtrelenen görüntüyü ifade eder. Eşitlik (2.25)'te bulunan W_p , normalleştirme faktörünü ifade eder. Eşitlik (2.24) ve eşitlik (2.25)'te ortak bulunan; I , filtrelenecek olan orijinal giriş görüntüsünü, x , filtrelenecek pikselin koordinatlarını, Ω , x 'te ortalanan pencereyi, f_r , yoğunluk farkı olan kısımları yumuşatmak için kullanılan aralık çekirdeğini, g_s , koordinatlardaki farklı olan kısımları yumuşatmak amacıyla kullanılan uzamsal çekirdeği ifade eder.

2.6.1.3 Maksimum Olmayan Bastırma

Yoğunluk değerinde değişimin en belirgin olduğu yere dikkat çeken yerel maksimum haricinde bütün gradyan değerlerinin 0'a kadar bastırılmasını sağlar.

2.6.1.4 Çift Eşikleme

Maksimum olmayan bastırma sonrasında gürültü ve renk değişiminden meydana gelen kenar pikselleri bulunur. Bu durumu çözmek için, zayıf gradyan değerine sahip kenar pikselini filtreleyerek yüksek gradyan değerine sahip kenar korunur. Bunların ayrımını yapabilmek için eşikleme gereklidir.

2.6.1.5 Histerisizle Kenar Takibi

Gerçek kenarlardan dolayı zayıf bir kenar pikseli, güçlü bir kenar pikseli ile birleştirilirken gürültü tepkileri kesilir. Kenar bağlantısını takip edebilmek için zayıf kenar pikseline ve onun bağlantılı sekiz komşu pikseline göre, BLOB (Binary Large Object- İkili Büyük Nesne) analizi uygulanır. Yani nesneleri tanıma, izleme veya özelliklerini ölçmesi sağlanır.

2.6.1.6 İlgi Bölgesi (ROI) Olmayan Karartmaya Bağlı Olarak Parlaklık Ayarlama

$$P_{pixel}(S)=f(R,G,B) \quad (2.26)$$

$$P'_{pixel}(S) = f(R,G,B) * \left(1 - \frac{a}{J}\right) \quad (2.27)$$

Eşitlik (2.26)'da, $P_{pixel}(S)$, pikselin orijinal parlaklığını, $f(R,G,B)$, üç renkli (R, G, B) piksel değerlerinin ağırlıklı toplamını ifade eder.

Eşitlik (2.27)'de ise P'_{pixel} , pikselin parlaklığı azaltıldığında parlaklık ayarını, f , ağırlıklı toplam fonksiyonu, a , 0-1 aralığındaki ayar ölçeğini, J , derecelendirme düzenlemesinin sayısını ifade eder.

2.6.1.7 İlgi Bölgesi (ROI) Olmayan Karartmaya Bağlı Olarak Doygunluk Ayarlama

Doygunluk ayarı, genel parlaklığı korurken enerji tüketen renk bileşenlerinin oranını azaltmayı ve enerji tasarrufu sağlayan bileşenleri iyileştirmeyi amaçlar. Enerji tüketimini azaltmak için pikselin mavi bileşeni azaltılarak doymunluk ayarı eşitlik (2.28)'e göre yapılır.

$$\max[P_{pixel}(s)(R,G,B)] = R \text{ ya da } G$$

$$\max[P_{pixel}(s)(R,G,B)] - B > \Delta s1;$$

$$P_{pixel}(B') = P_{pixel}(B) - X/J,$$

$$P_{pixel}(R' \text{ ya da } G') = P_{pixel}(R \text{ ya da } G) + X/J,$$

$$P_{pixel}(R' \text{ ya da } G') = P_{pixel}(R \text{ ya da } G) - X/J \quad (2.28)$$

Eşitlik (2.28)'de, R,G,B sırasıyla renkli bir pikselin kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerini göstermektedir. $\Delta s1$, RGB'nin renk farkını önceden ayarlayan bileşeni, X , renk azaltma miktarını ve J , derecelendirme düzenlemesinin sayısını ifade eder.

2.7 GÜÇ KISITLAMALI KONTRAST GELİŞTİRME (PCCE-POWER-CONSTRAINED CONTRAST ENHANCEMENT) YÖNTEMİ

Shin ve arkadaşları tarafından önerilen PCCE (Power-constrained Contrast Enhancement- Güç Kısıtlımalalı Kontrast Geliştirme) yönteminde, parlaklık bir miktar azaltılarak enerji

tüketimi sınırlandırılrsa da, görüntünün kalitesini koruyabilmek için evrimsel sinir ağı (CNN-Convolutional Neural Network) kullanılarak görüntünün kontrastı artırılır. Denetimsiz PCCE tekniğinde belirli bir giriş görüntüsüne benzerlik, kontrast iyileştirme derecesi ve OLED enerji kaybını aynı anda optimize edebilen bir kayıp fonksiyonu tasarlanmıştır.

PCCE tekniği kullanımı sonucu oluşturulan görüntüler için herhangi bir kalite ölçütü olmadığından PCCE algoritmasını nicelik bakımından değerlendirmek zordur. PCCE'nin kalite ölçümü olarak EME (Measure of Enhancement-Geliştirme Ölçüsü), NDE (Normalized Discrete Entropy-Normalleştirilmiş Ayırık Entropi) ve VSI (Visual Saliency Induced Index-Görsel Belirginlikle Oluşturulan İndeks) kullanılmıştır. EME; görüntünün kontrastını tahmin edebilmek için görüntüyü bloklara ayırır ve her bir blokta gri seviyelerin minimum ve maksimum değerlerine göre bir puan hesaplayıp puanların ortalamasını alır. NDE; görüntünün bilgi düzeyini ölçer. NDE'nin yüksek olması görüntünün ayrıntılarının fazla olduğunu gösterir. VSI; görüntü kalitesini incelerken giriş görüntüsü ve çıkış görüntüsü arasındaki benzerlikleri karşılaştırır.

PCCE yöntemi, ACE (Adaptive Contrast Enhancement- Uyarlamalı Kontrast Geliştirme) ağı denilen basit bir CNN kullanılarak uygulanabilir. Uyarlamalı Kontrast Geliştirme (ACE-Adaptive Contrast Enhancement) ağının kontrast iyileştirme düzeyini denetlemesini sağlar. Yapılan çalışma 400 görüntü eğitim seti içeren BSD (Berkeley Software Distribution-Berkeley Yazılım Dağıtımı) ve 100 görüntü test seti içeren LIVE (Laboratory for Image & Video Engineering- Görüntü ve Video Mühendisliği Laboratuvarı) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Orijinal görüntü çözünürlüğü ACE ağını eğitmek için kullanılmaktadır. Sonuçta; PCCE tekniğinin görüntü bulanıklığı ve düşük ışıktaki görüntünün iyileştirilmesi gibi uygulamalarda iyi sonuç vereceği düşünülmektedir (Shin ve ark. 2020).

2.7.1 Güç Kısıtlı Kontrast Geliştirme Yöntemi Matematiksel İfadeleri

2.7.1.1 Uyarlamalı Kontrast Geliştirme (ACE) Ağı

Parlaklığı düşürülen görüntünün enerji tasarrufu oranı korunurken kontrastı verimli bir biçimde yükseltilir.

$$R' = 1 - \frac{P_{dim}}{P_{in}} = 1 - \frac{\sum_i^N (gY_i)^Y}{\sum_i^N (Y_i)^Y} = 1 - g^Y \quad (2.29)$$

Eşitlik (2.29)'da, $(R') 1 - \frac{P_{dim}}{P_{in}}$, güç tasarruf oranını, g , parlaklık görüntüsü yoğunluğunu azaltma oranını, Y, YUV renk uzayındaki parlaklığı, Y_i , i 'inci pikselin Y bileşeninin yoğunluğunu, P_{in} ve P_{dim} , sırasıyla giriş ve karartılan görüntülerin toplam harcanan enerjisini ifade eder.

2.7.1.2 Kayıp Fonksiyonu

ACE ağı için kayıp fonksiyon terimleri beraber en verimli şekilde kullanılır. Üç farklı kayıp terim ' L_p, L_s, L_c ' olarak temsil edilir.

L_p (Güç kaybı): Güç tasarruf oranı kontrast geliştirmesi sonrası korunur.

L_s (Benzerlik kaybı):Görüntü değişikliği oranını kısıtlar.

L_c (Kontrast kaybı): Çıkış görüntüsünün kontrastını en üst seviyeye getirmek için ağı yönlendirir.

$$L_{total} = \lambda_p' L_p + \lambda_s' L_s + \lambda_c' L_c \quad (2.30)$$

Eşitlik (2.30)'da, L_{total} , kayıp terimleri üzerinden ağırlıklı toplamı ve $\lambda_p', \lambda_s', \lambda_c'$, her terimi inceleyen hiper parametreleri ifade eder.

2.8 OLED GÖRÜNTÜ GÜÇ TASARRUFU İÇİN R-ACE AĞI YÖNTEMİ

ACE ağı, gerçek zamanlı şekilde çalışamayan pil kullanımından farklı olarak gerçek zamanlı çıkarımla önemli oranda algılama kalitesi sağlar. OLED ekranlarda, enerji tasarrufu açısından ACE ağının düşük güçlü görüntü üretmesi gereklidir. Bunun için iki öneri sunulmaktadır. Öncelikle, eğitim süresinin hızlı gerçekleşebilmesi için L2 güç kaybı kullanılarak güç kaybı fonksiyonu değiştirilir. Daha sonra, görüntü kalitesini geliştirmek için ağa artık bağlantı eklenir.

Nugroho ve Ruan tarafından önerilen yöntem sırasıyla iki adımda gerçekleştirilir. Güç kaybındaki mutlak farkın yerini kare fark alır. Doğrusal biçimde ölçeklendirilmiş parlaklık görüntüsünü iyileştirmek ACE ağının görevidir. Girdi olarak parlaklık görüntüsünü kullanarak ve artık bağlantı (R-ACE – Residual - Adaptive Contrast Enhancement) eklenerek farklı bir yöntem belirlendi. R-ACE ağına düzgün parlaklık sağlandığında en uygun kalitede bir görüntüye ulaşılabilir. Bundan dolayı yapılması gereken uygun olan karartma haritasını tespit etmektir. Yapılan çalışmada, BSD ve LIVE görüntü kalitesine sahip veri setleri

kullanıldı. BSD veri seti rastgele eğitim ve teste bölünürken 80:20 oranı kullanıldı. Test, test bölümünde ve LIVE veri setinde yapıldı. Öncelik olarak deney yapılarak L1 ve L2 güç kayıpları karşılaştırıldı. R-ACE ağı ACE-256 ile karşılaştırıldığında R-ACE ağının daha iyi detaylar gösterdiği söylenebilir (Nugroho ve Ruan 2022).

2.8.1 OLED Görüntü Güç Tasarrufu için R-ACE Ağı Yöntemi Matematiksel İfadeleri

$$L_{SSIM}=1-SSIM(y, \hat{y}) \quad (2.31)$$

Eşitlik (2.31)'de, L_{SSIM} , SSIM kaybını, y , parlaklık görüntüsünü ve $\hat{y}$, ACE ağı tarafından üç kayıp fonksiyonunu optimize ederek üretilen yeni görüntüyü temsil eder.

$$y_s = y * k_s \quad (2.32)$$

Eşitlik (2.32)'de, y_s , güç ölçekli parlaklığını ve k_s , ölçeklendirme katsayısını ifade eder.

$$L_{power} = |R_{y_s} - R_{\hat{y}}| \quad (2.33)$$

Eşitlik (2.33)'te, L_{power} , güç kaybını ve $|R_{y_s} - R_{\hat{y}}|$, güç azaltma oranı arasındaki farkı ifade eder.

$$L_{total} = \lambda_s L_{SSIM} + \lambda_p L_{power} + \lambda_{gc} L_{gc} + \lambda_{lc} L_{lc} \quad (2.34)$$

Eşitlik (2.34)'te, $\lambda_s, \lambda_p, \lambda_{gc}, \lambda_{lc}$; sırasıyla, SSIM, güç, global kontrast ve yerel kontrast kayıplarına verilen ağırlıkları temsil eder. Ayrıca, L_{total} , toplam kaybı, L_{lc} , yerel kontrast kaybı, L_{gc} ise küresel kontrast kaybını ifade eder.

2.9 MOBİL AMOLED EKРАНLAR İÇİN KANAL BAĞIMLILIĞINA DAYALI YÜKSEK DOĞRULUK VE HIZLI GÜÇ MODELİ YÖNTEMİ

Kim ve arkadaşları tarafından, AMOLED ekranda güç tasarrufu sağlayabilmek için AMOLED ekranın güç tüketimini gerçek zamanlı ve doğru olarak tahmin eden yüksek doğruluğa sahip ve hızlı bir güç modeli tasarlanmıştır. Önerilen güç modeli yüksek doğruluk elde etmek için R, G ve B kanalları içerisindeki bağı incelemektedir. Bununla beraber güç modeline hızlı yürütme süresinden dolayı performans optimizasyon yöntemleri uygulanmıştır. Güç R, G, B kanallarından gelen piksel değerlerinin kombinasyonuna bağlıdır. Bundan dolayı, doğru bir güç modeli oluşturmak amacıyla olabilecek bütün kanal bağımlılıklarının üzerinde durulması gereken yeni bir güç modeli önerilmiştir (Kim ve ark. 2018).

Kim ve arkadaşları tarafından, önerilen güç modelinin genel faydasının ve doğruluğunun incelenmesi için güç modeli beş AMOLED ekran paneli üzerinde denenmiştir. AMOLED ekran panellerinin enerji tüketiminin güç modeli aracılığı ile öngörülebilmesi için güç modeli açısından düşünülen değer ile ölçülen değerlerin aynı olması gerekmektedir. Ölçülen değere en yakın modeli bulabilmek için çoklu regresyon algoritması oluşturulmuştur. Bu algoritma sayesinde AMOLED ekran panelinin ne kadar güç tükettiği doğru olarak modellenebilmektedir.

Önerilen güç modeli; 240*320 çözünürlüğü destekleyen 2,4 inç CHIMEI C024QGLA-T, 480*800 çözünürlüğü destekleyen 3,7 inç SAMSUNG Galaxy S1 AMS369FG06-0 Süper AMOLED panel, 720*1280 çözünürlüğü destekleyen 4,8 inç SAMSUNG Galaxy S3 HD Super AMOLED panel, 1080*1920 çözünürlüğü destekleyen 5,1 inç SAMSUNG Galaxy S5 Full HD Super AMOLED panel ve 1440*2560 çözünürlüğü destekleyen 5,1 inç SAMSUNG Galaxy S7 Wide Quad HD (WQHD) Süper AMOLED panel olmak üzere beş adet AMOLED ekran paneli üzerinde uygulanmıştır.

Güç modelinin doğruluğunun test edilmesi amacıyla farklı görüntüler kullanılmıştır. Sonuçta; önerilen model GALAXY S7’de ortalama olarak %1.29 hata oranı göstermiştir. GALAXY S7’de Park ve basit modeller sırasıyla %6.57 ve %6.91 hata oranı göstermiştir. Önerilen model GALAXY S3’te ise dört veri setinden alınan 133 görüntü için %1.63 hata oranı ve 7.77 milisaniye yürütme süresi elde edilmiştir. Böylece önerilen model ile farklı AMOLED ekranlarda yüksek doğruluk, mobil telefonda hızlı yürütme süresi ve iyi bir performans sağlanmıştır (Kim ve ark. 2018).

2.9.1 Mobil AMOLED Ekranlar İçin Kanal Bağımlılığına Dayalı Yüksek Doğruluk ve Hızlı Güç Modeli Yöntemi Matematiksel İfadeleri

$$P_{AMOLED} = I_{panel} * V_{panel} + C_P \quad (2.35)$$

Eşitlik (2.35)’te, P_{AMOLED} , AMOLED panelin gücünü, I_{panel} , panel içerisinden geçen akımı, V_{panel} , panelin gerilimini ve C_P , ekran siyah iken panelin statik enerji tüketimini ifade etmektedir.

$$I_{panel} = \sum_{i=1}^n \left\{ f(R_i) + h(G_i) + k(B_i) - D_2(R_i, G_i, B_i) + D_3(R_i, G_i, B_i) + C_{I_{panel}} \right\} \quad (2.36)$$

Eşitlik (2.36)'da, n , görüntü piksellerinin toplam sayısını, $f(R_i), h(G_i), k(B_i)$, R,G,B piksellerinin tüketilen fonksiyonlarını, $C_{I_{panel}}$, panelin siyah ekranda ölçülen statik akım tüketimini göstermektedir.

$$\begin{aligned} f(R_i) &= \sum_{k=1}^l r_k(R_i) \\ h(G_i) &= \sum_{k=1}^l g_k(G_i) \\ k(B_i) &= \sum_{k=1}^l b_k(B_i) \end{aligned} \quad (2.37)$$

Eşitlik (2.37)'de, $r_k(R_i), g_k(G_i), b_k(B_i)$, her biri sadece bir renk kanalı üzerinden (kırmızı, yeşil, mavi) işlem yapan, k -inci renk kanalının değerini ifade eder. l ise tahmin edilen gücün doğruluğu ile doğrudan ilgili olan doğruluk kontrol parametresini temsil etmektedir.

$$D_2(R_i, G_i, B_i) = \alpha(R_i), (G_i) + \beta(R_i), (B_i) + \gamma(G_i), (B_i) \quad (2.38)$$

Eşitlik (2.38)'de, $D_2(R_i, G_i, B_i)$, iki kanal arasında daha doğru bir bağımlılığı dikkate alan yeni bir akım ifadesini vermektedir.

$$\begin{aligned} \alpha(R_i), (G_i) &= \sum_{k=1}^d a_k(R_i) G_i^k \\ \beta(R_i), (B_i) &= \sum_{k=1}^d b_k(R_i) B_i^k \\ \gamma(G_i), (B_i) &= \sum_{k=1}^d c_k(G_i) B_i^k \end{aligned} \quad (2.39)$$

Eşitlik (2.39)'da, $\alpha(R_i), (G_i), \beta(R_i), (B_i), \gamma(G_i), (B_i)$, R ve G, R ve B ve G ve B kanalları arasındaki olabilecek bütün iki kanallı akım bağımlılıklarını vermektedir. Ayrıca, $a_k(R_i), b_k(R_i), c_k(G_i)$, kanallardaki piksel değerlerini oluşturan hatalarla ilişkilendiren ifadeleri ve d , doğruluk kontrol parametresini temsil eder.

$$D_3(R_i, G_i, B_i) = \sum_{k=1}^d z_k(R_i, B_i) \cdot G_i^k \quad (2.40)$$

Eşitlik (2.40)'a göre, $D_3(R_i, G_i, B_i)$: Doğruluğu artırmak amacıyla R,G,B kanalları arasındaki bütün bağımlılıkları dikkate alan yeni terim ve d : Doğruluk kontrol parametresini ifade eder.

$$z_k(R_i, B_i) = \sum_{u=1}^e x_u(B_i) \cdot R_i^u \quad (2.41)$$

Eşitlik (2.41)'de, $z_k(R_i, B_i)$, R ve B piksellerini G pikseli ile ilişkilendiren terim, $x_u(B_i)$, B pikselini R pikseli ile ilişkilendiren terim ve λ , yeni oluşturulan doğruluk kontrol parametresini temsil eder.

2.10 OLED EKРАНLAR İÇİN GÜÇ MODELLEME VE OPTİMİZASYON YÖNTEMİ

OLED ekranların enerji tüketimi üzerinde etkili bir kontrol sağlamak, sistem genelinde enerjiyi optimize etmek ve enerji verimli bir grafiksel kullanıcı ara yüzü tasarlamak için OLED ekran güç modellerine gereksinim vardır. Ayrıca güç tasarrufunun sağlanabilmesi için grafik kullanıcı ara yüzleri (GUI'leri) kendiliğinden değiştiren cihazlar olması gereklidir. Dong ve Zhong tarafından gerçekleştirilen çalışmada öncelikle; güç tüketiminin piksellere, görüntülere ve kodlara göre tahmin edildiği modeller ile kapsamlı OLED ekran güç modellemesi ele alınmıştır. Önerilen modellerin, hesaplama verimliliği ve doğruluk açısından farklı dengelere sahip olduğu, dolayısıyla mobil sistemlerin farklı tabakalarında kullanılabilecekleri tespit edilmiştir (Dong ve Zong 2012). Dong ve Zhong tarafından önerilen güç modellerinin incelenebilmesi için, aynı çözünürlüklerde olan (240*320) QVGA; HTC Touch, HTC Mogul ve HTC Wizard isimli üç mobil telefonda 300 GUI görüntüsü ele alınmıştır. Bütün telefonlarda günlük mobil telefon kullanımını simgeleyen tüm değiştirilebilir GUI ekranlar (e-posta, web siteleri, oyunlar, uygulamalar vb.) kullanılmıştır. Ayrıca çeşitli renk temaları olan ekran görüntüleri de alınmıştır. Yapılan deneyin doğruluğunu gösterebilmek için dört boyutlu sistemlerden OLED-32028-PMD3T'ye sahip, entegre kontrol devresi 2,8 inç QVGA OLED ekran modülü olan, bunun yanında 2,4 inç QVGA OLED ekranı olan Nokia N85 mobil telefon kullanıldı.

Piksel güç modelinin oluşturulabilmesi, GUI'lerin harcadığı enerjinin ölçülebilmesi ve bunların kullanıcıların incelemesine sunulabilmesi için OLED ekran modülü kullanılmıştır. Nokia N85 mobil telefonunda toplam harcanan enerjinin bulunabilmesi için ise ilk olarak pil bağlantısı kesilip güç kaynağına akım algılayıcı direnç konulmuştur. Sonrasında aküden çekilen akım ve voltaj ölçülmüştür.

2.10.1 Piksel Seviyesi Modeli

Piksel seviye modelinde; tüm piksellerin RGB özelliklerine göre, OLED modüllerinin enerji tüketimini tahmin ederken aynı zamanda piksel seviyesinde güç modeli oluşturulur. Bu modelin uygulanmasında 300 görüntü kullanılarak %99 oranında doğruluk sağladığı belirlenmiştir.

2.10.2 Görüntü Seviyesi Modeli

Herhangi bir görüntü seviyesi modeli tüm piksellere piksel seviyeli modelin uygulamasına benzetilmektedir. Bu yöntem oldukça maliyetlidir. Ekranlarda yüzlerce piksel kullanılabilir. Bu nedenle piksel sayısının fazla olması; güç hesaplama maliyeti ve çerçeve ara belligine ulaşmanın zorluğu sistemi fazla etkileyebilir. Bu duruma çözüm olarak renk histogramı tabanlı algoritma uygulanması önerilmiştir. Algoritmaya göre, görüntünün pikselleri incelenerek tüm renklerin piksel sayısı ve toplam enerji tüketimi hesabı yapılır. Görüntü güç tahmininde doğruluk oranı %90 olarak ölçülmüştür. Ayrıca görüntü seviyesi modelinde öğrenmeye dayalı örnekleme de yapılmıştır. Burada 300 görüntü kullanıldığında görüntü güç tahmininde % 90 doğruluk sağlanmıştır.

2.10.3 Kod Seviyesi Güç Modeli

Kod seviyeli güç modelinin amacı; bireysel GUI nesnelerinin özelliklerine dayalı olarak güç katkı oranını ve toplam gücü belirlemektir. Nesnelerdeki renklerin piksel sayısı ve burada piksel seviyesindeki güç modeli sayesinde enerji tüketimi hesaplanır. Mobil sistemlerde; .NET Compact Framework ve C# üzerinde nesne tabanlı güç tahmini yapılmaktadır. Bütün nesnelerde güç tahmini için gereken genişlik, arka plan rengi ve yüksekliği sağlanmaktadır. Windows Mobile 5.0 SDK R2'den 10 GUI'ye ait 8 adet program ile 10 GUI'nin güç tüketimi kod seviyeli güç modeli kullanılarak hesaplanmıştır. Sonucu diğer uygulanan modeller (piksel düzeyinde model, görüntü düzeyinde model) ve ölçüm sonrası belirlenen tahmini değerle kıyaslandığında kod seviyeli güç modelinin %95'in üzerinde doğruluk elde ettiği görülmüştür. Kod düzeyindeki güç modelinin yine 10 GUI arasındaki ortalama olarak zamana göre maliyeti tahmini 6ms hesaplanmıştır.

2.10.4 Yapılandırılmış Dönüşüm

GUI'lerin yapısı yazılıma göre olup boyut, konum ve renk gibi özellikler içeren bir dizi nesneden oluşmaktadır. Çoğunlukla bir GUI nesnesindeki pikseller; kenarlık rengi, arka plan rengi ve ön plan renginden birine aittir. Bir GUI'de piksellerin çoğunluğunu arka plan rengi kapsar. Beyaz rengin fazla güce ihtiyacı olmasına rağmen arka plan rengi olarak daha çok kullanılır. Bundan dolayı, renkleri dönüştürmenin en basit ve enerji açısından en verimli yolu, arka plan için çok düşük enerjili renkler, kenarlıklar ve ön plan için ise kontrast değeri yüksek olan renkler kullanılmasıdır.

2.10.5 Yapısal Olmayan Dönüşüm

Burada bir GUI'ye uygulanabileceğinden daha fazla esnek, yapılandırılmamış dönüştürme tekniği uygulanmaktadır. Histogram oluşturmak için bir GUI'deki renklere ait piksel sayısı belirlenir. Enerji tasarrufu sağlayabilmek için orijinal renkler yeni renklerle eşlenir.

Sonuç olarak, OLED ekranlar için güç modelleri değerlendirilerek piksel, görüntü ve kod seviyesinde güç modelleri ile güç tahmin doğruluk oranları hesaplanmıştır. 300 adet görüntü kullanılarak piksel seviyesindeki güç modeli uygulandığında güç tahmini doğruluk yüzdesi olarak %99 oranı elde edilmiştir. Ayrıca, görüntü seviyesindeki güç modelinin küçük piksel grubunun gücünü toplayarak hesaplama maliyetini 1.600 kat azalttığı görülmüştür ve güç tahmininde yüzde 90 doğruluk sağlamıştır. GUI nesnelerinin özellikleri kullanılarak güç tahmini hesabı yapılırken kod seviyesindeki güç modeli ile ise %95 oranında doğruluk elde edilmiştir. Buradan, piksel ve görüntü seviyesindeki güç modellerinin çerçeve ara belleğine ulaşmaları gerekli olduğundan işletim sisteminde en iyi uygulama olduğu, kod seviyesindeki modelin ise GUI iyileştirmede tercih edilebileceği sonucuna varılabilir.

Uygulamada güç tüketimini daha iyi yönetebilmek, son kullanıcının pil ömrü ile kullanılabilirlik durumu arasında dengeyi daha iyi kurabilmek ve GUI tasarımcılarının enerji açısından verimli GUI'ler tasarlayabilmesi, üç model için de güç tahmini sağlayabilir (Dong ve Zhong 2012).

2.10.6 OLED Ekranlar için Güç Modelleme ve Optimizasyon Yöntemi Matematiksel İfadeleri

2.10.6.1 Piksel Seviyesi Modeli

$$P_{pixel}(R,G,B)=f(R)+h(G)+k(B) \quad (2.42)$$

Eşitlik (2.42)'de, $P_{pixel}(R,G,B)$, R, G, B'de gösterilen tek bir pikselin oluşturduğu gücü ve

$f(R)$, $h(G)$, $k(B)$, kırmızı, yeşil ve mavi kanalların enerji fonksiyonunu ifade eder.

$$P=CI+\sum_{i=1}^n\{f(R_i) + h(G_i) + k(B_i)\} \quad (2.43)$$

Eşitlik (2.43)'te, P , n pikseli bir OLED ekranın güç tüketimini ve CI , ekranın piksel olmayan bölümü tarafından yapılan statik güce karşılık gelen sabitini ifade eder.

2.10.6.2 Görüntü Seviyesi Modeli

$$\text{Power} = \mathbf{1}^T \mathbf{y} = \sum_{i=1}^N y_i \quad (2.44)$$

Eşitlik (2.44)'te, power, toplam ekran gücünü, y_i , i 'inci pikselin güç tüketimini ifade eder ve T , bir vektörün transpozunu belirtirken bir OLED ekran görüntüsünün güç tüketimi, N öğeden oluşan bir vektör tarafından belirlenir.

2.10.6.3 Kod Seviyesi Güç Modeli

$$P_{\text{object}} = \sum_{i=1}^K N_i * P_{\text{pixel}}(\text{color}_i) \quad (2.45)$$

Eşitlik (2.45)'te, P_{object} , GUI nesnesinin gücünü, K , renklerin toplam sayısını ve N , piksel numarasını temsil eder.

2.11 OLED'LER İÇİN DÜŞÜK YÜK UYARLAMALI GÜÇ TASARRUFU VE KONTRAST GELİŞTİRME (LAPSE- LOW-OVERHEAD ADAPTİVE POWER SAVING AND CONTRAST ENHANCEMENT) YÖNTEMİ

OLED'lerde enerji tasarrufu sağlamak için görüntü dönüşüm yöntemi olan Pagliari ve arkadaşlarının önerdiği Düşük Yük Uyarlamalı Güç Tasarrufu ve Kontrast Geliştirme (LAPSE- Low-overhead Adaptive Power Saving and Contrast Enhancement), literatürde mevcut olan yukarıdaki bölümlerde anlatılan yöntemlerle kıyaslanabilir görsel kalite ve güç sağlamaktadır. Diğer yapılan çalışmalardan farklı olarak LAPSE, çalışma zamanında dönüşüm gerçekleştirebilmek için gereken ek yükü düşürmeyi hedeflemektedir. LAPSE'nin teorik temelinde; parlaklığın dönüştürülmesi ve genel dönüşüm fonksiyonunun seçimi yer almaktadır.

2.11.1 Parlaklığı Dönüştürme

OLED enerji tüketimini azaltmak için daha önce kullanılan görüntü dönüşümlerinin çoğunluğu piksel piksel yoğunluk eşlemesi meydana getirir. Güncel yöntemler ise genellikle her pikselin yalnızca parlaklık bileşenini içerir ve renk bileşenlerini olduğu gibi bırakır. Genellikle sistem, görüntüleri dahili şekilde RGB'de saklar. Bu nedenle dönüşüm yapılmadan önce piksellerin YCbCr renk uzayına dönüştürülmesi istenir. Sonuçta, tam görüntü dönüşümü

için bazı aşamalar gereklidir. Bunlar; RGB'den YCbCr'ye renk alanı dönüşümü, her YCbCr pikselinin ilk bileşenine yoğunluk eşlemesinin uygulanması ve çıkış görüntüsünün tekrar RGB'ye dönüştürülmesidir.

2.11.2 Genel Dönüşüm Fonksiyonunun Seçimi

Piksel parlaklığını düşürerek OLED ekranların gücünün azalması sağlanabilir. Fakat sadece parlaklığın ölçeklenmesi kalite oranı oldukça azaltılır. Dönüşüm fonksiyonu seçilirken, seçilen T dönüşümü kolay işlemlerle hesaplanmalıdır. Genelde düşük dereceli polinomlar az zaman ve işlem gerektirir. Bu sebeple ideal olarak en düşük mertebeli dönüşüm olan, üçüncü mertebeden bir polinom seçilmesi uygundur. Bu nedenle LAPSE'nin çevrimiçi aşaması ve çevrimdışı aşaması bulunur. Çevrimdışı aşamada, a_1 ve a_2 parametreleri optimize edilerek eğitim görüntü seti için oluşturulur. Eğitim sürecinde edinilen bilgiler uygulanan görüntünün niceliksel özellikleri ile a_1, a_2 katsayı değerlerinin arasındaki ilişkiyi tespit etmek için kullanılır. Çevrimiçi aşamasında ise enerji tasarrufu sağlayabilmek için RGB formatında bir giriş görüntüsü olan I_i , aynı formatta çıkış görüntüsü olan I_o 'a çevrilir. Sonuçta; LAPSE'nin işlevinin hem güç verimliliği hem görüntü kalitesi olarak daha önce yapılmış olan çalışmalarla karşılaştırılabilir seviyede olduğu görülmüştür (Pagliari ve ark. 2018).

2.11.3 Düşük Yük Uyarlamalı Güç Tasarrufu ve Kontrast Geliştirme Yöntemi Matematiksel İfadeleri

2.11.3.1 Parlaklığın Dönüştürülmesi

$$Y_{out,i,j} = T(Y_{i,j}) \quad \forall 0 \leq i < F, 0 \leq j < H \quad (2.46)$$

Eşitlik (2.46)'da verilen görüntü dönüştürme matematiksel ifadesine göre; $(Y_{i,j})$, (i, j) konumundaki pikselin giriş parlaklık faktörü; $Y_{out,i,j}$ ise (i, j) konumundaki pikselin çıkış parlaklık faktörüdür. Ayrıca; F , panelin genişliğini H ise panelin yüksekliğini ifade eder.

2.11.3.2 Genel Dönüşüm Fonksiyonunun Seçimi

$$Y_{out,i,j} = T(Y_{i,j}) = a_3 Y_{i,j}^3 + a_2 Y_{i,j}^2 + a_1 Y_{i,j} + a_0 \quad (2.47)$$

LAPSE'ye parlaklık dönüşümü eşitlik (2.47)'ye göre uygulanır. Burada bilinmeyen ifadelerin önündeki “a” katsayıları için gücü azaltan, kontrastı artıran bir değer belirlenir.

2.12 OLED/AMOLED EKRANLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ İLE İLGİLİ LİTERATÜRDE YER ALAN GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI YÖNTEMLERDEN BU TEZ ÇALIŞMASINDAKİ YÖNTEMLERİN FARKLARI

Literatürde yer alan OLED/AMOLED ekranlarda enerji tasarrufu elde edebilmek için kullanılan yöntemlerden farklı olarak bu tez çalışmasında BBHE, HE, CLAHE, DSIHE, ekranın sol tarafının karartılması, doygunluğu ayarlama gibi yöntemler kullanıldı. Bu yöntemlerden HE, BBHE, DSIHE, CLAHE literatürdeki mevcut çalışmalarda kontrast geliştirme, görüntü kalitesini artırarak belli düzeye getirme gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Raheja ve ark 2020). Bu tez çalışmasında ise yöntemler yine bu özelliklerini koruyarak OLED/AMOLED ekran görüntüleri üzerinde enerji verimliliği sağlayabilmek için kullanılmıştır. Ekranın sol tarafının karartılması yöntemi ise daha önce literatürde kullanılmayan, ekranın sol tarafını belli oranda karartıp sağ tarafına herhangi bir işlem yapılmayarak aynı zamanda ekran görüntüsü gücünden tasarruf sağlamaya çalışılan bir yöntemdir. Literatürde bulunan AS yöntemi, görüntünün ROI olmayan yani görüntü üzerinde analiz edilmeyen kısmının doygunluğunun ayarlanmasıyla görüntü gücünden tasarruf sağlanması amacıyla kullanılmıştır (Li ve ark. 2016). Tez çalışmasında ise doygunluk artırılarak görüntünün tamamı üzerine uygulanmaktadır.

BÖLÜM 3

OLED/AMOLED EKRLANLARDL GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI UYGULANAN YÖNTEMLER

3.1 GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, günümüzde oldukça yaygın olan bir alandır. Genel olarak görüntü işleme, görüntünün içeriğı hakkında bilgi elde edebilmek için bazı tekniklerin görüntüye uyarlanmasıdır (Zhang 2017). Görüntü işleme sürecinin asıl amacı, verilerin insan tarafından yorumlanması, gizlenmesi, iletilmesi ve işlenmesi amacıyla görüntüler üzerinde bir takım işlemler gerçekleştirmektir. Görüntü ise iki boyutlu fonksiyonla temsil edilir (Maraşlı ve Öztürk, 2018). Bu fonksiyon $f(x,y)$ olarak ifade edilirse x, y düzlem koordinatlarını temsil ederken rastgele bir (x,y) koordinat çiftinde f 'nin genliğı görüntünün gri seviyesini temsil eder. Ayrıca, dijital görüntüde ise x, y ve f 'nin ayrık ve sonlu olarak yoğunluk değerlerine sahip olmasıdır. Dijital görüntü, her birinin bulunduğu yeri ve değeri belli olan sonlu sayıda unsurdan meydana gelir (Gonzalez ve Woods 2008). Bunlardan biri olan piksel, görüntünün oluşmasını sağlayan sonlu sayıda bileşendir (Maraşlı ve Öztürk 2018). Dijital görüntüde en küçük öge pikseldir.

Görüntü işlemenin temel basamakları düşük seviye, orta seviye ve yüksek seviye olarak bölümlendirilirse düşük seviyede giriş ve çıkış verileri bir görüntüdür ve bu bölümde filtrelendirme, doygunluk ayarı, parlaklık ayarı, görüntü kontrast ayarı gibi işlemler yapılır. Orta seviyeli olan bölümde giriş verisi görüntü olurken çıkış verisinde öznitelikler yer alır. Bu bölümde nesne sınıflandırma, nesne tespiti gibi işlemler yapılır. Son olarak yüksek seviyeli bölümde ise giriş verisi görüntü iken çıkış verisinde karar verme olur. Bu bölümde yapılan örnek işlemler parmak izi (örüntü) tanıma, yüz tanıma vb. söylenebilir (Talan ve Aktürk 2021).

Görüntü işlemenin, tasarım ve imalat, savunma ve güvenlik, tıp, mimari, harita ve jeodezi, gıda, elektronik, biyomedikal vb. birçok alanda kullanımı mevcuttur (Samtaş ve Gülesin 2011). Buradan da anlaşılıyor ki görüntü işleme, insan yaşamının neredeyse her anında yer

alan bir sistemdir. Bu tez çalışmasında literatürde görüntü iyileştirme amacıyla kullanılan HE, BBHE, CLAHE, DSIHE, AS, AL ve ekranın sol tarafının karartılması yöntemleri kullanılarak OLED/AMOLED ekran görüntüleri üzerinde güç verimliliği incelendi.

3.2 HİSTOGRAM EŞİTLEME (HE)

Görüntü geliştirme yöntemleri arasında yer alan HE(histogram equalization-histogram eşitleme), girdi görüntüsünün gri tonlamalı histogramının düzgün bir histogramla eşleştirilecek şekilde, bir görüntünün gri tonlamasını düzenleyen bir tekniktir. HE tekniği; oluşturulurken histogramın yer aldığı dönüşüm yapılır. HE için tam bir görüntünün hedefi, çıkış görüntüsü açısından tek tip bir histogram elde etmektir (Acharya ve Ray 2005). Bir başka deyişle HE, bütün gri düzeylerdeki piksel sayısının tahmini eşit olmasını amaçlayan ve düzgün bir histogram dağılımı sağlayan bir süreçtir (Akbay 2019). Yani 256 seviye aralığının tümüne seviyeleri dağıtır (Singh ve ark. 2018). Ayrıca; kümülatif yoğunluk fonksiyonunun (CDF) aracılığı ile gri düzeylerdeki dinamik mesafenin yükselmesine yardımcı olur (Gupta ve Kaur 2014).

Görüntünün bir bölümüne yönelik HE yapılmasının etkisi, görüntünün tamamına HE yapılmasına göre daha fazladır. Fakat görüntünün bir bölümüne histogram eşitleme uygulanmasının olumsuz etkisi; görüntüyü birbirine benzeyen parçalar şeklinde ayırmasıdır (Akbay 2019). Görüntünün kontrastının artırılmasında hızlı hesaplama ve kolay bir uygulamaya sahip olduğundan genellikle HE kullanılır (Ravichandran ve Magudeeswaran 2012).

Bu yöntem arka plan ve ön plan görüntülerinin yanı sıra aydınlık ve karanlık görüntüler için de uygundur. Arka planda aynı olmayan ve aydınlatma problemi olan görüntüler için ise bu teknik kullanılamaz. Bu işlem sadece görüntünün parlak alanlarına ek pikseller yerleştirdiğinden ve görüntünün karanlık alanlarından ek pikseller çıkardığından, çıkış görüntüsünde fazla bir dinamik aralık oluşur (Gaddam ve Sunkara 2016).

3.2.1 HE Yönteminin Matematiksel İfadesi

Histogram eşitleme iki şekilde gerçekleştirilebilir.

1. *RGB renkli görüntüde histogram eşitleme:* Renkli görüntüdeki R, G, B değerleri HE algoritması sayesinde eşitlenir. RGB içerisindeki kanallar ayrı ayrı işlenerek eşitlenmesi sağlanır. Son olarak ilk görüntüye göre daha iyi bir görüntü elde etmek için RGB

elemanları birleştirilir. HE yönteminde, olasılık yoğunluk fonksiyonu (PDF-Probability Distribution Function) kullanılır (Gaddam ve Sunkara 2016). Bu fonksiyona göre; sürekli bir rastgele parametrenin olasılığı hesaplanır (Doken ve ark. 2021).

Belirli bir 'X' görüntüsü için $X=\{X(i,j)\}$, B ayrık gri seviyelerinden meydana gelen bir görüntüyü temsil etsin ve $\{X_0, X_1 \dots X_{L-1}\}$ ile ifade edilsin. Burada $X(i,j)$, (i,j) konumunda olan görüntünün yoğunluğunu ifade eder. Ayrıca; $X(i,j) \in \{X_0, X \dots X_{L-1}\}$ (Gupta ve Kaur 2014).

$$p(X_K) = \frac{n_k}{n} = \frac{X'_k \text{nin giriş görüntüsünün piksel sayısı}}{\text{görüntü } X_K \text{daki toplam piksel sayısı}} \quad (3.1)$$

Eşitlik (3.1)'de verilen X görüntüsü için olasılık yoğunluk fonksiyonu, $p(X_K)$ ile ifade edilir (Gaddam ve Sunkara 2016). Ayrıca, $k=0,1,2,\dots,L-1$ ifadesi için; X_k , belirli bir yoğunluğa sahip piksel sayısıdır (Gupta ve Kaur 2014).

Kümülatif dağılım fonksiyonu (CDF-Cumulative Distribution Function) için, histogram eşitlemenin temel fonksiyonu olduğu söylenebilir (Doken ve ark.). Olasılık yoğunluk fonksiyonuna dayanarak kümülatif yoğunluk fonksiyonu eşitlik (3.2)'deki şekilde ifade edilir.

$$c(x) = \sum_{j=0}^k p(X_j) \quad (3.2)$$

Eşitlik (3.2)'ye göre; $X_k = x$ için $k = 0,1,\dots,L-1$ ve tanıma göre $c(X_{L-1}) = 1$ şeklinde ifade edilir (Vij ve Singh 2011).

HE, dönüşüm fonksiyonu olarak kümülatif yoğunluk fonksiyonunu kullanır. Böylece; görüntüyü (X_0, X_{L-1}) olan dinamik aralığa eşler (Gupta ve Kaur 2014). Ayrıca X görüntüsü için $X, 0$ seviyesini ve (X_{L-1}) , maksimum seviyeyi ifade eder.

HSV renk alanından V bileşenini kullanarak histogram eşitleme: Bu teknikte; görüntü için HSV olarak adlandırılan ton-doygunluk-parlaklık renk alanının, renk uzayına çevrilmesi gerekir. Burada ton; renk uyarıcısının dalga boyunun artması ile alakalı bir değerdir. Doymunluk ise renk içerisindeki beyaz ışık oranını belirtir. Ton ve doymunluğun bir arada kullanıldığı renklilik sistemine renklilik koordinatları adı verilir. Bu teknikte; HSV içerisindeki V ögesine histogram eşitleme uygulanır. Daha sonra parlaklık (V) düzlemi yeni oluşan ögeleri H ve S ile özdeşleştirir. Böylece eşitlenen görüntü elde edilmiş olur (Gaddam

ve Sunkara 2016). Histogram eşitleme yönteminin işlem basamakları, Şekil 3.1’de verilen algoritma ile ifade edilmiştir.



Şekil 3.1 HE Algoritması.

3.2.2 HE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

HE bir görüntünün çıkışındaki giriş görüntüsünün parlaklığının aynı kalmasını sağlar. Histogram eşitleme gerçekleştikten sonra çıkış görüntüsünün ortalama değeri, giriş görüntüsünün orta gri tonlama değeri olur. Bu şekilde görüntünün parlaklığı bir miktar korunur (Singh ve ark 2018). Asıl amacı parlaklığı korumak olan HE’nin dezavantajları da vardır: Öncelikle histogram eşitleme yöntemi, asıl giriş görüntü histogramını, çıkış görüntüsünün ortalama parlaklığının hemen hemen ortada olduğu düz bir histograma çevirir. Bundan dolayı giriş görüntüsünün ortalama parlaklığı dikkate alınmaz. İkinci olarak; küresel içerik bazlı iyileştirme yaparak görüntü içindeki objelerin arasındaki sınırları ve kenarları güçlendirir. Fakat yerel iyileştirme az seviyededir. Diğer bir dezavantaj ise görüntüye ait gri seviyelerin, görüntüdeki tüm gri seviyeye yayıldığı için yüksek düzeyde iyileştirme sağlayarak görüntünün orijinalinden oldukça uzaklaşmasına neden olur (Gupta ve Kaur 2014).

Bunların yanı sıra HE; günümüz elektroniklerinden olan televizyon vb. cihazlarda tercih edilmez. Çünkü; orijinal görüntünün parlaklığını büyük oranda değiştirip görüntünün kalitesini kaybetmesine yol açabilir (Ravichandran ve Magudeeswaran 2012).

3.3 KONTRAST SINIRLI ADAPTİF HİSTOGRAM EŞİTLEME (CLAHE)

Görüntü iyileştirme tekniklerinden olan Kontrast Sınırlı Adaptif Histogram Eşitleme (CLAHE-Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization), görüntünün kontrast oranını yükseltirken parlaklık ve renk bileşenlerinin aynı olarak kalmasını sağlar (Shah ve ark. 2023). CLAHE, tüm görüntü için olmayan, ızgara biçiminde karelere bölünen küçük veri alanlarına sınırlı histogram eşitleme uygulayarak görüntünün kontrastını artıran histogram eşitleme yöntemidir (Sasi ve Jayasree 2013).

CLAHE yönteminin, özellikle tıbbi görüntülerin yoğunluk düzeylerinin belirlenmesinde faydalı olduğu ispatlanmıştır (Pizer ve ark. 1990). Bu teknik; piksellerin odağındaki bağlamsal alanın yoğunluklarının histogramını ele alır ve bir piksel için görüntülenen yoğunlukları, histogramdaki o pikselin yoğunluk sırasına uyacak şekilde ayarlar. Bu histogram, her yoğunluk düzeyinde yöntem tarafından uyarılan kontrast artışının kullanıcı aracılığıyla seçilebilen bir maksimumla sınırlanan normal histogramın değiştirilmiş halidir (Pizer ve ark. 1990).

Görüntüde seçilen bir noktayı yerel olarak vurgulamak için yerel kontrast geliştirme yöntemleri kullanılır. CLAHE ve AHE (Adaptive Histogram Equalization- Adaptif Histogram Eşitleme) yerel kontrast geliştirme yönteminin türleridir (Pathak ve Padole 2014). AHE yöntemi, görüntü içerisinde homojen alanlarda gürültünün aşırı çoğalmasına sebep olabilir. CLAHE ise homojen alanlar için gürültü artışına karşı önlem alan bir yöntemdir. Bunu yapmasının sebebi görüntünün aslını korumaktır.

Herhangi bir görüntü üzerine CLAHE yöntemi uygulandığında, görüntü neredeyse aynı boyutlarda olan alanlara ayrılır ve her bir alanda HE gerçekleştirilir. Her alan için üretilen histogramların klip limiti (kırpma sınırı) ile kırılması, kontrastın artmasına ve komşu alanın ebatına dayanarak olur (Gupta ve Kaur 2014). Fazla kontrast artışı problemi için histogramda sınır değeri verilir ve histogram açısından maximum alabileceği değer klip limiti (kırpma sınırı) olarak isimlendirilir. Histogramın klip sınırı eşitlik (3.3)'teki matematiksel ifade ile hesaplanır.

$$\beta_1 = \frac{M_1}{N_1} \left(1 + \frac{\alpha_1}{100} (S_{max} - 1)\right) \quad (3.3)$$

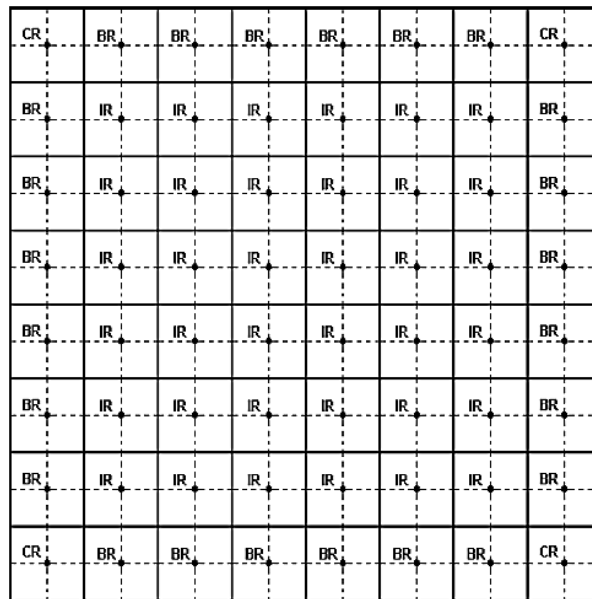
Burada; M_1 , alan ebatı, N_1 , gri seviye değeri, α_1 , 0 ile 100 arasında toplam histogramı belirten klip değişkenini ve S_{max} , izin verilen maksimum eğimi ifade etmektedir (Hana ve Maulida, 2021). Eşitlik (3.3)'e göre; %0 kırpma faktörü, $\alpha_1=0$ değerini alırsa, kırpma sınırı $(\beta_1)=\frac{M_1}{N_1}$ olur. Böylece; bütün alan pikselleri olabilecek bütün gri seviyelere eşit olarak yayılır. Piksellerin değeri aynı şekilde kalır. $\alpha_1 = 100$ değeri için, maximum kırpma sınırı en yüksek değerinde olacaktır. α_1 , 0 ile 100 arasında değer aldıkça, her haritalamada maksimum eğim bir den S_{max} 'a kadar değişir (Reza 2004).

CLAHE, alan sınırlarını yok etmek için çift doğrusal interpolasyon gerçekleştirir. Bundan dolayı görüntüdeki ufak komşu alanlar, sınırlar belirsiz gibi düzenli olarak görünür. Bu yöntemle birlikte; kullanılan gri seviyelerinin dağılımı denk duruma getirilerek görüntüye ait gizli özelliklerin görünürlüğünün artırılması sağlanır (Gupta ve Kaur 2014).

3.3.1 CLAHE Yönteminin Matematiksel İfadesi

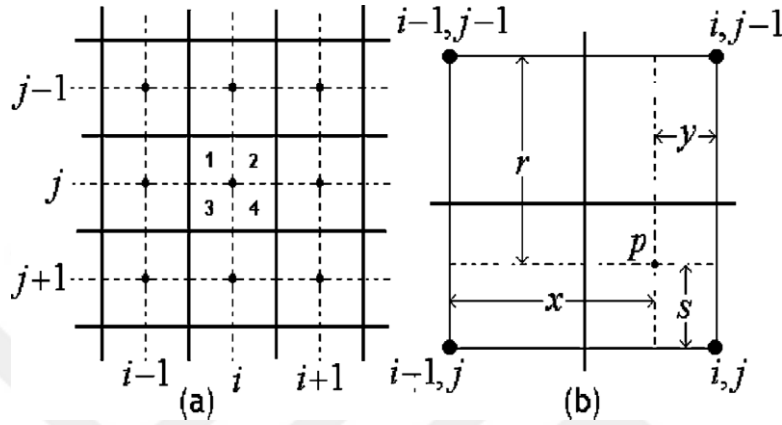
3.3.1.1 CLAHE Gri Tonlamalı Haritalama Süreci

CLAHE yöntemi, görüntünün neredeyse eşit büyüklükte, birbiriyle örtüşmeyen az sayıda bölgeye bölünmesi temeline dayanmaktadır. Örneğin, 512*512 boyutundaki bir görüntü en ve boy olarak 8'e bölünür ve 64 eşit bölge sayısı olur (Kurt ve Nabiyev 2010 ve Reza 2004).



Şekil 3.2 512*512 boyutundaki bir görüntünün 64 eş parça haline getirilmiş yapısı (Reza 2004).

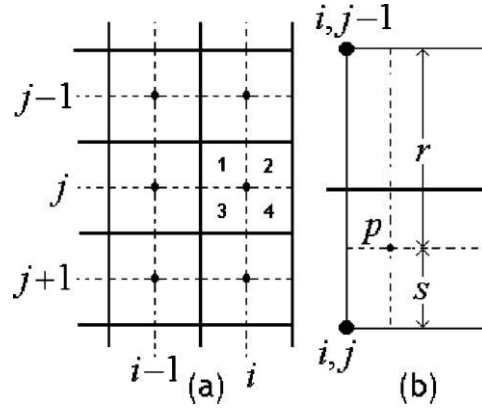
Şekil 3.2'ye göre; piksellerin haritalanma süreci dört en yakın komşuları aracılığıyla gerçekleşir. Bölgeler komşuluklarına göre; görüntünün dört köşesinde bulunan köşe bölgeleri (CR -corner regions), 24 adet sınır bölgeleri (BR- boarder region) grubu ve 36 adet iç bölgeler (IR-inner regions) grubu şeklinde ayrılır (Kurt ve Nabyev 2010 ve Reza 2004). IR grubunun olduğu bölgelerde; her bir bölgenin çeyreğinin, yakınındaki dört komşu bölgeye göre haritalaması yapılır.



Şekil 3.3 (a) IR grubu ve komşu bölgeleri, (b) (i, j) alanının ilk çeyreğindeki p ile ifade edilen piksel ve çevresindeki dört alanın merkezlerine göre durumu (Reza 2004).

Şekil 3.3 (a)'ya göre, (i, j) alanının ilk çeyreğinde yer alan belirlenen bir piksel, (i, j) , $(i, j - 1)$, $(i - 1, j)$, $(i - 1, j - 1)$ alanlarının merkeze olan yatay ve dikey uzaklığa göre haritalama işlemi gerçekleştirilir. Bu uzaklıkların gösterimi Şekil 3.3 (b)'de verilmektedir. Şekil 3.3 (b)'ye göre; (i, j) alanı, eşleme fonksiyonu olan $f(i, j)$ ile ifade edildiğinde yeni oluşacak p pikseli eşitlik (3.3) ile belirtilen formülle gösterilir:

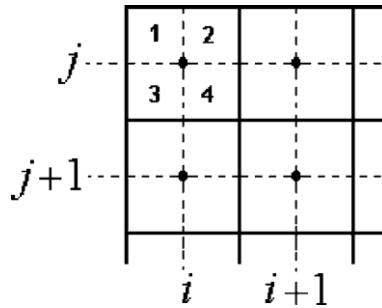
$$P_{yeni} = \frac{s}{r+s} \left(\frac{y}{x+y} f_{i-1,j-1}(P_{önceki}) + \frac{x}{x+y} f_{i,j-1}(P_{önceki}) \right) + \frac{r}{r+s} \left(\frac{y}{x+y} f_{i-1,j}(P_{önceki}) + \frac{x}{x+y} f_{i,j}(P_{önceki}) \right) \quad (3.4)$$



Şekil 3.4 (a) BR grubu ve komşu bölgeleri (b) (i, j) alanının ikinci çeyreğindeki p ile ifade edilen piksel ve çevresindeki iki alanın merkezlerine göre durumu (Reza 2004).

Şekil 3.4 (a)'ya göre, BR grubunun komşuluk yapısına bakıldığında, IR grubu ile 1, 3 numaralı olarak gösterilen piksellerin yapısı aynı olup 2 ve 4 ile gösterilen piksel yapıları farklıdır. Şekil 3.4 (b)'de 2 numaralı çeyrek dilimin yapısı belirtilmiştir. Ayrıca, r ve s iki komşu bölgenin birbirine olan dikey uzaklığını ifade eder. Yeni p pikseli Eşitlik (3.4) ile gösterilir:

$$P_{yeni} = \frac{s}{r+s} f_{i,j-1}(P_{önceki}) + \frac{r}{r+s} f_{i,j}(P_{önceki}) \quad (3.5)$$



Şekil 3.5 CR alanının sol üst kısmı ve komşuluk durumu (Reza 2004).

CR alanlarının her bir çeyreğinin farklı nitelikleri vardır. Burada sırasıyla 1. çeyrek alan, diğer alanlarla bağı olmayıp kendine özgü niteliktedir. 2. ve 3. çeyrek alan, BR grubunun iki yan çeyreği gibi olan komşuluk sistemini gösterir. 4. çeyrek alan ise IR grubunu andıran komşuluk sistemini ifade eder.

1.çeyrek alandaki pikseller açısından haritalama süreci diğer alanlar ihmal edilerek bölgesel haritalamadan farksızdır. Bu süreçte haritalama Eşitlik (3.6) ile tanımlanır.

$$P_{yeni}=f_{i,j}(P_{\text{önceki}}) \quad (3.6)$$

Kısacası; tüm bölgeler için ayrı ayrı haritalama süreci gerçekleştirilerek sonuçlar bulunur (Kurt ve Nabiyeve 2010 ve Reza 2004).



Şekil 3.6 CLAHE Algoritması (Ustabaş ve Onur 2023).

Şekil 3.6’da verilen algoritma CLAHE yönteminin işlem basamaklarını ifade etmektedir. CLAHE yöntemi algoritması aşağıdaki işlem adımları ile MATLAB R2020b programına uygulanmıştır:

1. MATLAB R2020b programında giriş görüntüsü okunur ve 1024*1024 olarak görüntü boyutlandırma yapılır.
2. Daha sonra bu renkli resim gri tonlamalı bir resme dönüştürülür.
3. Gri tonlamalı resim simetrik bir şekilde 8x8 piksel ile çevrelenir.
4. Eşik sınırlaması ayarlanır.
5. Resmin her bir bölgesi için 16x16 piksellik alan içinde piksel sayısı hesaplanır. Bu hesaplama, piksel değerlerinin benzerliklerini belirlemek için kullanılır.

6. Her bir 16x16 bölge içinde, piksel benzerliklerine göre belirli bir kırpma işlemi gerçekleştirilir ve bu işlem, her bir pikselin değerini yeniden dağıtmak için kullanılır.
7. İşlenen görüntü kaydedilip ekranda gösterilir.

3.3.2 CLAHE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

CLAHE yöntemi, parlaklığa oldukça ihtiyaç duyulan video görüntülerinde rahatlıkla kullanılabilir (Gupta ve Kaur 2014). Ayrıca; sis içeren görüntüler, uydu izlenim görüntüleri ve natürel görüntülerde de kullanımı mevcuttur (Aktürk 2018).

CLAHE parlaklığı makul bir düzeye çıkararak görüntü içerisindeki aynı olmayan bölgelerin karşılaştırılmasına yardımcı olur. CLAHE yönteminin basit kullanımının ve anlaşılması kolay olan hesaplamalarının olması önemli avantajlarından. Yöntemin görüntü üzerindeki gürültü oranının az olması ve görüntüye histogram eşitleme uygulandığında görülen parlaklık doygunluğunun önüne geçmek, diğer avantajlarından (Gupta ve Kaur 2014).

Ayrıca yazılım sistemlerinde hesaplama yönünden pahalı olması, donanım sistemlerinde uygulanan özyinemelerin, ara sonuçlar açısından kontrol akışının uygulanmasını ve saklanmasına ihtiyaç duyarak bir karışıklığa neden olabilmesi CLAHE'nin dezavantajlarından (URL-3 2023).

3.4 PARLAKLIĞI KORUYAN İKİLİ HİSTOGRAM EŞİTLEME (BBHE)

BBHE yöntemi, görüntünün fazla geliştirilmesinin, yani görüntüdeki nesnelerin veya ayrıntıların çok fazla belirgin hale getirilmesinin önüne geçebilmek için tasarlanmıştır. Görüntünün genel parlaklık değeri korunurken kontrast değeri yükseltilir (Singh ve ark., 2022). Ayrıca, hatalı renklendirme yapılmasını engellemek ve doğruluğun korunmasını sağlamak amaçları arasında yer alan BBHE, HE yönteminin yenilenen halidir (Ismael 2022).

HE yönteminde görüntünün parlaklık dağılımının düzeltilmesi ve eşitlenmesi görüntünün parlaklığının korunmasını sağlayamaz. HE, bu nedenle parlaklık ayarının önemli olduğu televizyon vb. cihazlarda ender olarak kullanılır. Sonuç olarak, HE geliştirilerek BBHE yöntemi olarak kullanımı daha uygundur (Suganya ve ark. 2013).

3.4.1 BBHE Yönteminin Matematiksel İfadesi

X_m 'nin, X görüntüsünün ortalaması ve $X_m \in \{X_0, X_1, \dots, X_{L-1}\}$ şeklinde olduğu düşünülürse, orijinal görüntü, eşitlik (3.7)'de belirtildiği gibi X_L ve X_U olarak ortalama göre, alt görüntülere ayrılır.

$$X = X_U \cup X_L \quad (3.7)$$

$$X_U = \{X(i, j) | X(i, j) > X_m, \forall X(i, j) \in X\} \quad (3.8)$$

Eşitlik (3.8)'de, X_U alt görüntüsü, X görüntüsü içinde yer alan her $X(i, j)$ görüntü yoğunluklarının, X_m ile ifade edilen X görüntüsünün ortalama değerinden büyük olduğu durumları içerir. Ayrıca, X_U alt görüntüsü içeriğinde, $\{X_{m+1}, X_{m+2}, \dots, X_{L-1}\}$ ifadesi yer almaktadır.

$$X_L = \{X(i, j) | X(i, j) \leq X_m, \forall X(i, j) \in X\} \quad (3.9)$$

Eşitlik (3.9)'da, X_L alt görüntüsü, X görüntüsü içinde yer alan her $X(i, j)$ görüntü yoğunluklarının, X_m ile ifade edilen X görüntüsünün ortalama değerinden küçük ya da eşit olduğu durumları içerir. Ayrıca, X_L alt görüntüsü içeriğinde $\{X_0, X_1, \dots, X_m\}$ ifadesi yer almaktadır.

$$p_U(X_k) = \frac{n_U^k}{n_U} \quad (3.10)$$

Eşitlik (3.10)'da yer alan p_U , X_U alt görüntüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonudur ve $k=m+1, m+2, \dots, L-1$ değerler alır. n_U^k , X_U 'daki ilgili X_k sayılarını, n_U , X_U 'daki piksel sayısının toplamını ifade eder. Ayrıca X_k , gri seviyelerini temsil eder.

$$p_L(X_k) = \frac{n_L^k}{n_L} \quad (3.11)$$

Eşitlik (3.11)'de yer alan p_L , X_L alt görüntüsünün olasılık yoğunluk fonksiyonudur ve $k=0, 1, \dots, m$ değerler alır. n_L^k , X_L 'deki ilgili X_k sayılarını, n_L , X_L 'deki piksel sayısının toplamını ifade eder. Ayrıca; eşitlik (3.10)'da yer alan n_U eşitlik (3.12)'deki gibi ifade edilebilir.

$$n_U = \sum_{k=m+1}^{L-1} n_U^k \quad (3.12)$$

Eşitlik (3.11)'de yer alan n_L eşitlik (3.13)'teki gibi ifade edilebilir.

$$n_L = \sum_{k=0}^m n_L^k \quad (3.13)$$

Eşitlik (3.14)'teki n ise toplam örnek sayısını ya da pikselleri ifade eder.

$$n_L + n_U = n \quad (3.14)$$

$$c_L(x) = \sum_{j=0}^k p_L(X_j) \quad (3.15)$$

Eşitlik (3.15)'te yer alan c_L, X_L 'nin kümülatif yoğunluk fonksiyonunu ifade eder.

$$c_U(x) = \sum_{j=m+1}^k p_U(X_j) \quad (3.16)$$

Eşitlik (3.16)'da yer alan c_U, X_U 'nin kümülatif yoğunluk fonksiyonunu ifade eder.

Eşitlik (3.15)'te ve eşitlik (3.16)'da yer alan; $X_j = x$ olarak ifade edilir ve $c_L(X_m) = 1$ $c_U(X_{L-1}) = 1$ 'dir.

Kümülatif yoğunluk fonksiyonunun dönüşüm fonksiyonu yerine kullanıldığı histogram eşitleme durumundaki gibi, eşitlik (3.17) ve (3.18)'deki dönüşüm fonksiyonları bir kümülatif yoğunluk fonksiyonu kullanılarak tanımlanır.

$$f_L(x) = X_0 + (X_m - X_0)c_L(x) \quad (3.17)$$

Eşitlik (3.17)'de yer alan f_L , c_L kümülatif yoğunluk fonksiyonunu kullanarak elde edilen dönüşüm fonksiyonunu ifade eder.

$$f_U(x) = X_{m+1} + (X_{L+1} - X_{m+1})c_U(x) \quad (3.18)$$

Eşitlik (3.18)'de yer alan f_U , c_U kümülatif yoğunluk fonksiyonu kullanarak elde edilen dönüşüm fonksiyonunu ifade eder.

Dönüşüm fonksiyonları sayesinde, alt görüntüler olan X_L ve X_U bağımsız şekilde eşitlenir. Daha sonra eşitlenmiş alt görüntüler eşitlik (3.19)'da gösterildiği gibi birleştirilerek BBHE görüntüsü oluşturulur. Bu görüntü Y' ile gösterilir.

$$Y' = \{Y'(i, j)\} = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \quad (3.19)$$

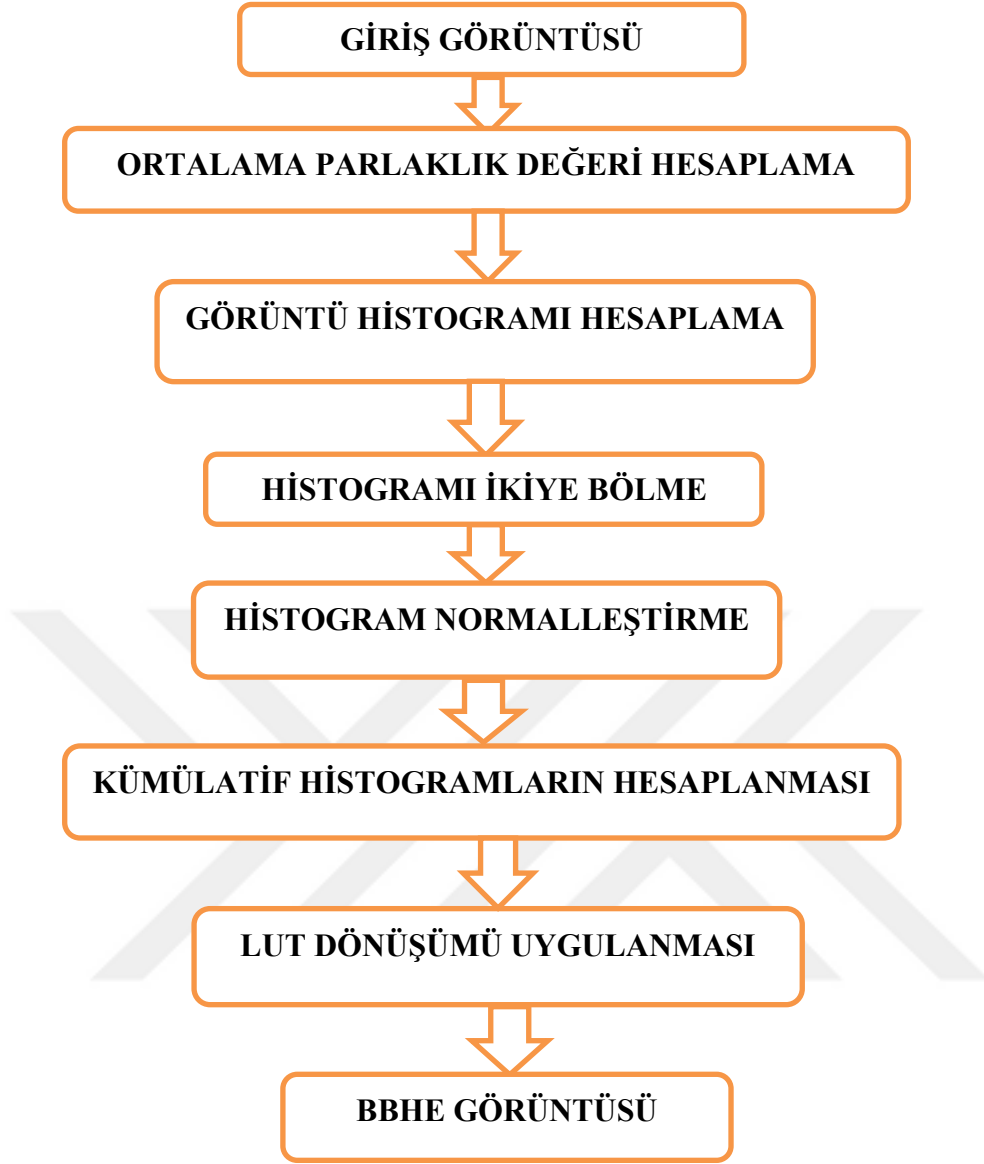
Eşitlik (3.19)'da yer alan $f_L(X_L)$ ve $f_U(X_U)$ aşağıda eşitlik (3.20)'de ve eşitlik (3.21)'de ifade edilir.

$$f_U(X_U) = \{f_U(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_U\} \quad (3.20)$$

$$f_L(X_L) = \{f_L(X(i, j)) | \forall X(i, j) \in X_L\} \quad (3.21)$$

Eşitlik (3.20)'ye göre, $f_U(X_U)$ dönüşüm fonksiyonu, X_U alt görüntüsü içerisindeki her $X(i, j)$ görüntü yoğunluğu için $f_U(X(i, j))$ ifadesinin toplamıdır ve $0 \leq c_L(x)$, $c_U(x) \leq 1$ eşitliklerine göre; $f_U(X_U)$, X_U alt görüntüsünü (X_{m+1}, X_{L-1}) aralığında eşitler. Eşitlik (3.21)'e göre, $f_L(X_L)$ dönüşüm fonksiyonu, X_L alt görüntüsü içerisindeki her $X(i, j)$ görüntü yoğunluğu için $f_L(X(i, j))$ ifadesinin toplamıdır ve $0 \leq c_L(x)$, $c_U(x) \leq 1$ eşitliklerine göre; $f_L(X_L)$, X_L alt görüntüsünü (X_0, X_m) aralığında eşitler.

Sonuçta; orijinal görüntü (X), orijinal görüntü ortalama değerinden az olan örneklerin (X_0, X_m) aralığında, orijinal görüntü ortalama değerinden fazla olan örneklerin (X_{m+1}, X_{L-1}) aralığında eşleştirilmesi ile tüm dinamik aralıkta (X_0, X_{L-1}) eşitlenmesi sağlanır (Chen ve Ramli 2003 ve Kim 1997).



Şekil 3.7 BBHE Algoritması.

Şekil 3.7’de verilen algoritma BBHE yönteminin işlem basamaklarını ifade etmektedir. BBHE yöntemi MATLAB R2020b programına aktarılırken ise aşağıdaki işlem adımları kullanılmıştır:

1. MATLAB R2020b programında giriş görüntüsü okutulduktan sonra 1024*1024 boyutuna yeniden boyutlandırılır.
2. BBHE işlemi için giriş görüntüsünden ortalama parlaklık değeri hesaplanır.
3. Giriş görüntüsü histogramı hesaplanarak H1 ve H2 olmak üzere ikiye bölünür.

4. Histogramlarda normalleştirme yapılarak her iki bölgenin toplam histogram enerjisi 1'e eşit olacak şekilde ayarlanır.
5. Kümülatif histogramlar olan C1 ve C2 hesaplanır.
6. 'C1n' ve 'C2n' olmak üzere yeni parlaklık dönüşüm tabloları oluşturulur.
7. Oluşturulan dönüşüm tabloları birleştirilerek bir dönüşüm çevrim tablosu (LUT- Look-Up Table) oluşturulur.
8. Son olarak, orijinal görüntü, oluşturulan LUT ile dönüştürülür ve bu işlem sonucu görüntü gösterilir.

3.4.2 BBHE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

BBHE yönteminde görüntünün kontrast düzeyi artırılıp, genel parlaklık düzeyi korunduğu için günümüz elektronik cihazlarda kullanılabilecek birçok doğal iyileştirme faydası mevcuttur (Gupta ve Kaur 2014). BBHE yönteminin, kontrast oranı düşük olan görüntülerde verimli bir sonuç vermemesi, dezavantajı olarak söylenebilir (Hashmi ve ark. 2022). Ayrıca, çok fazla derecede parlaklık korumasının imkanı yoktur (Singh ve ark. 2018).

3.5 İKİLİ ALT GÖRÜNTÜ HISTOGRAM EŞİTLEME (DSIHE)

DSIHE yöntemi, kontrast geliştirmek amacıyla iki alt görüntünün aynı oranda pikseli olacak şekilde, medyan değer dikkate alınarak görüntüyü karanlık ve aydınlık olmak üzere iki alt görüntü haline getirir. Gri seviye CDF, 0.5 değerine eşit olup görüntünün iki alt görüntü haline getirilmesinde kullanılır. Devamında iki alt görüntü üzerinde ayrı ayrı histogram eşitleme işlemi yapılır (Gupta ve Kaur 2014). Ortalama gri tonlamaya dayalı görüntü ayrıştırmasının aksine, DSIHE yöntemi, elde edilen görüntünün Shannon entropisini maksimum seviyeye çıkarmak için görüntüleri ayrıştırır (Zeng ve ark. 2013 ve Kaur ve Sohi 2017). Görüntü iyileştirilmesi yapıldıktan sonra, iki alt görüntü birleştirilerek tek bir görüntü haline getirilir. Yapılan bu işlemler sonucunda görüntü kontrastı artırılırken, görüntünün parlaklık düzeyi de orijinal görüntü ile aynı olarak kalır (Gupta ve Kaur 2014).

DSIHE yöntemindeki aşamalar BBHE yöntemine benzer. Çünkü BBHE yönteminde gerçek görüntü, gri seviyelerinin ortalamasına bakılarak iki alt görüntüye bölünür. DSIHE yönteminde ise BBHE'deki gibi görüntünün iki alt görüntüye ayrılma durumu olur. Fakat

burada görüntü biri aydınlık, diğeri karanlık görüntü olacak şekilde ayrılır. Ayrıca BBHE ile DSIHE yöntemi parlaklık kayması açısından kıyaslandığında DSIHE yönteminde daha az parlaklık kayması gerçekleştirdiği görülmüştür (Thepade ve ark. 2022). Bunun yanında DSIHE yönteminde genel parlaklığın korunması, video sistemlerinde kullanımı açısından önemlidir (Gupta ve Kaur 2014). Orijinal görüntüye ait ortalama bilgi içeriği (AIC- Average Information Content), BBHE yöntemine göre, DSIHE yönteminde daha fazla korunur (Thepade ve ark. 2022).

3.5.1 DSIHE Yönteminin Matematiksel İfadesi

Orijinal X görüntüsünün gri seviyesi $X=X_e$ olan bölüme göre ayrılıp iki alt görüntünün X_L ve X_U olduğu düşünülürse eşitlik (3.22) elde edilir.

$$X = X_U \cup X_L \quad (3.22)$$

$$X_U = \{x(i, j) | x(i, j) > X_D, \forall x(i, j) \in X\} \quad (3.23)$$

$$X_L = \{x(i, j) | x(i, j) \leq X_D, \forall x(i, j) \in X\} \quad (3.24)$$

$$X_D(D) = \arg \min_{0 \leq k \leq L-1} \left| \text{cdf}(X_k) - \frac{\text{cdf}(X_0) + \text{cdf}(X_{L-1})}{2} \right| \quad (3.25)$$

Eşitlik (3.22)'de X giriş görüntüsünü, X_U ve X_L ise (3.23)-(3.24) arasında tanımlanan, giriş görüntüsü X 'in alt görüntülerini ifade etmektedir. Burada $x(i, j)$, (i, j) konumunda olan görüntünün yoğunluğunu ifade eder. Eşitlik (3.23)'e göre; X görüntüsünde, X_D medyan değerinden büyük olan tüm elemanların oluşturduğu bir alt görüntü olan X_U tanımlanır. Eşitlik (3.24)'e göre; X görüntüsünde, X_D medyan değerinden küçük ya da eşit olan tüm elemanların oluşturduğu bir alt görüntü olan X_L tanımlanır. Eşitlik (3.25)' e göre; her seviye için görüntüyü medyan X_D 'ye göre iki parçaya bölerken uygun eşik seçilir. Eşitlik (3.25)'e göre, X_0 , histogramın ilk başladığı seviye olan 0'ı temsil eder. $L - 1$ ise, maksimum olan seviye sayısını temsil eder. Ayrıca, X_U alt görüntüsü içeriğinde $\{X_e, X_{e+1}, \dots, X_{L-1}\}$ ifadesi yer alır. X_L alt görüntüsü içeriğinde $\{X_0, X_1, \dots, X_{e-1}\}$ ifadesi yer alır. Burada X_e , ayrılan iki ayrı histogramın ya da ayrılan iki alt görüntünün ayrıldığı eşik noktasını ifade eder.

$$pdf_L(X_k) \text{ ya da } p_L(X_k) = \frac{n_k}{N_L} \quad (3.26)$$

Eşitlik (3.26)'da; pdf_L , X_L 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonunu temsil ederken $k=0,1,2,...D$ kadar değerler alır. N_L ise, X_L 'deki piksel sayısının toplamını ve n_k , k yoğunluk seviyesine ait piksel sayısını ifade eder. Ayrıca D , medyan değerdir.

$$pdf_U(X_k) \text{ ya da } p_U(X_k) = \frac{n_k}{N_U} \quad (3.27)$$

Eşitlik (3.27)'de; pdf_U , X_U 'nun olasılık yoğunluk fonksiyonunu temsil ederken $k=D+1,D+2,D+3,...L-1$ kadar değerler alır. N_U ise, X_U 'daki piksel sayısının toplamını ve n_k , 'k' yoğunluk seviyesine ait piksel sayısını ifade eder.

$$cdf_L(X_i) = \sum_{i=0}^{D-1} P_L(X_i) \quad (3.28)$$

Eşitlik (3.28)'de, cdf_L , X_L 'nin kümülatif yoğunluk fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$cdf_U(X_i) = \sum_{i=D}^{L-1} P_U(X_i) \quad (3.29)$$

Eşitlik (3.29)'da, cdf_U , X_U 'nin kümülatif yoğunluk fonksiyonunu temsil eder.

$$f_L(X_L) = X_0 + (X_{D-1} - X_0) cdf_L(X_i) \quad (3.30)$$

Eşitlik (3.30)'da, f_L , cdf_L kümülatif yoğunluk fonksiyonunu kullanarak elde edilen dönüşüm fonksiyonunu ifade eder.

$$f_U(X_U) = X_D + (X_{L-1} - X_D) cdf_U(X_i) \quad (3.31)$$

Eşitlik (3.31)'de f_U , cdf_U kümülatif yoğunluk fonksiyonunu kullanarak elde edilen dönüşüm fonksiyonunu ifade eder.

Dönüşüm fonksiyonları sayesinde, alt görüntüler olan X_L ve X_U bağımsız şekilde eşitlenir. Daha sonra eşitlenmiş alt görüntüler birleştirilerek DSIHE görüntüsü oluşturulur. Bu görüntü Eşitlik (3.32)'de verilen Y'' ile gösterilir.

$$Y'' = \{Y''(i, j)\} = f_L(X_L) \cup f_U(X_U) \quad (3.32)$$

Eşitlik (3.32)'de $f_L(X_L)$, X_L alt görüntüsünü (X_0, X_{D-1}) aralığı üzerinde eşitler ve $f_U(X_U)$, X_U alt görüntüsünü (X_D, X_{L-1}) aralığı üzerinde eşitler.



Şekil 3.8 DSIHE Algoritması (Saravanan ve Kumar 2014).

Şekil 3.8’de verilen algoritma DSIHE yönteminin işlem basamaklarını ifade etmektedir. DSIHE yöntemi MATLAB R2020b’de uygulanırken aşağıdaki işlem adımları uygulanmıştır:

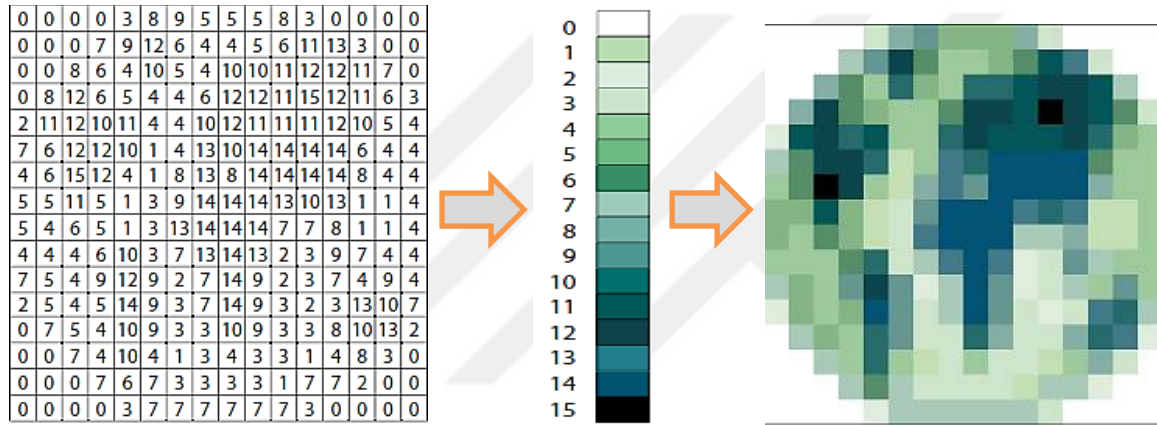
1. MATLAB R2020b programında, giriş görüntüsü okutulduktan sonra görüntü 1024x1024 boyutuna yeniden boyutlandırılır.
2. Giriş görüntü boyutları belirlenen değişkenlere atanır.
3. Görüntü histogramı hesaplanır.
4. Histogramda, tüm piksellerin yarısını bölen bir eşik değeri bulunur.
5. Histogram bu eşik değere göre H_1 ve H_2 olarak ikiye ayrılır.
6. Her iki bölgenin histogramları normalleştirilerek, yani her iki bölgenin toplam histogram enerjisi 1'e eşit olacak şekilde ölçeklenerek histogramlar eşitlenir.
7. C_1 ve C_2 kümülatif histogramları hesaplanır.
8. ' C_1n ve C_2n ' yeni parlaklık dönüşüm tabloları oluşturulur.

9. Oluşturulan dönüşüm tabloları birleştirilerek bir dönüşüm LUT oluşturulur.

10. Son olarak, orijinal görüntü, oluşturulan LUT ile dönüştürülür ve bu işlem sonucu görüntü kaydedilir.

3.5.2 Çevrim Tabloları (LUTs) Dönüşümü

Arama tablosu olarak bilinen LUT kullanılarak, dijital görüntülerin oluşturulması için sayısal değerler renkli piksellerle eşleştirilir. Şekil 3.9'da LUT dönüşümü görsellerle açıklanmaktadır (URL-4 2023).



Şekil 3.9 (a) Sayısal değerler (b) LUT (c) Dijital Görüntü.

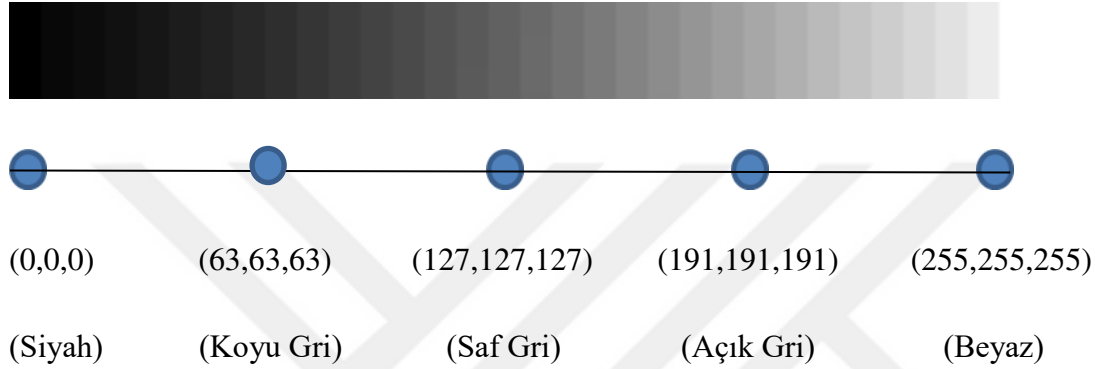
Şekil 3.9 (b)'de 0-15 arasındaki renkli piksellerle belirtilen LUT kullanılarak şekil 3.9 (a)'daki 16*16'lık matris elde edilmiş olup, bu matristeki sayısal değerler ile arama tablosuna karşılık gelen renkli pikseller eşleştirilerek, şekil 3.9(c)'de görülen dijital görüntü elde edilmiştir.

3.5.3 DSIHE Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

DSIHE yönteminin en önemli avantajı görüntünün Shannon entropisini maksimum düzeye çıkarmasıdır (Singh ve ark. 2018). Entropi, verinin ortalama düzeyinin belirlenmesini sağlar (Elen 2020). Kısacası entropi, veri hakkında bilgi sahibi olunmasına yardımcı olur (Ustabas ve Onur 2023). DSIHE'nin dezavantajı ise düşük oranda kontrast geliştirme sağlamasıdır (Singh ve ark. 2018).

3.6 PARLAKLIĞI AYARLAMA (AL) YÖNTEMİ

Parlaklık, bir pikselin içerdiği ışığın yoğunluğu şeklinde tanımlanabilir. Görüntü içerisindeki piksel konumundan elde edilen ışık miktarı parlaklık ile ilgilidir. Renklerin karşılığı RGB üçlüsüdür. RGB'nin (0, 0, 0) olduğu sistemde temsil edilen renk siyahtır ve aynı zamanda en az parlaklığa sahiptir. RGB (255, 255, 255) olduğunda ise oluşan renk beyazdır ve en çok parlaklığa sahiptir. RGB'nin ortalaması piksel parlaklık değerini verir. Böylece siyah renk 0 parlaklığa, beyaz renk 255 parlaklığa, saf kırmızı ise (255, 0, 0) 85 parlaklığa sahip olur.



Şekil 3.10 Renklerin siyahtan beyaza geçişini gösteren gri renk skalası (Tanimoto 2012).

Şekil 3.10'daki görsel gri renk skalasına bakıldığında; başlangıçtaki (0, 0, 0) siyah rengi, en sondaki beyaz (255, 255, 255) rengi, ortadaki saf gri renk $255/2$ eşitliğinin sonucu olan yaklaşık (127, 127, 127) değerini gösterir. Bir görüntünün aydınlatılması, yaydığı ışığın değiştirilmesi anlamına gelir. Karanlık görünen görüntüler aydınlatılmak istenebilir. Bu görüntülerin düşük ışık koşullarında kamerayla çekilmiş olma ihtimali olabilir. Başka bir seçenek de bir resmin estetik açıdan aydınlatılmaya gereksinim duyabilmesidir. Bu nedenle parlaklık ayarı görüntü işlemede kullanılan önemli basamaklardandır (Tanimoto 2012).

3.6.1 AL Yönteminin Matematiksel İfadesi

Herhangi bir pikselin parlaklık değeri, RGB üç renkli piksel değerlerinin toplamıdır. Renkli görüntüyü griye çevirirken kullanılan dönüşüm eşitlik (3.33)'te verilmektedir.

$$P_{gray} = P_R * 0.299 + P_G * 0.587 + P_B * 0.114 \quad (3.33)$$

$$P_{pixel}(S) = f(R, G, B) \quad (3.34)$$

Eşitlik (3.33)'te P_R , P_G , P_B sırasıyla renkli bir pikselin kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlerini göstermektedir. Eşitlik (3.34)'te ise P_{pixel} , pikselin orijinal parlaklığını ve f , ağırlıklı toplam fonksiyonu ifade etmektedir.

Eşitlik (3.34)'e bakıldığında piksel değeri ile RGB'nin doğru orantılı olduğu görülür. Yani, RGB değeri arttığında piksel değeri dolayısıyla piksel parlaklığı artar. Ya da piksel parlaklığı azaltıldığında RGB üçlü pikselin her bir bileşeni azalır (Li ve ark. 2016, Albaba ve Akkuş 2021).

Parlaklığı ayarlamak için her pikselin R (kırmızı), G (yeşil) ve B (mavi) bileşenlerine sabit bir değer (X) eklenir veya çıkarılır. Bu işlemin matematiksel ifadesi Eşitlik (3.35)-(3.37)'de verilmektedir:

$$\text{Yeni_R} = R - X \quad (3.35)$$

$$\text{Yeni_G} = G - X \quad (3.36)$$

$$\text{Yeni_B} = B - X \quad (3.37)$$

Eşitlik (3.35)-(3.37)'de, Yeni_R , Yeni_G ve Yeni_B , parlaklık ayarı yapıldıktan sonra pikselin yeni R, G ve B değerlerine; R, G ve B, orijinal pikselin R, G ve B değerlerine karşılık gelir. X ise parlaklığı düşürmek amacıyla her üç renk bileşeninde kullanılan aynı sabit değeri ifade etmektedir. Eşitlik (3.35)-(3.37) ile her pikselin R, G ve B bileşenlerinden X değeri çıkarılarak parlaklık düşürülür. Bu nedenle görüntü orijinal haline göre daha koyulaşır. Eğer parlaklık artırılmak istenilirse, X değeri eklenerek aynı eşitlikler kullanılabilir.



Şekil 3.11 AL Algoritması.

Şekil 3.11’de verilen algoritma AL yönteminin işlem basamaklarını ifade etmektedir. AL yöntemi MATLAB R2020b’de uygulanırken aşağıdaki işlem adımları uygulanmıştır:

1. MATLAB R2020b programında, giriş görüntüsü okutulduktan sonra görüntü 1024x1024 boyutuna yeniden boyutlandırılır.
2. Orijinal görüntüyü daha karanlık bir hale getirmek için yeni bir görüntü oluşturulur. Bu koyu görüntü, orijinal görüntüden ‘X’ değeri çıkarılarak oluşturulur.
3. Koyu görüntü kaydedilerek program sonlandırılır.

3.6.2 AL Yöntemi Avantaj ve Dezavantajları

Parlaklık ayarının yapılmasının en önemli avantajı, güç tüketiminde etkili olarak enerji verimliliği sağlamasıdır (Albaba ve Akkuş 2021). Ayrıca; parlaklık ayarı, görüntü iyileştirme aracılığı ile görüntü parlaklığının az ya da fazla olduğu durumlarda düzeltilmesini sağlar. Bunun yanında parlaklık ayarı, kontrastın artmasına neden olarak görüntü içerisindeki detayların daha net şekilde görülmesini sağlar. Parlaklık ayarının en önemli dezavantajı ise görüntünün parlaklığında azaltma ya da artırılmasında değişiklik yaparken aşırıya gidilmesi,

görüntünün orijinalliğinden uzaklaşmasına ve görsel ayrıntıların yitirilip görüntüde bilgi eksikliğine sebep olabilmektedir.

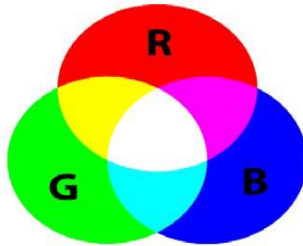
3.7 DOYGUNLUĞU AYARLAMA (AS) YÖNTEMİ

Renk saflığı tabiri ile bilinen doygunluk, rengin gerekli ışığı yansıtabilmesini ve parlaklığını ifade eder. Parlak bir görüntünün saflığı her zaman daha yüksektir, karanlık bir görüntünün saflığı ise daha düşüktür. Renk doygunluğu ayarı, enerji tüketen renk bileşenlerinin etkisini azaltmayı ve genel parlaklığı korurken enerji tasarrufu sağlayan bileşenleri iyileştirmeyi amaçlar (Li ve ark. 2016). Renkleri ayırt etme konusunda önemli bir faktör olan doygunluk, renk modellerinin içerisinde de yerini almaktadır.

Renk modelleri, renkleri türlerine göre ayırmak için kullanılır. Belirli parametreler kullanılarak renk modellerinde renklerin spektrumu düzenlenir (Polat 2012).

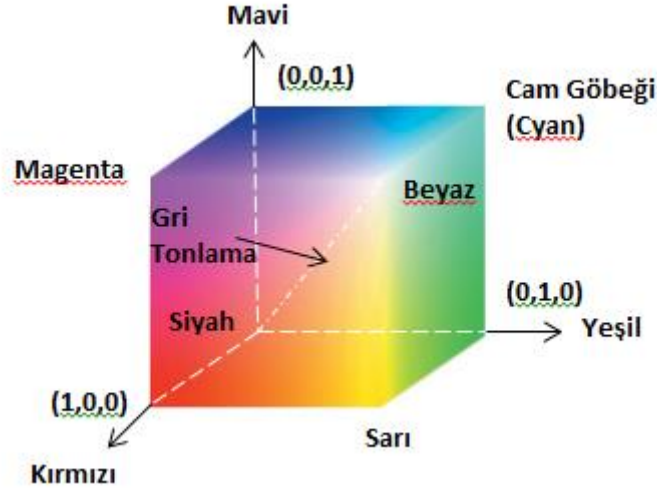
3.7.1 RGB Renk Modeli

Renkli üç boyutlu bir görüntü, kırmızı, yeşil, mavi kanallar içeren RGB renk modelinden oluşur (Hassan ve ark. 2017). Şekil 3.12'deki RGB renk uzayına göre, R, kırmızı (red), G, yeşil (green), B, mavi (blue) rengini ifade etmektedir.



Şekil 3.12 RGB Renk Uzayı (Hassan ve ark. 2017 ve Kumar ve ark. 2016).

RGB renk modelinin güncel kullanım alanları olarak; reklam panoları, elektronik ekranlar, dijital kameralar, bilgisayar monitörleri vb. söylenebilir (Loesdau ve ark. 2014). Fakat RGB renk modeli gerçek renklerin oluşturulması noktasında çok verimli değildir (Polat 2012).



Şekil 3.13 RGB Renk Küpü (Kumar ve ark. 2016).

Ana renk olan kırmızı, yeşil ve mavinin bir araya gelmesiyle beyaz renk, ana renklerin olmadığı durumda ise siyah renk oluşur. Şekil 3.13'e bakıldığında, RGB renk modeli birim küp ile gösterildiği görülmektedir. Siyah olarak belirtilen nokta (0,0,0) olup başlangıç noktası olarak isimlendirilir. Beyaz olan nokta ise (1,1,1) koordinatlarına sahiptir (Kumar ve ark. 2016).

Ana renkler kendi içerisinde eklemeler yapılarak ikincil ışık renklerini oluşturur. Burada, kırmızı ile mavinin birleşimiyle magenta rengi, kırmızı ile yeşilin birleşimiyle sarı renk, mavi ile yeşilin birleşimiyle ise cyan rengi oluşur.

Işığın yoğunluğu, anlaşılan rengi yansıtır. Az ya da fazla doymuş renklerin elde edilmesinin nedeni, ışık renklerinde meydana gelen yoğunluk farklarının miktarı ile ilgilidir (Polat 2012).

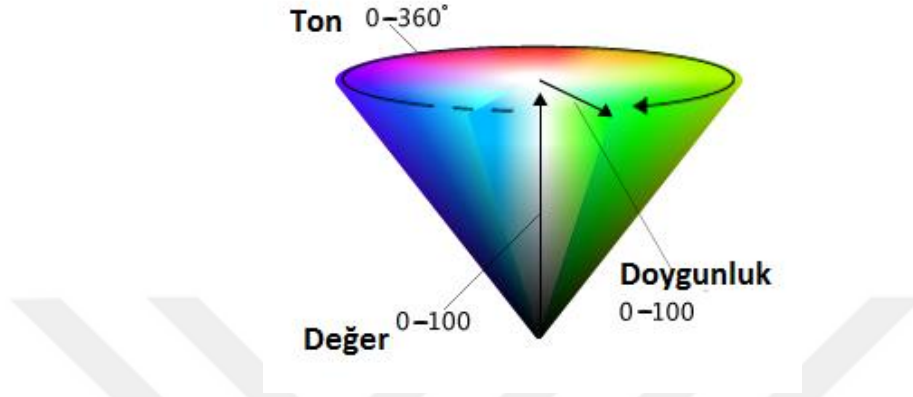
3.7.2 HSV Renk Modeli

HSV renk modeli, RGB renk modelinin doğrusal olmayan bir dönüşümüne sahiptir. Görüntü işleme açısından kullanışlı olmasının nedeni, parlaklığın renklilik bilgisinden kopmasındandır. Ayrıca doğrusal olmayıp, algısal ve makineye bağımlıdır. Renkli görüntüleme alanında sıkça kullanılması ile birlikte görüntü bölütlendirme, görüntüde öge tanıma gibi alanlarda uygulanan bir modeldir. Bu alanlara örnek vermek gerekirse, araç plaka tanıma, yüz tanıma, tıbbi görüntü alanı vb. olarak söylenebilir (Saravanan ve ark. 2016).

RGB renk modelinde, görüntü yapısındaki ışık yoğunluğu ve doymuşluğunu belirlemek matematiksel hesaplama açısından oldukça karmaşıktır. Dolayısıyla daha kolay çözümler

arayışı ortaya çıkmıştır. Sonuçta, RGB renk modeli geliştirilerek HSV renk modeli oluşturulmuştur.

HSV renk modelinin içeriğine bakıldığında; hue(h) tonu, saturation(s) doygunluğu, value(v) ise değeri ifade etmektedir (Özcan 2010).



Şekil 3.14 HSV Renk Uzayının Görüntü ve Yapısı (Polat 2012).

Şekil 3.14'teki HSV yapısında bulunan renk özü ya da ton (hue), 0-360 derece aralığında her bir dalga boyunun her bir renk adını temsil ettiği renk özelliğidir. Yani, renklerin ayrı ayrı isimlendirilebilmesini sağlar. Doygunluk (saturation), 0-100 aralığında renklerin canlı olarak yansıtılmasını ifade eder. Doygunluğun fazla olması canlı renkler yansıtılırken, doygunluğun az olduğunda ise griye yaklaşan renkler yansıtılır. Değer (value) ise, 0-100 aralığında dikey ekseninde bulunan, ışık miktarının değişmesiyle elde edilen rengin bağıl değeridir (Özcan 2010 ve Polat 2012).

3.7.3 RGB Renk Alanından HSV'ye Dönüştürme

RGB ve HSV renk alanları arasında dönüşüm yapılabilir. Eşitlik (3.38)-(3.43) arası orijinal giriş görüntüsünün rastgele bir bölümünün bütün piksellerinin R,G,B değerlerinin H,S,V'ye dönüştürülmesini vermektedir (Saravanan ve ark. 2016).

$$\text{Eğer Hue(ton) birinci renk maximum ise} = \frac{\text{ikinci renk} - \text{üçüncü renk}}{MAX - MIN} \quad (3.38)$$

Eşitlik (3.38)'de birinci renk; baskın olan rengi, ikinci ve üçüncü renk ise, R,G,B'den geriye kalan renkleri ifade eder.

$$\text{Saturation (doygunluk)} = \frac{MAX-MIN}{MAX} \quad (3.39)$$

Eşitlik (3.39)'da, MAX, RGB'ye ait renk değerlerinden maksimumu, MIN, RGB'ye ait renk değerlerinden minimum olanı ifade eder.

$$\text{Value(değer)} = MAX \quad (3.40)$$

Eşitlik (3.40)'a göre, MAX, RGB'ye ait renk değerlerinden maksimum olanı ifade eder. Ayrıca yukarıdaki açıklamalarda da belirtildiği gibi; $0 \leq \text{ton} < 360$, $0 \leq \text{doygunluk} \leq 100$, $0 \leq \text{değer} \leq 100$ olarak ifade edilir.



Şekil 3.15 Newton'un Renk Çemberi (URL-5 2023).

Şekil 3.15'e göre, 0° kırmızı rengi, 60° sarı rengi, 120° yeşil rengi, 180° cyan rengi, 240° mavi rengi, 300° magenta rengini temsil eder.

Ton(H), baskın renge dayanmaktadır. Bu nedenle baskın renk tonu kırmızı olduğunda, 0°, yeşil olduğunda 120° ve mavi olduğunda 240° elde edilir (eşitlik (3.41)). H'nin parantez içindeki ifadesi R,G,B'nin baskın renk olma durumuna göre sırasıyla 0, 2 ve 4 şeklinde ifade edilir.

Eşitlik (3.41)-(3.43) arasına göre, $RGB \in [0,1]$, $MAX = \max(R,G,B)$ ve $MIN = \min(R,G,B)$ olmak üzere;

$$H: \begin{cases} 0, & \text{eğer } R = G = B \text{ ise;} \\ 60^\circ * \left(0 + \frac{G-B}{MAX-MIN}\right), & \text{eğer } MAX = R \text{ ise;} \\ 60^\circ * \left(2 + \frac{B-R}{MAX-MIN}\right), & \text{eğer } MAX = G \text{ ise;} \\ 60^\circ * \left(4 + \frac{R-G}{MAX-MIN}\right), & \text{eğer } MAX = B \text{ ise;} \end{cases} \quad (3.41)$$

$$S: \begin{cases} 0, & \text{eğer } R = G = B \text{ ise;} \\ \frac{MAX-MIN}{MAX}, & \text{Diğer durumlar;} \end{cases} \quad (3.42)$$

$$V=MAX \quad (3.43)$$

Şeklindedir (Loesdau ve ark. 2014 ve Özcan 2010).

3.7.4 HSV Renk Alanından RGB'ye Dönüştürme

Eşitlik (3.44)-(3.49) arası orijinal giriş görüntüsünün rastgele bir bölümünün bütün piksellerinin H,S,V değerlerinin R,G,B'ye dönüştürülmesini vermektedir (Saravanan ve ark, 2016). $0 \leq H < 360$ $0 \leq S < 1$ $0 \leq V < 1$ olan HSV rengi verildiğinde; ilk olarak kroma, eşitlik (3.44)'teki gibi bulunur.

$$C=V*S \quad (3.44)$$

Eşitlik (3.44)'te yer alan kroma (C), bir rengin doygunluk kademesidir. Aynı zamanda renkteki pigment yoğunluğundan dolayı oluşan parlaklıktır. V, değer ve S, doygunluktur. RGB küpünün alt üç yüzü üzerinde kullanılan renkle aynı kroma ve tonu olan (R_1, G_1, B_1) noktası bulunabilir.

$$H' = H/60^\circ \quad (3.45)$$

Eşitlik (3.45)'te, H', yeni oluşan renk tonunu temsil etmektedir.

$$Z=C \times (1 - |H' \bmod 2 - 1|) \quad (3.46)$$

Eşitlik (3.46)'da Z, rengin ikinci en büyük ögesi için ara değerini; $H' \bmod 2$, H' 'nin 2'ye bölümünden kalan kısmını belirtir.

$$(R_1, G_1, B_1) = \begin{cases} (C, Z, 0) \text{ eğer } 0 \leq H' < 60^\circ \\ (Z, C, 0) \text{ eğer } 60^\circ \leq H' < 120^\circ \\ (0, C, Z) \text{ eğer } 120^\circ \leq H' < 180^\circ \\ (0, Z, C) \text{ eğer } 180^\circ \leq H' < 240^\circ \\ (Z, 0, C) \text{ eğer } 240^\circ \leq H' < 300^\circ \\ (C, 0, Z) \text{ eğer } 300^\circ \leq H' < 360^\circ \end{cases} \quad (3.47)$$

Eşitlik (3.47)'ye göre,

$$\begin{aligned} (C, Z, 0), R=\text{chroma}(C), G=Z, B=0; & \quad (Z, C, 0), R=Z, G=\text{chroma}(C), B=0; \\ (0, C, Z), R=0, G=\text{chroma}(C), B=Z & \quad (0, Z, C), R=0, G=Z, B=\text{chroma}(C) \\ (Z, 0, C), R=Z, G=0, B=\text{chroma}(C) & \quad (C, 0, Z), R=\text{chroma}(C), G=0, B=Z \end{aligned}$$

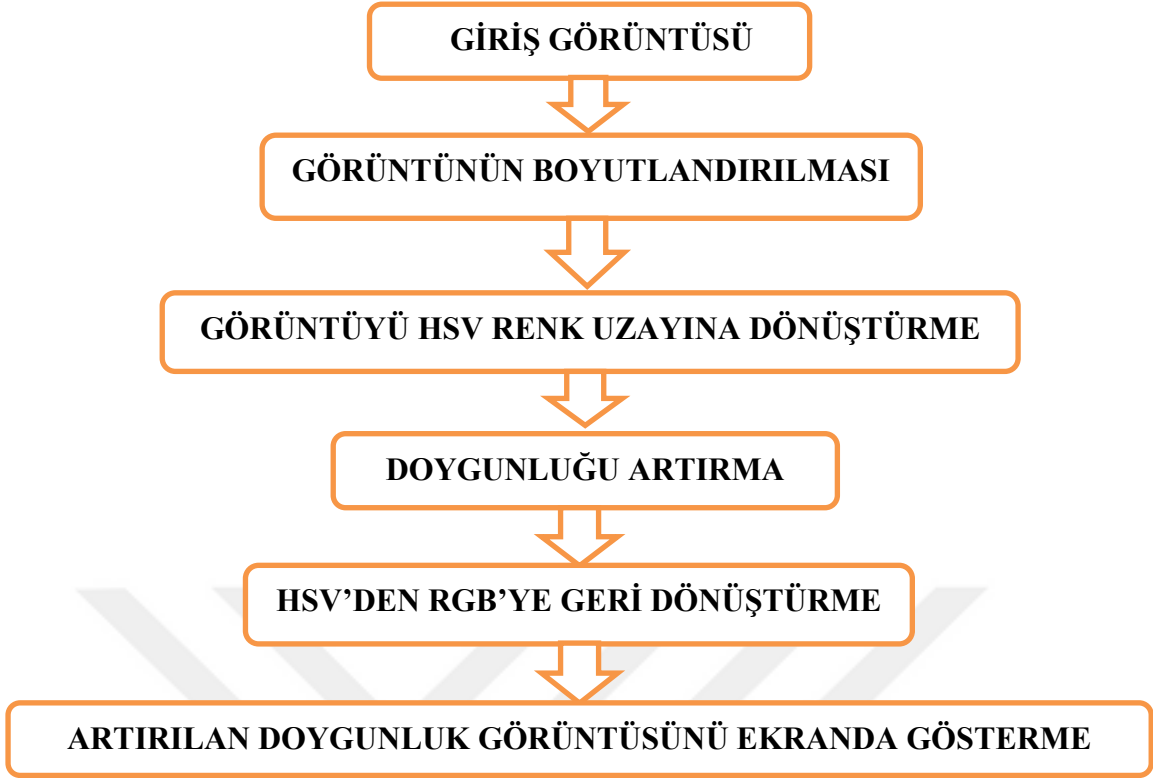
şeklinde ifade edilir. Ayrıca (H') 'nin verildiği aralıklar farklı renk tonlarını ifade etmektedir.

$$m_{RGB} = V - C \quad (3.48)$$

Eşitlik (3.48)'de, m_{RGB} , en küçük değere sahip RGB bileşenini ifade eder.

$$(R, G, B) = (R_1 + m_{RGB}, G_1 + m_{RGB}, B_1 + m_{RGB}) \quad (3.49)$$

Eşitlik (3.49)'a göre, değerlerin eşleştirilmesi açısından tüm öğelere aynı miktar ilave edilerek R, G, B üçlüsü bulunur (Saravanan 2016 ve URL-6 2023).



Şekil 3.16 AS Algoritması.

Şekil 3.16’da verilen algoritma, AS yönteminin işlem basamaklarını ifade etmektedir. AS yöntemi MATLAB R2020b programında uygulanırken aşağıdaki işlem adımları uygulanmıştır;

1. MATLAB R2020b programında, giriş görüntüsü okutulduktan sonra görüntü 1024x1024 boyutuna yeniden boyutlandırılır.
2. Giriş görüntüsü RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüştürülür.
3. Doygunluğu artırma faktörü belirlenir. Bu faktör, mevcut doygunluk değerlerini artırmak için kullanılır.
4. Doygunluk bileşeni, doygunluğu artırır.
5. Artırılmış doygunluk bileşenine sahip olan görüntüyü RGB renk uzayına geri dönüştürülür.
6. Artırılmış doygunluk görüntüsü ekranda gösterilerek kaydedilir.

3.7.5 AS Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Öncelikle, bu tez çalışmasının ana konusu olan enerji verimliliği açısından oldukça önemli bir faktördür. Doygunluk ayarının yapılması sayesinde canlı bir görüntü ile karşılaşıldığı gibi aynı zamanda enerji tasarrufu da sağlanır. Doygunluğa sahip renkler, görüntü itibariyle ilgi çeken canlı renkler olarak yansıtılırlar. Böylece ekran görsellerinin estetik açıdan etkileyici olabilmesi sağlanır. Renklerin doygun olması nesneleri belirginleştireceği için ayırt edilmesi konusunda katkı sağlar.

Avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Aşırı doygun renkler görüntüyü orijinalinden oldukça uzaklaştırarak gerçekçiliğini kaybettirebilir. Ayrıca herhangi bir uygulamada görüntü işleme ile doygunluk ayarının yapılması başka bir uygulamada dezavantaj sağlayabilir.

3.8 EKRANIN SOL TARAFININ KARARTILMASI YÖNTEMİ

Bu tez çalışmasında amaç, OLED/AMOLED ekranlarda kritik deşarj durumunda veya uzun süreli dış mekan kullanımında güç tüketimini azaltmaya yönelik bir teknik sunmaktır. Pil ömrünü uzatmak oldukça önemlidir. Bu nedenle cihaz kullanıcıları güç tasarrufu sağlayabilmek için ekranın görünür kısmından isteğe bağlı olarak vazgeçebilirler.

Genellikle OLED/AMOLED ekranlarda güç tasarrufu sağlayabilmek için belirgin iki yöntem bulunur. Birincisi görüntüdeki renklerin güç tüketme miktarına göre, yani kırmızı, mavi, yeşil, diyotların güç tüketme oranlarının farklı olmasına bağlı olarak daha az güç tüketen renklerle değiştirmektir. İkincisi ise, ekrandaki görüntünün kullanıcı isteğine bağlı olarak istenmeyen alanların koyulaştırılması ya da kapatılmasıdır (Tan ve ark. 2013). Bu yöntemde, OLED/AMOLED ekran belli bir orana göre görüntülenir. Yani, diyotların yer aldığı pikseller kapatılır (Albaba ve Akkuş 2021). Çalışma, OLED/AMOLED ekran görüntülerinin doygunluk, parlaklık, düşük ve yüksek parlaklık yoğunlukları, dikkate alınarak yapılmıştır.

Kırmızı, yeşil ve mavi diyotların yaydığı renklerin bir araya getirilmesi ile belirtilen diğer renklerden başka olarak siyah renk, bir pikseldeki tüm diyotların kapatılmasını ifade eder. Bu nedenle OLED/AMOLED ekranda siyah rengin temsil edilmesi kısmi olarak ekranın kapanabileceğini; OLED/AMOLED ekran açısından ise siyahın enerji tasarrufunda en verimli renk olduğunu göstermektedir (Seo ve Kim 2017).

3.8.1 Ekranın Sol Tarafının Karartılması Yönteminin Matematiksel İfadesi

$$\text{Yeni Piksel Değeri} = \text{Eski Piksel Değeri} * \text{Karartma Faktörü} \quad (3.50)$$

Matematiksel olarak, her pikselin (R, G, B) renk bileşenleri karartma faktörü ile çarpılarak karartılır:

$$\text{Yeni_R} = R * \text{Karartma Faktörü} \quad (3.51)$$

$$\text{Yeni_G} = G * \text{Karartma Faktörü} \quad (3.52)$$

$$\text{Yeni_B} = B * \text{Karartma Faktörü} \quad (3.53)$$

Karartma Faktörü değeri 0 ile 1 arasında bir sayıdır; 0, sol tarafı tamamen siyah yapar, 1 ise hiçbir değişiklik yapmaz.



Şekil 3.17 Ekranın sol tarafının karartılması yönteminin algoritması.

Şekil 3.17’de verilen algoritma ekranın sol tarafını karartma yönteminin işlem basamaklarını ifade etmektedir. Ekranın sol tarafını karartma yöntemi MATLAB R2020b programında uygulanırken aşağıdaki işlem adımları uygulanmıştır;

1. MATLAB R2020b programında, giriş görüntüsü okutulduktan sonra görüntü 1024x1024 boyutuna yeniden boyutlandırılır.
2. Giriş görüntüsünün boyutları (yükseklik, genişlik) alınır.
3. Sol tarafın genişliği belirlenir.
4. Sol tarafın genişliği piksel olarak hesaplanır.
5. Karartma işlemi için yeni bir görüntü oluşturulur ve orijinal görüntüye eşitlenir.
6. Sol tarafın renk değerleri karartma faktörü ile çarpılarak karartılır. Yani sol taraftaki renk değerleri yarıya indirilir.
7. Piksel değerleri 0 ile 255 aralığına sınırlanır, yani piksel değerleri bu aralık dışına çıkmaz.
8. Son olarak, ekranda yeni görüntü gösterilip kaydedilir.

3.8.2 Ekranın Sol Tarafının Karartılması Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Sol tarafın koyulaştırılması, görüntünün sağ tarafındaki nesnelerin veya ayrıntıların vurgulanmasını sağlayabilir. Görüntünün sol tarafının karartılması, kullanıcıyı sağ taraftaki özelliklere yoğunlaştırabilir. Ayrıca karartma işlemi, görüntü kontrastında artmaya neden olabilir. Bu da, görüntüyü daha çekici ve göz alıcı hale getirebilir. En önemlisi çalışmanın ana konusu olan ekranlarda enerji verimliliği sağlarken de kullanılabilecek bir tekniktir.

Tekniğin avantajlarının olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Ekranın sol tarafının koyulaştırılması orijinal görüntü verilerinin bir kısmını kaybedebilir. Bu durum sol taraftaki nesnelerin veya detayların tanınmamasına neden olabilir. Görüntünün dikkat çeken detayları sol tarafta ise, kullanıcı açısından görüntünün bütününe anlaşılması zorlaşabilir. Son olarak bilimsel ya da teknik uygulamalarda bu tekniğin kullanılması, görüntü gerçekçiliğinden uzaklaştığı için doğruluk payı az olabilir.

3.9 GÖRÜNTÜNÜN GÜCÜ

Bir görüntünün enerji düzeyini ölçmek, görüntünün gücünü ölçmek anlamına gelir. Görüntü gücü, bir görüntüdeki piksellerin renk değerlerinin karelerinin toplamını ifade eder ve dolayısıyla görüntünün parlaklığını veya güç yoğunluğunu belirtir.

3.9.1 Görüntü Gücünün Matematiksel İfadesi

$$F(m, n) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp(-2\pi i (\frac{x}{M} m + \frac{y}{N} n)) \quad (3.54)$$

Eşitlik (3.54)'te verilen iki boyutlu ayrık Fourier dönüşümü ifadesi ile ekran görüntüsünün güç hesabı yapılmıştır. Bu ifadeye göre; boyutu M*N olan bir görüntüye iki boyutlu Fourier dönüşümü uygulanır. Eşitlik (3.54)'te (m,n) frekans ya da dönüşüm değişkenlerini temsil ederken görüntü değişkenlerini (x,y) temsil eder. Yani, f(x,y) uzaysal verideki bir görüntüyü, exp ifadesi Fourier dönüşümündeki tüm F(m,n) noktasına uyumlu asıl fonksiyonu ifade etmektedir. m=0,1,2,...,M-1 ,n=0,1,2,...,N-1, x = 0, 1, 2...M-1, y = 0, 1, 2...N-1. aralığındaki değerleri almaktadır (Ustabaş ve Onur 2023 ve Dinçsoy 2003).

$$\left(\frac{W_f - W_l}{W_l} \right) * 100 \quad (3.55)$$

Eşitlik (3.55)'te, W_f , görüntü işleme teknikleri uygulanan görüntüyü, W_l ise orijinal giriş görüntüsünün güç değerini temsil etmektedir. MATLAB R2020b programında görüntünün gücünü hesaplarken aşağıdaki algoritma kullanılmıştır.

1. Giriş görüntüsünün boyutları belirlenir.
2. Giriş görüntüsünün iki boyutlu Fourier dönüşümü hesaplanır.
3. Görüntünün gücünü hesaplamak için, görüntünün Fourier dönüşümünün mutlak değeri alınır ve bu mutlak değerlerin karesi alınır. Bu işlem sonucunda yeni bir görüntü elde edilir.
4. Tüm piksellerin güç değerleri toplanarak bir değişkene atanır.
5. Görüntünün gücü bir değişkene atanır, bu değer toplam güç değeri ile görüntünün toplam piksel sayısının çarpımının ortalamasıdır.
6. İki boyutlu bir görüntü ya da üç boyutlu bir görüntü olması hali kontrol edilir.
7. Görüntü boyutları kontrol edilir.
8. Üç boyutlu (renkli) görüntü olması halinde görüntü iki boyutlu haline dönüştürülür (Ustabaş ve Onur 2023).



BÖLÜM 4

BULGULAR VE SONUÇLAR

Bu bölümde çalışmanın konusu olan OLED/AMOLED ekran görüntüleri üzerinde görüntü işleme tabanlı çeşitli yöntemler uygulanarak elde edilen sonuçlar anlatılacaktır.

4.1 ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Bu çalışmada, 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü (Jeong ve ark., 2012), LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsü (LG, 2021), LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü ve Red Mi Note 11 pro+ mobil telefonun AMOLED ekran görüntüsü kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bu ekran görüntülerine, MATLAB R2020b programında 1024*1024 boyutu ayarlanarak, HE, CLAHE, BBHE, DSIHE, AL, AS ve ekranın sol tarafını karartma yöntemleri uygulandı. Sonuç olarak görüntü yapısında gürültü, bozulma gibi durumların minimum seviyede olacak şekilde ekran görüntüleri üzerinden enerji tasarrufu sağlanmaya çalışıldı.



(1)

(2)

(3)

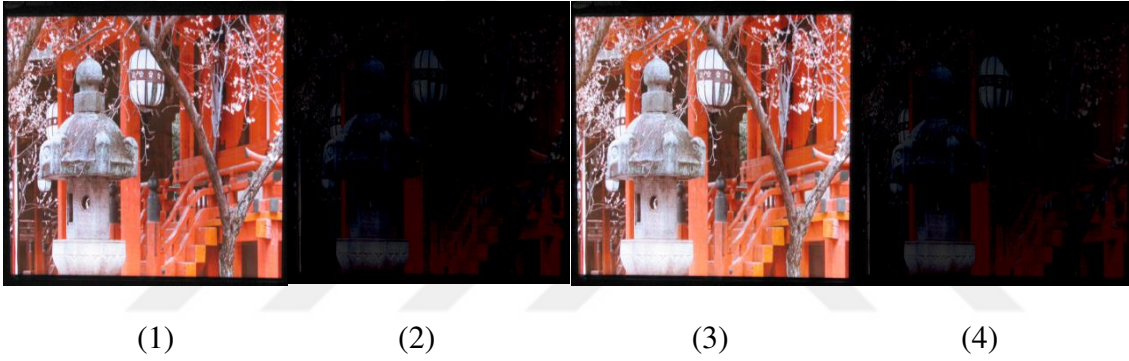
(4)

Şekil 4.1 (1) Orijinal 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 21.8W. (2) Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne HE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.87W. (3) HE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık ayarı yapılan görüntü, görüntü gücü 18.58W,güç verimliliği %14.77.(4) Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandıktan sonra oluşan görüntü, görüntü gücü 19.56W,güç verimliliği %10.28.

Şekil 4.1’de orijinal AMOLED ekran görüntüsüne histogram eşitleme uygulandığında enerji tasarrufu sağlanamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle histogram eşitleme yöntemi uygulanan görüntü üzerinde parlaklık azaltma yapılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır. Fakat enerji

tasarrufu sağlanmadan önceki görüntünün daha parlak ve anlaşılabilir olduğu açıktır. Buna karşın enerji tasarrufu sağlandıktan sonraki yani, histogram eşitleme uygulanan görüntü üzerinde, parlaklık azaltma yapılan görüntünün daha koyu ve anlaşılması zor olduğu görüldü.

Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandığında parlaklık ayarı yapılmasına ihtiyaç duyulmadan enerji tasarrufu sağlanabilmiştir. CLAHE uygulanan görüntüye bakıldığında gri tonlu, aydınlık bir görüntü olduğu görülmektedir. Ayrıca, histogram eşitleme yöntemi uygulanan görüntü ile CLAHE uygulanan görüntü karşılaştırıldığında histogram eşitlenen görüntünün orijinal görüntüye yakın olduğu; fakat enerji tasarrufu sağlanamadığı için yapılan çalışmanın amacına uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, CLAHE uygulanan görüntünün anlaşılır düzeyde ve enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.2 (1) BBHE uygulanan 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 22.09W. (2) BBHE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu sağlanabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 18.05W, güç verimliliği %17.19. (3) 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsüne DSIHE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.72W. (4) DSIHE yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan yeni görüntü, görüntü gücü 18.54W, güç verimliliği %14.96.

Şekil 4.2’de AMOLED ekran görüntüsüne BBHE yöntemi uygulandığında parlak ve net bir görüntü elde edilmektedir. Fakat çalışmanın amacı olan enerji tasarrufunun bu şekilde sağlanamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle parlaklık azaltma yapılarak enerji tasarrufunun sağlandığı ilk görüntüye göre karanlık bir görüntü elde edilmiştir. DSIHE yöntemi uygulandığında BBHE yöntemi uygulanan görüntüden biraz daha açık tonlu görüntü elde edilmiştir. Fakat bu görüntüde de BBHE yöntemi uygulanan görüntüde olduğu gibi enerji tasarrufu sağlanamamıştır. Bu nedenle parlaklık azaltma yapılarak BBHE yöntemi uygulanan görüntüye parlaklık azaltma yapıldıktan sonra oluşan görüntüye benzeyen karanlık bir görüntü elde edilmektedir.



(1)

(2)

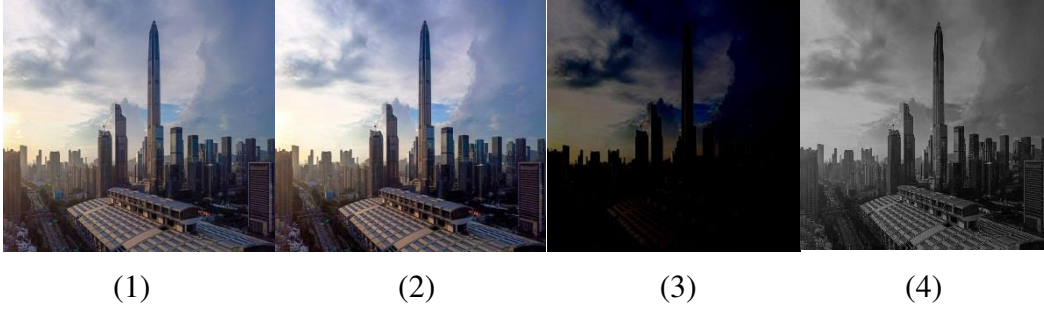
(3)

(4)

Şekil 4.3 (1) 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 21.03W, güç verimliliği %3.51. (2) 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsüne AL yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 19.34W, güç verimliliği %11.29. (3) 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 43.11W. (4) Ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan yeni görüntü, görüntü gücü 19.19W, güç verimliliği %11.98.

Şekil 4.3'te AMOLED ekran görüntüsüne doygunluk artırma uygulandığında çok canlı bir görüntü oluştuğu görülmektedir. Parlaklık azaltma uygulanan görüntüde enerji tasarrufu sağlanabilmesi için görüntü biraz karartılmıştır. AMOLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntüde sol taraf, görüntünün içeriği görülecek şekilde hafif karartılmıştır. Fakat bu yöntem uygulandığında enerji tasarrufu sağlanamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle parlaklık azaltma uygulanan görüntü; sol taraf tamamen karanlık, sağ taraf ise oldukça koyu tonda olarak elde edilmiştir.

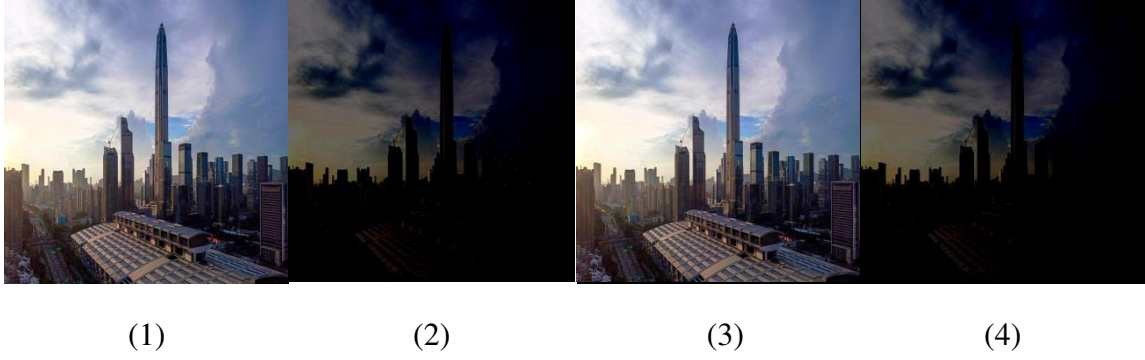
12.1 inç WXGA Amoled ekran görüntüsü (Jeong ve ark.,2012) üzerinde uygulanan yöntemler karşılaştırıldığında hem görüntünün aydınlık, anlaşılır, net olduğu hem de güç tasarrufu sağlandığı yöntemler CLAHE ve AS olmuştur. Diğer yöntemlerde parlak görüntüler elde edilmesine rağmen güç tasarrufu sağlanamadığı için parlaklık ayarı yapılmasından dolayı görüntüler, koyu tonda ve karanlık olmuştur.



Şekil 4.4 (1) Orijinal Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 22.24W. (2) Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne HE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.88W. (3) HE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 20.24W, güç verimliliği %9.03 (4) Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen görüntü, görüntü gücü 18.97W, güç verimliliği %14.74.

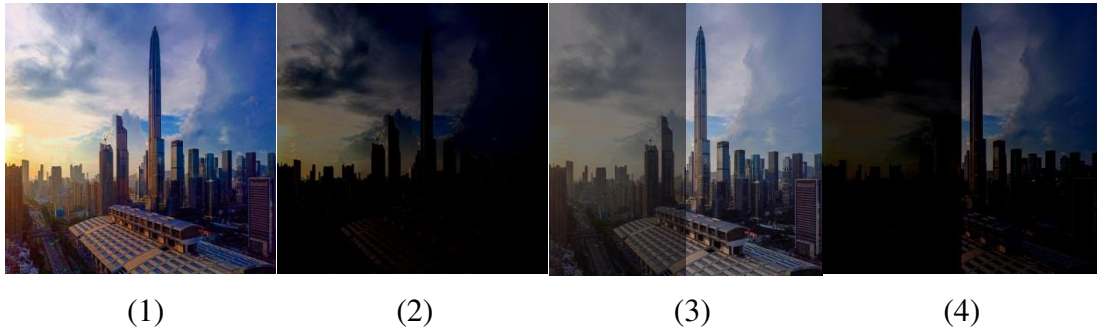
Şekil 4.4'te orijinal AMOLED ekran görüntüsüne HE yöntemi uygulandığında güç tasarrufu sağlanamadığı görülmüştür. Bu nedenle ekran görüntüsü üzerinde parlaklık azaltma yapılarak güç tasarrufu sağlanmıştır. Histogram eşitleme uygulandığında orijinal görüntüye göre daha parlak bir görüntü oluşmuştur. Histogram eşitlemeye parlaklık azaltma uygulandıktan sonraki görüntü ise karanlık ve görüntüdeki nesnelerin zor ayırt edilebildiği bir görüntüdür.

Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandığında ise görüntüye ikinci işleme olan parlaklık azaltma uygulamaya ihtiyaç olmadan enerji tasarrufu sağlanabilmiştir. CLAHE yöntemi uygulanan görüntü gri tonlu ve nesnelerin ayırt edilebildiği bir görüntüdür. Ayrıca, histogram eşitleme yöntemi uygulanan görüntü ile CLAHE uygulanan görüntü birbiri ile karşılaştırıldığında histogram eşitlemenin tek başına enerji tasarrufu sağlanmasında yeterli olmadığı, CLAHE yönteminin ise tek olarak enerji tasarrufu sağlayabildiği anlaşıldı.



Şekil 4.5 (1) BBHE uygulanan Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 22.91W. (2) BBHE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu sağlanabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 20.29W, güç verimliliği %8.79. (3) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsüne DSIHE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.76W. (4) DSIHE yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan yeni görüntü, görüntü gücü 20.12W, güç verimliliği %9.57.

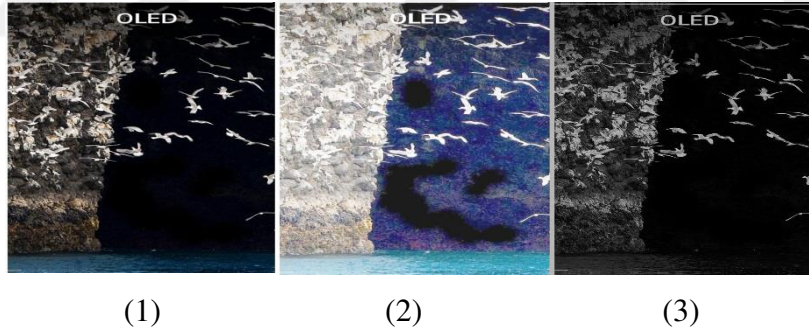
Şekil 4.5'te BBHE yöntemi uygulanan görüntü, orijinal AMOLED görüntüsüne göre daha aydınlıktır. Fakat bu şekilde tek başına enerji tasarrufu sağlamada yeterli olamamıştır. Bu nedenle görüntüye ikinci bir işleme olarak parlaklık azaltma yapıldı. Böylece enerji tasarrufu sağlanabilmiştir. Orijinal AMOLED ekran görüntüsüne, DSIHE yöntemi uygulandığında da BBHE yöntemi uygulanan görüntüdeki gibi aşamalar gerçekleşti. İki yöntemde de nesnelerin anlaşılabilirliği aydınlık görüntüler oluşmasına rağmen enerji tasarrufu sağlanamadığı için parlaklık azaltma uygulandığından dolayı oldukça koyu tonda görüntüler elde edildi.



Şekil 4.6 (1) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 21.54W, güç verimliliği %3.19. (2) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsüne AL yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 19.52W, güç verimliliği %12.27. (3) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 42.31W. (4) Ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan yeni görüntü, görüntü gücü 18.75W, güç verimliliği %15.69.

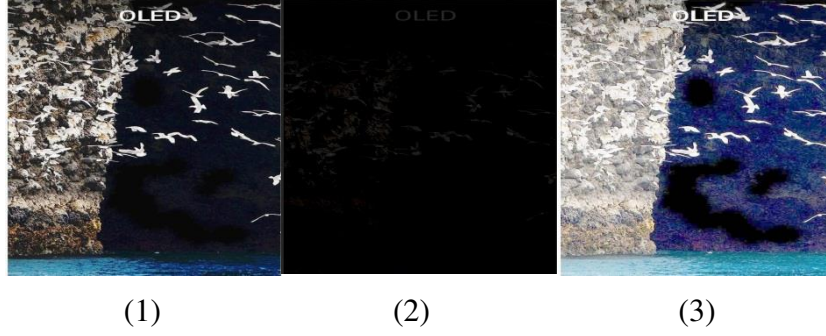
Şekil 4.6’da Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsüne, doygunluk artırma uygulandığında görüntünün renk tonlarının orijinal görüntüye göre daha canlı olduğu görülmektedir. AMOLED ekran görüntüsünde enerji tasarrufu sağlanabilene kadar parlaklık azaltma yapılmıştır. AMOLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma tekniği uygulandığında görüntünün sol tarafı hafif karartılır ve sağ tarafı ise orijinal görüntüyle aynı olarak kalır. Fakat bu şekilde olduğunda güç tasarrufu sağlanamadığı için bu yöntem ek olarak parlaklık azaltma uygulanarak güç tasarrufu sağlandı. Yeni oluşan görüntünün sol tarafı tamamen karanlık, sağ tarafı biraz daha aydınlık olsa da nesnelerin tam olarak ayırt edilemediği bir görüntüdür.

Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü üzerinde uygulanan yöntemler karşılaştırıldığında ilk aşamada uygulanan tüm yöntemlerin oldukça anlaşılır, açık ve net olduğu görüldü. Fakat histogram eşitleme, BBHE, DSIHE ve ekranın sol tarafını karartma yöntemlerinde enerji tasarrufu sağlanamamasından dolayı parlaklık azaltma yapıldığı için yeni görüntülerde nesnelerin ayırt edilemediği, görüntünün içeriğinin belirgin olmadığı anlaşılmaktadır. Buna karşın AS ve CLAHE yönteminde görüntü detaylarının net olarak belli olduğu, anlaşılır görüntüler elde edilmektedir.



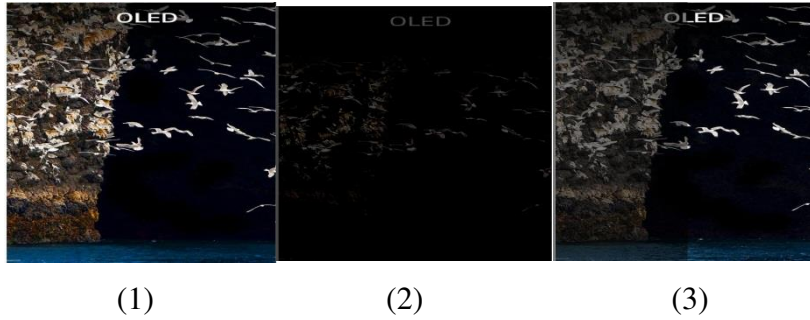
Şekil 4.7 (1) Orijinal LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 30.42W. (2) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne HE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.88W, güç verimliliği %24.79. (3) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen görüntü, görüntü gücü 25.07W, güç verimliliği %17.59.

Şekil 4.7’de OLED ekran görüntüsüne histogram eşitleme yöntemi uygulanarak enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ayrıca, orijinal OLED görüntüsüne göre, oldukça renkli bir görüntü ortaya çıkmaktadır. CLAHE yöntemi uygulandığında ise gri tonlu ve nesnelerin ayırt edilebildiği bir görüntü ortaya çıkmaktadır. OLED ekran görüntüsüne uygulanan her iki yöntem sonucunda enerji tasarrufu sağlanıp detayların belirginliği kaybolmayan görüntüler elde edilmiştir.



Şekil 4.8 (1) BBHE uygulanan LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 39.88W. (2) BBHE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu sağlanabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 28.34W, güç verimliliği %6.84.(3) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne DSIHE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.29W, güç verimliliği %26.73.

Şekil 4.8’de OLED ekran görüntüsüne BBHE yöntemi uygulandığında orijinal görüntüye göre biraz daha parlak, bozulma görülmeyen bir görüntü elde edilmiştir. Fakat enerji tasarrufu sağlanamadığı için görüntüye ek olarak parlaklık azaltma uygulandığında enerji tasarrufu sağlansa da görüntü tamamen kararmaya yakın hale geldiği görülmektedir. OLED ekran görüntüsüne DSIHE yöntemi uygulandığında oldukça renkli, anlaşılır ve enerji tasarrufunun sağlandığı bir görüntü ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu yöntemde görüntüyü renklendirirken orijinal görüntüde bulunan fakat ilk bakıldığında belirgin olmayan orta bölümünde bir karartı ortaya çıkarmıştır.

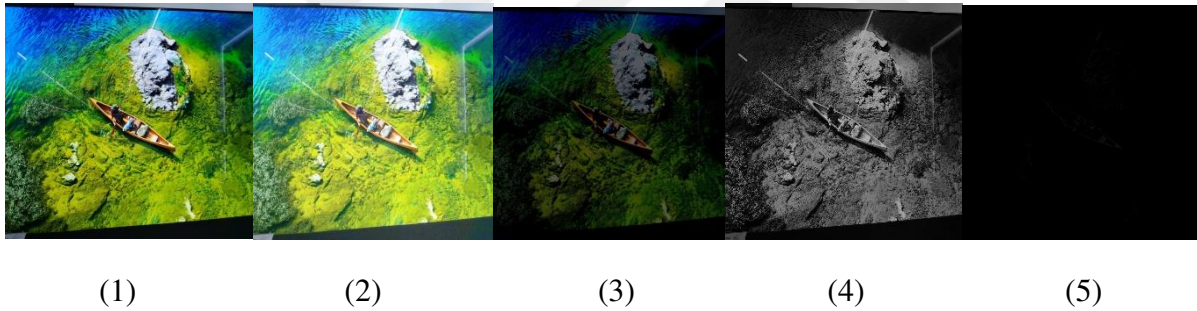


Şekil 4.9 (1) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 29.33W, güç verimliliği %3.59. (2) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne AL yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 19.28W, güç verimliliği %36.62. (3) LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 21.86W, güç verimliliği %28.14.

Şekil 4.9’da OLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanarak doygunluğu artırılmıştır. Böylece; hem renk tonlarının canlı olduğu hem de enerji tasarrufunun sağlandığı bir görüntü elde edilmiştir. OLED ekran görüntüsüne AL yöntemi uygulanarak enerji tasarrufu sağlanabilene kadar parlaklığı azaltılmıştır. Fakat bu durumda oldukça karanlık ve nesnelerin

anlaşılamadığı bir görüntünün elde edildiği görülmüştür. OLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulandığında sol taraf hafif karartılsa da nesneler anlaşılabilir. Sağ taraf ise aydınlık ve orijinal görüntünün yarı kısmıdır. Yöntem tek başına görüntü gücünden tasarruf sağlayabilmiştir.

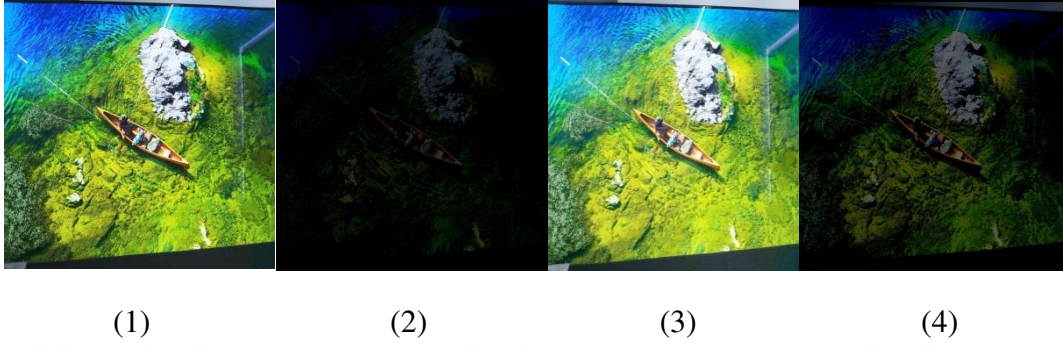
LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne uygulanan yöntemler karşılaştırıldığında; HE, DSIHE ve AS yöntemleri uygulandığında görüntülerin renk tonlarının oldukça canlı, görüntü içeriğinin belirgin, nesnelerin anlaşılabilirliği belirlenmiştir. CLAHE yöntemi uygulandığında da bu yöntemlerle aynı özellikleri karşılamıştır, tek farkı gri tonlu olmasıdır. Ekranın sol tarafını karartma tekniğinde ise sol tarafı biraz karartmasına rağmen görüntünün tümüne bakıldığında fazla bozulma olmadığı anlaşılmaktadır. AL yöntemi ile parlaklık azaltma yapıldığında diğer yöntemlere göre oldukça karanlık, anlaşılması zor bir görüntü elde edilmiştir. BBHE yöntemi uygulanan görüntü de ilk aşamada aydınlık ve net bir görüntü oluşturmaya karşın enerji tasarrufu sağlanamadığı için parlaklık azaltma uygulandıktan sonra çok karanlık bir görüntü ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.10 (1) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 20.26W.(2) Orijinal OLED ekran görüntüsüne HE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.84W. (3) HE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 19.12W, güç verimliliği %5.63. (4) Orijinal OLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandıktan sonra elde edilen görüntü, görüntü gücü 30.77W. (5) CLAHE yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 16.87W, güç verimliliği %16.73.

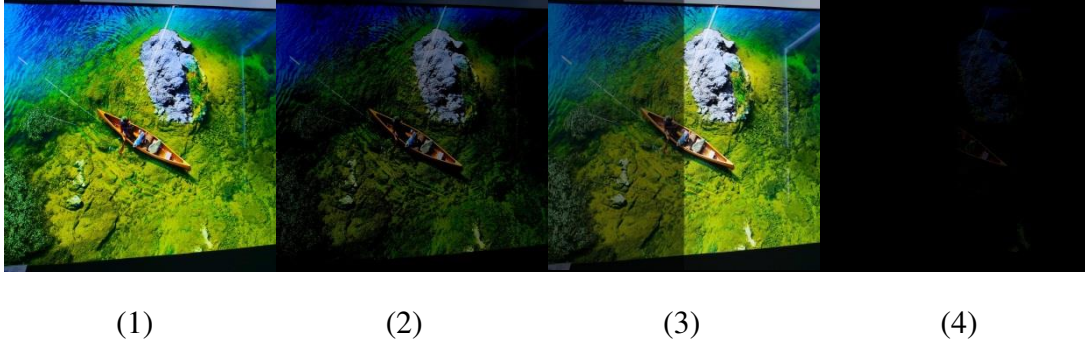
Şekil 4.10'da Orijinal OLED ekran görüntüsüne histogram eşitleme yöntemi uygulandığında açık tonda bir görüntü oluşmuştur. Fakat bu durumda enerji tasarrufu sağlanamadığı için uygulanan HE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma yapılması ile görüntü gücü tasarrufu sağlanmaktadır. Elde edilen görüntü, orijinal OLED görüntüsünden daha koyu tondadır. Orijinal OLED ekran görüntüsüne CLAHE yöntemi uygulandığında gri tonlu ve görüntüdeki nesnelerin ayırt edilebildiği anlaşılmaktadır. Buna karşın görüntü gücü tasarrufu

sağlanamadığı için ilave olarak parlaklık azaltma uygulandığında neredeyse tamamen karanlık bir görüntü elde edilmiştir. Her iki yöntemde de görüntü detayları kaybolmazken, enerji tasarrufu sağlanamadığı için ilave olarak parlaklık azaltma yapılmasından dolayı görüntülerin orijinalinden uzaklaştığı görülmüştür.



Şekil 4.11 (1) BBHE uygulanan LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü, görüntü gücü 21.18W. (2) BBHE uygulanan görüntüde enerji tasarrufu sağlanabilmesi için parlaklık azaltma yapılan görüntü, görüntü gücü 18.83W, güç verimliliği %7.06. (3) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsüne DSIHE yöntemi uygulandığında elde edilen görüntü, görüntü gücü 22.63W. (4) DSIHE yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan yeni görüntü, görüntü gücü 19.01W, güç verimliliği %6.17.

Şekil 4.11’de OLED ekran görüntüsüne BBHE yöntemi uygulandığında orijinal görüntüye göre biraz daha açık renk tonunda görüntü oluşmasına rağmen enerji tasarrufu sağlanamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle BBHE yöntemine ilave olarak parlaklık azaltma uygulandığında görüntü gücü tasarrufu sağlanabilmiştir. Fakat ekranın oldukça karardığı görülmektedir. Orijinal OLED ekran görüntüsüne DSIHE yöntemi uygulandığında; BBHE yöntemi uygulanmasına göre daha fazla açık bir renk tonlu görüntü elde edilmiştir. Burada da güç tasarrufu sağlanamadığı için DSIHE yöntemine ilave olarak parlaklık azaltma uygulandığında hafif koyu renk tonlu ve nesnelerin anlaşılabilirdiği bir görüntü elde edilip enerji tasarrufu amacına ulaşılmıştır.



Şekil 4.12 (1) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsüne AS(doygunluk ayarı) yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 20W, güç verimliliği %1.28. (2) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü AL yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 18.76W, güç verimliliği %7.40. (3) LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, görüntü gücü 37.24W.(4) Ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntüde enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapılan yeni görüntü, görüntü gücü 17.81W, güç verimliliği %12.09.

Şekil 4.12’de orijinal OLED ekran görüntüsüne AS yöntemi uygulanarak doygunluğu artırılmıştır. Böylece; görüntünün renk tonu canlı ve nesnelerin belirginliği daha fazla olan bir görüntü elde edilmiştir. Orijinal OLED ekran görüntüsüne, AL uygulanarak parlaklığı azaltıldığında hafif koyu renk tonlu, bazı detayların belirgin olmadığı bir görüntü oluştuğu görülmektedir. Orijinal OLED ekran görüntüsüne ekranın sol tarafını karartma tekniği uygulandığında sol taraf biraz karanlık olup nesneler anlaşılır şekildedir. Ekranın sağ tarafı orijinal görüntüyle aynıdır. Bu durumda görüntü gücünden tasarruf sağlanamadığı için ilave olarak parlaklık azaltma uygulandığında, güç tasarrufu sağlanmasına rağmen ekranın sol tarafı tamamen karanlık, sağ tarafı ise nesnelerin ayırt edilemediği kadar koyu tonda görüntü oluşmuştur.

Çizelge 4.1 a)12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü ve LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsü enerji tasarruflarının görüntü işleme tabanlı yöntemler kullanılarak karşılaştırılması.

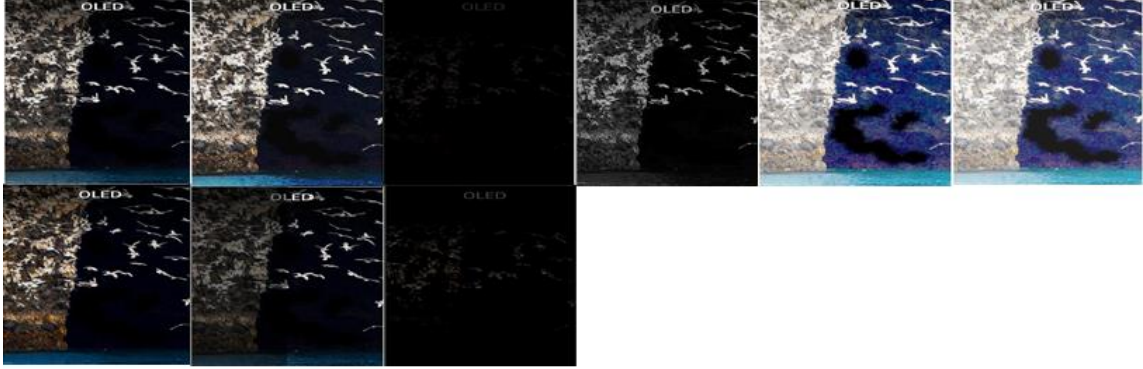
GÖRÜNTÜLERİN YÖNTEMLER KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI						
	a) AMOLED EKRAN GÜCÜ (W)		GÜÇ VERİMLİLİK YÜZDESİ (%)	a) OLED EKRAN GÜCÜ (W)		GÜÇ VERİMLİLİK YÜZDESİ (%)
ORJİNAL GÖRÜNTÜ GÜCÜ	21.8W			30.42W		
BBHE	P.Ö	P.S	%	P.Ö	P.S	%
	22.09 W	18.05 W		39.88 W	28.34W	
CLAHE	19.56 W		10.28%	25.07 W		17.59%
DSIHE	P.Ö	P.S	14.96%	22.29 W		26.73%
	22.72 W	18.54 W				
HE	P.Ö	P.S	14.77%	22.88 W		24.79%
	22.87 W	18.58 W				
DOYGUNLUK	21.03 W		3.51%	29.33 W		3.59%
SOL EKRAN KARANLIK	P.Ö	P.S	11.98%	21.86 W		28.14%
	43.11 W	19.19 W				
PARLAKLIK	19.34 W		11.29%	19.28 W		36.62%



Şekil 4.13 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü üzerinde görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri

Şekil 4.13'e göre ilk satırda, soldan sağa olarak 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsünün orijinal görüntüsü, BBHE yöntemi uygulanan görüntüsü, BBHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü, CLAHE yöntemi uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemi uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü yer almaktadır. İkinci satırda, soldan sağa olarak HE yöntemi uygulanan görüntü, HE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntü, AS yöntemi

uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntü ve AL yöntemi uygulanan görüntü yer almaktadır.

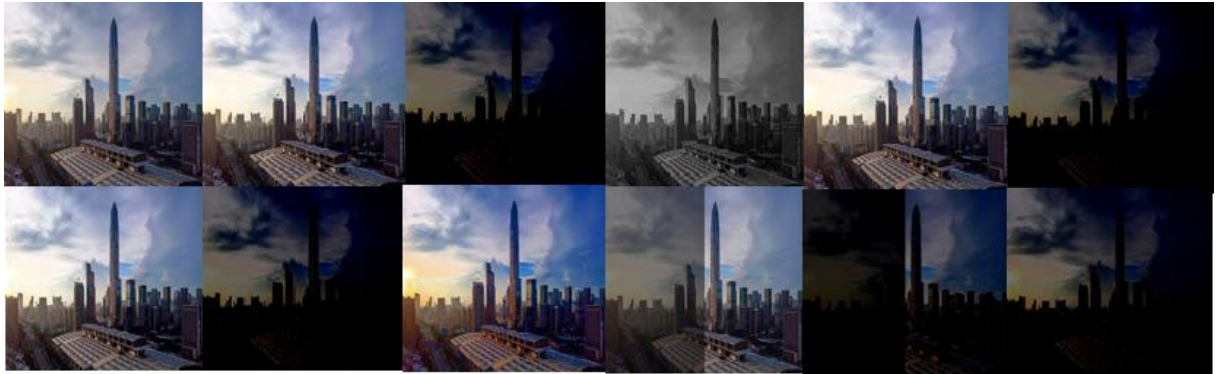


Şekil 4.14 LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsü üzerinde görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri.

Şekil 4.14'e göre ilk satırda soldan sağa olarak LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsünün orijinal görüntüsü, BBHE yöntemi uygulanan görüntüsü, BBHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü, CLAHE yöntemi uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemi uygulanan görüntüsü, HE yöntemi uygulanan görüntü yer almaktadır. İkinci satırda soldan sağa olarak AS yöntemi uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü ve AL yöntemi uygulanan görüntü yer almaktadır.

Çizelge 4.2 b) Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü ve LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü enerji tasarruflarının görüntü işleme tabanlı yöntemler kullanılarak karşılaştırılması.

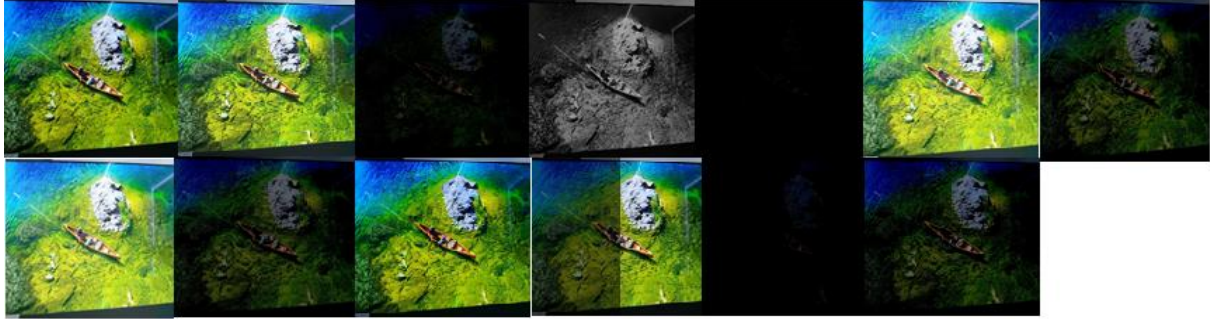
GÖRÜNTÜLERİN YÖNTEMLER KULLANILARAK KARŞILAŞTIRILMASI						
	b) AMOLED EKRAN GÜCÜ (W)		GÜÇ VERİMLİLİK YÜZDESİ (%)	b) OLED EKRAN GÜCÜ (W)		GÜÇ VERİMLİLİK YÜZDESİ (%)
ORJİNAL GÖRÜNTÜ GÜCÜ	22.24W			20.26W		
BBHE	P.Ö	P.S	%	P.Ö	P.S	%
	22.91 W	20.29 W		21.18 W	18.83W	
CLAHE	18.97 W		14.74%	P.Ö	P.S	16.73%
				30.77 W	16.87W	
DSIHE	P.Ö	P.S	9.57%	P.Ö	P.S	6.17%
	22.76 W	20.12 W		22.63 W	19.01W	
HE	P.Ö	P.S	9.03%	P.Ö	P.S	5.63%
	22.88 W	20.24 W		22.84 W	19.12W	
DOYGUNLUK	21.54 W		3.19%	20 W		1.28%
SOL EKRAN KARANLIK	P.Ö	P.S	15.69%	P.Ö	P.S	12.09%
	42.31 W	18.75 W		37.24 W	17.81W	
PARLAKLIK	19.52 W		12.27%	18.76 W		7.40%



Şekil 4.15 Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü üzerinde, görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri.

Şekil 4.15'e göre ilk satırda soldan sağa olarak Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsünün orijinal görüntüsü, BBHE yöntemi uygulanan görüntüsü, BBHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü, CLAHE yöntemi uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemi uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü yer almaktadır. İkinci satırda soldan sağa olarak HE yöntemi uygulanan görüntü, HE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntü, AS yöntemi

uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntü ve AL yöntemi uygulanan görüntü yer almaktadır.



Şekil 4.16 LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü üzerinde, görüntü işleme tabanlı yöntemlerle enerji tasarrufu sağlanırken elde edilen görüntüleri.

Şekil 4.16'ya göre ilk satırda soldan sağa olarak LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsünün orijinal görüntüsü, BBHE yöntemi uygulanan görüntüsü, BBHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü, CLAHE yöntemi uygulanan görüntüsü, CLAHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemi uygulanan görüntüsü, DSIHE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntüsü yer almaktadır. İkinci satırda soldan sağa olarak HE yöntemi uygulanan görüntü, HE yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntü, AS yöntemi uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemi uygulanan görüntü, ekranın sol tarafını karartma yöntemine ek olarak parlaklık azaltma uygulanan görüntü ve AL yöntemi uygulanan görüntü yer almaktadır.

Çizelge 4.1'de P.Ö kısaltması, parlaklık azaltma öncesini ve P.S kısaltması, parlaklık azaltma sonrasını göstermektedir. Çizelge 4.1'deki orijinal ekran görüntüleri olan 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü, LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsü güç değerleri, eşitlik (3.54) kullanılarak, sırasıyla 21.8W,30.42W olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1 incelendiğinde, 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsüne;

- BBHE yöntemi uygulandığında görüntünün gücü eşitlik (3.54)'e göre 22.09W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu sağlanmadığı için parlaklık azaltma uygulanması sonrası görüntü gücü değeri 18.05W olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55) kullanılarak güç verimliliği ise %17.19 olarak elde edilmiştir.

- CLAHE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre, görüntü gücü değeri 19.56W, eşitlik (3.55)' e göre güç verimliliği % 10.25 olarak hesaplanmıştır.

-DSIHE yöntemi uygulandığında görüntünün gücü eşitlik (3.54)'e göre 22.72W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu sağlanmadığı için parlaklık azaltma uygulanması sonrası görüntü gücü değeri, 18.54W olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55) kullanılarak güç verimliliği ise %14.96 olarak hesaplanmıştır.

-HE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntünün gücü 22.87W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu gerçekleşemediği için parlaklık azaltma uygulanması sonucu görüntü gücü değeri, 18.58W olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55) kullanılarak güç verimliliği %14.77 olarak elde edilmiştir.

-AS yöntemi ile doygunluğu artırıldığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri 21.03W, eşitlik (3.55)' e göre güç verimliliği %3.51 olarak hesaplanmıştır.

-Görüntüsünün sol kısmı karartıldığında görüntü gücü değeri eşitlik (3.54)'e göre; 43.11W iken enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapıldıktan sonra güç değeri 19.19W şeklinde hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55)' e göre güç verimliliği ise %11.98 değeri olarak elde edilmiştir.

- AL yöntemi kullanılarak parlaklık azaltma yapılırsa eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri 19.34 W olurken eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %11.29 olmuştur.

Çizelge 4.1'de; LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsüne,

- BBHE yöntemi uygulandığında görüntünün gücü eşitlik (3.54)'e göre 39.88W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu sağlanmadığı için parlaklık azaltma uygulanması sonrası görüntü gücü değeri, 28.34W olarak hesaplanmıştır. Ayrıca eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %6.84 olarak elde edilmiştir.

-CLAHE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre, görüntü gücü değeri 25.07W, eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği % 17.59 olarak hesaplanmıştır.

-DSIHE yöntemi uygulandığında görüntünün gücü eşitlik (3.54)'e göre 22.29W olarak hesaplanırken eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği, %26.73 olarak elde edildiği görülmektedir.

-HE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntünün gücü, 22.88W olarak hesaplanırken eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği, %24.79 olarak hesaplanmıştır.

-AS yöntemi ile doygunluğu artırıldığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 29.33W, eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği, %3.59 olarak hesaplanmıştır.

-Görüntünün sol kısmı karartıldığında görüntü gücü değeri eşitlik (3.54)'e göre; 21.86W iken eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %28.14 olarak elde edilmiştir.

-AL yöntemi kullanılarak parlaklık azaltma yapılırsa eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 19.28 W olurken eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği, %36.62 değeri elde edilmiştir.

Çizelge 4.2' de P.Ö kısaltması, parlaklık azaltma öncesini ve P.S kısaltması, parlaklık azaltma sonrasını göstermektedir. Çizelge 4.2'deki orijinal ekran görüntüleri olan Red Mi Note 11 pro+AMOLED ekran görüntüsü, LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü güç değerleri, eşitlik (3.54) kullanılarak, sırasıyla 22.24W,20.26W olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2'ye göre; orijinal Red Mi Note 11 pro+AMOLED ekran görüntüsüne,

- BBHE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54) kullanılarak görüntünün gücü, 22.91 W olarak hesaplanmıştır. Fakat orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu sağlanmadığı için parlaklık azaltma uygulanması sonrası görüntü gücü değeri 20.29 W olarak elde edilmiştir. Eşitlik (3.55) kullanılarak güç verimliliği değeri ise %8.79 olarak bulunmuştur.

-CLAHE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre, görüntü gücü değeri 18.97 W, eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %14.74 olarak hesaplanmıştır.

-DSIHE yöntemi uygulandığında görüntünün gücü eşitlik (3.54)'e göre 22.76W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu sağlanmadığı için parlaklık azaltma uygulanması sonrası görüntü gücü değeri, 20.12W olarak elde edilmiştir. Eşitlik (3.55) kullanılarak güç verimliliği değeri %9.57 olarak bulunmuştur.

-HE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntünün gücü, 22.88W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu gerçekleşemediği için parlaklık azaltma uygulanması sonucu görüntü gücü değeri, 20.24W olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55) kullanılarak güç verimliliği değeri ise %9.03 olarak hesaplanmıştır.

-AS yöntemi uygulanarak doygunluğu artırılarak eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri 21.54W, eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %3.19 olarak hesaplanmıştır.

-Görüntünün sol kısmı karartıldığında görüntü gücü değeri eşitlik (3.54)'e göre; 42.31W iken enerji tasarrufu olabilmesi için parlaklık azaltma yapıldıktan sonra güç değeri 18.75W şeklinde hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55)'e göre, görüntü güç verimliliği %15.69 olarak elde edilmiştir.

-AL yöntemi ile parlaklığı azaltılarak eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 19.52W olarak hesaplanırken eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %12.27 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.2'de LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsüne, -BBHE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri 21.18W iken enerji tasarrufu sağlanabilmesi için BBHE yöntemi ilave olarak parlaklık azaltma uygulandığından yine eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 18.83W olarak bulunmuştur. Eşitlik (3.55)'e göre görüntünün güç verimliliği ise %7.06 olarak hesaplanmıştır.

-CLAHE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri 30.77W iken güç tasarrufu sağlayabilmek için ilave olarak parlaklık azaltma uygulandığında görüntü gücü değeri, 16.87W olarak elde edilmiştir. Eşitlik (3.55)'e göre görüntü güç verimliliği için ise %16.73 değeri hesaplanmıştır.

-DSIHE yöntemi uygulandığında görüntünün gücü eşitlik (3.54)'e göre 22.63W olarak hesaplanırken orijinal görüntüye göre enerji tasarrufu sağlanmadığı için parlaklık azaltma uygulanması sonrası görüntü gücü değeri, 19.01W olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %6.17 olarak elde edilmiştir.

-HE yöntemi uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 22.84W olarak hesaplanırken güç tasarrufu sağlanması açısından parlaklık ayarı yapıldıktan sonra görüntü gücü değeri, 19.12W olarak elde edilmiştir. Eşitlik (3.55)'e göre güç verimliliği %5.63 olarak hesaplanmıştır.

-AS yöntemi kullanılarak doygunluk artırma uygulanırsa eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 20W iken eşitlik (3.55)'e göre görüntü güç verimliliği %1.28 olarak bulunmuştur.

-Ekranın sol tarafını karartma tekniği uygulandığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 37.24W iken güç tasarrufu sağlanamadığı için ilave olarak parlaklık artırma

uygulandıktan sonra görüntü gücü değeri, 17.81W olarak elde edilmiştir. Eşitlik (3.55)'e göre görüntü güç verimliliği %12.09 olarak hesaplanmıştır.

-AL yöntemi kullanılarak parlaklık azaltıldığında eşitlik (3.54)'e göre görüntü gücü değeri, 18.76W iken eşitlik (3.55)'e göre görüntü güç verimliliği %7.40 olarak elde edilmiştir.



BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında 12.1 inç WXGA AMOLED ekran görüntüsü, LG web sayfasında yayınlanan OLED ekran görüntüsü, Red Mi Note 11 pro+ AMOLED ekran görüntüsü ve LG OLED65CS3VA 65 inç 165 ekran televizyonun OLED ekran görüntüsü kullanılarak görüntü işleme tabanlı çeşitli yöntemler kullanılarak görüntülerin güç verimlilikleri incelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde AS yöntemini kullanarak doygunluğun artırıldığı yöntem tüm görüntüler için en az güç verimliliğinin sağlandığı, fakat ekran görselleri içerisinde de gürültüden uzak, bozulmanın görülmediği, aydınlık, canlı renk tonlu görseller sunan bir yöntem olduğu görülmüştür. Ayrıca görüntünün doygunluğu daha fazla artırıldığında enerji tasarrufu oranı da artmaktadır. Fakat bu durumda görüntü renk tonları çok canlı görünerek orijinalinden oldukça uzaklaştığı için tercih edilmemiştir.

Çalışmada uygulanan yöntemlerin anlatıldığı Bölüm 3'te BBHE ve DSIHE yönteminin görüntünün genel parlaklığını koruma özelliğine değinilmişti. Sonuçta görülüyor ki genel parlaklık korunduğunda yöntemin gereklerine uygun oldukça net, anlaşılır, aydınlık görüntüler karşımıza çıkmaktadır. Fakat ekran görüntülerinde enerji tasarrufu sağlanması istenildiğinden ilave olarak parlaklık azaltma yapıldığında biraz daha koyu, anlaşılması zor görüntülerle karşılaşmaktadır. Bunların yanında, LG web sayfasından alınan OLED ekran görüntüsüne HE, BBHE ve DSIHE uygulanan görüntülere bakıldığında orijinalinde karanlık görünen kısımlar bu yöntemler uygulanıp görüntü renklendirildikten sonra belirgin hale gelen bir şekil detayı fark edilmiştir. Yani bu yöntemler, orijinal görüntüde belirgin olmayan detayları da ortaya çıkarabilmektedir.

Literatürde farklı amaçlarla yöntemlerin uygulandığı mevcut çalışmalar ve bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ekran görüntüsü gücünden tasarruf sağlama ile ilgili ortak yöntem olarak AL ve AS yöntemlerinin uygulanması olmuştur. AL ve AS yöntemlerinin kullanım şekli önceki çalışmalarda bir görüntünün tümüne uygulanmayıp görüntü üzerinde belirlenen bir bölgenin parlaklığı ve doygunluğu ayarlanarak uygulandı. Bu durumda güç tasarruf yüzdeleri sırasıyla %25 ve %26 olarak elde edildi. Fakat belirlenen

bölge için yöntemlerin uygulanması, daha fazla işlem gücü ve kaynak kullanımı gerektirir. Hızlı ve otomatik işlemlerde kullanılmak üzere farklı bir alternatif olarak bu tez çalışmasında ise, görüntüde herhangi bir bölgeye doygunluk ve parlaklık ayarlama yöntemleri uygulanmayıp, orijinal görüntünün tamamı üzerinde bu yöntemler uygulanarak enerji tasarrufu sağlanmıştır. Bunun sonucunda doygunluğun ayarlandığı yöntem dört görüntü için ortalama olarak %3, parlaklığın ayarlandığı yöntem ortalama olarak %17 olarak bulunmuştur.

Orijinal görüntünün tümü üzerinde doygunluk ve parlaklık ayarının yapılması; görüntünün tüm bölgelerinin birbiri ile uyumlu olup homojen bir görüntü elde edilmesini sağladı. Doğrudan orijinal görüntü üzerinde bu yöntemlerin uygulanması, kullanımının karmaşık olmayışı ve işlemlerin daha hızlı gerçekleşebilmesi açısından literatürdeki çıkarım yapılan bölgeler üzerindeki uygulamalara göre, avantaj sağlamaktadır. Bu çalışma doğrultusunda daha önceki çalışmalarda kullanılmayan ekranın sol tarafını karartma tekniği, parlaklık azaltma ile desteklenerek dört görüntü için ortalama olarak %17 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır. Elde edilen görüntüler karanlık olsa da özellikle pil seviyesi düşük olduğunda veya cihaz enerji tasarrufu modunda olduğunda, ekranın sol tarafının karartılması pil ömrünü uzatmak açısından avantaj sağlar.

Çalışmadaki diğer yöntemlerden kontrast sınırlı adaptif histogram eşitleme (CLAHE), ortalama olarak %14 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır. OLED ekranlar, piksellerin bağımsız olarak kontrol edilebilmesi özelliğine sahiptir. CLAHE, adaptif eşitleme yöntemleri kullanarak, her pikselin çevresindeki kontrastı iyileştirir. Bu, ekranın daha iyi aydınlatılmasını ve görüntü kalitesinin ortaya çıkmasını sağladı.

Genel olarak bakıldığında, görüntü iyileştirme yöntemleri uygulanması sonucunda orijinalinden uzaklaşmayan, bozulmaların olmadığı görüntüler elde edilmiştir. Güç tasarrufu sağlanabilmesi için gerektiğinde bu yöntemlere ek olarak parlaklık azaltma yapılan görüntüler ise, karanlık ve nesnelerin ayırt edilebilirliğinin azaldığı görüntüler şeklindedir. Buna karşın parlaklık azaltmanın güç tasarrufu sağlanmasında oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca; LG web sayfasından alınan OLED görüntüsünde siyah rengin ağırlıklı olması enerji tasarrufunun, genel olarak uygulanan yöntemler için daha fazla elde edilmesini sağladı. Bu da özellikle ekranda siyah renk ağırlıklı görüntüler yansıtılırken OLED'lerin enerji tüketiminin az olması özelliğini destekler (Asnani ve ark. 2021).

KAYNAKLAR

- Acharya T and Ray AK** (2005) *Image Processing: Principles and Applications*. 1, ISBN: 978-0471719984, Wiley-Interscience, e-book, 448 s.
- Akbay C** (2019) Mamografi Görüntülerinde Görüntü İyileştirme Algoritmaları. *Biyomedikal Mühendisliği ve Uygulamaları*, 1, ISBN: 978-605-01-322-9, Ankara, e-kitap, 349-376.
- Aktürk S M** (2018) Grabcut Etkileşimli Bölütleme Yöntemi Üzerinde İyileştirme Çalışmaları. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 104 s.
- Albaba M and Akkuş M S** (2021) Technologies based on energy savings for OLED devices. *MANAS Journal of Engineering*, 1 (9):55-65.
- Altaş A G** (2019) Effect of Phosphorescent Iridium Dopant on Characteristics of Organic Light Emitting Diodes. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü, Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı, İstanbul, 53 s.
- Anand B, Li K and Ananda A L** (2014) PARVAI-HVS Aware Adaptive Display Power Management for Mobile Games. In: *Proc. IEEE International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking*, 06-08 January 2014, Singapore, *IEEE*, e-book, 21–26.
- Asnani S, Canu M G, Farinetti L and Montrucchio B** (2021). On Producing Energy-Efficient and Contrast-Enhanced Images for OLED-Based Mobile Devices. *Pervasive and Mobile Computing*, 75(5): 1-22.
- Féry C, Racine B, Vaufrey D, Doyeux H and Ciná S** (2005) Physical Mechanism Responsible for The Stretched Exponential Decay Behavior of Aging Organic Light-Emitting Diodes. *Applied Physics Letters*, 87 (21): 213502.
- Chen S D and Ramli A R B** (2003), Contrast Enhancement Using Recursive Mean-Separate Histogram Equalization for Scalable Brightness Preservation, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 49(4): 1301 – 1309.
- Chondro P, Chang C, Ruan S and Shen C** (2018) Advanced Multimedia Power-Saving Method Using a Dynamic Pixel Dimmer on AMOLED Displays. In *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 9 (28): 2200-2209.
- Collins B, Greek D, Parkyn J, Paton C, Rawlinson N ve Shaw A** (2023) Lenovo Legion Y25-30. *Computer Act!ve*, 652(1):25-26.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Dhyani G and Bisht N** (2016) A Review Paper on: Study of Organic Light Emitting Diode. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3 (6): 1155-1157.
- Dinçsoy E** (2003) Fourier Dönüşümü İle Digital Görüntü İşleme. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 64 s.
- Doken İ, Gokdemir M, Al-Shaibani W T and Shayea İ** (baskıda) Histogram Equalization of the Image. *IEEE*.
- Dong M, Choi Y K and Zhong L** (2009). Power Modeling of Graphical User Interfaces on OLED Displays. *2009 46th ACM/IEEE Design Automation Conference*, 26-31 July 2009, San Francisco, CA, *IEEE*, e-book, 652-657.
- Dong M and Zhong L** (2012) Power Modeling and Optimization for OLED Displays. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 9 (11):1587-1599.
- Elen A** (2020), Görüntü İkileştirme için Global Eşikleme Yöntemleri Üzerine Bir İnceleme, *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 2(2):38-49.
- Gaddam P C S K and Sunkara P** (2016). Advanced Image Processing Using Histogram Equalization and Android Application Implementation. *Master Thesis*, Blekinge Tekniska Högskola, Blekinge Institute of Technology, Department of Applied Signal Processing, Karlskrona, 50 s.
- Gonzales R F and Woods R E** (2008) *Digital Image Processing*. Third Edition, ISBN: 978-0131687288, Pearson Education, e-book, 976 s.
- Gupta S and Kaur Y** (2014) Review of Different Local and Global Contrast Enhancement Techniques for a Digital Image. *International Journal of Computer Applications*, 18(100):18-23.
- In H J, Oh K H, Kwon O K, Hyun C H and Kim S C** (2010) A Luminance Adjusting Algorithm for High Resolution and High Image Quality AMOLED Displays of Mobile Phone Applications. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, 3(56):1191-1195.
- Hana F M and Maulida I D** (2021) Analysis of Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) Parameters on Finger Knuckle Print Identification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1):1-6.
- Hashmi A, Juneja A, Kumar N, Gupta D, Turabieh H, Dhingra G, Jha R S and Bitsue Z K** (2022) Contrast Enhancement in Mammograms Using Convolution Neural Networks for Edge Computing Systems. *Scientific Programming*, 2022(2):1-9.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Hassan R, Islam T and Ema R R** (2017) Color Image Segmentation Using Automated K-Means Clustering with RGB and HSV Color Spaces. *Global Journal of Computer Science and Technology: F*, 2(17):33-41.
- Ismael A N** (2022), A comparative Study of Image Enhancement Techniques for Natural Images. *Journal of Al-Qadisiyah for Computer Science and Mathematics*, 14(4):53–65.
- Jeong J K, Jeong J H, Choi J H, Im J S, Kim S, Yang H, Kang K, Kim K S, Ahn T K, Chung H, Kim M, Gu B S, Park J, Mo Y, Kim H and Chung H K** (2008) Distinguished Paper: 12.1-Inch WXGA AMOLED Display Driven by Indium-Gallium-Zinc Oxide TFTs Array. *SID Symposium Digest of Technical Papers*, 39(1):1-4.
- Jin J C, Lee J H, Kim E S and Kim Y C** (2018) OPT: Optimal Human Visual System-Aware and Power-Saving Color Transformation for Mobile AMOLED Displays. *Multimedia Tools and Applications*, 77(4): 16699–16720.
- Kaur J and Sohi N** (2017) Performance Improvement of Enhancement Methods for Underwater Images. *2nd International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 19-20 October 2017, Coimbatore, India, *IEEE*, e-book, 320-326.
- Kim C, Hong S, Lee K and Kim Y** (2018) High-Accurate and Fast Power Model Based on Channel Dependency for Mobile AMOLED Displays. *In IEEE Access*, 6:73380-73394.
- Kim D, Jung W and Cha H** (2013) Runtime Power Estimation of Mobile AMOLED Displays. *16th Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition DATE 2013*, 18-22 March 2013, Grenoble, France, *IEEE*, ISBN: 9783981537000, e-book, 61-64.
- Kim Y T** (1997) Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization. *In IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 1(43):1-8.
- Kunić S and Šego Z** (2012) OLED Technology and Displays. *54th International Symposium ELMAR-2012*, 12-14 September 2012, Zadar, Croatia, *IEEE*, e-book, 31-35.
- Kurt B and Nabiye V** (2010) Dijital Mamografi Görüntülerinin Kontrast Sınırlı Adaptif Histogram Eşitleme ile İyileştirilmesi . *VII. Ulusal Tıp Bilişimi Kongresi*, 14 - 17 Ekim 2010 ,Gazimagusa, Turkey, e-kitap, 67-78.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kumar R V, Raju K P, Kumar L R and Kumar M J** (2016) Grey Level to RGB Using YCbCr Color Space Technique. *International Journal of Computer Applications*, 7(147):25-28.
- Li D, Guo B, Li J, Huang Y and Shen Y** (2016) Make Image More Energy Efficient for Mobile OLED Displays. *13th International Conference on Embedded Software and Systems*, 13-14 August 2016, Chengdu, China, e-book, 143-147.
- Li D, Guo B, Shen Y, Li J and Huang Y** (2016) Making Image More Energy Efficient for OLED Smart Devices. *Mobile Information System*, 2016(1):1-8.
- Loesdau M, Chabrier S and Gabillon A** (2014) Hue and Saturation In The RGB Color Space. *6th International Conference, ICISP 2014. Lecture Notes in Computer Science*, Haziran 2014, Cherbourg, France, Springer, Cham, 8509, ISBN: 978-3-319-07997-4, e-book, 203-212.
- Maraşlı F ve Öztürk S** (2018) Görüntü İyileştirme ve Görüntü Onarma Teknikleri ile Yapılmış Uygulamalar. *Conference: II. International Scientific and Vocational Studies Congress (Bilmes 2018)*, 10 Ekim 2018, Nevşehir, Türkiye, e-book, 692-700.
- Nugroho K A and Ruan S J** (2022) R-ACE Network for OLED Image Power Saving. *2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)*, 07-09 March 2022, Osaka, Japan, IEEE, e-book, 284-285.
- Özcan T** (2010) Hareketli Nesnelerde Yüz Tespitine Yönelik Bir Uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Edirne, 99 s.
- Pagliari D J, Macii E and Poncino M** (2018) LAPSE: Low-Overhead Adaptive Power Saving and Contrast Enhancement for OLEDs. *IEEE Transactions on Image Processing*, 9 (27): 4623 - 4637.
- Pizer S M, Johnston R E, Ericksen J P, Yankaskas B C and Muller K E** (1990) Contrast-Limited Adaptive Histogram Equalization: Speed and Effectiveness. *Proceedings of the First Conference on Visualization in Biomedical Computing*, 22-25 May 1990, Atlanta, GA, USA, IEEE, e-book, 337-345.
- Polat H H** (2012) Grafik Tasarım Sürecinde Kullanılan Aygıtların Renk Modelleri, *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, 1: 116-127.
- Raheja A, Chawla R, Gupta S and Vashist A** (2020) Controlling over Enhancement of Images Using Histogram Equalization Technique. *In: 2020 International Symposium on Fusion of Science and Technology*, 6 -10 January 2020, New Delhi; India, 1-16.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Ravichandran C G and Magudeeswaran V** (2012) An Efficient Method for Contrast Enhancement in Still Images using Histogram Modification Framework. *Journal of Computer Science*, 8(5):775-779.
- Reza A M** (2004) Realization of the Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) for Real-Time Image Enhancement. *The Journal of VLSI Signal Processing-Systems for Signal, Image, and Video Technology*, 38(1):35-44.
- Sain N, Sharma D and Choudhary P** (2020) A Review Paper on: Organic Light-Emitting Diode (OLED) Technology and Applications. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 11 (4): 2455-2143.
- Samtaş G and Gülesin M** (2012) Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları . *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 2 (1):85-97.
- Saravanan G, Yamuna G and Nandhini S** (2016), Real Time Implementation of RGB to HSV/HSI/HSL and Its Reverse Color Space Models, *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 06-08 April 2016 Melmaruvathur, India, 462-466.
- Saravanan S, & Siva Kumar P** (2014), Image contrast enhancement using histogram equalization techniques: review, *International Journal of Advances in Computer Science and Technology*, 3(3).
- Saravanan S and Siva Kumar P** (2014) Image Contrast Enhancement Using Histogram Equalization Techniques: Review, *International Journal of Advances in Computer Science and Technology*, 3(3):163-172.
- Sasi N and Jayasree V** (2013) Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization for Qualitative Enhancement of Myocardial Perfusion Images. *Engineering*, 5(10):326-331.
- Seo B and Kim S** (2017) Enhancing Energy Efficiency on OLED Display Equipped Mobile Device. *Kaist*, 1-9.
- Shah R, Sheikh A, Shukla S, Hingmire A and Suryavanshi O** (2023) Comparing Effectiveness of GAN and CLAHE for Enhancing Underwater Images. *2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, 11-13 April 2023, Tirunelveli, India, *IEEE*, e-book, 1499-1503.
- Shin Y G, Lee D H, Kang M C, Lee J and Ko S J** (2017) A Novel Burn-in Potential Region Detection Method Using Image Processing Technique. *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 08-10 January 2017, Las Vegas, NV, USA, *IEEE*, e-book, 215-216.
- Shin Y G, Park S, Yeo Y J, Yoo M J and Ko S J** (2020) Unsupervised Deep Contrast Enhancement With Power Constraint for OLED Displays. *IEEE Transactions on Image Processing*, 29(1):2834-2844.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Singh A, Sharma B and Dagar S** (2018) Image Enhancement by Histogram Technique Using Matlab. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(7):346-353.
- Singh J, Kaur N and Singh R** (2022) Analysis and Comparison of Various Contrast Enhancement Techniques, *3rd International Conference on Computing, Analytics and Networks (ICAN)*, Rajpura, Punjab, India, 1-8.
- Suganya P, Gayathri S and Mohanapriya N** (2013) Survey on Image Enhancement Techniques. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 5(2):623-627.
- Talan T ve Aktürk C (Ed.)** (2021) *Bilgisayar Bilimlerinde Teorik ve Uygulamalı Araştırmalar*.1, ISBN: 978-625-8065-42-8, EfeAkademi Yayınevi, e-kitap, 296 s.
- Tan K W, Okoshi T, Misra A and Balan R K** (2013) FOCUS: A Usable & Effective Approach to OLED Display Power Management. *UbiComp 2013 - Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 8(12): 573-582.
- Tanimoto S L** (2012) Brightness and Contrast. *An Interdisciplinary Introduction to Image Processing - Pixels, Numbers and Programs* , ISBN: 9780262017169, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, e-book, 41-42.
- Thepade S D, Ople M, Mahindra V, Kulye V and Jamdar S** (2022) Low Light Image Contrast Enhancement using Blending of Histogram Equalization Based Methods DSIHE and MMBEBHE, *2nd Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)*, Ravet, India, 1-5.
- URL-1** (2023) <<https://www.neoldu.com/led-oled-amoled-ve-lcd-nedir-677h.htm>>, Ziyaret tarihi:31.01.2023.
- URL-2** (2023) < <https://www.kuark.org/2012/08/oled-ekranlar/>>, Ziyaret tarihi:31.01.2023.
- URL-3** (2023) < <https://www.slideshare.net/ernancy/contrast-limited-adaptive-histogram-equalization> >, Ziyaret tarihi:20.03.2023.
- URL-4** (2023) <https://40two.info/barge/image_processing/Intro/PDF/Lookup_Tables.pdf>, Ziyaret tarihi:18.05.2023.
- URL-5** (2023) <http://www.grumpybuffalo.com/color_glossary_a.htm>, Ziyaret tarihi: 20.09.2023.
- URL-6** (2023) < https://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV >, Ziyaret tarihi:25.09.2023.
- Ustabaş S and Onur T Ö** (2023) Görüntü İşleme Tabanlı Yöntemlerle OLED/AMOLED Ekranlarda Güç Verimliliğinin Sağlanması. *5. International Antalya Scientific Research and Innovative Studies Congress*, 26-28 July 2023, Antalya, Türkiye, Guliev R and Mavruk C (Ed.), ISBN:978-625-367-226-3, IKSAD Publications, e-book, 357-365.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Vij K and Singh Y** (2011) Enhancement of Images Using Histogram Processing Techniques. *International Journal of Computer Technology and Applications*, 2(2):309-313.
- Yang H Y and Tsao H W** (2011) Adaptive Content Adjustment of Digital Power Saving for Display Application. *IEEE 15th International Symposium on Consumer Electronics*, 14-17 June 2011, Singapore, *IEEE*, e-book, 327-330.
- Yang H Y, Fan Y C, and Taso H W** (2008) Algorithm and Architecture Design of Adaptive Brightness Correction for Video Application. *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, 54(4):1858-1866.
- Zeng L, Chen J, Tong L, Yan B and Ping X** (2013) Image Contrast Enhancement Based on Histogram Similarity. *IEEE International Conference on Medical Imaging Physics and Engineering*, 19-20 October 2013, Shenyang, China, *IEEE*, e-book, 269-273.
- Zhang Y** (2017) Introduction to Image Processing. *Image Processing*, 1st edition, 1, ISBN: 978-3110520323, De Gruyter, Berlin, 1-28.
- Zou S, Shen Y, Xie F, Chen J, Li Y and Tang J Y** (2020) Recent Advances in Organic Light-Emitting Diodes: Toward Smart Lighting and Displays. *Materials Chemistry Frontiers*, 4(1):788-820.



ÖZGEÇMİŞ

Sedanur USTABAŞ, İlkokul, ortaokul ve liseyi Sinop'ta tamamlamıştır. 2012 yılında başladığı Karabük Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği (İngilizce) bölümünden 2017 yılında mezun oldu. 2021 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nde Elektrik-Elektronik Mühendisliği yüksek lisans eğitimine başladı. Eğitimi devam ederken aynı yıl içerisinde mühendislik firmasını açarak elektrik tesisat proje çizimi ve taahhüt üzerine çalışma hayatına başladı. Halen bu görevi devam ettirmektedir.