

EYLÜL 2021

Yüksek Lisans Tezi – Matematik

HASAN ÇAKMAKÇI

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE

MATEMATİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASAN ÇAKMAKÇI
EYLÜL 2021

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE

Gaziantep Üniversitesi

Matematik

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Necati OLGUN

Hasan ÇAKMAKÇI

EYLÜL 2021



©2021[Hasan ÇAKMAKÇI]

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE

başlıklı bu çalışma, **Hasan ÇAKMAKÇI** tarafından hazırlanmış ve yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Gaziantep Üniversitesi Matematik Bölümü'nde** Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet İshak YÜCE
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

Prof. Dr. Adil KILIÇ
Matematik Bölüm Başkanı

.....

Prof. Dr. Necati OLGUN
Danışman, Matematik
Gaziantep Üniversitesi

.....

Mezuniyet Tarihi: Eylül 2021

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Necati OLGUN
Danışman, Matematik
Gaziantep Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN
Matematik
Gaziantep Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Vakkas ULUÇAY
Matematik
Kilis 7 Aralık Üniversitesi

.....

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilmek suretiyle tezde yer aldığını beyan ederim.

Hasan ÇAKMAKÇI

ABSTRACT

ON IMAGE PROCESSING TECHNOLOGY

CAKMAKCI, Hasan

M.Sc. in Mathematics

Supervisor: Prof. Dr. Necati OLGUN

September 2021

56 pages

In this study, it is aimed to help the studies to be done in different areas where digital image processing will be used by giving place to the image processing methods and the mathematical operations used in these methods. In the introductory of this thesis, which consists of six chapters, present brief information about formation of photographs and then in the second chapter explained by giving image examples about different types of imaging. In the third chapter, after the analog signals are explained, the conversion of analog signals to digital signals, the applications used in the conversion, black&white photographs and color photographs are explained. In the fourth chapter, after giving the mathematical form of the transformations used for different purposes such as image sharpening, compression, blurring, obtaining data from the image and evaluating the data, the photographs used in these transformations are compared with some examples. In the fifth chapter, general filters used in transformation functions, properties and mathematical forms of filters are given. Finally, a general evaluation has been made about the field of image processing and its future.

Key Words: Image Prossing, Analogue Signals, Digital Singnals, Filter, Masking, Transformtions Functions.

ÖZET

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİSİ ÜZERİNE

ÇAKMAKÇI, Hasan

Yüksek Lisans Tezi, Matematik

Danışman: Prof. Dr. Necati OLGUN

Eylül 2021

56 sayfa

Bu çalışmada görüntü işleme yöntemlerine ve bu yöntemlerde kullanılan matematiksel işlemlere yer vererek dijital görüntü işlemenin kullanılacağı farklı alanlarda yapılacak çalışmalara yardımcı olması amaçlanmıştır. Altı bölümden oluşan bu tezin giriş bölümünde fotoğrafların oluşumu hakkında bilgiler verildikten sonra ikinci bölümde farklı görüntüleme türlerine dair örnek görseller verilmiştir. Üçüncü bölümde analog ve dijital sinyaller açıklandıktan sonra analog sinyallerin dijital sinyallere dönüştürülmesi, dönüştürülmesinde kullanılan uygulamalar, siyah-beyaz fotoğraflar ve renkli fotoğraflar anlatılmıştır. Dördüncü bölümde görüntü netleştirme, keskinleştirme, sıkıştırma, bulanıklaştırma, görüntüden veri elde etme ve verileri değerlendirme gibi farklı amaçlarla kullanılan dönüşümlerin matematiksel formu verildikten sonra birtakım örneklerle bu dönüşümlerde kullanılan fotoğrafların kıyaslanması yapılmıştır. Beşinci bölümde dönüşüm fonksiyonlarında kullanılan genel filtreler, filtrelerin özellikleri ve matematiksel formları verilmiştir. Son olarak görüntü işleme alanı ve geleceği üzerinde genel değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Görüntü İşleme, Analog Sinyal, Dijital Sinyal, Filtre, Maskeleyme, Dönüşüm Fonksiyonları.



“Canum aileme”

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tüm bilgilerini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, Gaziantep Üniversitesi öğretim üyelerinden danışman hocam, sayın Prof. Dr. Necati OLGUN'a ve Emkademy kanalının kurucusu Kıvanç Yüksel'e sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışma süresince beni hep destekleyen ve güvenen çok sevdiğim annem, babam ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ABSTRACT	v
ÖZET.....	vi
TEŞEKKÜR	vii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
BÖLÜM I : GİRİŞ.....	1
1.1 Fotoğrafların Oluşumu	2
BÖLÜM II : GÖRÜNTÜLEME TÜRLERİ.....	4
2.1 Farklı Görüntüleme Türleri	4
2.1.1. Gama Işınlari ile Görüntüleme.....	5
2.1.4. Görünür Işık Ve Kizilötesi ile Görüntüleme.....	7
BÖLÜM III : SİNYALLER	12
3.1 Sinyallere Giriş.....	12
3.2 Analog Sinyal	13
2.3. Dijital Sinyal.....	14
3.4 Analog Sinyallerin Dijital Sinyallere Çevrilmesi.....	14
3.5. Siyah Beyaz Fotoğraflar	15
3.6. Renkli Fotoğraflar	17
BÖLÜM IV : DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARI	19
4.1 Dönüşüm Fonksiyonlarına Giriş	19
4.1.1 Yoğunluk Dönüşüm Fonksiyonları.....	19
4.1.2 Negatif Dönüşüm Fonksiyonu	19
4.1.3. Logaritma Dönüşüm Fonksiyonları	20
4.1.3. Logaritma Dönüşüm Fonksiyonları	20
4.1.4 Kuvvet (Gama) Dönüşümleri.....	21
4.1.5 Yoğunluk Düzeyi Dilimleme	24
4.1.6 Bit Düzeyi Dilimleme İle Fotoğraf Sıkıştırma.....	26

4.1.7 Histogram Eşitleme.....	29
4.1.8 Olasılık Yoğunluk Dönüşümleri	33
4.1.9 Lokal Histogram İstatistikleri	35
BÖLÜM V : UZAMSAL FİLTRELEME.....	40
5.1 Uzamsal Filtrelemeye Giriş.....	40
5.1.1 Düşük Geçiren Filtreler.....	43
5.1.2. Doğrusal Olmayan Filtreler	46
5.1.3 Yüksek Geçiren Filtreler	47
BÖLÜM VI : SONUÇLAR	54
KAYNAKLAR	55
ÖZ GEÇMİŞ.....	56

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 4.1 5x5'lik bir fotoğrafın piksel değerleri.....	29
Tablo 4.2 Histogram eşitleme	30
Tablo 4.3 Kesikli sinyallerde histogram eşitleme örneği	34
Tablo 4.4 5x5'lik bir matris örneği	37
Tablo 4.5 5x5'lik bir matrise uygulanan 3x3'lük pencere örneği	38
Tablo 5.1 Konvolüsyon ve korelasyon özellikleri.....	42
Tablo 5.2 3x3'lük kutu kernel örneği.....	43
Tablo 5.3 5x5'lik kutu kernel örneği	44
Tablo 5.4 Orta değer filtreleme örneği	47
Tablo 5.5 Filtre örnekleri.....	50
Tablo 5.6 Farklı boyutlardaki kernel örnekleri	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1 Fotoğrafın oluşumu.....	2
Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrumda dalga özellikleri.....	5
Şekil 2.2 Gama ile görüntüleme örnekleri	5
Şekil 2.3 X-ray ile görüntüleme örnekleri	6
Şekil 2.4 Morötesi ile görüntüleme örnekleri	7
Şekil 2.5 Görünür ışık ve kızılötesi ile görüntüleme örnekleri.....	7
Şekil 2.6 Radyo dalgaları ile görüntüleme örneği	8
Şekil 2.7 Radyo dalgaları ile görüntüleme örnekleri	8
Şekil 2.8 Mikro bandı ile görüntülenen Tibet Dağları	9
Şekil 2.9 Farklı amaçlara göre görüntüleme örnekleri.....	9
Şekil 2.10 Parmak izi, para sayma, plaka okuma örnekleri farklı amaçlara göre görüntüleme örnekleri	10
Şekil 2.11 Akustik görüntüleme ile elde edilen ultrason örnekleri.....	11
Şekil 2.12 Akustik görüntüleme ile elde edilen sismik fotoğraf.....	11
Şekil 3.1 Londra'da bir zaman aralığındaki ev fiyatları.....	12
Şekil 3.2 Işık yoğunluğu	13
Şekil 3.3 Gri skalası	13
Şekil 3.4 Dijital sinyal örneği	14
Şekil 3.5 Analog ve dijital sinyal örneği.....	15
Şekil 3.6 Siyah-beyaz fotoğraf görünümü	16
Şekil 3.7 Gri fotoğraf örneği.....	17
Şekil 3.8 Renkli fotoğraf gösterimi.....	17
Şekil 3.9 Renkli fotoğraf matris görünümü	18
Şekil 4.1 Negatif dönüşüm fonksiyon grafiği.....	20
Şekil 4.2 Negatif dönüşüm uygulanan bir mamografi örneği.....	20
Şekil 4.3 Logaritma dönüşümü uygulanan bir yıldız fotoğrafı.....	21
Şekil 4.4 Logaritma dönüşüm fonksiyon grafiği	21
Şekil 4.5 Gama dönüşümü uygulanan bir göz fotoğrafı	22

Şekil 4.6	Gama dönüşüm fonsiyon grafiği.....	23
Şekil 4.7	Çatlak insan omurgasının manyetik rezonans görüntüsü (a), $c=1$, gama sırasıyla 0.6, 0.4 ve 0.3.....	23
Şekil 4.8	NASA'nın havadan çekilmiş görüntüsü(a); $c=1$, gama sırasıyla 3.0, 4.0, 5.0.....	24
Şekil 4.9	Yoğunluk düzeyi dilimleme ile iki renge indirgeme grafiği	24
Şekil 4.10	Yoğunluk düzeyi dilimleme ile belirli bölge sabitleme grafiği	25
Şekil 4.12	Bir fotoğrafın 8 bitlik gösterimi.....	26
Şekil 4.13	Piksel değerinin 8 bitte hesaplanması.....	26
Şekil 4.14	Bit düzlemlerine ayrılmış bir fotoğraf	27
Şekil 4.15	Dört bit düzleminden oluşan bir fotoğraf	28
Şekil 4.16	Bir fotoğrafın yoğunluk dağılımı.....	30
Şekil 4.17	Azalmayan fonsiyon ve artan fonsiyon grafikleri	32
Şekil 4.18	Olasılık kütle grafiği	32
Şekil 4.19	Olasılık yoğunluk grafiği.....	33
Şekil 4.20	Birikimli dağılım fonsiyonu örneği	34
Şekil 4.21	Histogram eşitlemesi uygulanan bir fotoğraf grafiği.....	34
Şekil 4.22	Sırasıyla fotoğrafın olasılık kütle fonsiyonu, histogram eşitlemede kullanılan fonsiyon ve histogram eşitleme uyguladıktan sonra grafik örnekleri	35
Şekil 4.23	Lokal histogram istatistikleri uygulanan bir fotoğraf	36
Şekil 4.24	Global uygulanan bir histogram istatistiği örneği	36
Şekil 4.25	Lokal uygulanan bir histogram istatistiği örneği	39
Şekil 5.1	Filtre gösterimi.....	40
Şekil 5.2	Görselleştirilmiş filtre uygulama örneği.....	41
Şekil 5.3	Konvolüsyon ve korelasyon gösterimi	42
Şekil 5.4	Orjinal fotoğrafa (a) sırasıyla uygulanan 3x3, 4x4 ve 5x5'lik kutu kernel filtreleri.....	44
Şekil 5.5	Gauss kernel grafiği.....	45
Şekil 5.6	Varyans değerinin değişimine göre grafiğin eni ve boyu.....	45
Şekil 5.7	Orjinal fotoğrafa (a) sırasıyla uygulanan 3x3 ve 5x5'lik gauss kernel.....	47
Şekil 5.8	Orjinal fotoğrafa (a); b, gauss kernel ve c orta değer filtresi uygulanan fotoğraf örneği.....	46

Şekil 5.9	$y=2x$ 'in 1. türevinin grafiği	47
Şekil 5.10	$y=x^2$ 'nin 1. türevinin grafiği	48
Şekil 5.11	Pikseller arasındaki geçişte değişim hızı örneği	48
Şekil 5.12	x ve y koordinatlarına göre piksel değişimi.....	49
Şekil 5.13	Sırasıyla orjinal fotoğraf, fotoğrafın türevi alınmış hali, birinci kernel ve ikinci kernel uygulanan fotoğraf örneği	50
Şekil 5.14	Orjinal fotoğraf a ; b , gauss kerneli ile bulanıklaştırılmış; c , maske; d,e,f sırasıyla $k=1,k=2,k=3$ için kullanılan maske ile elde edilen fotoğraflar	51
Şekil 5.15	Zeugma çingene kızı.....	53



KISALTMALAR LİSTESİ

A/D	Analog/Dijital
D/A	Dijital/Analog
Nm	Nanometre
M	Ortalama
R	Piksel giriş değeri
S	Piksel çıkış değeri
$p(r)$	Piksel değerinin görünme olasılığı
μ_n	n. Moment
σ	Standart sapma
σ^2	Varyans
m_G	Global Ortalama

BÖLÜM I

GİRİŞ

Yaklaşık 4000 yıl önce insanların çeşitli hayvan figürlerini ya da kendi el ve parmak izlerini mağara duvarlarına çizme isteğiyle başlayan görüntüyü çizme, saklama ve değerlendirme serüveni 13.yüzyılda gözle teması sağlanmadan önce görüntüyü değiştirip göze gösteren gözlüklerle ve 19. yüzyılda fotoğraf makinaları ile devam etmiştir. Günümüzde özellikle son yüzyılda bilgisayarların bulunmasıyla tarihinin en büyük gelişim hızını yaşayan görüntü işleme süreci artık dijital ortamlara taşınarak savunma sistemleri, tıp, moda tasarım, ekonometri, makine ve jeodezi gibi birçok farklı alanlarda kullanılmaktadır.

“Kalıcılık değeri yüksek olan ilk görüntüleme mağara resimleri ile başlamıştır. Tarih boyunca ilerleyen resim teknikleri günümüze kadar gelişmeye devam etse de, mağara duvarlarından ortaçağ ressamlarının tuvallerine, modern duvar resimlerinden gelişmiş dijital animasyonlara kadar sayısız teknikte değişmeyen tek unsur uzayın insan gözü ve beyni ile yorumlanması olmuştur. Fotoğraf makinesinin icadı ile insan yorumu; ışık, odak ve açılarla sınırlanmıştır. Fotoğraf makinesinin atası, karanlık kutu (camera obscura) adı verilen yüzeylerinden birinde iğne deliği bulunan bir kutudur. Bu delikten süzülen ışık kutunun karşı yüzeyinde ters bir görüntü oluşturur. İlk kez kim tarafından tasarlandığı tam olarak bilinmese de, M.Ö. 4. yüzyılda Çinli filozof Mo Di'nin yazılarında ilgili tasarımdan toplama tabağı veya kilitli hazine odası olarak bahsedilmiştir. Aristoteles de yine aynı dönemlerde güneş tutulmasının yaprakların arasından süzülmesini tasvir eder. Değişik filozoflar tarafından ele alınan karanlık kutunun ilk kez 10. ve 13. yüzyıllar arasında gerçekleştiği tahmin edilse de kim tarafından spekülasyon konusudur. Fotoğraf makinesi, karanlık kutunun görüntü oluşturan yüzeyine ışığa tepki veren bir kimyasal kaplanması ile tasarlanmıştır. Günümüze kadar dayanacak kalitede fotoğraf çekebilen ilk fotoğraf makinesi Josep

Nicephore Niepce tarafından 1825 yılında yapılmıştır. İlk deneysel renkli fotoğraf ise James Clerk Maxwell tarafından 1861’de çekilmiştir. Dijital olarak ışık algılama fikri 1961 yılında bir uzay araştırma konferansında önerilmiş, önerilen mantıktaki bir ışık algılama paneli 1968’de üretilmiştir. İlk dijital fotoğraf makinesi ise 1975 yılında Steven Sasson adındaki bir mühendis tarafından Kodak bünyesinde tasarlanmıştır. Ağırlığı 3.6 kg olan ve 23 saniyede 0.01 megapiksel çözünürlüğünde renksiz fotoğraf çekebilen bu kamerada uzay araştırmaları için 1973 yılında üretilmiş bir Charge Coupled Device (CCD) algılayıcı kullanılmıştır.” (Yıldız, 2010)

1.1 FOTOĞRAFLARIN OLUŞUMU

Işık güneş tarafından oluşturulan elektromanyetik spektrumda görünür bantta yer alan bir dalgadır. Aslında bahsedilen bu dalga bir sinüs dalgasıdır. Dalga, güneş tarafından oluşturulup dünyaya ışınlar şeklinde gönderilir. Işınlar dünya üzerindeki nesnelere çarparak etrafa yayılır. Yansıyan bu ışınlar bir analog kamera tarafından toplanılır. Işınlar analog kameranın içerisindeki filmde bazı kimyasal değişikliklere neden olur ve analog fotoğraflar oluşur. Dijital görüntü işleme bu analog fotoğrafların işlenmesini amaçlamaktadır. Analog fotoğrafların işlenmesi için analog fotoğrafları dijital fotoğraflara dönüştürmek gerekir. Şekil 1.1’ de olduğu gibi günümüzdeki dijital kameralar ise dönüştürme işlemini A/D ile yapıp analog fotoğrafları dijital fotoğraflara dönüştürerek bu iki işlemi tek bir adımda yapar. Aslında bu iki işlemi tek bir adımda yaptığı için dijital kamera adını almaktadır. Bu iki adım dijital kamerada toplandığı için direkt ışık enerjisini dijital fotoğrafa dönüştürebilir. Daha sonra bazı fotoğraf işlem yöntemleri bilgisayar tarafından yapılır. Bu işlemlerden sonra fotoğraf görülmek istendiğinde bu işlemlerin tam tersi yapılır. İlk önce D/A ile dijital fotoğraf analog fotoğrafa dönüştürülür sonra LCD gibi analog monitörler aracılığıyla fotoğraflar elektromanyetik dalgaya dönüştürülerek görülmeleri sağlanır.



Şekil 1.1 Fotoğrafın oluşumu (Gonzalez, 2008)

Günümüzde kullandığımız fotoğraflar iki boyutlu bir fonksiyondurlar. Fotoğraflar dijital ortamlara birer sayısal form haline getirildikten sonra aktarılır. Digital görüntü işleme, artık sayısal bir form olan bu fotoğraflar üzerinde çeşitli matematiksel işlemler yaparak fotoğrafı daha görünür kılmayı, içinden çeşitli bilgiler alıp analiz etmeyi ve istatikselsel olarak fotoğrafı değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Örneğin; dijital görüntü işleme ile bulanık olan bir fotoğrafın daha net görülmesi veya çok boyutlu fotoğrafların boyutlarını küçültüp kullanılan aygıtın hafızasında daha az yer kaplamasını sağlanabilir. Aynı zamanda bu fotoğrafların transefer işlemlerinin hızını artırmak konusunda kolaylıklar sağlayabilir.

Dijital görüntü işleme konusunda yapılan bütün işlemler birer fonksiyondur. Fonksiyonların işlenmesi için bize bir giriş kümesi bir de çıkış kümesi gerekmektedir. Dijital görüntü işlemede de orjinal fotoğraf giriş kümesi iken değişiklikler yapılan yeni fotoğraf çıkış kümesidir.

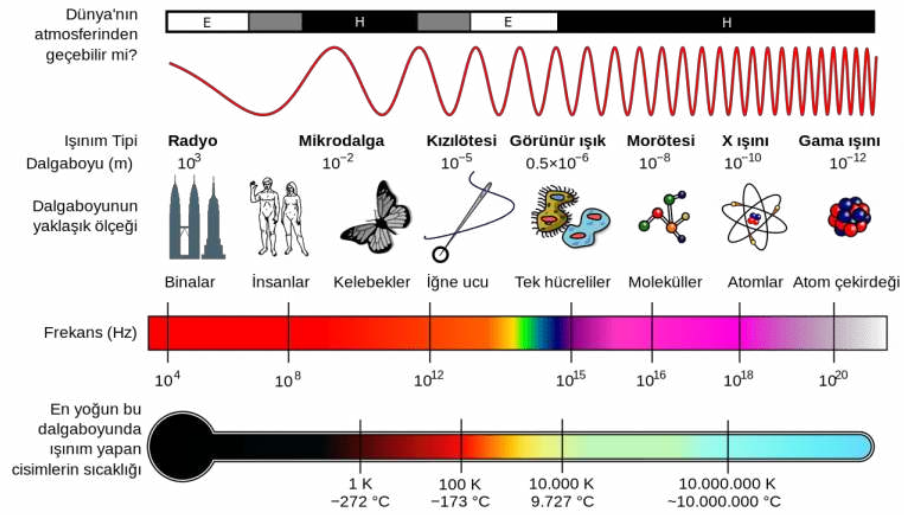
BÖLÜM II

GÖRÜNTÜLEME TÜRLERİ

2.1 FARKLI GÖRÜNTÜLEME TÜRLERİ

Fotoğrafların oluşturulması kullanılan enerji kaynaklarına göre sınıflandırılır. Bu enerji kaynakları elektromanyetik enerji spektrumumu, akustik ve ultrasonik enerji kaynaklarıdır. Elektromanyetik enerji spektrumu şu anki fizik bilgileriyle evrende bilinen tüm ışık aralığını kapsayan bir ölçektir.

Güneşten yeryüzüne ışıklar dalgalar ve parçacıklar halinde ulaşır. Dalgaların herhangi kütlesi yoktur ve dalgalar ışık hızında hareket ederler. Dalga parçacıklarının hepsi belirli bir seviyede enerji taşımaktadırlar ve bu enerji yığınlarına foton adı verilir. Şekil 2.1’ de güneşten yeryüzüne ulaşan ışık dalgalarını en çok % 55 ile kızılötesi dalgalar oluştururken, % 5 ile en az morötesi ışık dalgaları oluşturur. İnsan gözünün algılayabildiği görünür ışık ise bu dalgaların % 40’ını oluşturur. Görünür ışık, elektromanyetik spektrumda 380 nm ile 760 nm dalga boyları arasında değer alır. Işınlardan dalga boyları bu değerlerin altında veya üstünde olduğunda insan gözü onları algılayamaz. Elektromanyetik spektrumda elektromanyetik dalgalar, dalga boylarına göre en küçükten en büyüğe doğru şu şekilde sıralanır: Gama ışınları, x ışınları, morötesi, görünür ışık, kızılötesi dalgaları, mikro dalgalar ve radyo dalgalarıdır. Aşağıda bu dalgaların taşıdıkları enerjiye göre elde edilen farklı görüntüleme türlerine ve kullanıldıkları farklı alanlardaki görsellerle örnekler verilmiştir.

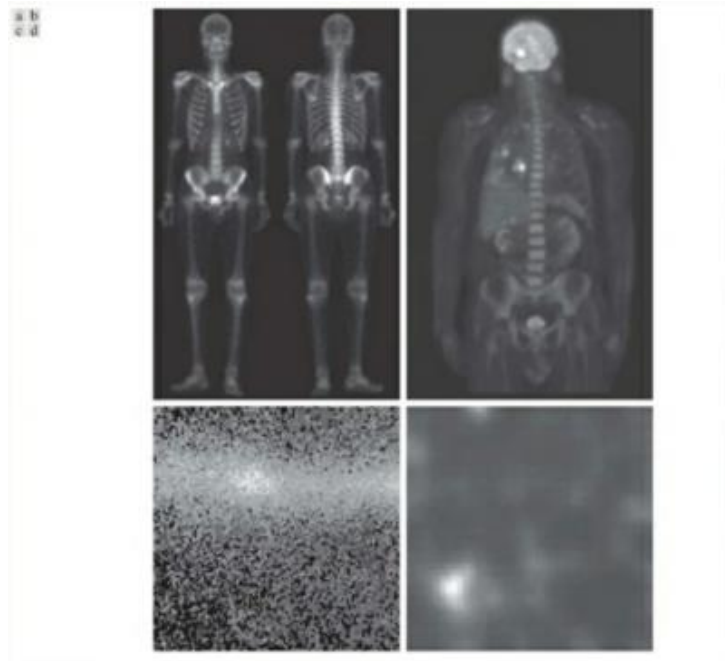


Şekil 2.1 Elektromanyetik spektrumda dalga özellikleri (Karanfil, 2020)

2.1.1. GAMA IŞINLARI İLE GÖRÜNTÜLEME

Elektromanyetik spektrumda en büyük enerjiye sahip olan bölgeye denk gelen gama ışınları, radyoaktif atomlar veya nükleer patlamalar sonucunda oluşur. Gama ışınları, canlı hücreleri yok etme özelliğine sahip olduğundan tıp alanında kanserli hücreleri öldürmek için tedavi amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 2.2). Aynı zamanda gıda sterilizasyonunda da kullanılır.

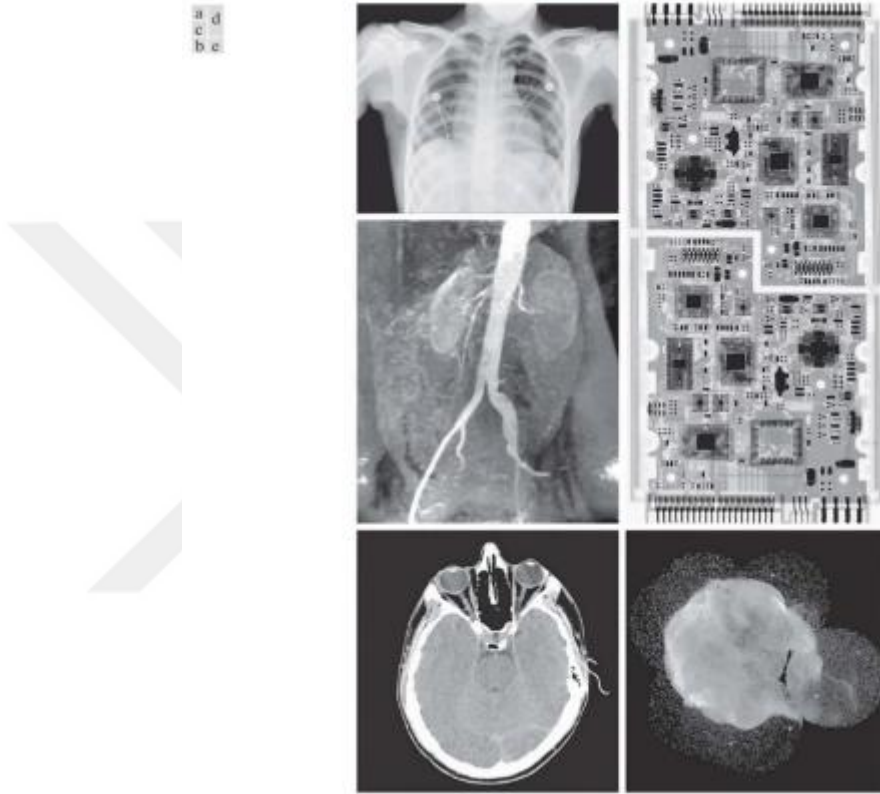
- a) Nükleer tıp
- b) Astronomik gözlem



Şekil 2.2 Gama ile görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

2.1.2. X-RAY IŞINLARI İLE GÖRÜNTÜLEME

Wilhelm Conrad Röntgen tarafından yanlışlıkla bir deney sırasında keşfedilen x-ray ışınları, küçük dalga boylarına sahip olduğu için taşıdıkları enerji fazladır. Güvenlik gerektiren havalanları ve buna benzer yerlerde güvenlik cihazlarında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca Tıbbi Teşhis, Endüstriyel İşlemler ve Astronomi alanlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Şekil 2.3).



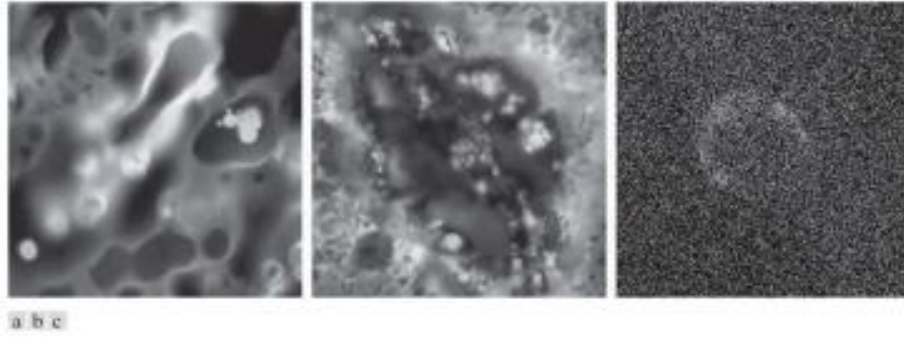
Şekil 2.3 X-ray ile görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

2.1.3. MORÖTESİ IŞINLARI İLE GÖRÜNTÜLEME

Görünür ışık dalga boylarından daha kısa dalga boyuna sahiptir. İnsan gözüyle görülmeyen morötesi ışınlar güneşlenirken cildimizi bronzlaştıran ışınlardır. Aynı zamanda bitkilerin hastalıklı olup olmadığı genellikle morötesi ışınları kullanılarak tespit edilir. Kullanıldığı alanları şu şekilde sıralayabiliriz.

- a) Litografi
- b) Endüstriyel Muayene
- c) Mikroskopi
- d) Lazerler
- e) Biyolojik Görüntüleme

f) Astronomik Gözlemler



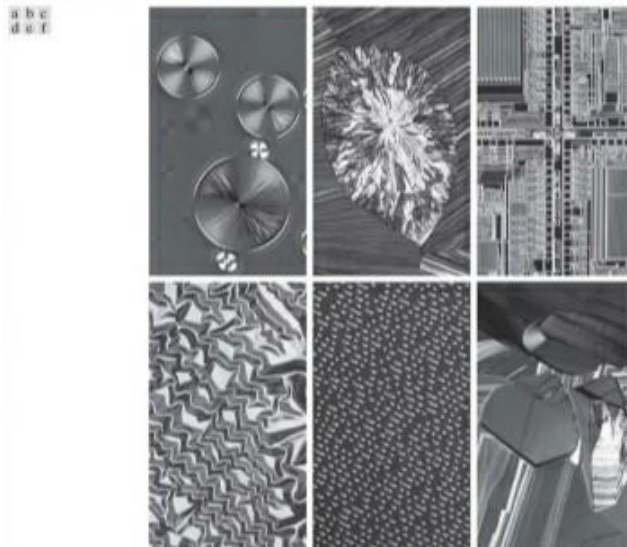
Şekil 2.4 Morötesi ile görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

2.1.4 GÖRÜNÜR IŞIK VE KIZILÖTESİ İLE GÖRÜNTÜLEME

Görünür ışık dalgaları insan gözünün görebildiği ışık dalgalarıdır. Gökkuşağı renkleri olarak algılanabilir. Buradaki her renk farklı dalga boyuna sahiptir. En uzun dalga boyuna kırmızı rengi karşılık gelirken, en küçük dalga boyuna mor rengi karşılık gelmektedir.

Kızılötesi dalgalar ise güneşten yeryüzüne ulaşan ışık dalgalarından en fazla paya sahiptir. Gece görüşü, hedef tespiti, takip sistemleri gibi askeri alanlarda kullanıldığı gibi sıcaklık ölçme, kablosuz iletişim hava tahmini gibi alanlarda kullanılmaktadır. Kullanıldığı alanları şu şekilde sıralayabiliriz.

- a) Işık Mikroskopisi
- b) Astronomi
- c) Uzaktan Algılama
- d) Endüstri
- e) Emniyet Teşkilatı



Şekil 2.5 Görünür ışık ve kızılötesi ile görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

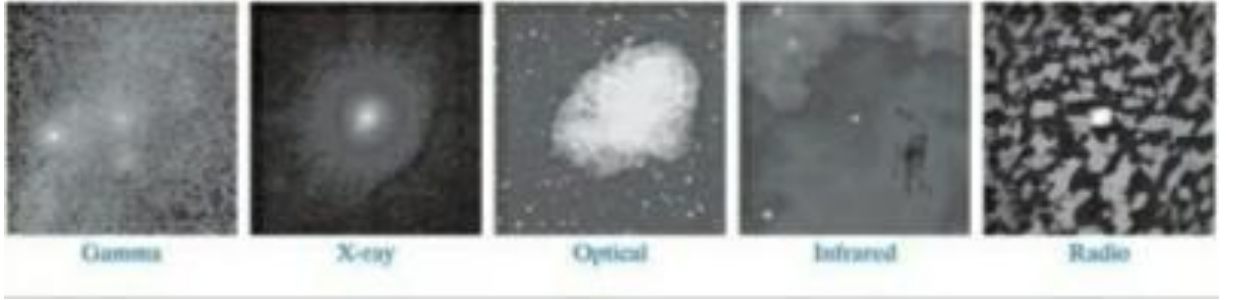
2.1.5 RADYO DALGALARI İLE GÖRÜNTÜLEME

Elektromanyetik spektrumda en uzun dalga boyuna sahip ışık dalgalarıdır. Radyodan dinlediğimiz müziği, cep telefonundan seslerimizi birbirimize ulaştıran ve televizyon izlememizi sağlayan radyo dalgalarıdır. Kullanıldığı alanları şu şekilde sıralayabiliriz.

- a) Tıp
- b) Astronomi



Şekil 2.6 Radyo dalgaları ile görüntüleme örneği (Gonzalez, 2008)



Şekil 2.7 Radyo dalgaları ile görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

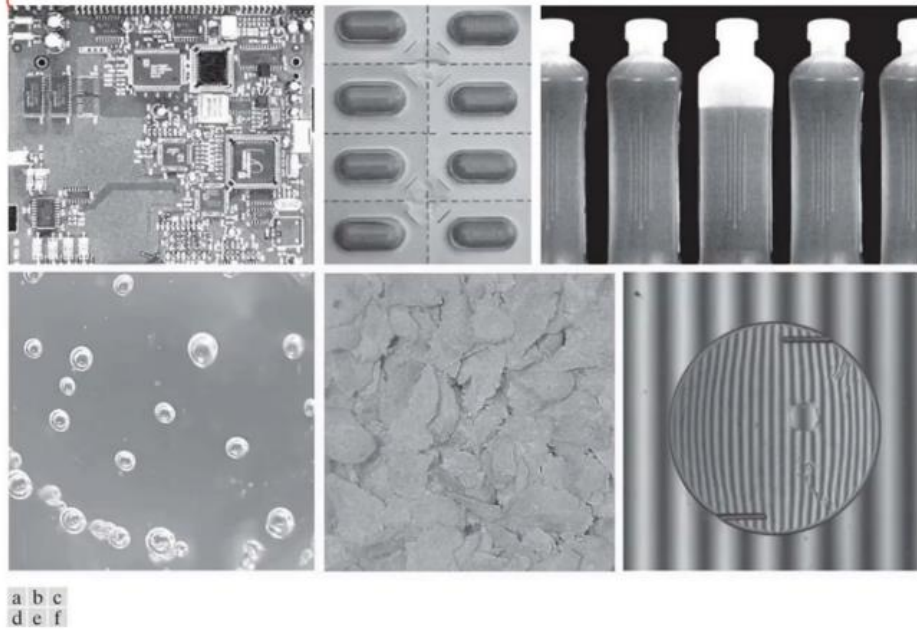
2.1.6 MİKRODALGA BANDI İLE GÖRÜNTÜLEME

Radar mikrodalga bandında görüntülemenin temel uygulamasıdır. Görüntüleme radarının eşsiz özelliği hava veya ortam ışıklandırma koşullarından bağımsız olarak hemen hemen her bölge üzerinden veri toplayabilmektedir. Bazı radar dalgaları, bulutlar içerisinde geçerek bitki örtüsü, buz ve kum gibi cisimleri tespit edebilir. Dünya üzerinde erişilemeyen bölgelerde çoğunlukla radar bu bölgeleri keşfetmenin tek yoludur. Şekil 2.8’ de mikrodalga bandı ile görüntülenen Tibet Dağları gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Mikro bandı ile görüntülenen Tibet Dağları (Gonzalez, 2008)

Aşağıda farklı görüntüleme türlerine ait kullanılan alanların kullanım amaçlarına farklı örnekler verilmiştir.



Şekil 2.9 Farklı amaçlara göre görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

Şekil 2.9’da **a** görselinde anakart gibi ürünlerde dijital görüntü işleme ile eksik parçalar açısından incelemek, **b** görselinde ilaç sektöründe bir hap kutusunun eksik veya deforme olmuş hapları tespit etmek, **c** görselinde daha önce belirlenmiş bir seviyeye kadar doldurulması gereken su veya süt gibi sıvı ürünlerinin takibini sağlamak, **d** görselinde endüstriyel alanında içinde kabul edilmeyecek sayıda hava kabarcığı bulunan şeffaf plastik gibi parçalarda anormallikleri tespit etmek, **e** görselinde gıda alanında mısır gevreğinin içindeki yanmış gevreklerinin oranlarını bulmak ve **f** görseline tıp alanında göz içi implantının deformasyonun olup olmadığını kontrol etmek amaçlanmıştır.

Daha sık bilinen kullanım amaçlarına aşığıdaki örnekler de mevcuttur.

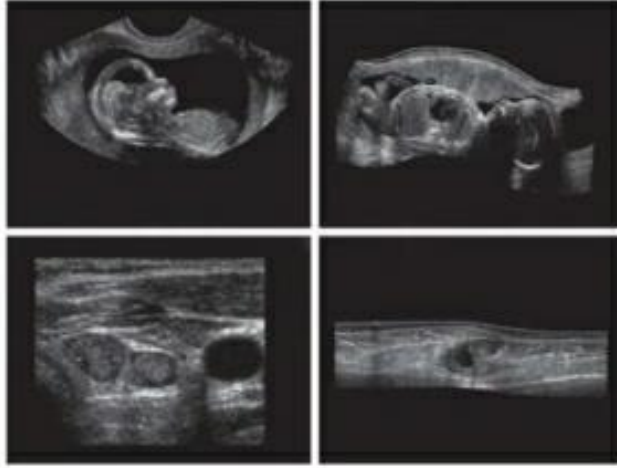
- 1) Parmak izinden kimlik tespiti
- 2) Fotoğraf ile para sayma
- 3) Otomatik para sayma



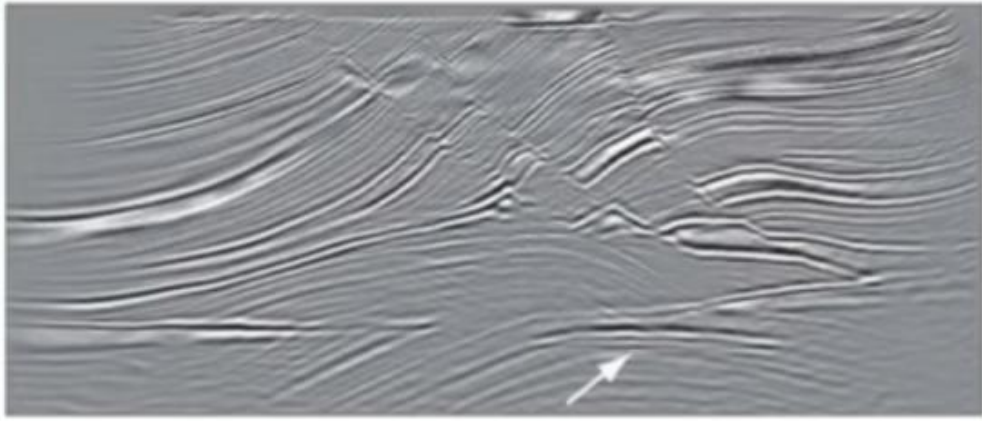
Şekil 2.10 Parmak izi, para sayma, plaka okuma örnekleri Farklı amaçlara göre görüntüleme örnekleri (Gonzalez, 2008)

Sesin kullanılmasıyla elde edilen görüntüleme türleri de mevcuttur. Bunlardan bazıları akustik görüntüleme, elektron mikroskopisi ve sentetik görüntüleme türleridir.

Toplumda en çok bilinen ultrason görüntüleri akustik görüntülemeye örnek gösterilebilir. Anne karnına tutulan alet anne karnını içine ses dalgaları yaymaktadır. Ordan geri dönen dalgalar bir alet tarafından toplanıp yine bu alet tarafından fotoğrafa dönüştürülür. Şekil 2.11 ve Şekil 2.12’ de ultrason örneği, yer altında bulunan cisimleri keşfetmek için kullanılan fotoğraf ve sismik fotoğraf örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.11 Akustik görüntüleme ile elde edilen ultrason örnekleri (Gonzalez, 2008)



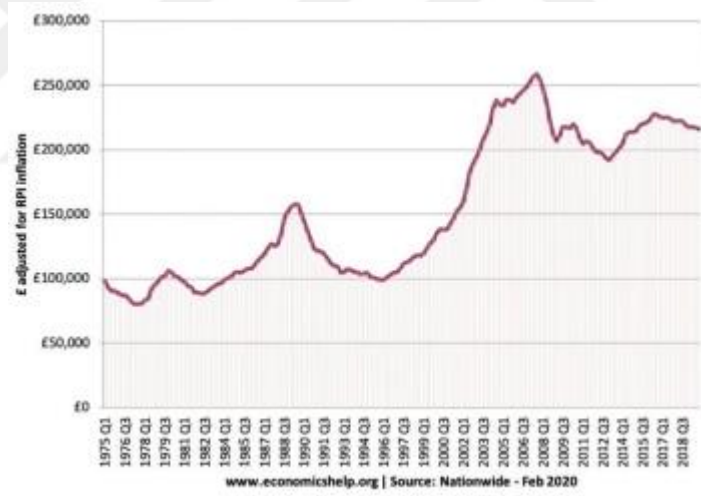
Şekil 2.12 Akustik görüntüleme ile elde edilen sismik fotoğraf (Gonzalez, 2008)

BÖLÜM III

SİNYALLER

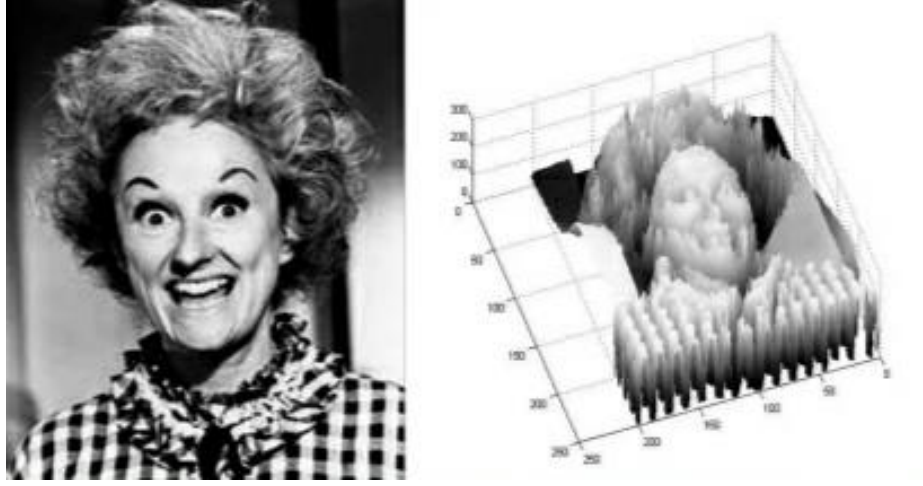
3.1 SİNYALLERE GİRİŞ

Sinyaller fiziksel bir niceliğin zaman, mesafe ve ışık gibi herhangi bir parametreye göre değişimini temsil eden ve bunlar hakkında bilgi taşıyan bir fonksiyondur. Aşağıda İngiltere’de belirli bir zamana bağlı değişen ev fiyatlarını gösteren bir sinyal örneğini göstermektedir. Burada zaman kullanılarak bize ev fiyatları hakkında bilgiler verilmektedir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Londra'da bir zaman aralığındaki ev fiyatları (Gonzalez, 2008)

Fotoğraf oluşumunda bahsettiğimiz ışık da bir sinyaldir. Siyah beyaz fotoğraf ele alınacak olursa, görünen fotoğraf aslında ışığın yoğunluğunu gösteren iki boyutlu bir sinyaldir.



Şekil 3.2 Işık yoğunluğu (Gonzalez, 2008)



Şekil 3.3 Gri skalası (Gonzalez, 2008)

Burada sinyaldeki parametremiz ışığın yoğunluğudur. Her bir piksel için ışığın yoğunluğunu belirten bir değer vardır. Işık yoğunluğu çok az veya hiç olmayan piksel değerlerine siyah, ışık yoğunluğu çok yüksek olan değerlere beyaz atanır. Arada görülen değerler için yukarıda Şekil 3.3’ te gri skalası kullanılır. Fotoğrafların oluşumu bu şekilde özetlenebilir.

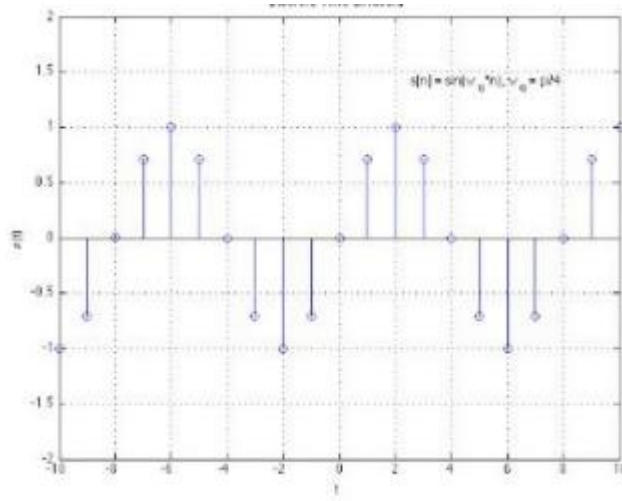
3.2 ANALOG SİNYAL

Analog sinyal, ölçülen fiziksel niceliğin değişimini devamlı bir şekilde yani aralıksız bir şekilde bildiren sinyallere denir. Örneğin odamızın sıcaklığını ölçen ve bunu bize anlık olarak gösteren termometre aletleri analog sinyal ile çalışır. Termometre aleti, sıcaklığın değerini aralıksız olarak en küçük zaman dilimi için bile bize bildirdiği için bu bilgilerin oluşturduğu grafik analog sinyale ait olmuş olur. Elektrik, ses ve ışık gibi sinyaller de analog sinyallere örnek verilebilir. Analog sinyallere aynı zamanda sürekli

zamanlı sinyal de denir. Analog sinyallerin grafikleri analiz derslerinde görülen sürekli fonksiyon grafikleriyle bir tutulabilir.

2.3. DİJİTAL SİNYAL

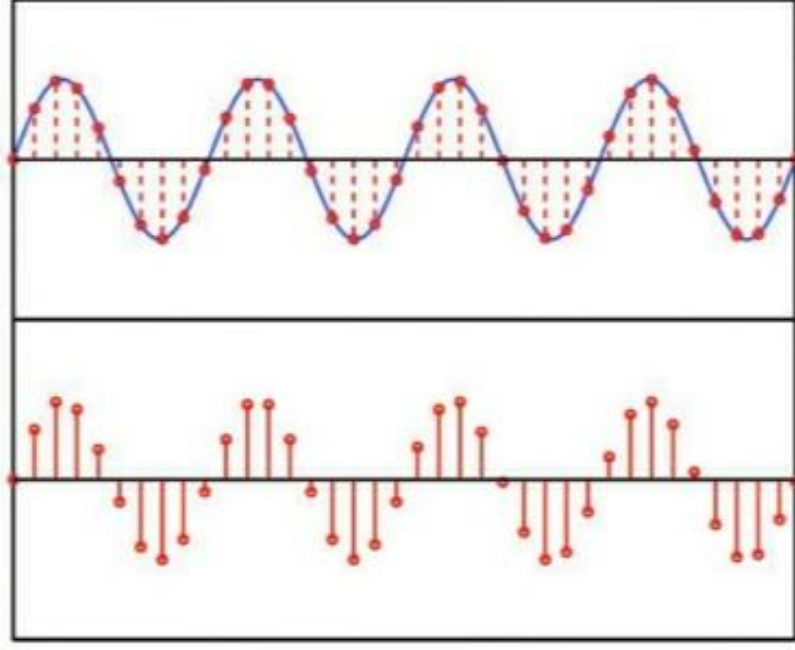
Dijital sinyal ölçülen fiziksel niceliğin değişimini belirli aralıklarla bildiren sinyallere denir. Her hafta tartılan bir bireyin kaç kilogram olduğunu not tutup buna grafiğe aktarması dijital sinyale örnek gösterilebilir. Her haftaya karşılık sadece bir değer bulunurken, haftanın belli bir günü, mesela çarşamba günü için kaç kilogram olduğunun bir değeri görülmez. Dijital sinyale aynı zamanda kesikli zamanlı sinyal de denir.



Şekil 3.4 Dijital sinyal örneği (Gonzalez, 2008)

3.4 ANALOG SİNYALLERİN DİJİTAL SİNYALLERE ÇEVİRİLMESİ

Işık, sürekli bir sinyal olduğu için okunan ışık yoğunluğu değerleri de devamlı bir sinyal halinde olur. Bilgisayarlarda bu sinyaller üzerinde işlemlerin yapılması için öncelikle bu sinyallerin dijital sinyallere yani kesikli zamanlı sinyallere dönüştürülmesi gerekir. Sürekli gelen ışık sinyallerinin içinde çok sayıda fazla bilgi mevcuttur. Bütün zaman dilimleri, hatta en küçük zaman dilimleri için bile atanmış olduğu bir değer vardır. Bu değerlerin hepsini bilgisayarda tutmak gereksiz olabileceği gibi aynı zamanda değerleri depolamak da mümkün olmayabilir. Bu değerlerin bazıları atıldığında bile arada bir fark olmayabilir. İhtiyaç duyulmayan bu bazı gereksiz değerleri dijital sinyallere dönüştürürken yok sayarız. Gereksiz değerleri atarak yine de sinyalin vermek istediği genel bilgiyi anlayabilir, kullanım amacımıza göre üzerinde daha kolay işlemler yapabiliriz.



Şekil 3.5 Analog ve diital sinyal örneği (Gonzalez, 2008)

Analog sinyal ile elde edilen mevcut bir fotoğrafın ışık yoğunluğu değerlerinin ne kadarının veya hangilerinin atılıp atılmayacağı örnekleme ve nicemleme işlemleri ile yapılır.

3.4.1 Örnekleme: Analog olan bir sinyalin dijital bir sinyale çevirme işlemidir. Şekil 3.4.1 bir termometrenin bir aylık sıcaklık grafiği olarak düşünülürse her bir noktanın değerini almaktansa belirli bir aralıktaki değerini almayı amaçlar. Böylece sürekli bir sinyal kesikli bir sinyale dönüştürülmüş olur.

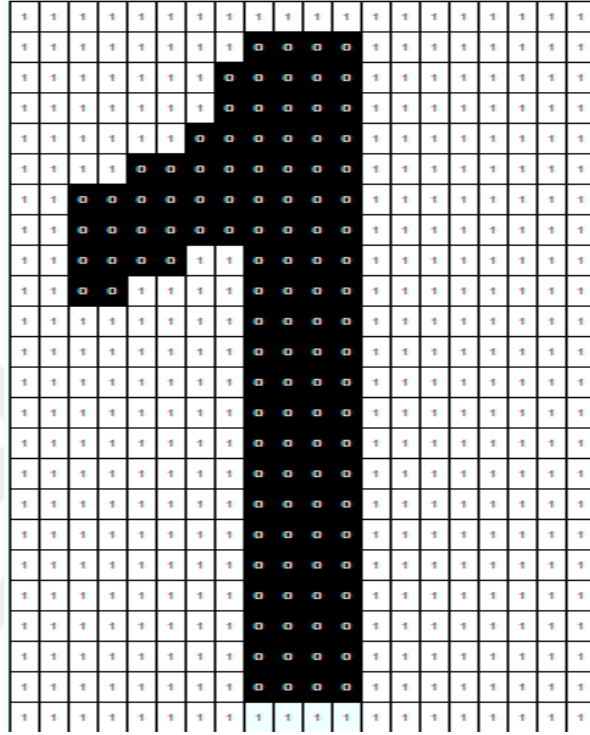
3.4.2 Nicemleme: Sürekli sinyaller kesikli sinyallere dönüştürülürken sürekli olan değerleri kesikli değerlere dönüştürme işlemidir. Aynı görsel ve termometre örneği üzerinden gidecek olursak herhangi bir saatte termometre 17.367°C gibi bir değeri gösterirken kuantalama işlemi daha önce belirlenen y eksenindeki değerlerini tam sayılara denk olacak şekilde böler ve 17.367°C yi kendine en yakın olan 17 tam sayısına atar. Bu işlem çok küçük hatalara neden olsa bile ondalık sayıları atarak depolama konusunda kolaylıklar sağlar.

3.5. SİYAH BEYAZ FOTOĞRAFLAR

Fotoğraflar daha önce bahsettiğimiz gibi x ile y koordinatlarını alan ve ışığın bu noktadaki yoğunluğunu gösteren bir fonksyondur. Fotoğraflar matematiksel

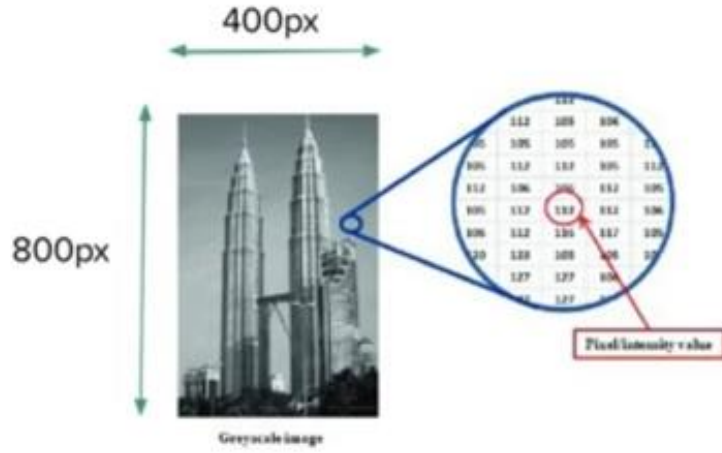
denklemden aynı zamanda $m \times n$ boyutlu bir matris olarak pikseller matrisinin herhangi bir a_{ij} elemanı olarak düşünülebilir. Işık yoğunluğu $= I(x,y)$ ile gösterilsin.

Işık yoğunluğu çok yüksek ya da hiç olmayan bir fotoğrafın alabileceği değerler 0 ve 1 ile temsil edilir. Işık yoğunluğu hiç olmayan değer 0 ile ışık yoğunluğu çok yüksek olan değer 1 ile gösterilir.



Şekil 3.6 Siyah-beyaz fotoğraf görünümü (Wilary, 2020)

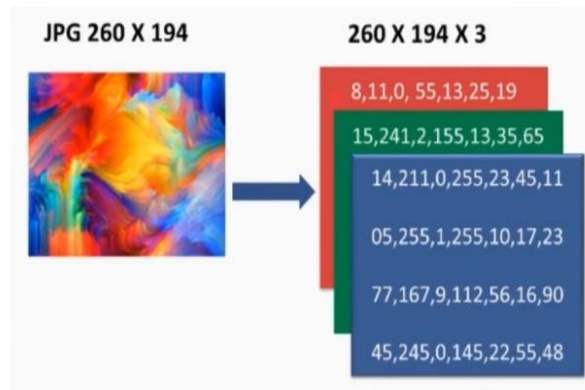
Daha önce belirttiğimiz gibi siyah ve beyaz arasında kalan ışık yoğunluk değerleri için Şekil 3.3' teki gri skalası kullanılır. Fotoğraflar genellikle 8 byte'tan oluşur. Bu fotoğraflar 0-255 arasında değerler alırlar. Bir fotoğraftaki en büyük değer n =byte sayısı olmak üzere $2^n - 1$ ile hesaplanır. 8 byte'lık bir fotoğraftaki maksimum değer $2^8 - 1 = 255$ 'tir. Bizim gördüğümüz herhangi siyah beyaz bir fotoğrafın bilgisayardaki görüntüsü yukarıdaki Şekil 3.6' daki gibidir. Şekil 3.7' de ise gri bir fotoğrafın bilgisayarlarda görünümü verilmiştir.



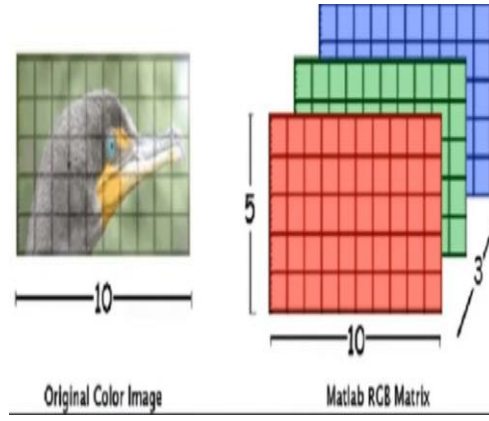
Şekil 3.7 Gri fotoğraf örneği (Gonzalez, 2008)

3.6. RENKLİ FOTOĞRAFLAR

Renkli fotoğrafların çalışma mantığı siyah beyaz fotoğraflarla tamamen aynıdır. Renkli fotoğraflarda renk boyutu eklendiği için renkli fotoğraflar da üç boyutlu bir fonksiyon olarak düşünülebilir. Renkli fotoğraflar aynı zamanda İngilizce karşılıkları kırmızı, yeşil ve mavi anlamına gelen red, blue ve green isimlerinin kısaltması RGB fotoğraf olarak da adlandırılır. Kırmızı, yeşil ve mavi renkler ana renklerdir. Ana renkler gerektiği oranda karıştırılırsa mevcut bütün renkleri elde etmek mümkündür. Siyah beyaz fotoğraflar iki boyutlu matris temsil edilirken, renkli fotoğraflarda artık üç boyutlu matris vardır. Üç boyutlu matrislerle işlemler yapılır. Fotoğraf $m \times n$ şeklinde bir matris ise kullanılacak olan RGB renk skalası da $m \times n$ olmak durumundadır.



Şekil 3.8 Renkli fotoğraf gösterimi (Gonzalez, 2008)



Şekil 3.9 Renkli fotoğraf (Gonzalez, 2008)

BÖLÜM IV

DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARI

4.1 DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARINA GİRİŞ

Görüntü işleme tekniklerinde kullanım amacına göre çeşitli dönüşüm fonksiyonları kullanılmaktadır. Bu bölümde en çok kullanılan dönüşüm fonksiyonlarından bahsedeceğiz.

4.1.1 YOĞUNLUK DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARI

Dijital görüntü işleme tekniklerinde kullanılan yollardan biri yoğunluk dönüşüm fonksiyonudur. Yoğunluk dönüşüm fonksiyonu fotoğrafları insan gözüne daha net ve daha güzel görünmesini amaçlar. r girişteki fotoğrafın piksel değeri, s çıkıştaki fotoğrafın piksel değeri ve T de fonksiyonumuz olmak üzere dönüşüm fonksiyonumuz $s=T(r)$ ile gösterilir. Bu dönüşüm girdiye verilen fotoğrafın piksel değerini (r), belirlenen bir dönüşüm fonksiyonu ile çıkıştaki fotoğrafın değerine (s) dönüştürür. Kullandığımız fotoğraflar genellikle 8 byte fotoğraflar olduğundan girişteki fotoğraf değerleri 0-255 değerleri arasındadır. Dolayısıyla belirlenen dönüşüm fonksiyonu da çıkıştaki fotoğraf değerlerini 0-255 arasında olacak şekilde belirli bir düzene göre değerler atar.

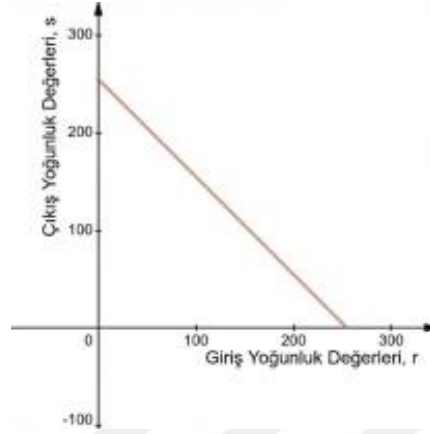
4.1.2 NEGATİF DÖNÜŞÜM FONKSİYONU

Yoğunluk değerleri $[0, L-1]$ arasında olan bir fotoğrafın negatifi, negatif dönüşüm fonksiyonu kullanılarak elde edilir. L fotoğrafın alabileceği en büyük değerdir.

$$S=L-1-r \quad (4.1)$$

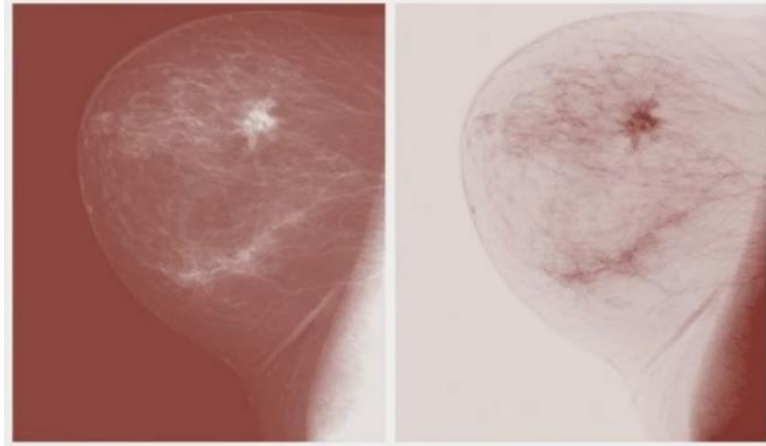
olarak tanımlanır. Negatif dönüşüm fonksiyonu özellikle siyah renk değerlerinin çok olduğu fotoğraflarda karanlık alanlarda kalan beyaz veya gri renk değerlerinin detaylarını artırmak için tercih edilir.

Dönüşüm girdideki değeri en büyük değer olan $L-1$ 'den çıkartarak çıkıştaki fotoğrafın yeni değeri olarak atar. Fotoğraf siyahsa beyaza, beyaz ise siyaha dönüştürür. Aradaki değerler de gri skalasında buna göre yeni değerlerini alır.



Şekil 4.1 Negatif dönüşüm fonksiyon grafiği (Gonzalez, 2008)

Aşağıda Şekil 4.2' de mamografi örneğinde gözlem yapmak daha güç olduğundan fotoğrafa negatif dönüşüm fonksiyonu uygulanıp sağ taraftaki yeni mamografi örneği elde edilmiştir. Böylelikle çıkıştaki bu yeni fotoğraftan gözlem yapmak ve yeni bulgular bulmak daha kolay hale gelebilir.



Şekil 4.2 Negatif dönüşüm uygulanan bir mamografi örneği (Gonzalez, 2008)

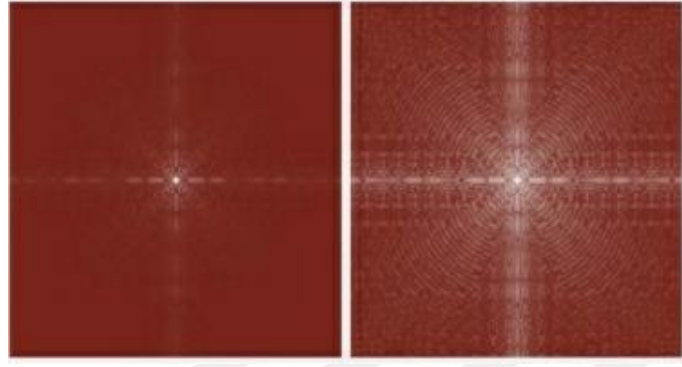
4.1.3. LOGARİTMA DÖNÜŞÜM FONKSİYONLARI

Logaritma dönüşüm fonksiyonu dar aralıklardaki düşük yoğunluk değerlerini daha geniş bir aralığa yaymak, aynı zamanda yüksek yoğunluk değerlerini ise daha dar bir aralığa sıkıştırmak amacıyla tercih edilir.

Logaritma dönüşüm fonksiyonun genel formu

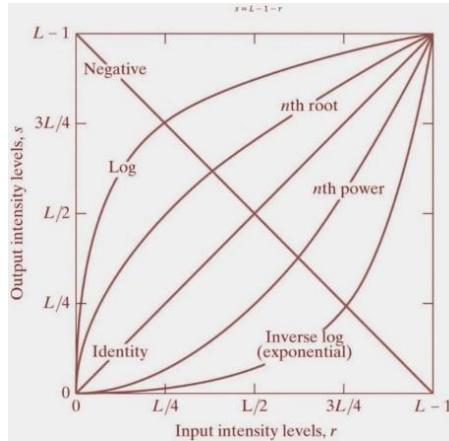
$$S = c \cdot \log(1+r) \quad (4.2)$$

şeklindedir. En düşük yoğunluk değerin 0 olması nedeniyle logaritma fonksiyonunda herhangi bir tanımsızlığa mahal vermemek için girdideki r yoğunluk değeri 1 ile toplanılır. c sabit bir sayı iken; s ise her zamanki gibi çıkış fotoğrafını temsil eder.



Şekil 4.3 Logaritma dönüşümü uygulanan bir yıldız fotoğrafı (Gonzalez, 2008)

Yukarıdaki görsellerde Şekil 4.3 için konuşacak olursak; Şekil 4.4'te logaritma dönüşüm fonksiyon grafiğinde, $[0, L/4]$ aralığındaki düşük yoğunluk değerlerini $[0, 3L/4]$ arasındaki değerlere atadığına dikkat ediniz. Bu sayede karanlık alanlarda görülmeyen detayları daha geniş alana yayarak görme imkanı elde edilir.



Şekil 4.4 Logaritma dönüşüm fonksiyon grafiği (Gonzalez, 2008)

4.1.4 KUVVET (GAMA) DÖNÜŞÜMLERİ

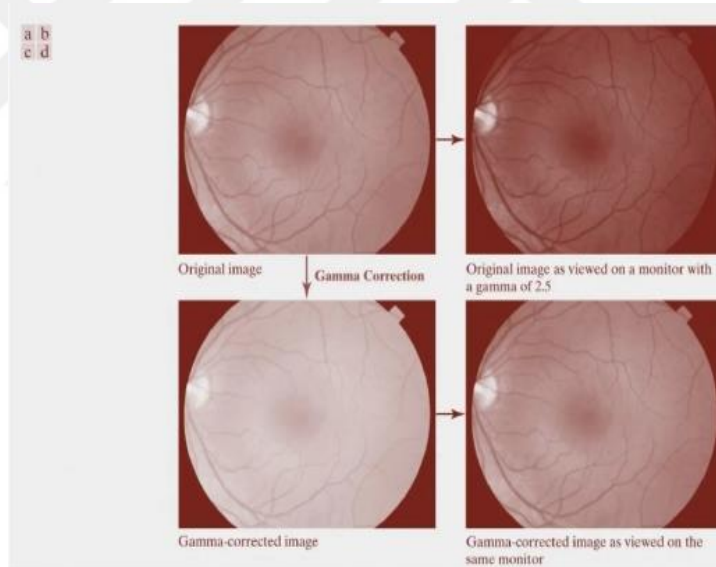
Kuvvet dönüşüm fonksiyonları logaritma dönüşümünün aksine yoğunluk değerlerinin ne kadarının yayılıp ve ne kadarının daraltılacağını kullanıcıya değiştirebilme imkanı sunar.

Kuvvet dönüşümün genel formu

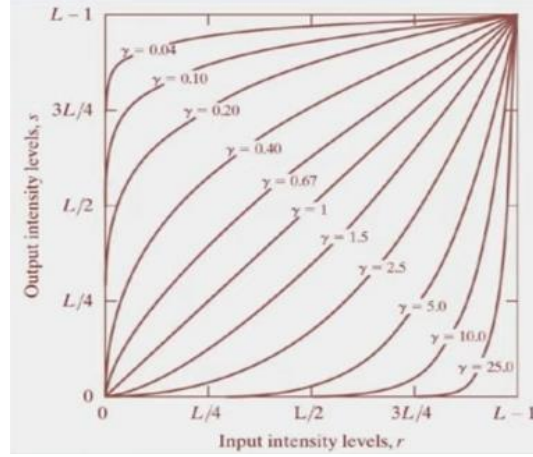
$$S = c.r^\gamma \quad (4.3)$$

şeklindedir. Gama değeri 0 ile 1 arasında bir değer aldığı anda kuvvet dönüşümü logaritma dönüşümüne benzer. Ancak kuvvet dönüşümünde uygulamasında kullanıcı gama değerini değiştirip yoğunluk dağılımı üzerinde daha çok kontrol sahibi olur. Gamma değeri 1’den büyük olduğu zaman kuvvet dönüşümü tam tersi şeklinde çalışır. Dönüşüm fonksiyonunun genel formunda gamma sembolü kullanıldığı için bu dönüşüme aynı zamanda Gamma Düzeltmesi de denir.

Gama 0 ile 1 arasında değerler aldığı zaman siyah yoğunluk değerleri yayılır, beyaz yoğunluk değerleri sıkıştırılır. Gama değeri 1’den büyük olduğu zaman tam tersini yani beyaz yoğunluk değerleri yayılır, siyah yoğunluk değerleri sıkıştırılır. Gama düzeltmesi genelde orjinal fotoğrafın monitor veya herhangi bir ekrandan kaynaklanan hatayı göz ardı etmek amacına yönelik kullanılır. Şekil 4.5’te buna örnek bir görsel verilirken; Şekil 4.6’da kullanılan gama dönüşüm fonksiyonun grafiği verilmiştir.



Şekil 4.5 Gama dönüşümü uygulanan bir göz fotoğrafı (Gonzalez, 2008)



Şekil 4.6 Gama dönüşüm fonsiyon grafiği (Gonzalez, 2008)

Yukarıda Şekil 4.5'te a görselindeki gibi orjinal bir fotoğraf ekrandan kaynaklı nedenlerle b görselindeki bir fotoğraf şeklinde gözükabilir. Orjinal fotoğrafa gama dönüşümü uygulanarak c görselindeki fotoğraf elde edilir. Gama dönüşümü uygulanan bu fotoğraf orjinal fotoğrafa eklenerek d görselindeki gibi orjinaline nerdeyse orjinaline yakın bir fotoğraf elde edilmiştir. Böylelikle doktorların daha iyi gözlemler yapması amaçlanmaktadır. Aşağıda Şekil 4.7' de gama dönüşümü kullanılarak karışıklık pekiştirme örnekleri verilmiştir. Soldaki görsel çatlak insan omurgasının manyetik rezonans görüntüsü, $c=1$, gama sırasıyla 0.6, 0.4 ve 0.3 seçilmiştir. Şekil 4.8 NASA' nın havadan çekilmiş görüntüsü; $c=1$, gama sırasıyla 3.0, 4.0 ve 5.0 olarak seçilmiştir.



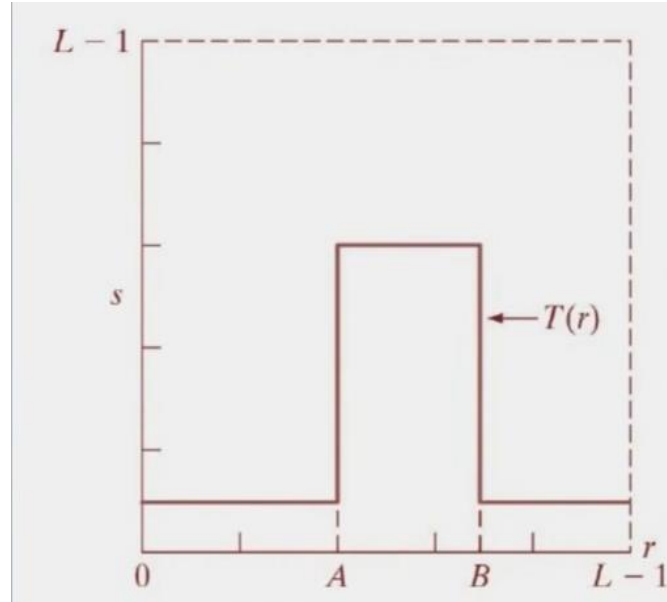
Şekil 4.7 Çatlak insan omurgasının manyetik rezonans görüntüsü (a), $c=1$, gama sırasıyla 0.6, 0.4 ve 0.3 (Gonzalez, 2008)



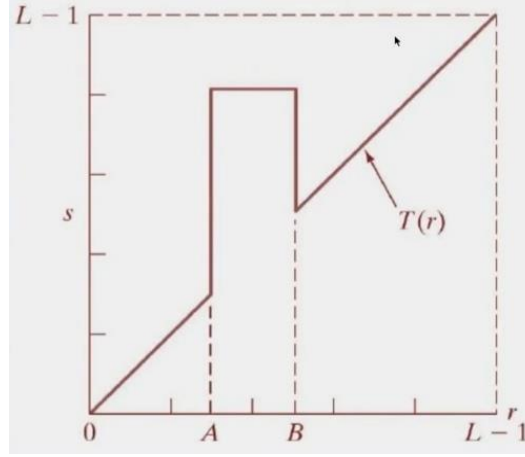
Şekil 4.8 NASA'nın havadan çekilmiş görüntüsü (a); $c=1$, gama sırasıyla 3.0, 4.0 ve 5.0 (Gonzalez, 2008)

4.1.5 YOĞUNLUK DÜZEYİ DİLİMLEME

Yoğunluk düzeyi dilimleme uydudan alınan fotoğrafları düzenleyerek daha net bilgiler elde etmek ve X-Ray fotoğraflarındaki kusurları gidermek amacıyla tercih edilir. Genellikle iki farklı bir değere ya da bazı değerlerin belli bir aralığa atandığı bir işlemdir. x eksenini girişteki yoğunluk değerleri iken; y eksenini çıkışta alınan yoğunluk değerlerini gösterir. Yoğunluk düzeyi dilimlemede kullanılan grafik örnekleri aşağıda Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



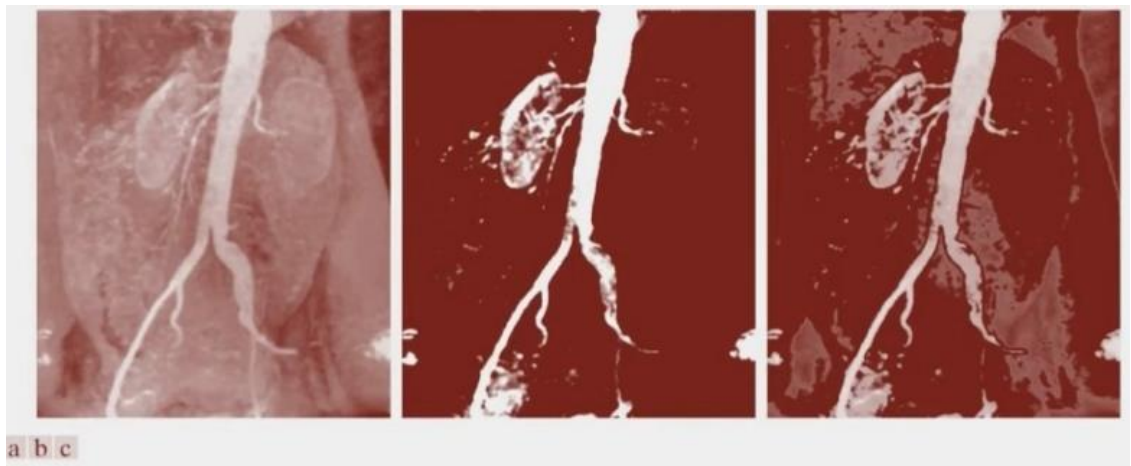
Şekil 4.9 Yoğunluk düzeyi dilimleme ile iki renge indirgeme grafiği (Gonzalez, 2008)



Şekil 4.10 Yoğunluk düzeyi dilimleme ile belirli bölge sabitleme grafiği (Gonzalez, 2008)

Girişteki yoğunluk değerleri $[A, B]$ gibi bir aralıktaysa çıkışta bu değerleri sadece s gibi bir değerle eşleştirilir. Eğer girişteki değerler bu aralıkta değilse yani değerler $[0, A]$ ve $[B, L-1]$ aralığındaysa bu değerler yine sabit bir değerle eşleştirilir. Elde edilecek çıkış fotoğrafında sadece iki değer olmasının amaçlanı. Şekil 4.9 bunu anlatmaktadır. Şekil 4.10 $[A, B]$ aralığındaki değerleri yine sabit bir değerle eşleştirip geri kalan $[0, A]$ ve $[B, L-1]$ aralığındaki değerleri değiştirmemeyi amaçlamaktadır. Böylece sadece belirli bir bölge için kullanılır.

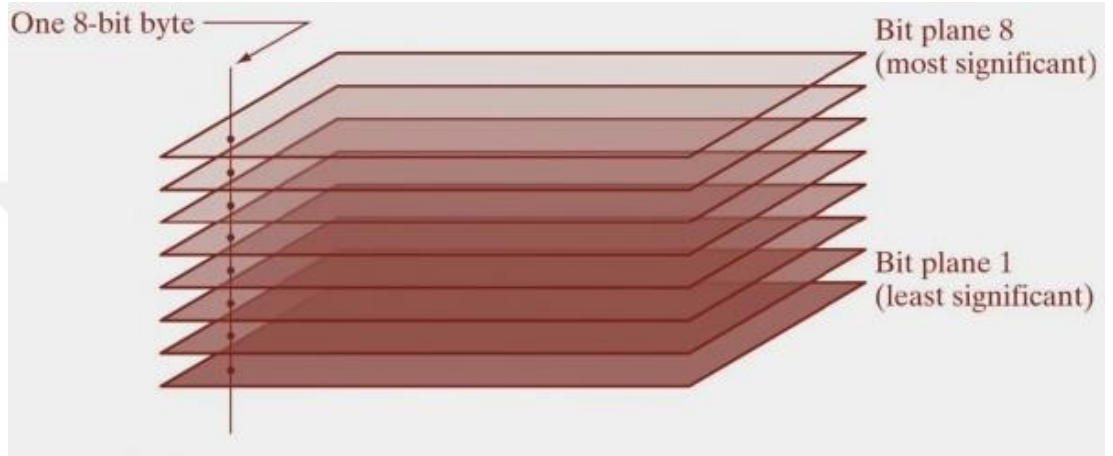
Aşağıda Şekil 4.11’ de bir bitkinin hastalıklı olup olmadığının teşhisi için yoğunluk düzeyi dilimlenmiş görüntü örneği verilmiştir. İkili bir görüntü oluşturmak bitkinin tıkanıklarını saptamak için oldukça kullanışlıdır.



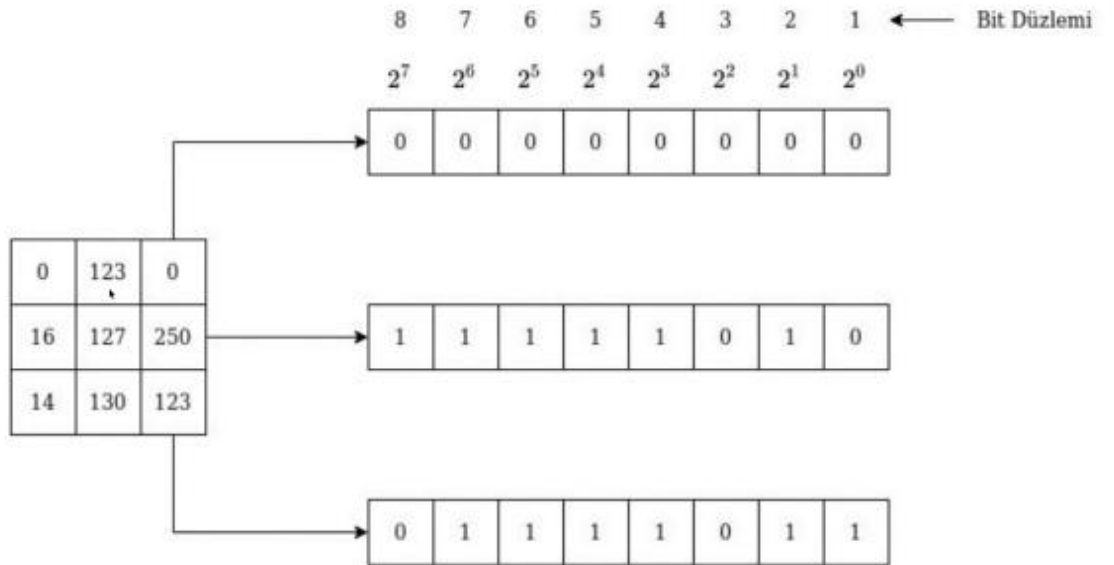
Şekil 4.11 Yoğunluk düzeyi dilimleme ile bir bitkinin hastalığının saptanması (Gonzalez, 2008)

4.1.6 BİT DÜZEYİ DİLİMLEME İLE FOTOĞRAF SIKIŞTIRMA

Fotoğraflardaki piksel değerleri bitlerden oluşmaktadır. Bit bilgisayardaki en küçük bilgi birimidir. 8 bitin bir araya gelmesinden bir byte oluşur. Dolayısıyla 1 byte 8 bittir. 8 –bitten oluşan bir fotoğrafın piksel değerleri 0 ile 255 arasında değerler almaktadır. Bu değerler yerine değerlerin bit temsilcileri kullanılarak fotoğrafları sıkıştırılır. Böylelikle veri depolama ve veri transfer işlemlerinde kolaylıklar sağlanması amaçlanmaktadır.



Şekil 4.12 Bir fotoğrafın 8 bitlik gösterimi (Gonzalez, 2008)



Şekil 4.13 Piksel değerinin 8 bitte hesaplanması (Gonzalez, 2008)

Örneğin Şekil 4.13 3x3'lük bir fotoğrafın matris gösterimi örneği olsun. Matrisin elemanları piksellerin yoğunluk değerlerini gösterir. Yoğunluk değerlerine bakılacak olursa fotoğraf, 8 bit olduğu için değerler 0-255 arasında değerler almaktadır. Bu değerler bit düzleminde bir piksel için 8 tane kutu ayırır. Her bir biti bir kutu temsil etmektedir. Örneğin 1.kutu 1.bit düzlemini, 2.kutu 2.bit düzlemini, ... ve 8.kutu 8.bit düzlemini temsil etmektedir.

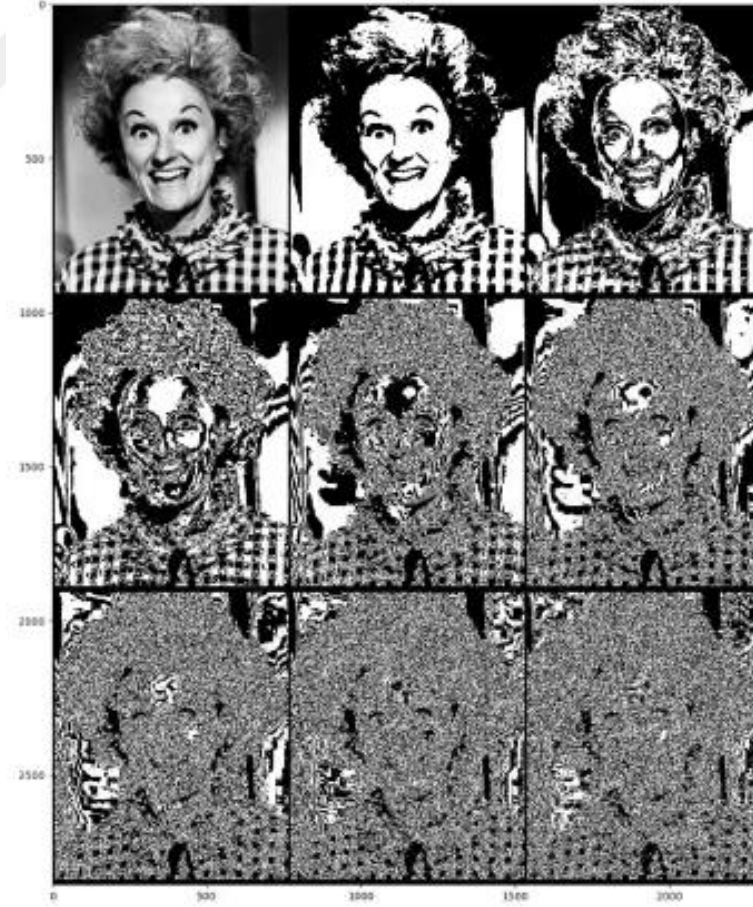
a_{ij} , matrisin i. satır j. sütundaki elemanı olmak üzere a_{13} , a_{23} ve a_{33} pikselindeki değerler aşağıda hesaplanmıştır.

$$a_{13} = 2^7 \cdot 0 + 2^6 \cdot 0 + 2^5 \cdot 0 + 2^4 \cdot 0 + 2^3 \cdot 0 + 2^2 \cdot 0 + 2^1 \cdot 0 + 2^0 \cdot 0 = 0$$

$$a_{23} = 2^7 \cdot 1 + 2^6 \cdot 1 + 2^5 \cdot 1 + 2^4 \cdot 1 + 2^3 \cdot 1 + 2^2 \cdot 0 + 2^1 \cdot 1 + 2^0 \cdot 1 = 250$$

$$a_{33} = 2^7 \cdot 0 + 2^6 \cdot 1 + 2^5 \cdot 1 + 2^4 \cdot 1 + 2^3 \cdot 1 + 2^2 \cdot 0 + 2^1 \cdot 1 + 2^0 \cdot 1 = 123$$

Aşağıda bit düzlemlerine ayrılmış bir fotoğraf örneği verilmiştir.



Şekil 4.14 Bit düzlemlerine ayrılmış bir fotoğraf (Gonzalez, 2008)

Sol üstteki fotoğraf orjinal fotoğrafı ikinci fotoğraf 8.bit düzlemini üçüncü fotoğraf 7.bit düzlemini, orta sol taraftaki fotoğraftan başlamak üzere sırasıyla 6., 5. ve 4.bit düzlemini, sol alttan başlayarak fotoğraflar sırasıyla 3., 2. ve 1.bit düzlemini göstermektedir.

Fotoğrafta en çok bilgiyi temsil eden en yüksek bit düzlemleri, daha az bilgi içeren ise en düşük bit düzlemleridir. Fotoğrafta görüleceği üzere 8., 7. ve 6.bit düzlemlerinden fotoğrafın anlaşılması mümkünken, 1.,2. ve 3.bit düzlemlerinde gürültüler oldukça fazladır. Bu noktada bütün bit düzlemleri alınmazsa yine istenilen görüntüye yakın görüntü elde edilebilir. Bu nedenle daha düşük bit düzlemleri alınmayarak hafızada daha az yer kaplanması ve transfer alışverişlerinin daha hızlı olması amaçlanmaktadır. Aşağıda, Şekil 4.14'te kullanılan fotoğraf oluşturulurken bütün bit düzlemlerinin kullanılmadığı, sadece en yüksek 4 bit düzlemin kullanıldığı bir örnek Şekil 4.15' te verilmiştir.



Şekil 4.15 Dört bit düzleminde oluşan bir fotoğraf (Gonzalez, 2008)

Şekil 4.15' te sol üstteki fotoğraf sadece 7. ve 8.bit düzlemleri kullanılarak oluşturulmuş bir fotoğraf mevcuttur. Fotoğrafta eksik yerler olsa dahi fotoğrafın büyük çoğunluğunun korunduğunu, çok bilgi kaybedilmediği söylenebilir. Sağ üstteki fotoğraf 8., 7., 6. ve 5.bit düzlemleri kullanılarak oluşturulmuş. Sol attaki fotoğrafa ise

buna 4. ve 3.bit düzlemleri eklenmiştir. 1. ve 2.bit düzlemlerini içermediği halde nerdeyse sağ altta bulunan orjinal fotoğrafla aynı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bit düzeyi dilimleme ile fotoğraflar çok fazla bilgi kaybetmeden sıkıştırılabilir. Aynı zamanda 1. ve 2.bit düzlemlerini içermediğinden orjinal fotoğrafın kapladığı alandan daha az yer kaplar. Böylelikle transfer işlemlerinde hız olarak kolaylıklar sağlar.

4.1.7 HİSTOGRAM EŞİTLEME

Histogram fotoğraftaki gri yoğunluk değerlerinin dağılımını grafiksel olarak gösterim şeklidir. Histogram eşitleme, dar bir aralığa sıkışmış yoğunluk değerlerinin daha geniş bir aralığa eşit bir şekilde yayarak fotoğrafın daha net görülmesini amaçlar.

r_k : piksel yoğunluk değerleri, n_k : aynı değerdeki piksel sayısı ve MN : toplam piksel sayısı olmak üzere ve $k = 0,1,2, \dots, L - 1$ için

$$\text{Normalleştirilmemiş Histogram, } h(r_k) = n_k, \quad (4.4)$$

$$\text{Normalleştirilmiş Histogram, } P(r_k) = \frac{h(r_k)}{MN} \quad (4.5)$$

formundadır.

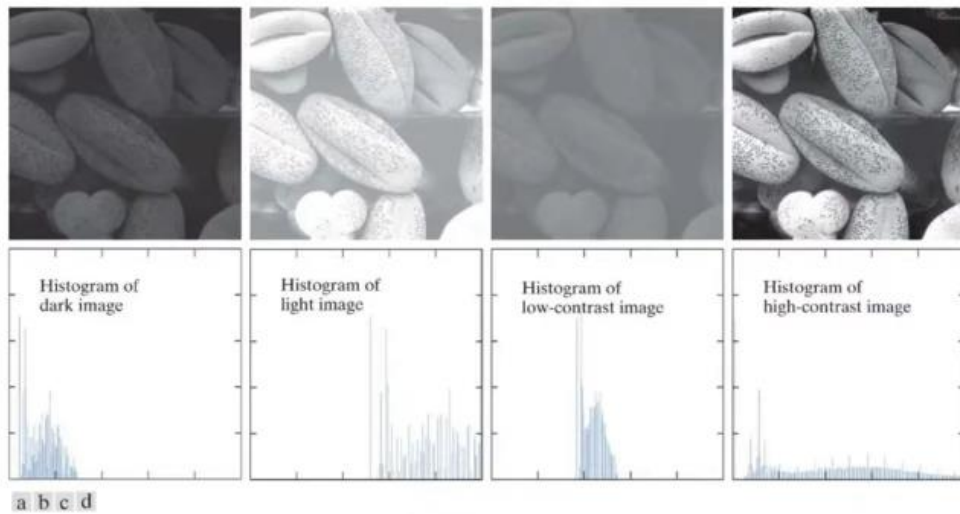
Tablo 4.1 5x5'lik bir fotoğrafın piksel değerleri (Gonzalez, 2008)

0	4	3	6	7
4	2	6	6	0
1	5	4	1	2
5	5	2	3	6
4	3	4	5	1

Tablo 4.2 Histogram eşitleme (Gonzalez, 2008)

k	$h(r_k)$	Normalleştirilmemiş Histogram	Normalleştirilmiş Histogram
0	$h(r_0)$	2	0.18
1	$h(r_1)$	3	0.12
2	$h(r_2)$	3	0.12
3	$h(r_3)$	3	0.12
4	$h(r_4)$	5	0.20
5	$h(r_5)$	4	0.16
6	$h(r_6)$	3	0.12
7	$h(r_7)$	1	0.04

Tablo 4.1’ de 5x5’lik 3 bitlik bir fotoğraf örneği olsun. Fotoğraf 3 bit olduğundan pikselin yoğunluk değerleri 0-7 arasında değerler almaktadır. Buradaki tabloda piksel değerlerinden kaç tane olduğu normalleştirilmemiş histogram başlığı altında, bu piksel değerlerin fotoğrafta görünme olasılığı da normalleştirilmiş histogram başlığı altında gösterilmiştir. Örneğin; Tablo 4.2’ de fotoğrafta 4 yoğunluk değerine sahip pikselden 5 tane mevcut. 4 yoğunluk değerinin fotoğrafın içinde bulunma olasılığı ise 0.20’dir. Aşağıda Şekil 4.16’ da histogram eşitlemenin kullanım nedenine yönelik dört fotoğraf ve bu fotoğrafların garfikleri verilmiştir.

**Şekil 4.16** Bir fotoğrafın yoğunluk dağılımı (Gonzalez, 2008)

Yukarıda Şekil 4.16' da a görselinde fotoğraf oldukça karanlık, altındaki grafikte de görüleceği üzere yoğunluk değerleri, dar bir alana sıkışmış ve küçük değerlerde toplanmıştır. b görseli; fazla aydınlık, yoğunluk değerleri yüksek değerlerde dar bir alana sıkışmıştır. c görselinde gri ton değerleri hakim, grafiğine bakıldığında yoğunluk değerlerinin grafiğin ortasında yine dar bir alanda sıkıştırıldığı görülmektedir. Histogram eşitleme uygulanan d görselinde ise fotoğraf diğerlerine nazaran daha net görülmekte, grafiğine bakıldığında fotoğraf alabileceği yoğunluk değerlerinin neredeyse eşit bir şekilde geniş bir alana yayıldığı görülmektedir. Dolayısıyla dar bir alana sıkışmış yoğunluk değerlerini histogram eşitleme ile eşit bir şekilde geniş bir alana yayıp net görüntüler elde edilebilir.

Histogram eşitleme diğer dönüşümlerden farklı olarak bazı özellikleri de sahiptir. $T(r)$: dönüşüm fonsiyonunu, r : girdideki yoğunluk değerleri ve s : çıkış fotoğrafın yoğunluk değerlerini temsil etmek üzere,

$$s = T(r), \quad 0 \leq r \leq L - 1 \quad (4.6)$$

$T(r)$ dönüşüm fonsiyonun sağlaması gereken özellikler;

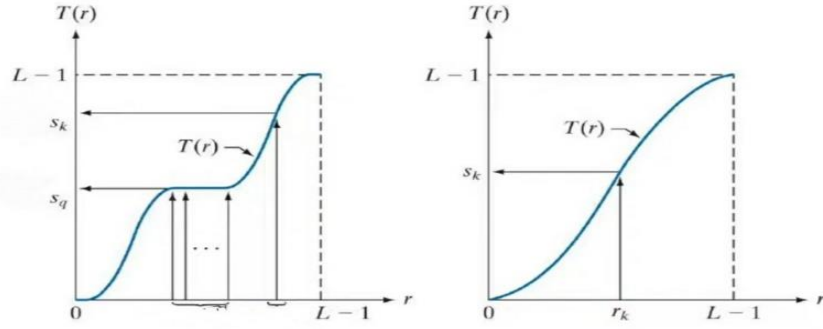
- a) $0 \leq r \leq L - 1$ aralığında monoton artan bir fonsiyon,
- b) $0 \leq T(r) \leq L - 1, \quad 0 \leq r \leq L - 1$ olmalıdır.

Bu dönüşüm fonsiyonun tersi ile işlem yapıldığında

$$r = T^{-1}(s), \quad 0 \leq s \leq L - 1 \quad (4.7)$$

elde edilir.

Bu durumda yukarıdaki özelliklere ek olarak $T(r)$ fonsiyonunun aynı zamanda monoton artan bir fonsiyon olması gerekmektedir. Aşağıda monoton azalmayan fonsiyon ve monoton artan fonsiyon grafiklerine örnekler verilmiştir. (Şekil4.17)

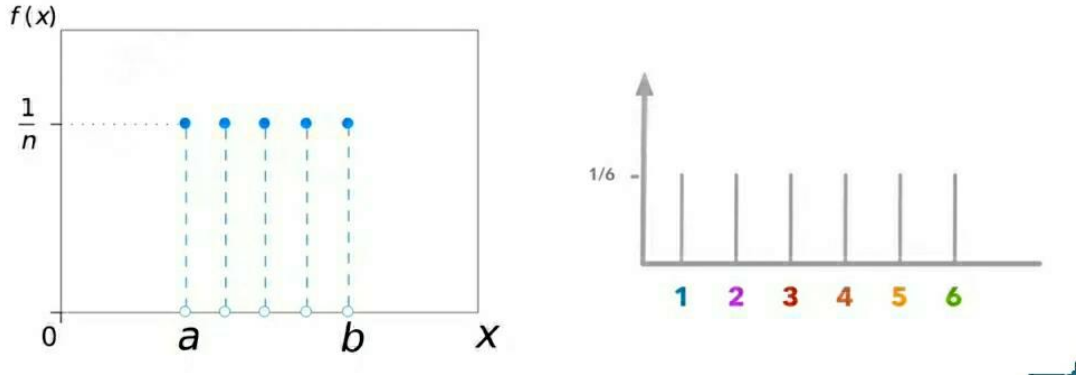


Şekil 4.17 Azalmayan fonksiyon ve artan fonksiyon grafikleri (Gonzalez, 2008)

Yukarıda Şekil 4.17’de sol tarafta monoton azalmayan fonksiyonun grafiğinde bazı noktaları için hep aynı değeri aldığına dikkat ediniz. Histogram eşitlemenin daha iyi anlaşılması için olasılık kütle fonksiyonu, olasılık yoğunluk fonksiyonu ve bunların grafiklerinden kısaca bahsedeceğiz.

4.1.7.1 Olasılık Kütle Fonksiyonu

Olasılık kütle fonksiyonu bir deneyde görülebilecek bütün olayların gerçekleşme olasılıklarını gösteren bir fonksiyondur. Aşağıda bir zarın atma deneyinin olasılık kütle fonksiyonunun grafiği ve buna benzer deneylerin genelleştirilmiş olasılık kütle fonksiyonu grafiği örneği verilmiştir.

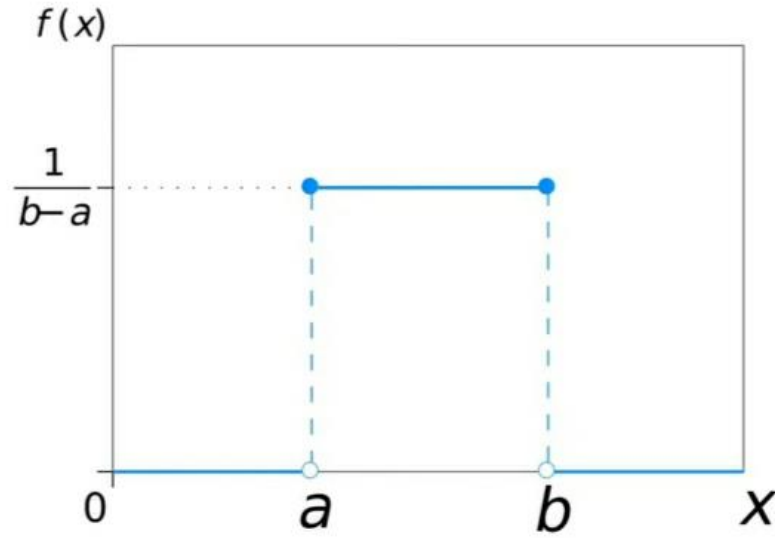


Şekil 4.18 Olasılık kütle grafiği (Gonzalez, 2008)

x -ekseninde bu deneyin gerçekleşebilecek bütün olayların değerleri yani 1,2,3,4,5 ve 6 değerleri görülür, y-ekseninde bu olayların gerçekleşme olasılıkları yani $1/6$ değeri görülür. Bu aynı zamanda özel bir olasılık kütle fonksiyonu olduğu için tekdüze olasılık kütle fonksiyonu olarak da anılır.

4.1.7.2 Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu

Bir deneyin belirli bir aralıktaki olasılık dağılımlarını gösteren bir fonksiyondur. Olasılık yoğunluk fonksiyonlarının grafikleri şu şekildedir. Histogram eşitleme ile asıl yapılmak istenen fotoğrafın piksel dağılımlarını aşağıdaki gibi bir dağılıma benzetebilmektir.



Şekil 4.19 Olasılık yoğunluk grafiği (Gonzalez, 2008)

4.1.8 OLASILIK YOĞUNLUK DÖNÜŞÜMLERİ

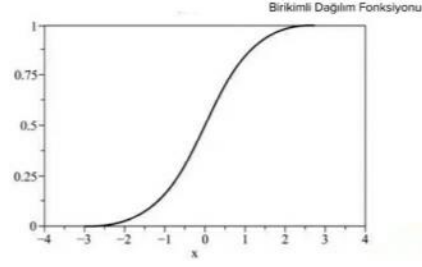
Fotoğrafın piksel yoğunluk değerleri $[0, L - 1]$ aralığında olan rastgele bir değişken olarak görülebilir. Böylece fotoğraflar üzerinde kullanım amacına yönelik değişiklikler yapılabilir. Bir olasılık yoğunluk fonksiyonunu başka bir olasılık yoğunluk fonksiyonuna dönüştürmek için,

$$P_s(s) = P_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| \quad (4.8)$$

denklemini kullanılır.

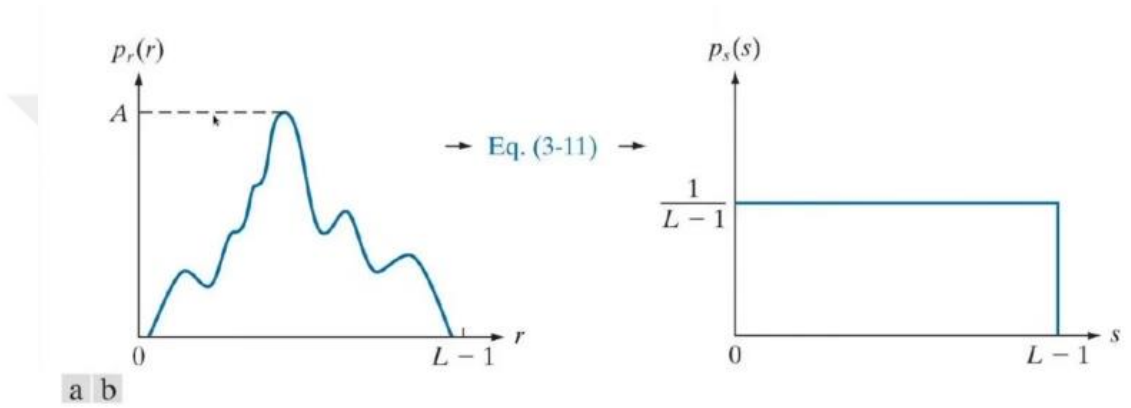
$$S = T(r) = (L - 1) \int_0^r P_r(w) \cdot dw \quad (4.9)$$

dönüşümü girdideki olasılık yoğunluk dağılımlarına bakmaksızın bir önceki grafikte olduğu gibi piksel dağılımlarını nerdeyse eşit bir şekilde yaymak için kullanılan bir dönüşümdür. Dönüşümde kullanılan integral aynı zamanda olasılık teorisinde birikimli dağılım fonksiyonu olarak bilinir. Aslında bize istenilen aralığın alanını vermektedir.



Şekil 4.20 Birikimli dağılım fonksiyonu örneği (Gonzalez, 2008)

Aşağıda Şekil 4.21’de (a), bir piksel dağılımına sahip bir fotoğrafın histogram eşitlemesi kullanıldıktan sonraki grafiği (b) ile örneği verilmiştir.



Şekil 4.21 Histogram eşitlemesi uygulanan bir fotoğraf grafiği (Gonzalez, 2008)

Yukarıda gösterilen dönüşüm sürekli sinyaller için kullanılır. Kesikli sinyaller ise olasılık yoğunluk fonksiyonları ve integraller yerine; olasılıklar ve toplamalar ile kullanılır. Aşağıda süreksiz sinyaller için kullanılan genel form verilmiştir.

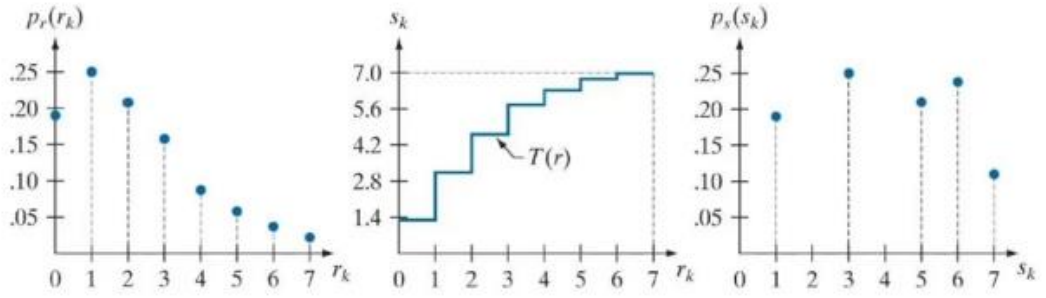
$$S_k = T(r_k) = (L - 1) \cdot \sum_{j=0}^k P_r(r_j) \quad k = 0, 1, 2, \dots, L - 1 \quad (4.10)$$

Tablo 4.3 Kesikli sinyallerde histogram eşitleme örneği (Gonzalez, 2008)

r_k	n_k	$P(r) = \frac{h(r_k)}{MN}$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08

Tablunun devamı	n_k	$P(r) = \frac{h(r_k)}{MN}$
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

Tablo 4.3' te 3 bitlik ve 64x64 boyutundaki bir fotoğraf örneğinin süreksiz sinyaller için normalleştirilmemiş ve normalleştirilmiş histogram verileri verilmiştir. $r_2 = 2$ piksel değerinin fotoğrafın içinde 850 tane olduğu ve 2 piksel değerinin fotoğrafın içinde görünme olasılığının 0.21 olduğu görülmektedir.



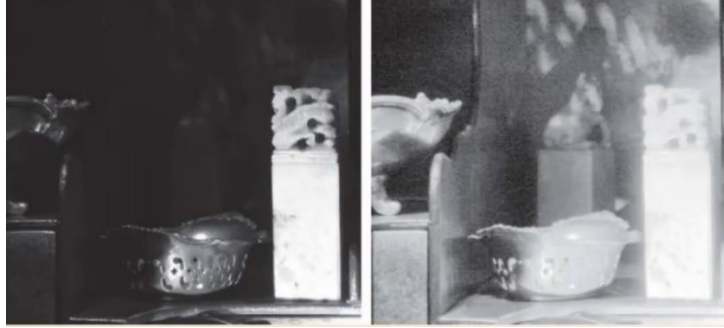
Şekil 4.22 Sırasıyla fotoğrafın olasılık kütle fonksiyonu, histogram eşitlemede kullanılan fonksiyon ve histogram eşitleme uyguladıktan sonra grafik örnekleri (Gonzalez, 2008)

Şekil 4.22'de sol tarafta hiç bir işlemten geçmemiş bir olasılık kütle fonksiyonun grafiği, ortada histogram eşitleme uygularken kullandığımız fonksiyonun grafiği sağ tarafta histogram eşitlemesi uyguladıktan sonraki fotoğrafın histogram grafiğini göstermektedir. Histogram eşitleme kullanılmasına rağmen tabloda sağ tarafta her olayın gerçekleşme olasılığının aynı olmamasının nedeni sürekli sinyalleri kesikli sinyallere çevirirken ondalık değerlere sahip sayıların en yakın tam sayıya tamamlamasından kaynaklıdır, yani niceleme hatasıdır.

4.1.9 LOKAL HİSTOGRAM İSTATİSTİKLERİ

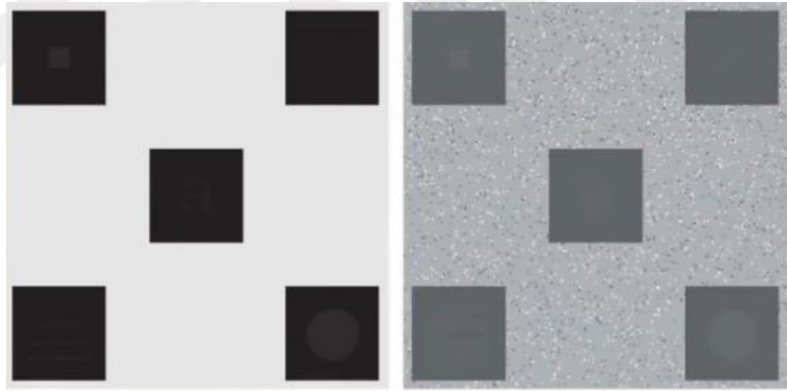
Fotoğrafın sadece belli bölgelerinde olan karanlık bölgeleri daha net gösterilmesi amacıyla yapılır. Bu işlem için lokal pencereler denilen pencerelerin kullanılması ile

gerçekleşir. Şekil 4.23'te karanlık bölgeler fotoğrafın bütününe yayıldığı için normal histogram eşitlemesi kullanarak sağdaki fotoğraf elde edilmiştir. Şekil 4.24'te daha çok verinin gözüktüğü aşıkardır.



Şekil 4.23 Lokal histogram istatistikleri uygulanan bir fotoğraf (Gonzalez, 2008)

Ancak fotoğrafta karanlık detaylar daha çok belirli bir bölgede toplandıysa histogram eşitlemesi kullanmak fotoğrafta daha çok gürültüye neden olabilir. Bu durumda histogram eşitlemesi kullanmak iyi bir tercih olmayabilir. Aşağıda buna bir örnek verilmiştir.



Şekil 4.24 Global uygulanan bir histogram istatistiği örneği (Gonzalez, 2008)

Histogram eşitlemesi kullanılan yukarıdaki görselde sağ fotoğrafta oldukça gürültülü olmasının nedeni histogram eşitlemenin fotoğrafta global olarak çalışmasıdır. İstenilen belirli bölge için yapılacak değişimler için pencere adı verilen işlem kullanılır. Lokal histogram istatistikleri lokal pencereler kullanarak histogram eşitlemesini sadece belirli bir bölgede uygulamayı amaçlar. Lokal histogram istatistikleri için başlıca gerekli terimler aşağıda verilmiştir.

m : ortalama, L = fotoğrafın alabileceği en büyük değer, r : piksel değeri, $p(r)$: piksel değerinin görünme olasılığı, μ_n = n. moment ve σ^2 = varyans olmak üzere;

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} r_i \cdot p(r_i) \quad (4.11)$$

$$\mu_n = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^n \cdot p(r_i) \quad (4.12)$$

$$\sigma^2 = \mu_2 = \sum_{i=0}^{L-1} (r_i - m)^2 \cdot p(r_i) \quad (4.13)$$

ile hesaplanır.

Lokal histogram istatistiklerinin kullanımına dair aşağıda Tablo 4.4'te 5x5'li bir fotoğrafın matris örneği üzerinden gidelim.

Tablo 4.4 5x5'lik bir matris örneği (Gonzalez,2008)

10	20	30	40	50
5	15	25	35	45
20	30	40	50	60
15	25	35	45	55
0	10	20	30	40

İlk önce fotoğrafın ortalaması bulunur.

$$P(0) = 1/25 = 0.04$$

$$P(5) = 1/25 = 0.04$$

$$P(10) = 1/25 = 0.04$$

⋮

$$P(15) = 1/25 = 0.04$$

$$m = (0 \times 0.04) + (5 \times 0.04) + (10 \times 0.08) + (15 \times 0.08) + \dots = 30$$

Fotoğrafın bütününe uygulandığı için aynı zamanda bu ortalama glabol ortalama denir. Ortalama bulunduktan sonra fotoğrafın varyansı bulunur.

$$\sigma^2 = [(0 - 30)^2 \times 0.04] + [(5 - 30)^2 \times 0.04] + [(10 - 30)^2 \times 0.08] + \dots = 250$$

Fotoğrafın bütününe uygulandığı için bu varyansa global varyans denir. Daha sonra istenilen bölgede çalışmak için lokal bir pencere seçilir. Lokal penceremiz 3x3'lük bir pencere örneği olsun.

Tablo 4.5 5x5'lik bir matrise uygulanan 3x3'lük pencere örneği (Gonzalez, 2008)

10	20	30	40	50
5	15	25	35	45
20	30	40	50	60
15	25	35	45	55
0	10	20	30	40

3x3'lük pencerenin orta noktası pencerenin merkezi olur. Pencerenin merkezi teker teker her bir pikselin üzerine konularak pikseller üzerinde işlem yapılır. Yapılan işlem sadece pencere üzerindeki piksellere uygulandığı için bu işlem lokal bir işlemdir.

Daha sonra pencerenin ortalaması ve pencerenin varyansı bulunur.

$$m = (10 \times 0.11) + (20 \times 0.22) + (30 \times 0.22) + (5 \times 0.11) + (15 \times 0.11) + (25 \times 0.11) + (40 \times 0.11) = 21.66$$

$$\sigma^2 = [(10 - 21.45)^2 \times 0.11] + [(20 - 21.45)^2 \times 0.22] + [(30 - 21.45)^2 \times 0.22] + \dots + [(25 - 21.45)^2 \times 0.11] + [(40 - 21.45)^2 \times 0.11] = 105.55$$

Eğer pencerenin ortalaması ile pencerenin standart sapması belirli bir aralıkta ise, pencerenin piksel değerleri keyfi bir c sayısı ile çarpılır.

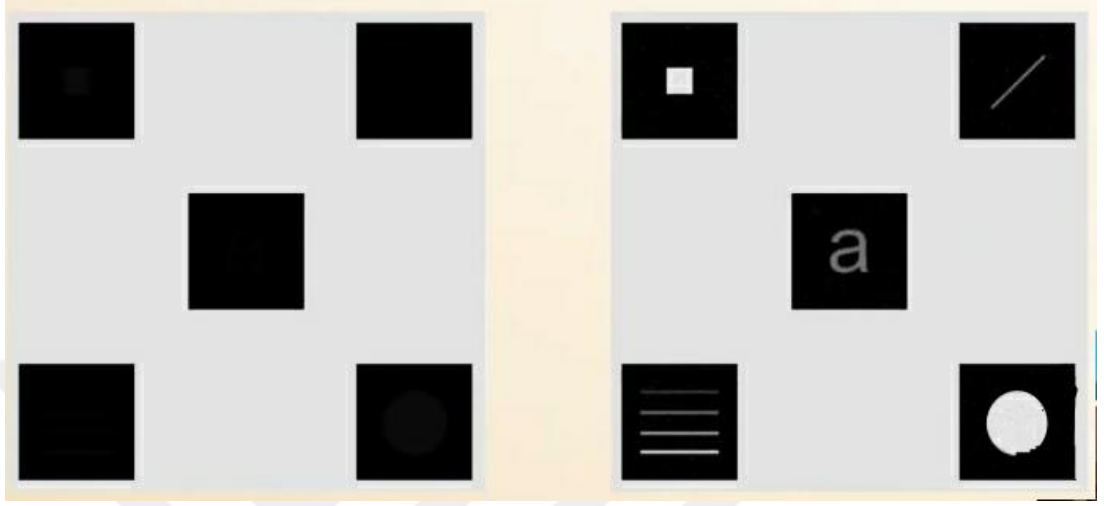
Lokal pencere, $f(x, y)$, $-x$ ve $-y$ koordinatındaki piksel değeri; $g(x, y)$ = çıkışta alınan piksel değeri; S_{xy} , pencere; σ , varyansın karekökü (standart sapma); m , ortalama; m_G = global ortalama; k_1, k_2, k_3, k_4 ve c sabit sayılar olmak üzere,

$$g(x, y) = \begin{cases} c \cdot f(x, y), & k_0 m_G \leq m_{s_{xy}} \leq k_1 m_G \text{ ve } k_2 \sigma_G \leq \sigma_{s_{xy}} \leq k_3 \sigma_G \\ f(x, y), & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4.14)$$

ile elde edilir.

Bütün pencereler için ortalama ve varyans değerleri, global ortalama ve global varyansı ile karşılaştırılır. Eğer pencerenin ortalaması ile pencerenin standart sapması,

global ortalama ile global standart sapmasına göre belirli bir aralıktaki piksel değerleri c sabit sayısı ile çarpılarak işlem uygulanır. Şekil 4.24'te uygulanan global histogram istatistikleri aşağıda Şekil 4.25'te lokal histogram istatistiği uygulandıktan sonra istenmeyen gürültüye neden olmadığı görülmektedir.



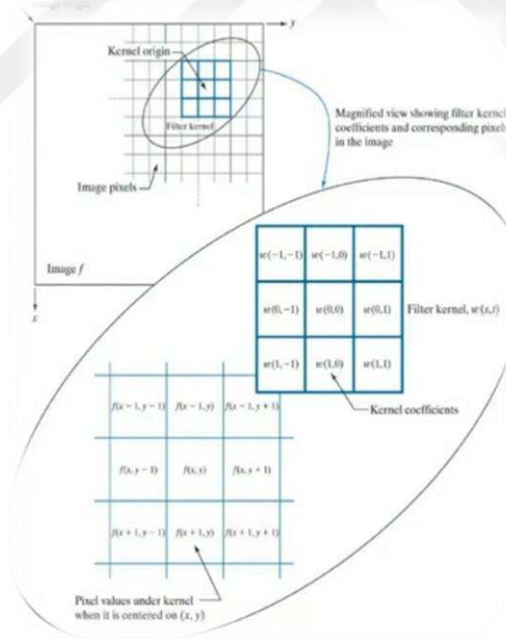
Şekil 4.25 Lokal uygulanan bir histogram istatistiği örneği (Gonzalez, 2008)

BÖLÜM V

UZAMSAL FİLTRELEME

5.1 UZAMSAL FİLTRELEMeye GİRİŞ

Fotoğrafın piksel değerlerinin değişme hızı frekans olarak adlandırılır. Fotoğrafın piksel değerleri çok hızlı bir şekilde değişiyorsa fotoğraf yüksek frekanslı; piksel değerleri yavaş bir şekilde değişiyorsa fotoğraf düşük frekanslıdır. Bir fotoğrafın belirli frekanslarını işlemde geçiren belirli frekansları geçirmeyen veya belirli frekansları düzenleyen yapıya **filtre** denir.



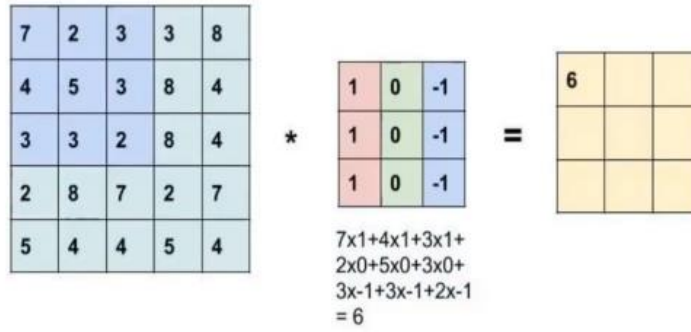
Şekil 5.1 Filtre gösterimi (Gonzalez, 2008)

Filtre lokal histogram istatistiklerinde pencereye benzer bir yapıya sahiptir. Filtreyi pencereden ayıran en önemli fark filtrenin elemanlarının kullanıcı tarafından belirlenen bir katsayıya sahip olmasıdır. Filtrenin orta noktası başlangıç indeksi olarak

kabul edilir ve (0, 0) olarak adlandırılır. Diğer noktaların indeksleri başlangıç noktasına göre belirlenir. $g(x,y)$: çıkıştaki fotoğrafın $-x$ ve $-y$ koordinatındaki piksel değeri; $f(x,y)$: girişteki fotoğrafın $-x$ ve $-y$ koordinatındaki piksel değeri filtrenin genişliği $2a+1$ ve filtrenin yüksekliği $2b+1$ olmak üzere, $M \times N$ 'lik bir fotoğrafın $m \times n$ 'lik bir filtre ile filtrelenmesinin matematiksel denklemi şu şekilde ifade edilir.

$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s,t) f(x+s, y+t) \quad (5.1)$$

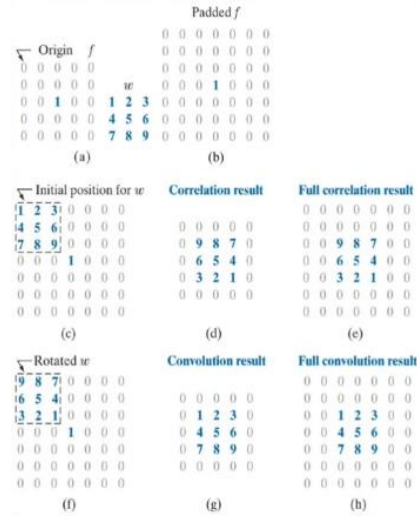
Filtre orjinal fotoğraf üzerinde piksel piksel kaydırılır. Filtre kaydırılırken orjinal piksel değeri ile filtrenin o noktadaki değeri çarpılır. Bu işlem filtredeki değerlerinin hepsiyle yapıldıktan sonra değerler toplanılır ve pikselin bulunduğu yere yeni değer olarak atanır.



Şekil 5.2 Görselleştirilmiş filtre uygulama örneği (Gonzalez, 2008)

Filtreleme işleme fotoğrafın kenarlarına yapabilmek için fotoğrafın kenarlarına 0 pikselleri eklenerek işlemin uygulanması fotoğraf için genişletilir.

Korelasyon filtreleme işleminine denir, konvolüsyon ise filtrenin 180 derece döndürülmesiyle yapılan filtreleme işlemidir. Filtremenin gürültü gidermek, kenar çıkarmak, belirli özellikleri vurgulamak baskılamak gibi bir çok amacı vardır.



Şekil 5.3 Konvolüsyon ve korelasyon gösterimi (Gonzalez, 2008)

Şekil 5.3’ te w filtresi orjinal fotoğrafa uygulandığında korelasyon ve konvolüsyonün fotoğrafta neden olduğu değişiklikler görülmektedir. Korelasyon (5.2) ve konvolüsyonun (5.3) matematiksel denklemleri şu şekildedir.

$$(w \star f)(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (5.2)$$

$$(w \star f)(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (5.3)$$

Tablo 5.1 Konvolüsyon ve korelasyon özellikleri (Gonzalez, 2008)

Özellikler	Konvolüsyon	Korelasyon
Değişmeli	$f \star g = g \star f$	-
Birleşmeli	$f \star (g \star h) = (f \star g) \star h$	-
Dağılma	$f \star (g + h) = (f \star g) + (f \star h)$	$f \diamond (g + h) = (f \diamond g) + (f \diamond h)$

Korelasyonun sağladığı özellikler filtreleme işlemi daha verimli uygulamak için kullanılır.

Ayrıştırılabilir Filtre: Konvolüsyon işleminin daha hızlı ve verimli uygulamak için var olan filtre ayrıştırılır, daha sonra konvüsyon işlemi ayrıştırılan bu yeni filtrelerle yapılır. Aşağıda w bir filtre olmak üzere w filtresi, c ve r şeklinde iki ayrı filtreye ayrıştırılır. c ve r filtreleriyle iki kere konvolüsyon işlemi yapılır. w ayrıştırılabilir bir filtre olduğu için c ve r filtreleriyle yapılan konvolüsyon işlemiyle w filtresi ile yapılan filtreme işlemiyle elde edilecek çıkış fotoğrafı bire bir aynı olur. w filtresi ile yapılacak

konvolüsyondaki işlem sayısı c ve r filtreleriyle yapılacak konvolüsyon işlem sayısından daha fazla olduğu için ayrıştırılabilir filtre işlemi uygulanır.

Filtrelerin Ayrıştırılması: Filtrenin ayrıştırılması filtrenin rankının bulunmasıyla elde edilir. Filtrenin rankı 1 ise, filtre ayrıştırılabilir demektir. Filtrenin rankı bulunduğundan sonra filtrenin içinde '0' olmayan herhangi bir eleman (E) seçilir ve bu elemandan geçen satır ve sütun vektörleri alınır. Alınan satır veya sütundan herhangi birisi direkt ayrıştırılmış filtre olarak alınırken diğer satır veya sütun vektörü, seçilen E elemanına bölündükten sonra ayrıştırılmış filtre olarak alınır.

$w = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ filtresinin herhangi bir elemanını seçelim. w_{12} olsun. w_{12} 'in geçtiği

satır ve sütun vektörlerini alalım $c = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ ve $r = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Filtrenin ayrıştırılmış hali: $v = c, w^t = \frac{r}{E}, w = vw^t$

$c \cdot r^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = w$ olur.

5.1.1 DÜŞÜK GEÇİREN FİLTRELER

Düşük geçiren filtre aynı zamanda yumuşatan veya ortalama alan filtre olarak da adlandırılır. Fotoğraflarda bulunan rastgele gürültü genellikle piksel değerlerindeki keskin geçişlerden kaynaklanır. Düşük geçiren filtre komşu piksel değerlerine hızlı geçişleri yavaşlatmak için kullanılır. Düşük geçiren filtrenin Kutu Kerneli ve Gauss Kernel olarak iki filtre örneğine göz atalım. Kutu filtre kernellerine

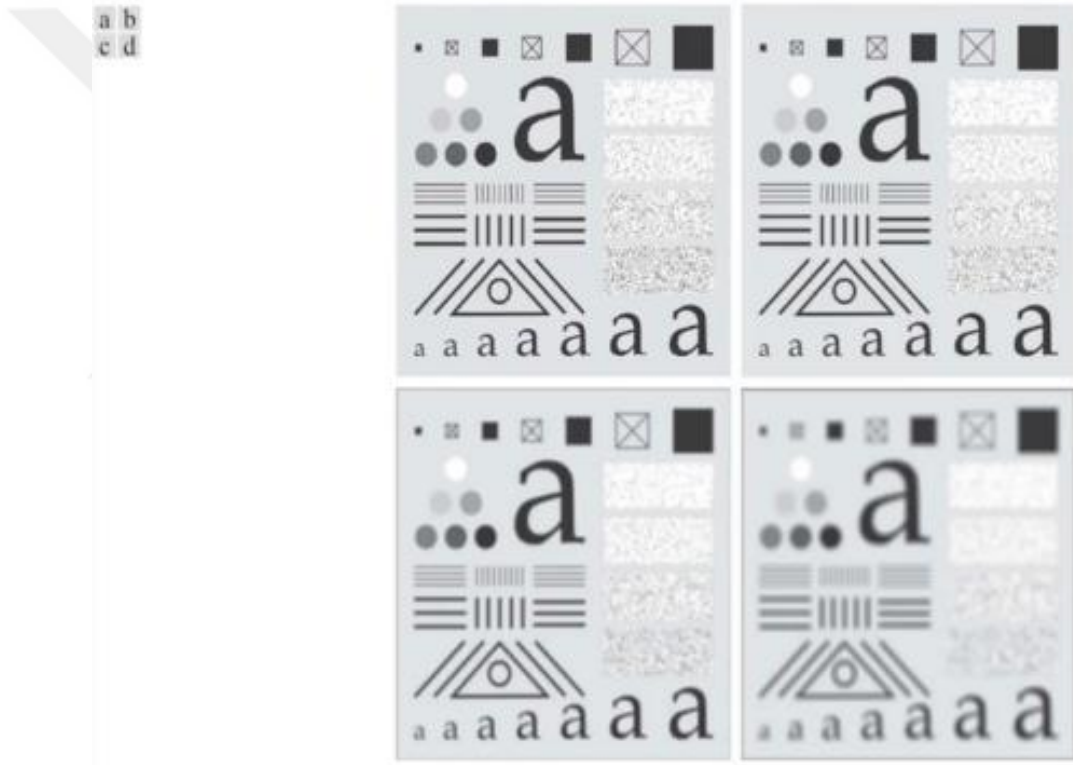
Tablo 5.2 3x3'lük kutu kernel örneği (Gonzalez, 2008)

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Tablo 5.3 5x5'lik kutu kernel örneği (Gonzalez, 2008)

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

örnek verilebilir. Kutu filtre kernellerinde katsayılar genelde 1'dir. Aşağıda kutu kerneli filtresi uygulanan bir fotoğraf örneği verilmiştir.



Şekil 5.4 Orjinal fotoğrafa (a) sırasıyla uygulanan 3x3, 4x4 ve 5x5'lik kutu kernel filtreleri (Gonzalez, 2008)

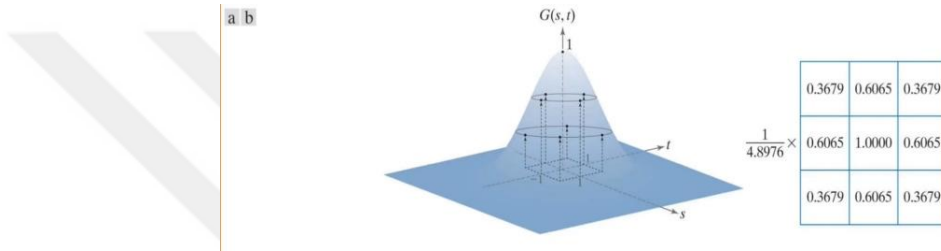
Fotoğrafa yapılan işlem aynı olmasına rağmen fotoğrafların daha bulanık olmasının nedeni kullanılan kutu kernellerinde filtrenin boyutunun daha büyük olmasıdır. Şekil 5.4'te sırasıyla 3x3, 4x4 ve 5x5'lik kutu kernel filtreleri kullanılmıştır. Gauss filtre kernelleri formülü olasılık teorisi dersinde kullanılan olasılık dağılım formülüyle aynıdır.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi r^2} \cdot e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

$$w(s, t) = G(s, t) = K e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}, \quad (r = \sqrt{s^2 + t^2}) \quad (5.4)$$

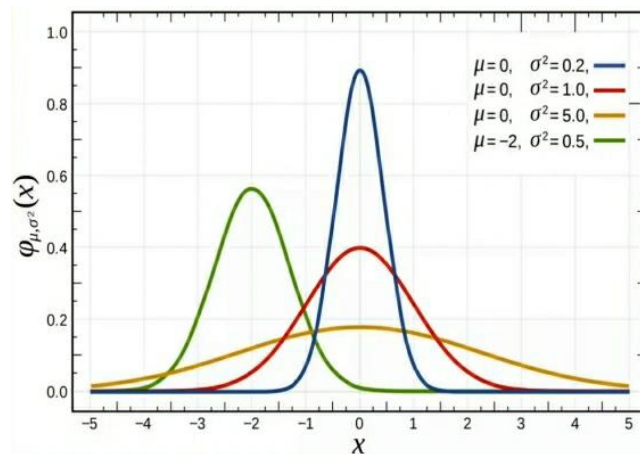
$$G(r) = K e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} \text{ 'dir.}$$

Kutu kernelinin çıkış fotoğrafında istenmeyen kareler sebebiyet vermesi nedeniyle Gauss kerneli daha çok tercih edilir. Gauss kerneli dairesel olarak simetriktir. Yani oryantasyonu değiştirildiğinde bile filtre işleminin sonucu değişmemektedir. Aşağıda Gauss kernel formulünün grafiği verilmiştir.



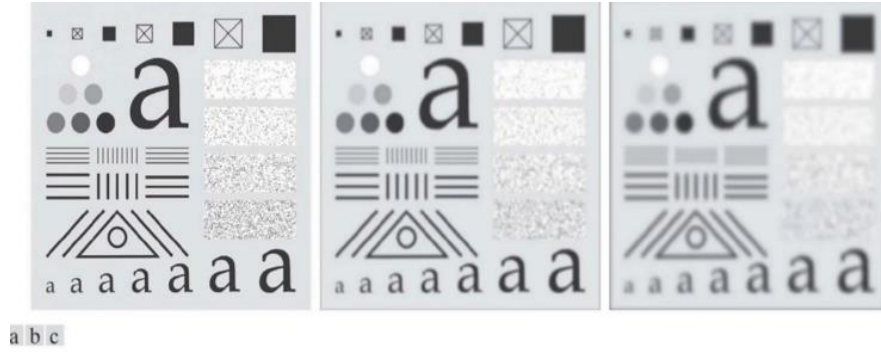
Şekil 5.5 Gauss kernel grafiği (Gonzalez, 2008)

Gauss kernelinin boyutu en fazla seçilen standart sapmanın 6 katı ve tek sayı olacak şekilde seçilir. Eğer seçilen kernel boyutu standart sapmanın 6 katından büyük olursa kernelin en uç noktalarında kalan değerler küçüleceği için değerlerin bir işlevi kalmaz. Varyans değerleri değiştirildiğinde grafiğinin boyu ve eni aşağıda Şekil 5.6 gibi değişmektedir.



Şekil 5.6 Varyans değerinin değişimine göre grafiğinin eni ve boyu (Gonzalez, 2008)

Aşağıda Gauss kerneli uygulanan bir fotoğraf verilmiştir. Fotoğrafta geçişlerin daha yumuşak olduğuna dikkat ediniz.

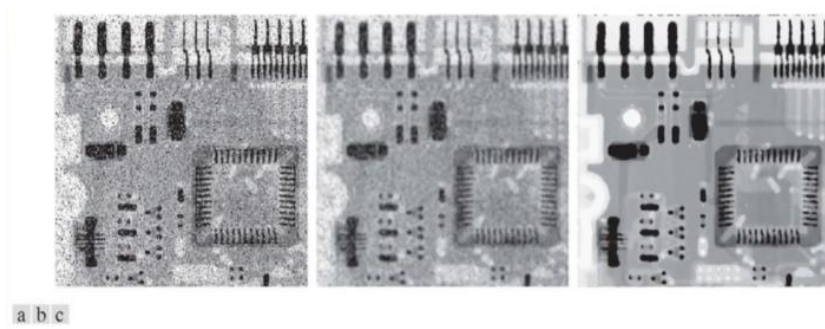


Şekil 5.7 Orjinal fotoğrafa (a) sırasıyla uygulanan 3x3 ve 5x5'lik gauss kernel örnekleri (Gonzalez, 2008)

5.1.2. DOĞRUSAL OLMAYAN FİLTRELER

Kutu kernelleri ve Gauss kernelleri gibi düşük geçiren filtreleme tekniklerinin fotoğrafta bulunan gürültüyü arındırmak için yetersiz kaldığı durumlar vardır. Tuz biber gürültüsü adı verilen gürültü çeşitlerinde iyi sonuçlar verdiği söylenemez. Özellikle tuz-biber gibi gürültülere sahip olunan fotoğraflarda doğrusal olmayan filtrelerde **orta değer filtreleme** (medyan filtreleme) işlemi daha verimli sonuçlar vermektedir.

Şekil 5.8’ de a görseli orjinal fotoğrafı; b, gauss kerneli uygulanan fotoğrafı; c ise orta değer filtresi uygulanan fotoğrafı göstermektedir.



Şekil 5.8 Orjinal fotoğrafa (a); b, gauss kernel ve c orta değer filtresi uygulanan fotoğraf örneği (Gonzalez, 2008)

Gauss kerneli uygulanan fotoğrafta gürültü giderilmesine rağmen orta değer filtresi uygulanan fotoğrafın daha iyi bir sonuç verdiği görülmektedir. Orta değer filtresinde diğer kernellerde olduğu gibi katsayıları yoktur. Orta değer filtreleme lokal histogram

istatistiklerinde kullanılan pencereye benzer. Ancak pencere içinde yapılan işlem farklıdır. Orta değer filtresi penceredeki pikselleri küçükten büyüğe doğru sıralar ve tam ortadaki değeri atar.

Tablo 5.4 Orta değer filtreleme örneği (Gonzalez, 2008)

7	8	4	5	5
5	9	4	3	8
5	2	7	2	2
6	1	9	2	4
3	2	6	9	4

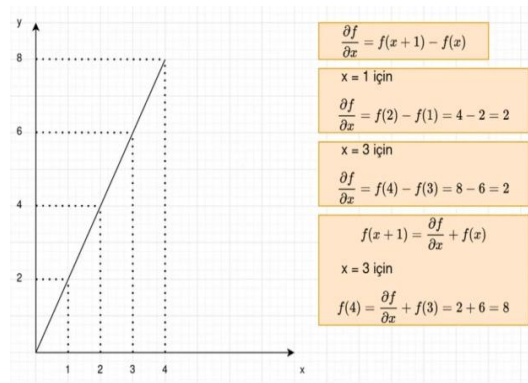
Yukarıda Tablo 5.4 5x5'lik bir giriş fotoğrafı olsun. Orta değer filtre pencere içindeki pikselleri 2,3,4,4,5,5,8 diye sıralar ve ortadaki 4 değerini atar.

5.1.3 YÜKSEK GEÇİREN FİLTRELER

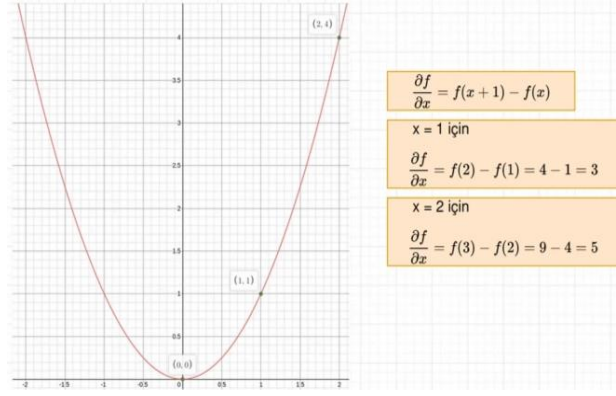
Görüntü işlemede kullanılan tekniklerden biri de bulanık bir görüntüye sahip fotoğrafların daha net görülmesi amacıyla kullanılan fotoğraf keskinleştirme işlemidir. Fotoğraf keskinleştirme işlemi birinci ve ikinci dereceden türevler yardımıyla uygulanır. Kullanılan birinci ve ikinci dereceden türev formülleri şu şekildedir:

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x) \quad (5.5)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x) \quad (5.6)$$

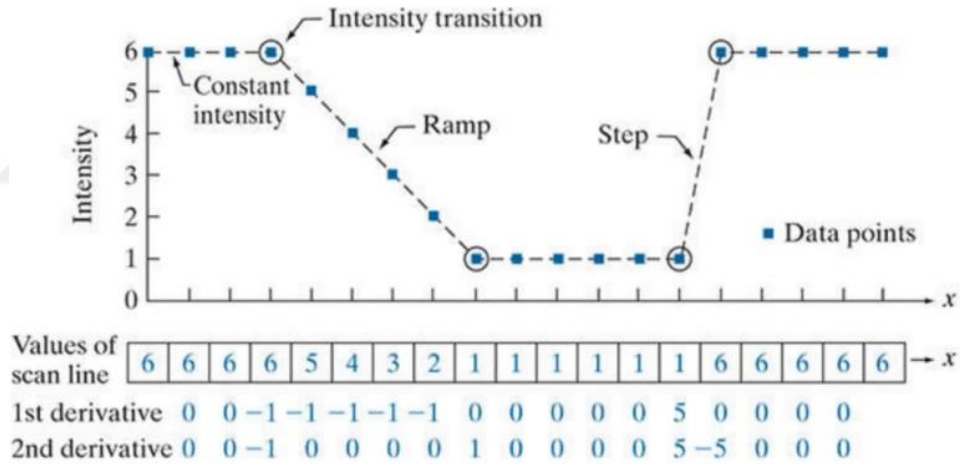


Şekil 5.9 $y=2x$ 'in 1. türevinin grafiği (Gonzalez, 2008)



Şekil 5.10 $y=x^2$ 'nin 1. türevinin grafiği (Gonzalez, 2008)

Yukarıda Şekil 5.9 ve Şekil 5.10 birinci dereceden türev formüllerinin analiz dersinde kullanılan türev formüllerinden farklı olmasının nedeni iki boyutlu olan fotoğrafların kesikli sinyal olmasından kaynaklanır. Aşağıdaki görselde pikseller arasındaki geçişte değişim hızı değiştiğinde birinci ve ikinci türevin farklı bir değer atadığına dikkat ediniz.

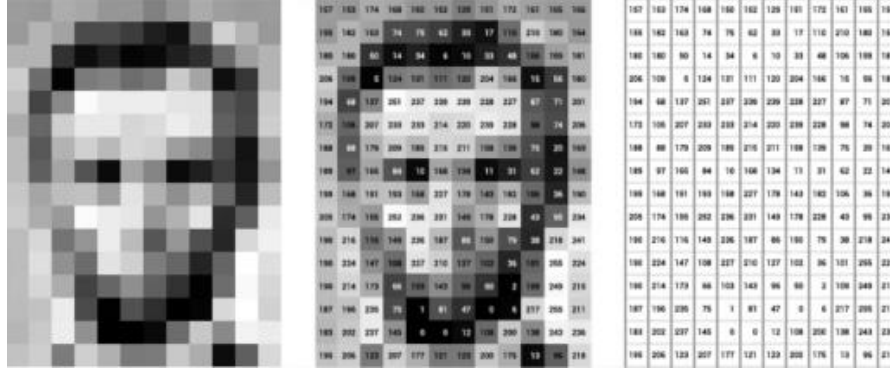


Şekil 5.11 Pikseller arasındaki geçişte değişim hızı örneği (Gonzalez, 2008)

Yüksek geçiren filtrelerde fotoğraf keskinleştirme işleminde kullanılan üç teknikten söz edeceğiz.

5.1.3.1 İkinci Türev Yardımıyla Fotoğraf Keskinleştirme

Fotoğraflar daha önce belirttiğimiz gibi iki boyutlu bir $f(x,y)$ tarafından temsil edilmektedir. Fotoğraftaki pikseller hem x eksen yönünde hem y eksen yönünde farklı değerler alırlar. İkinci türev yardımıyla fotoğraf keskinleştirme işlemi hem x'e göre hem y'ye göre türevlerinin alınıp toplanması amaçlanarak gerçekleştir.



Şekil 5.12 x ve y koordinatlarına göre piksel değişimi (Gonzalez, 2008)

İkinci türev yardımıyla fotoğraf keskinleştirme işleminde kullanılan genel formüller şu şekildedir:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (5.7)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y)$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y)$$

$$\nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

İkinci derecen türev kullanarak fotoğraf keskinleştirme işlemi aşağıda Tablo 5.5' te verilen filtre örneklerinin istenilen bölgeye uygulanması ile gerçekleşir. Filtrenin merkezi değişimi olacak piksel değerinin tam üzerine getirilip yukarıdaki formüllerin gerçekleşmesi sağlanır. Yapılan işlemleri tam tersi için filtredeki katsayılar değiştirilerek fotoğrafa filtrenin negatifi uygulanır. Fotoğraf üzerinden global bir işlem glabol işlem istenilirse filtrenin orta noktasının çarprazındaki piksel değerleri de hesaba katılarak yapılır.

Tablo 5.5 Filtre örnekleri (Gonzalez, 2008)

0	1	0	1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1
1	-4	1	1	-8	1	-1	4	-1	-1	8	-1
0	1	0	1	1	1	0	-1	0	-1	-1	-1

Sonuç olarak fotoğraf keskinleştirme işlemi uygulamak için orjinal fotoğrafın ikinci dereceden türevi alınır. Daha sonra türevi alınan bu yeni fotoğraf orjinal fotoğrafa eklenerek çıkışta yeni bir fotoğraf elde edilir. Matematiksel formu şu şekildedir.

$\nabla^2 f(x, y)$, türevi alınmış fotoğraf olmak üzere;

$$g(x, y) = f(x, y) + c\nabla^2 f(x, y), \quad c = \pm 1 \quad (5.8)$$

Aşağıda ikinci türev yardımıyla fotoğraf keskinleştirme uygulamasına örnek fotoğraflar verilmiştir.



Şekil 5.13 Sırasıyla orjinal fotoğraf, fotoğrafın türevi alınmış hali, birinci kernel ve ikinci kernel uygulanan fotoğraf örneği (Gonzalez, 2008)

Şekil 5.13' te sol üstte orjinal fotoğraf, sağ üstte orjinal fotoğrafın ikinci dereceden türevi alınmış fotoğraf, alttaki fotoğraflar da iki fotoğrafın toplamıyla elde edilmiştir. Her iki fotoğrafın orjinal fotoğraftan daha net olduğu görülmektedir. Sol alttaki

fotoğraf, Tablo 5.5’ te verilen birinci kernel örneğiyle; sağ allattaki fotoğraf, verilen ikinci kernel örneğiyle elde edilmiştir.

5.1.3.2 Fotoğraf Keskinleştirme ile Fotoğraf Keskinleştirme (Unsharp Masking)

Unsharp masking filtreleme ve yüksek geçiren filtreleme ile fotoğraf keskinleştirme işlemi aşağıdaki üç adım izlenerek gerçekleşir.

Birinci adımda düşük geçiren filtreler yardımıyla fotoğraflar bulanıklaştırılır. Orjinal fotoğrafın bulanıklaştırılmış hali $\bar{f}(x, y)$ ile gösterilir. İkinci adımda bulanık fotoğraf orjinal fotoğraftan çıkarılarak yeni bir fotoğraf elde edilir. Yeni fotoğrafa maske adı verilir. Maske fotoğraf g_{mask} ile gösterilir. Sonuç olarak elde edilen maske orjinal fotoğraf ile toplanarak yeni bir çıkış fotoğrafı elde edilerek fotoğraf keskinleştirme işlemi gerçekleşir. Giriş fotoğrafı $f(x, y)$, çıkış fotoğrafı $g(x, y)$ olmak üzere matematiksel form şu şekildedir:

$$g_{mask}(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y) \quad (5.9)$$

$$g(x, y) = f(x, y) + k \cdot g_{mask}(x, y) \quad (5.10)$$

elde edilir.

Eğer $k = 1$ ise yapılan işlem Unsharp Masking, $k > 1$ ise yapılan işlem Yüksek Geçiren Filtrelemedir.



Şekil 5.14 Orjinal fotoğraf a; b, gauss kerneli ile bulanıklaştırılmış fotoğraf; c, maske; d,e,f sırasıyla $k=1, k=2, k=3$ için kullanılan maske ile elde edilen fotoğraflar (Gonzalez, 2008)

Şekil 5.14' te a orjinal fotoğraf; b, Gauss kerneli ile bulanıklaştırılmış fotoğraf; c, orjinal fotoğraftan bulanıklaştırılmış fotoğraf çıkarılarak elde edilen maske; alttaki fotoğraflar sırasıyla $k = 1$, $k = 2$, $k = 3$ için maske ile orjinal fotoğrafın toplanarak elde edilen çıkış fotoğraflarını göstermektedir. Altaki fotoğrafların ise orjinal fotoğraflardan daha net olduğu görülmektedir.

5.1.3.3 Birinci Dereceden Türev Kullanarak Fotoğraf Keskinleştirme

Fotoğraf keskinleştirme işleminde kullanılan bir diğer yöntem birinci dereceden türev kullanarak yapılan işlemdir. İki ve daha fazla boyutlu sinyallerde yönlü türevler söz konusu olduğundan bu işleme aynı zamanda Gradyan yöntemi de denir. Gradyan yöntemi için matematiksel form şu şekildedir.

$$\nabla f = \text{grad}f = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

$$m(x, y) = \|\nabla f\| = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (5.11)$$

İşlem yapılacak noktanın x ve y yönündeki türevleri alınır ve ikisinin karelerinin toplamının karekökü alınır. Aşağıda bu yöntemi bütün piksellerde uygulamak için kernel örnekleri verilmiştir.

Tablo 5.6 Farklı boyutlardaki kernel örnekleri (Gonzalez, 2008)

-1	0	0	-1
0	1	1	0

-1	-2	-1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
1	2	1	-1	0	1

Gaziantep’te milattan önce yaklaşık olarak 2. yüzyılda yapıldığı düşünölen Zeugma Çingene Kızı eserini yapan sanatçının da piksel kavramından habersiz olduğunu söylemek güç olurdu.



Şekil 5.15 Zeugma çingene kızı

BÖLÜM VI

SONUÇLAR

Bu çalışmada güneşten gelen ışınlarla elde edilen görüntüleme türlerini ve görüntüleme türlerinin ne amaçla, nasıl kullanıldığına dair örnekler verdik. İnsan ırkının iz bırakma, veriyi saklama adına mağarada bıraktığı bir el iziyle başlayan bu görüntü işleme serüveninin günümüzde geldiği boyutu, kullandığı yöntem ile tekniklerini, matematiksel formlarını birtakım örneklerle açıkladık. Tekstil alanında üretilen pantolonun hatalı olup olmadığını belirlemek, mısır gevreklerinin içinde yanmış gevreklerinin oranını bulmak, alınan mobilyanın içinde kabul edilmeyecek sayıda hava kabarcığının olup olmadığını, antep fıstığının kalitesini belirlemek gibi yaşanan her alana sirayet eden görüntü işleme alanının önümüzdeki yıllarda gelişim hızının çok daha hızlı olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle görüntü işleme alanında yapılacak çalışmalara katkı sağlaması adına görüntü işlemenin genel amacının ve yöntemlerinin yanı sıra kullanılan matematiksel dönüşümlerini vererek bu alanın daha iyi anlaşılmasını amaçladık.

KAYNAKLAR

- Aytan, A., Ötürk, Y., Örgev, E. K. (1993, Aralık). Görüntü İşleme. *İ.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **27(4)**, 274.
- Ergezer, H., Dikmen, M., Özdemir, E. (2003, Nisan). Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri. *PİVOLKA*, Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, **(6)**,14
- Gonzalez , R., Woods, R. (2008). *Digital Image Processing*, 3rd edition. Pearson Education.
- Gonzalez, R., Woods, R. (2014). *Sayısal Görüntü İşleme*. (H. T. Ziya Telatar, Çev.) PALME YAYINCILIK.
- Gonzalez, R., Woods, R., Eddins, S. (2010). *Digital Image Processing Using MATLAB*. Gatesmark, LLC,.
- Karanfil, E. C. (2020). Rasyonalist. rasyonalist.org: <https://rasyonalist.org/yazi/elektromanyetik-spektrum-nedir/> 19.05.2021
- Özcan, C. (2020). canerözcan. <http://www.canerozcan.net/>: http://www.canerozcan.net/files/CME429/CME429_Week1.pdf 05.07.2021
- Samtaş, G., Gülesin, M. (2011). Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları. *Electronic Journal of Vocational Colleges*.
- wilary (2020, Eylül). wilary. wilary.org: <https://www.wilary.org/content/goruntu-isleme-nedir-image-processing/> 01.08.2021
- Yıldız, N. (2010). Görüntü İşlemenin Dünü, Bugünü ve Geleceği. *Elektrik Mühendisliği* (**440**), 11-13.
- Yüksel, K. (2020). Emkademy. YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=bLZSM5HtTwY&list=PLDmFGsm-QdQFOHAHs86YUPNgOm-25Q2DQ&ab_channel=Emkademy 01.08.2021

ÖZ GEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Hasan ÇAKMAKÇI

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Matematik	Gaziantep Üniversitesi	2021
Lisans	Matematik	Gaziantep Üniversitesi	2017
Lise		Muğla Yatağan Lisesi	2009

YAYINLAR

Seminer III. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi, Gaziantep Üniversitesi