

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME VE ONARMA TEKNİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mücella ÖZBAY KARAKUŞ
07213101

Ana Bilim Dalı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Programı: Devreler ve Sistemler

Şubat-2010

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME VE ONARMA TEKNİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mücella ÖZBAY KARAKUŞ
07213101

Ana Bilim Dalı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Programı: Devreler ve Sistemler

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 8 Şubat 2010
Tezin Savunulduğu Tarih: 26 Şubat 2010

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Melih Cevdet İNCE
Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Mustafa POYRAZ (F.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR (F.Ü.)

Şubat-2010

ÖNSÖZ

Bilgi teknolojileri ile paralel olarak sayısal görüntüleme alanında yaşanan hızlı gelişim, her geçen gün farklılaşan baş döndürücü yenilikleri insan hayatına sokmaya başlamıştır. Bu çalışmada, sayısal görüntü işleme ile neler yapılabileceğine ve görüntü iyileştirme, görüntü onarma gibi kavramlara açıklık getirmek hedeflenmiştir.

Görüntünün oluşmasından işlenmesine kadar geçen sürecin açıklanması suretiyle sıkça sorulan soruların cevaplanabileceği ümit edilmektedir.

Çalışmanın hazırlanmasında yol gösteren ve her türlü desteği sağlayan çok değerli danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Melih Cevdet İNCE' ye ve değerli bilgileri ile yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Burhan ERGEN' e saygılarımı sunarım.

Kişiliğimin oluşmasında ve bu günlere gelmemde en büyük emeği olan, şu ana kadar maddi ve manevi her konuda desteklerini asla esirgemeyen aileme ve tez çalışmam sırasında en umutsuzluğa kapıldığım anlarda bile bana destek olan eşime ne kadar teşekkür etsem azdır.

Mücella ÖZBAY KARAKUŞ
ELAZIĞ- 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLOLAR LİSTESİ	XIV
1. GİRİŞ.....	3
2. GENEL TANIMLAR	3
2.1. Piksel.....	3
2.2. Çözünürlük.....	3
2.2.1. Uzamsal (Spatial) Çözünürlük.....	3
2.2.2. Renk Çözünürlüğü	4
2.2.3. Zamansal Çözünürlük	4
2.3. Çözünürlük Modeli	5
2.4. Analog Görüntünün Sayısallaştırılması (Görüntünün Elektriksel İşarete Dönüştürülmesi).....	6
2.5. Basit Görüntü Modeli	9
2.6. Örnekleme ve Kuantalama.....	11
2.7. Pikseller Arası Bazı Temel İlişkiler.....	14
2.8. Piksel Komşuluğu	15
2.8.1. 4-bitişiklik.....	16
2.8.2. 8-bitişiklik.....	16
2.8.3. m-bitişiklik.....	16
2.8.4. Karma Bitişiklik.....	16
2.9. Yol	16
2.10. Sınır.....	17
2.11. Uzaklık Ölçüsü	17
2.12. Gri Ölçek.....	19
3. GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME.....	22
3.1. Çözünürlük İyileştirme	22
3.2. Görüntü Sıkıştırma.....	32
3.2.1. Görüntü sıkıştırma yöntemleri	33
4. GÖRÜNTÜ ONARMA.....	34
4.1. Görüntü İyileştirme Ve Onarma Yöntemleri	37
4.1.1. Maske İşleme veya Filtreleme	37
4.1.2. Nokta İşleme	38
4.1.3. Bazı Temel Yoğunluk Dönüşümleri	38
4.1.4. Bazı Temel Gri-Seviye Dönüşümleri	39
4.1.4.1. Görüntü Negatifleri.....	39
4.2. Logaritmik Dönüşümler.....	40
4.3. Kuvvet Dönüşümü	40
4.4. Kısmi Doğrusal Dönüşüm Fonksiyonları	42
4.4.1. Kontrast Açma	42
4.4.2. Gri Seviye Dilimleme	43
4.5. Histogram.....	46

5.	UZAYSAL BÖLGEDE GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME.....	53
5.1.	Uzaysal Filtreleme	54
5.2.	Yumuşatan Filtreler	56
5.3.	Keskinleştiren Filtreler	60
5.3.1.	Ek Yükseltmeli (High-boost) Filtre	61
5.4.	Türev Filtreleri	62
5.4.1.	Sayısal Fonksiyon Türevleri	63
6.	FREKANS BÖLGESİNDE GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME.....	65
6.1.	Fourier Dönüşümü	65
6.2.	Ayrık Fourier Dönüşümü	66
6.3.	2-B, İkinci Derece Türevler ile Görüntü İyileştirme	74
6.3.1.	Laplas Operatörü (Doğrusal Operatör):	74
6.3.2.	Gradient	76
6.3.3.	Türev Filtreleri	78
6.3.3.1.	Sobel Operatörleri	78
7.	MATLAB GEREÇLERİ İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME UYGULAMALARI...	82
7.1.	Görüntü İyileştirme ve Geliştirme İşlemleri	85
7.2.	Histogram Çıkartma	92
7.3.	Sınır Eğrisi Çıkartma	93
7.4.	İstatistik Değerlerin Hesaplanması	95
7.5.	Gri Düzeyi Oluşum Matrisi Oluşturulması	96
7.6.	Komşuluk İşlemleri	100
7.7.	Gauss Filtresi	101
7.8.	Medyan Filtre	102
7.9.	Yatay ve Dikey Sınır Bulma	103
7.10.	Düzeltilici Uzaysal Filtreler	104
7.11.	Keskinleştirici Filtreler	105
7.12.	Sayısal Laplas Gerçekleştirimleri	106
8.	SONUÇ VE TARTIŞMA	108
9.	ÖNERİLER	110
10.	KAYNAKLAR	111

ÖZET

Görüntü iyileştirme, görüntünün kenarlarının, sınırlarının ya da parlaklığının belirginleştirilmesi gibi bazı özelliklerinin görüntünün daha iyi analiz edilmesi veya görüntülenebilmesi için iyileştirilmesi olarak ortaya konulabilir. İyileştirme işlemi, veri içerisindeki doğal bilgi miktarını arttırmaz. Ancak, seçilen bir özelliğin kolayca anlaşılabilir olması için o özelliğin dinamik sınırlarını artırır. Günümüzde birçok uygulamada (plaka tanıma, yüz tanıma, tıbbi ve askeri uygulamalar, adli soruşturmalar, doku analizi, v.b.) görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalarda başarının yüksek olması görüntü kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Kaliteli görüntü almak için gereken kameralar ise uygulama maliyetini yükseltmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak üzere düşük çözünürlüklü görüntüler bazı algoritmalarla yüksek çözünürlüklü görüntülere dönüştürülebilmektedir. Bu sayede basit kameralar kullanarak yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilmesi ve uygulamaların başarılarının yükseltilmesi hedeflenmiştir.

MATLAB hazır fonksiyonlar ve programlama yoluyla birçok alandaki yoğun matematiksel algoritma ve işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bir matematiksel çözüm platformudur. Bu çalışmada, MATLAB geliştirme ortamının sağladığı özellikler de kullanılarak görüntü işlemeye yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Uygulamalarda; MATLAB görsel ara yüz tasarlama aracı olan .GUIDE. özellikleri kullanılmıştır. Bu tezde; Wiener, Medyan ve Gauss filtreleri kullanılarak, görüntü iyileştirme ve onarmaya yönelik deneysel çalışmalar yapılmıştır. Bozulma fonksiyonları bilinen test görüntüleri üzerinde yapılan deneysel çalışmalar neticesinde; Ters Fourier filtresinin hareket bulanıklığı ve Gauss biçimli bulanıklık etkilerinin giderilmesinde, Wiener Süzgecin bulanıklık ve gürültü etkilerinin bir arada olduğu etkilerin giderilmesinde, Medyan Süzgecin tuz biber gürültüsünün kaldırılmasında ve Gauss Biçimli süzgecin Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasında daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Sayısal Görüntü, Sayısal Filtre, Görüntü İşleme, Görüntü Onarma

SUMMARY

Image Enhancement and Restoration Techniques

Image Restoration is recovery of an image for better analyse or display and some features as its emphasizing of edges, boundaries or brightness. Restoration process doesn't increase the natural data quantity but it increases the dynamic boundaries of the feature that chosen for being comprehensive easily. Nowadays, many applications as recognition of car plates, medical or military applications, forensic inquiries, tissue analysis e.g.uses the technics of image processing. In this kind of applications, high performance is related with image quality. The cameras for high quality raise the applicaiton cost. Low resolution images are transformed into high resolution images by using some algorithmes for meeting the requiriments. In this way, it is aimed to raise the achievements and get high resolution images by using simple cameras.

MATLAB is a mathematical solution platform that provides to eventuate of the processes and intense mathematical algoritmas by avaiable functions and programs. In this study, some applications for image process are materialized by using some features of MATLAB. In the applications, the GUIDE is used which is for designing interface tool. In this thesis, some experiments are made by using filters as Wiener, Median and Gauss for restoring image. In the result of experimental studies on corrupted test images it is understood that movement blur of reverse filter is more successful in correcting of blur effects of Gauss shaped and Wienwe Filter is more successful in correcting of blur and noise effects and Median filter is better in salt-pepper noise and Gauss shaped filter is better in removing of the Gauss shaped noise. So, the blur image which is got in the result of combining with Gaussian Matrix is tried to be clear by reverse filter but the rolls corrupts the image in FFT tarnsform.

Key Words : Digital Image, Digital Filtre, Image Processing, Image Restoration

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1.	Çözünürlük.....	5
Şekil 2.2.	(a) Düşük ve (b)yüksek çözünürlüklü örnekleme.....	6
Şekil 2.3.	Analog sinyalin kesikli sinyale dönüştürülmesini gösteren grafikler.....	6
Şekil 2.4.	Sayısal bir görüntünün koordinatları.....	8
Şekil 2.5.	Görüntünün sayısallaştırılması.....	8
Şekil 2.6.	Görüntünün matris olarak gösterimi.....	9
Şekil 2.7.	Sayısal görüntü elde edilmesi için bir örnek (a) Enerji (ışık) kaynağı.(b) Görüntülenecek bir cisim.(c)Görüntüleme sistemi. (d)Görüntünün görüntü düzlemindeki izdüşümü (e)Sayısallaştırılmış görüntü.....	10
Şekil 2.8.	(a) Sürekli görüntü (b) örnekleme ve kuantalama sonucu.....	12
Şekil 2.9.	(a) Düşük seviyede detay içeren görüntü (b) Orta seviyede detay içeren görüntü (c) Yüksek seviyede detay içeren görüntü ((b) görüntüsünün kaynağı Massachusetts Institute of Technology).....	13
Şekil 2.10.	Şekil 2.9 daki üç tip görüntü için Isopreference eğrileri.....	13
Şekil 2.11.	Karalanmış L şeklindeki bölge $X_{m,n}$ alanı ((m, n) dahil değildir.).....	15
Şekil 2.12.	$D_4 = 1$, p' nin 4-komşuluğu.....	18
Şekil 2.13.	$D_8 = 1$, p' nin 8-komşuluğu.....	19
Şekil 2.14.	m uzaklığı.....	19
Şekil 2.15.	24 Bit Renk Tonu.....	20
Şekil 2.16.	(a) 452x 374 piksel 256 seviye görüntü (b)-(h) görüntü boyutu sabit olmak şartıyla 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2 yoğunluk seviyesine sahip görüntüler.....	21

Şekil 3.1.	(a) Ara değerlendirme ve (b) Üst örnekleme.....	23
Şekil 3.2.	Çözünürlük iyileştirme akışı.....	24
Şekil 3.3.	Görüntü yakalama modeli.....	26
Şekil 3.4.	Çok kare kullanarak çözünürlük iyileştirme.....	27
Şekil 3.5.	Gerçek görüntünün kamera ile tek piksel olarak alınması.....	28
Şekil 3.6.	Görüntü yakalama modeli.....	29
Şekil 3.7.	Düşük ve yüksek çözünürlüklü görüntüler arasındaki örtüşme ilişkisi.....	30
Şekil 3.8.	Satürn gezegeninin gerçek görüntüsü.....	31
Şekil 3.9.	Satürn gezegeninin teleskop ve kamera ile yakalanmış görüntüsü.....	31
Şekil 3.10.	İşaret sıkıştırma diyagramı.....	32
Şekil 4.1.	Bir görüntüde, (x,y) noktasındaki 3x3 komşuluk.....	35
Şekil 4.2.	Komşulukta giriş-çıkış ilişkisi.....	36
Şekil 4.3.	Kontrast Açma için gri-seviye dönüşüm fonksiyonları.....	36
Şekil 4.4.	(a)Asıl doku görüntüsü (b) Asıl doku görüntüsüne ait histogram (c) Filtrelenmiş görüntü (d) Filtrelenmiş görüntüye ait histogram.....	38
Şekil 4.5.	(a)Asıl mamogram görüntüsü (b) Negatif dönüşüm kullanılarak elde edilen negatif görüntü.....	39
Şekil 4.6.	(a) Fourier spektrumu (b)Logaritma dönüşümü sonucu (c=1 için).....	40
Şekil 4.7.	$S=cr^\gamma$ eşitliğinin çeşitli γ değerleri için çizimi ($\gamma=c=1$: Tanımsal).....	41

Şekil 4.8.	(a) Doğrusal gri seviye görüntüsü (b) Monitörün doğrusal gri seviyeye cevabı (c) Gama düzeltmesi (d) Monitör çıkışı.....	41
Şekil 4.9.	(a) Hava Alanı görüntüsü (b)-(d) Kuvvet dönüşümü ile kontrast düzeltmesi $C=1$, $\gamma=3.0, 4.0, 5.0$	42
Şekil 4.10.	(a) [A,B] gri seviye aralığını belirginleştiren dönüşüm, (b) [A,B] gri seviye aralığını belirginleştirirken arka planı korur (c) Bir görüntü, (d) (a) dönüşümü kullanılarak elde edilen görüntü.....	44
Şekil 4.11.	8 bit fraktal görüntü (Fraktal, matematiksel anlatımdan oluşturulmuş bir görüntüdür).....	45
Şekil 4.12.	8 bit düzleminde görüntü (her görüntünün sağ alt köşesindeki rakamlar bit düzlemini belirtir).....	46
Şekil 4.13.	Histogramlar.....	48
Şekil 4.14.	Görüntüler, Histogram arı , Histogram Eşitlenmiş Halleri, Histogramlar.....	50
Şekil 4.15.	(a) Mars' a ait bir görüntü (b) Histogramı.....	51
Şekil 4.16.	(a)Histogram eşitleme dönüşüm fonksiyonu (b) Histogram eşitlenmiş görüntü(solgun görünüm) (c) (b) nin histogramı.....	52
Şekil 5.1.	Görüntü farkı alarak iyileştirme (a) Maske görüntü (b) Maskeden çıkarılmış bir görüntü (kan damarına enjeksiyon yapıldıktan sonra).....	53
Şekil 5.2.	Uzamsal filtrenin mekaniği Büyütülmüş şekil bir 3x3 maske ve görüntünün okunurluğunu rahatlatmak için görüntünün altındaki bölümü yerinden oynatılır.....	55
Şekil 5.3.	Ortalama (medyan) alıcı filtre.....	56
Şekil 5.4.	İki 3x3 average filtre maske. Matrislerin yanlarında çarpım durumundaki sabitler matris değerlerinin toplanmasına eşittir.....	57

Şekil 5.5.	(a) 500x500 piksel boyutunda görüntü (b)-(f) boyutları $n=3,9,15$ ve 35 olan karesel average filtre uygulama sonuçları. En üstteki siyah karelerin boyutları sırasıyla 3,5,15,25,35,45 ve 55 piksel, çerçeveleri 25 piksel, Alt taraftaki harfler 2 değer artarak 10' dan 24' e kadar üstteki büyük harf ise 60 piksel boyutunda. Dikey çubuklar 5 piksel eninde, 100 piksel boyunda aralarındaki mesafe 20 pikseldir. Dairelerin çapları 25 piksel ve çerçeveleri 15 piksel, gri seviyeleri %0' dan %20 artacak şekilde %100' e doğru değişir. Arka plan %10 siyah, gürültü içeren dikdörtgenlerin boyutları 50x120 pikseldir.....	58
Şekil 5.6.	528x485 boyutunda görüntü (b) 15x15 average maske uygulanmış görüntü (c) (b) nin eşikleme uygulanmış hali.....	59
Şekil 5.7.	(a) Tuz-biber gürültüsüyle bozulmuş devre kartı X-ray görüntüsü (b) 3x3 average maske ile gürültü azaltma (c) 3x3 medyan filtre ile gürültü azaltma.....	59
Şekil 5.8.	Frekans bölgesindeki filtrenin çapraz kısmı.....	60
Şekil 5.9.	Uzaysal bölgedeki filtrenin çapraz kısmı.....	60
Şekil 5.10.	Örnek bir filtre matrisi.....	61
Şekil 5.11.	Ek yükseltmeli filtreye örnek matris.....	62
Şekil 5.12.	(a) Basit bir görüntü (b) İzole edilmiş gürültü noktasını da içerecek şekilde görüntünün ortasındaki 1-D yatay gri seviye profili (c) basitleştirilmiş profil (Basit yorum için birleştirilmiş kesikli çizgiler).....	63
Şekil 6.1.	Sürekli bir $f(x)$ fonksiyonunun ayrıklaştırılması.....	66
Şekil 6.2.	2 değişkenli durumda, ayrık fourier çifti.....	71
Şekil 6.3.	(a) Hasarlı bir entegre devrenin SEM görüntüsü (b) (a) nın fourier spektrumu.....	71
Şekil 6.4.	Frekans Domeninde Filtreleme için Temel Adımlar.....	72

Şekil 6.5.	(a) Bir iki-boyutlu alçak geçiren filtre fonksiyonu (b) (a) nın alçak geçiren filtre sonucu (c) Bir iki-boyutlu yüksek geçiren filtre fonksiyonu (d) (a) nın yüksek geçiren filtre sonucu.....	73
Şekil 6.6.	(a) Dijital Laplas uygulamasında kullanılan filtre maskesi (b) Çapraz komşuluk içeren eşitlik uygulamasında kullanılan maske (c) ve (d) Laplasda kullanılan diğer iki uygulama.....	75
Şekil 6.7.	(a) Ayın kuzey kutup görüntüsü (b) Laplas filtresi uygulanmış görüntü (c) Görüntüleme amaçlı ölçeklenmiş Laplas görüntüsü	76
Şekil 6.8.	Bir görüntünün 3x3' lük bölge (z' ler gri seviye değerleri) ve z_5 diye adlandırılan nokta gradient operatörünü çalıştırmada kullanılan maske. Bütün maskelerin katsayıları toplamı bir türev operatörü gibi sıfırdır.....	77
Şekil 6.9.	Türev filtresi matrisi.....	78
Şekil 6.10.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne sobel filtresi uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	79
Şekil 6.11.	Kontakt lensin optik görüntüsü (saat 4 ve 5 hizasındaki sınır çizgisine dikkat edilmeli) (b) Sobel gradienti.....	79
Şekil 6.12.	(a) İnsan vücudu kemik görüntüsü (b) (a) nın laplası. (c) (a) ve (b) görüntüleri toplanarak elde edilmiş keskinleştirilmiş görüntü. (d) (a) nın sobeli.....	80
Şekil 6.13.	(e) 5x5 average filtre ile yumuşatılmış görüntü. (f) (c) ve (e) nin çarpılmasıyla oluşturulan maske görüntü. (g) (a) ve (f) nin toplanmasıyla oluşturulan keskinleştirilmiş görüntü. (h) Son sonuç(g) ye bir güç kanunu dönüşümü uygulanarak oluşturulmuştur.....	81
Şekil 7.1.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün 1 kat büyütülmüş hali (b) 'moon.tif' görüntüsünün 0.1 kat büyütülmüş hali (c) (a) için matlab komutları (d) (b) için matlab komutları.....	84
Şekil 7.2.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün 90° döndürülmüş hali (b) (a) için matlab komutları.....	85

Şekil 7.3.	(a) Laplas operatörü uygulanmış görüntü (b) (a)nın tersi (c) (b) için matlab komutları.....	85
Şekil 7.4.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 10 x 10 boyutlu average filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	87
Şekil 7.5.	(a) 'img22.jpg' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 10 maske boyutlu ortalama alıcı (average) filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları	87
Şekil 7.6.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 3x3 maske boyutlu wiener filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	88
Şekil 7.7.	a. Orijinal görüntü b. 0.9 sigma katsayılı 5*5 maske boyutlu gauss filtrelenmiş hali c. 5*5 maske boyutlu medyan filtrelenmiş hali d. 5*5 maske boyutlu average filtrelenmiş hali.....	88
Şekil 7.8.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne tuz-biber (salt & pepper) algoritması uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	89
Şekil 7.9.	Gürültü eklenmiş görüntüler.....	90
Şekil 7.10.	a.Orijinal görüntü b. Parlaklığı ayarlanmış görüntü c. d. Görüntülerin histogramları.....	91
Şekil 7.11.	(a) 'moon.tif' görüntüsü (b) (a) ya ait histogram (c) (b) için matlab komutları	93
Şekil 7.12.	(a) 'moon.tif' görüntüsü (b)(a) ya ait kontür çıkartımı (c)(b) için matlab komutları.....	94
Şekil 7.13.	a.Orijinal görüntü b.Sobel ile çıkarılan sınır c.Prewitt ile çıkarılan sınır d.Roberts ile çıkarılan sınır e.Log ile çıkarılan sınır f.Canny ile çıkarılansınır.....	95
Şekil 7.14.	Referans bir piksele göre hedef piksel gösterim yönleri.....	97

Şekil 7.15.	(a) Orijinal Görüntü (b) Gri seviye 32 (c) Gri seviye 4 (d) Gri seviye 2.....	99
Şekil 7.16.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsünün 10x10 komşuluğu alınmış hali (c) (a) görüntüsünün 3x3 komşuluğu alınmış hali (d) (b) için matlab komutları (e) (c) için matlab komutları.....	100
Şekil 7.17.	(a) Orijinal Görüntü (b) (a) nın 3x3 komşuluğu alınmış hali.....	100
Şekil 7.18.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinali (b) (a) nın komşuluğu alınmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	101
Şekil 7.19.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 10x10 boyutlu gauss filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	102
Şekil 7.20.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b)(a) görüntüsüne 3x3 medyan filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	103
Şekil 7.21.	(a) Yatay sınır bulma için matlab komutları (b) Dikey sınır bulma için matlab komutları (c) Yatay sınırları bulunmuş görüntü (d) Dikey sınırları bulunmuş görüntü.....	104
Şekil 7.22.	(a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne laplas operatörü uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları.....	106
Şekil 7.23.	(a) Orijinal görüntü (b) Görüntünün laplası (c) (b) nin tersi.....	107

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 7.1. Boyutlandırma ve Döndürme ile İlgili Örnek MATLAB kodları.....	84
Tablo 7.2 . Filtreleme ile ilgili örnek MATLAB kodları.....	86
Tablo 7.3. Parlaklık ayarlaması ile ilgili örnek matlab kodları.....	91
Tablo7.4. Histogram Çıkarımı ile İlgili Örnek MATLAB Kodları.....	92
Tablo 7.5. Kontur, ve Sınır Eğrilerinin Çıkarımı ile İlgili Örnek MATLAB Kodları...	94
Tablo 7.6. İstatistiksel hesaplar için örnek MATLAB kodları.....	96
Tablo 7.7. Örnek Referans . Hedef Piksel İlişkileri.....	97
Tablo 7.8. Yapay bozucu eklenmesi ve görüntülerin kaydedilmesi ile ilgili MATLAB kodları.....	98
Tablo 7.9. Gri seviye değiştirme (a) Orijinal Görüntü b) Gri seviye 32 c) Gri seviye 4 d) Gri seviye 2 ile ilgili MATLAB kodları.....	99

1. GİRİŞ

Sayısal görüntü işleme çok geniş donanım, yazılım ve teorik altyapı alanını kapsar. Görüntü işlemedeki ilk adım sayısal görüntüyü sensör olarak tanımlanabilecek kameralar ya da benzeri elektronik cihazlar kullanarak elde etmektir. Sayısal görüntü elde edildikten bir sonraki adım ön işleme aşamasıdır. Ön işleme aşamasını takip eden aşamalarda daha iyi sonuç elde edebilmek için resim üzerinde iyileştirme işlemleri gerçekleştirilir. Bunlar, kontrast genişletme, gürültü yok etme gibi işlemler olabilir. Görüntü işleme ve iyileştirme özellikle tıbbi uygulamalarda kendini ortaya koyar. Anjio sonucu damarlara verilen sıvının, damarlar içerisindeki hareketlerinin nasıl olduğunu anlayabilmek için beyin damarları arka plandan bir şekilde ayrıldıktan sonra görüntü belirginleştirilip ya da iyileştirilip doktorun tanı koyması kolaylaştırılabilir. Uzaydan çekilmiş askeri amaçlı görüntülerde, hedef belirleme gibi uygulamalarda görüntü işleme ve iyileştirme oldukça önemlidir. Ayrıca otomatik görüntü tanıma sistemlerinde, çekilmiş anlık görüntülerde gürültü ve benzeri istenmeyen detayların görüntüden ayrıştırılması esnasında da iyileştirme teknikleri kullanılır.

Görüntü iyileştirme, görüntünün kenarlarının, sınırlarının ya da parlaklığının belirginleştirilmesi gibi bazı özelliklerinin görüntünün daha iyi analiz edilmesi veya görüntülenebilmesi için iyileştirilmesi olarak ortaya konulabilir. İyileştirme işlemi, veri içerisindeki doğal bilgi miktarını arttırmaz. Ama, seçilen bir özelliğin kolayca anlaşılabilir olması için o özelliğin dinamik sınırlarını artırır.

Görüntü iyileştirme iki genel kısma ayrılabilir.

- Direkt olarak pikseller üzerinde işlem yapan *Uzaysal Domen Metotları*
- Görüntünün Fourier dönüşümünü kullanan *Frekans Domeni Metotları*

Görüntü iyileştirme sonucunda elde edilen görüntüyü değerlendirmek için genel bir teorem yoktur. Ancak, kullanıcının görsel olarak karar verdiği bir mekanizma vardır. Bununla birlikte, görüntü iyileştirme teknikleri diğer görüntü işleme teknikleri için bir ön işleme aracı olarak kullanıldığında hangi tekniğin en uygun teknik olduğunu ortaya koyan nicel ölçütler bulunmaktadır.

Öncelikle iyileştirilecek görüntünün Dalgacık dönüşümü, Fourier dönüşümü, Kosinüs dönüşümü, Hartley dönüşümü ve Hadamard dönüşümü gibi iyi bilinen dönüşümler ile hesaplanan katsayılar bir filtreden geçirildikten sonra ters dönüşümleri ile görüntü tekrar elde edilerek iyileştirme işlemi yapılır. Görüntüdeki net görülmeyen nesneler yüksek

frekans bileşenleri düşürülerek ya da yüksek frekans bileşenlerinin genliği artırılarak görüntü detayları belirginleştirilebilir. Alçak geçiren bir filtreleme ile görüntüdeki yüksek frekans bileşenleri ayrıştırılabilir.

Özellikle son yıllardaki çalışmalar ile yapay sinir ağları ve bulanık mantık da kendilerine görüntü işleme ve iyileştirme alanlarında yer bulmuşlardır.

2. GENEL TANIMLAR

2.1. Piksel

Piksel kare şeklinde olan en küçük görüntü birimidir. Dijital görüntü pikseller topluluğundan oluşmaktadır. Dijital görüntü eninde ve boyunda bulunan piksel sayısı ile tanımlanır. Pikselin kendi başına en ve boy değeri yoktur. Örneğin 2x3 piksel boyutundaki bir görüntü 2x3 cm basılırken, 2x3 metre veya 2x3 mm olarak da basılabilir. Aksi belirtilmedikçe pikselin en ve boy oranı eşittir. Kapladığı alan ne olursa olsun her piksel sadece tek bir renk değeri içerir. Her piksel oluşturduğu görüntüye ait parlaklık ve renk bilgisini taşıyan bir sayı içerir. Dijital görüntü işleme programları görüntü üzerinde işlem yaparken inç ve santimetre değerlerinden bağımsız işlem yaparlar. Tüm işlemler piksellere uygulanır. Noktasal görüntü dosyaları için çözünürlük ve piksel sayısı çok önemlidir [1].

2.2. Çözünürlük

Çözünürlüğün farklı tanımları olmasından dolayı görüntü özelliklerini belirtirken oldukça karıştırılan bir terim olmaktadır. Görüntü çözünürlüğü basit bir ifadeyle görüntüdeki fark edilebilir veya ölçülebilir en küçük detay ölçüsüdür. Görüntü işlemede ve bilgisayarlı görüntüleme çözünürlük 3 farklı şekilde kullanılmaktadır [2].

2.2.1. Uzamsal (Spatial) Çözünürlük

Bir görüntüdeki piksel aralığını ifade eder ve bir inç başına düşen piksel sayısı (ppi - pixel per inch) ifade edilir. Uzamsal çözünürlük ne kadar büyükse görüntüdeki piksel sayısı da o oranda artar ve dolayısıyla piksel boyutları da küçülür. Bu da görüntünün daha fazla detay ve renk geçiş bilgisi taşıması anlamına gelmektedir. Uzamsal çözünürlük görüntüleme araçlarında inç başına düşen nokta (dpi – dot per inch) olarak ifade edilir ve cihazın çalışma sırasında oluşturduğu noktasal birimlerin boyutlarını belirler [2].

2.2.2. Renk Çözünürlüğü

Bir görüntünün renk çözünürlüğü görüntünün içerdiği renklerin miktarı ile ilgilidir. Renk çözünürlüğü görüntüyü oluşturan ve görüntüleyen bit alanı sayısı yoluyla belirlenmektedir. Bit alanı, içerisindeki her bir hücrenin bir sayı basamağı sakladığı “ızgara (grid)” olarak tanımlanabilmektedir. Izgara üzerindeki her bir hücre bir piksele atanmaktadır ve piksel üzerinde görüntülenen sayısal değer renge çevrilmektedir. Birçok bit alanı grafik hafızasındaki veya Bitmap içindeki tabakalar olarak düşünülebilir. Renklerin sayısını belirleyen de Bitmap içindeki tabakaların sayısıdır. Bu sebeple renk derinliği olarak da algılanan renk çözünürlüğü RGB rengini her bir kanalını tanımlayan bit sayıları yoluyla tanımlanmaktadır. Mesela, 8 bit, 10 bit veya 16 bit renk olabilmektedir [3]. Bir Bitmap içerisinden sadece bir bit alanına sahip bir piksel, siyah-beyaz iki renkten birini görüntülemektedir. Çünkü Bitmap ızgarası içerisindeki her bir hücre bir sayı basamağını saklamaktadır. Bu durumda 0 ya da 1’ dir [4].

Her piksel tarafından oluşturulabilen parlaklık seviyelerinin sayısını ifade eder. Bu da CCD (charge-coupled device) tarafından toplanan ışık enerjisinin sayısallaştırılmasıyla ilgilidir. Tek renkli görüntüler için parlaklık çözünürlüğü 256 seviyeden oluşmaktadır ve her seviye 8 bit ile ifade edilmektedir. Tam renkli görüntülerde ise parlaklık seviyesi en az 24 bit (örneğin kırmızı, yeşil, mavi renk düzlemleri için 8 bit) ile ifade edilmektedir [2].

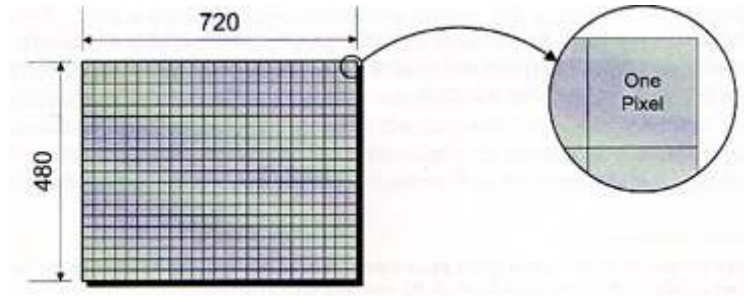
2.2.3. Zamansal Çözünürlük

Bir saniyede kamera tarafından yakalanan kare (frame) sayısıdır ve çoğunlukla kare hızı olarak bilinir. Geçici çözünürlük kareler arasındaki algılanabilir hareket miktarıyla ilgilidir. Yüksek kare hızları incelenen bölgedeki hareketlerden kaynaklanan lekelenmelerden daha az etkilenir. Geçici çözünürlüğün en düşük limiti çekilen iki kare arasında beklenen hareket miktarıyla doğrudan orantılıdır. Standart kameralar iyi bir sürekli görüntü sağlayabilmek için saniyede 25 kare civarında veya üzerinde [2] kare yakalamaktadırlar.

Elektronik görüntüleme sistemleri kapsamında, *çözünürlük* terimi, o görüntünün oluşturulmasında kullanılan piksel (resim öğeleri) sayısını ifade eder. Örneğin, eğer bir görüntünün çözünürlüğü 720 x 480 ise, bu demektir ki, 720 piksel genişliği ve 480 piksel uzunluk vardır [5].

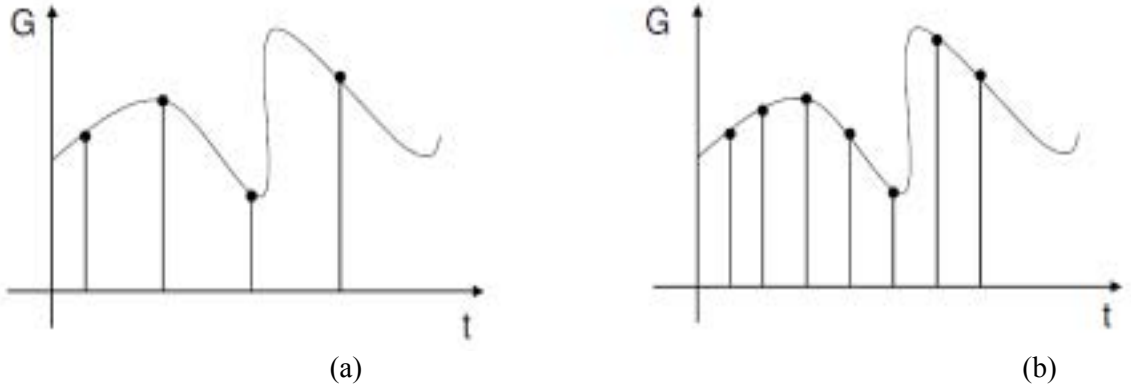
2.3. Çözünürlük Modeli

Günümüzde modern görüntü sensörleri olarak ışık kaynaklarına cevap verebilen CCD'ler kullanılmaktadır. Yüksek yoğunluklu foto detektörlerden oluşan bir sensör yüksek uzamsal çözünürlükte görüntü yakalayabilmektedir. Fakat az sayıda foto detektörden oluşmuş bir sensör Şekil 2.1' deki örnekleme teorisine bağlı olarak ancak düşük çözünürlüklü görüntüler yakalayabilir ve ayrı pikseller arasındaki geçişler çıplak gözle dahi görülebilir.



Şekil 2.1. Çözünürlük [5].

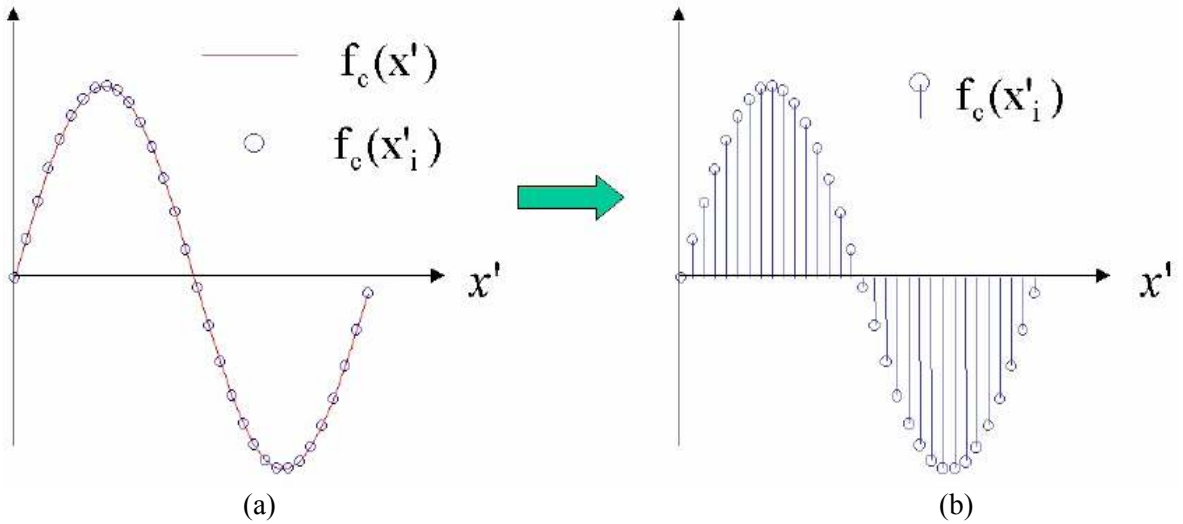
Bu durum örnekleme teorisinde olduğu gibi uzamsal çözünürlüğün uzamsal örnekleme oranı (örneğin belli bir yönde birim uzunluktaki foto detektör sayısı) tarafından sınırlandırıldığını göstermektedir. Çözünürlüğü etkileyen bir diğer faktör de foto detektörlerin boyutudur. Basit bir yaklaşımla foto detektörlerin boyutunu küçülterek birim alana daha çok detektör sığdırılması ve böylece çözünürlüğün artırılması düşünülebilir. Fakat piksel boyutu küçüldükçe görüntü kalitesi oluşan gürültüleri (örn. shot noise) gidermek için yapılan iyileştirme işlemleri sonucu düşmektedir. Foto detektör boyutunun tahmin edilen en küçük değeri $50 \mu\text{m}^2$ [6] olabilmektedir. Bu limite günümüz CCD teknolojileri erişilebilmektedir ancak bu boyutta bir sensör kullanmak nokta dağılım fonksiyonunun (PSF- point surface function) nokta kaynağında bulanıklaşmaya neden olmaktadır. Bunun yanı sıra eğer örnekleme oranı çok düşük olursa Şekil 2.2.(a)' da görüldüğü gibi örtüşme (aliasing) etkisinden dolayı görüntüde bozulmalar meydana gelmektedir [2].



Şekil 2.2. (a) Düşük ve (b)yüksek çözünürlüklü örnekleme

2.4. Analog Görüntünün Sayısallaştırılması (Görüntünün Elektriksel İşarete Dönüştürülmesi)

Gözümüzün gördüğü herhangi bir varlığın yapısal özellikleri ve renk bilgileri bu varlıklardan bize yayılan dalgalar ile algılanır. 2 boyutlu bir sinyal olarak kabul edilen bu dalgalar, teorik olarak uzayda sonsuz kabul edilir ve bu şekliyle analog yapıdadır. Analog bir sinyal veya kodun örnekleme cihazları vasıtası ile sayısal değerlere atanması (Şekil 2.3.) işlemine sayısallaştırma denir [4].

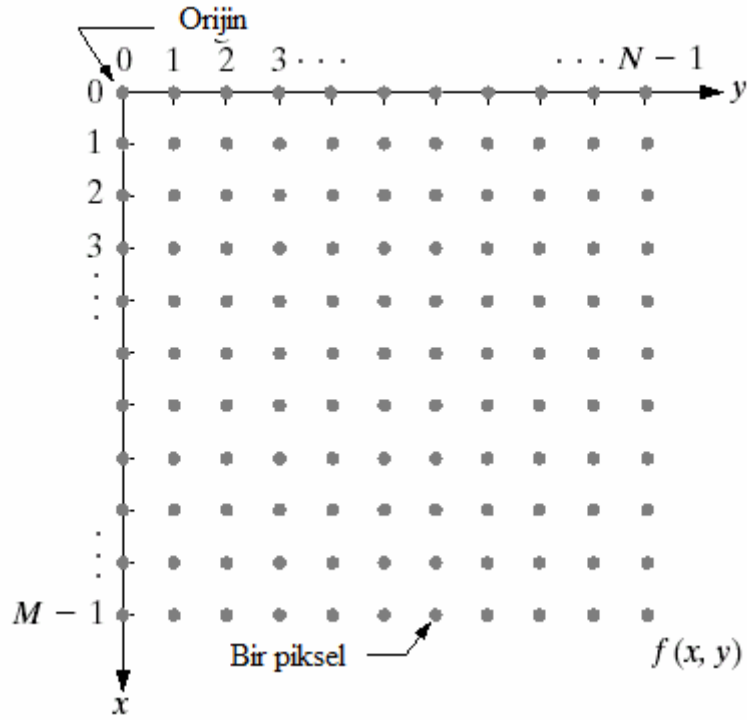


Şekil 2.3. Analog sinyalin kesikli sinyale dönüştürülmesini gösteren grafikler

Sayısallaştırma temel olarak Örnekleme (Sampling) ve Nicemleme (Quantization) şeklinde tanımlayabileceğimiz iki aşamada gerçekleşir. Bir görüntü örneklendiğinde 2 boyutlu uzay, küçük kesikli bölgelere dönüşür. Nicemleme işleminde ise kesikli hale getirilen sinyalin her bölgesine, genlik seviyesine göre bilgisayar ortamında bir tam sayı atanır. Bir resmin elektriksel işarete dönüştürülmesi için öncelikle küçük parçalara bölünmesi gerekir. Resmin bu en küçük parçalarına “Benek” veya “Piksel” adı verilir [4].

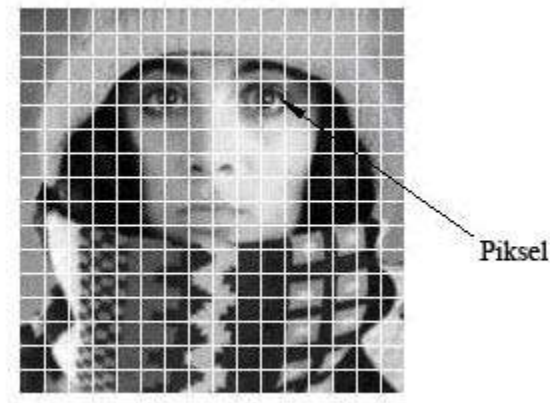
Bu bölümlenme işleminden sonra her bir pikselin elektriksel işarete çevrilip karşı tarafa iletilmesi mümkün olur. Siyah-beyaz bir görüntünün iletilmesini ele alalım. Bu durumda her piksel için sadece aydınlık seviyesi veya parlaklık bilgisinin iletilmesi yeterlidir. Işık seviyesi bir ışık-akım veya ışık-gerilim dönüştürücüsü ile elektriksel işarete dönüştürülür [7].

Görüntünün monitörden iletiminde de piksellere ait bilginin art arda gönderilmesi yöntemi kabul edilmiştir. Ancak hareketli resimler söz konusu olduğundan iletim hızının çok yüksek olması gerekmektedir. Her bir resim 1/10 saniyeden daha kısa sürede gönderilmelidir. Çünkü insan gözünün görüntüyü algılama süresi 0,1 saniyeden daha azdır. Resmin piksel şeklinde parçacıklara ayrılması ve bu bilgilerin monitöre seri biçimde iletilmesi işlemine “Tarama” adı verilir. Bütün mevcut standartlarda tarama işlemi sol üst köşeden başlar ve soldan sağa, yukardan aşağıya olacak şekilde devam eder. Sol kenardan başlayıp sağ kenara kadar ulaşan 1 taramaya 1 satır adı verilir. Bir resimdeki satır sayısı insan gözünün ayıricılığı (görüntü çözünürlüğü) ve istenen detay ile belirlenir. Eğer resmin detayları satır kalınlığından (veya 1 piksel boyundan) küçük ise kaybolacaktır. Çünkü alıcı tarafta her bir piksel alanı tek bir nokta ile gösterilecektir. Bir başka deyişle, 2-B ayrık uzayda tanımlanmış olan $a[m,n]$ sayısal görüntü, iki boyutlu sürekli uzay içindeki analog görüntü olan $a(x,y)$ ’den örneklenecek elde edilmiştir. 2-B sürekli görüntü $a(x,y)$; N satır ve M sütuna bölünmüştür. Satırların ve sütunların kesişmesi bir piksel ile belirtilmiştir. Şekil 2.4’ de görüldüğü üzere $a[m,n]$ değeri tamsayı koordinatlara $[m,n]$, $\{m=0,1,2,...,M-1\}$ ve $\{n=0,1,2,...,N-1\}$ ile paylaştırılmıştır. Gerçekte 2B sensörün dış görünüşünü etkileyen fiziksel sinyalin olduğunu düşüneceğimiz birçok $a(x,y)$ durumu aslında derinlik, renk ve zamanı kapsayan birçok değişkenin bir fonksiyonudur [4].



Şekil 2.4. Sayısal bir görüntünün koordinatları [8].

Şekil 2.5’ deki görüntü $N=16$ satır ve $M=16$ sütuna bölünmüştür. Her piksele paylaştırılmış değer en yakın tamsayı değere yuvarlanmış piksel içindeki ortalama parlaklıktır. Bir tamsayı değer ile farklı yüzeyler şeklinde verilen koordinatlarda 2-B sinyalin genliğini gösterme işlemine ise nicemleme genliği denir [4].



Şekil 2.5. Görüntünün sayısallaştırılması [4].

Görüntünün matris olarak ifade edildiği durumda sayısal görüntü Şekil 2.6’ daki gibi $f(x,y)$ şeklinde gösterilir.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,M-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots & f(1,M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1,M-1) \end{bmatrix}$$

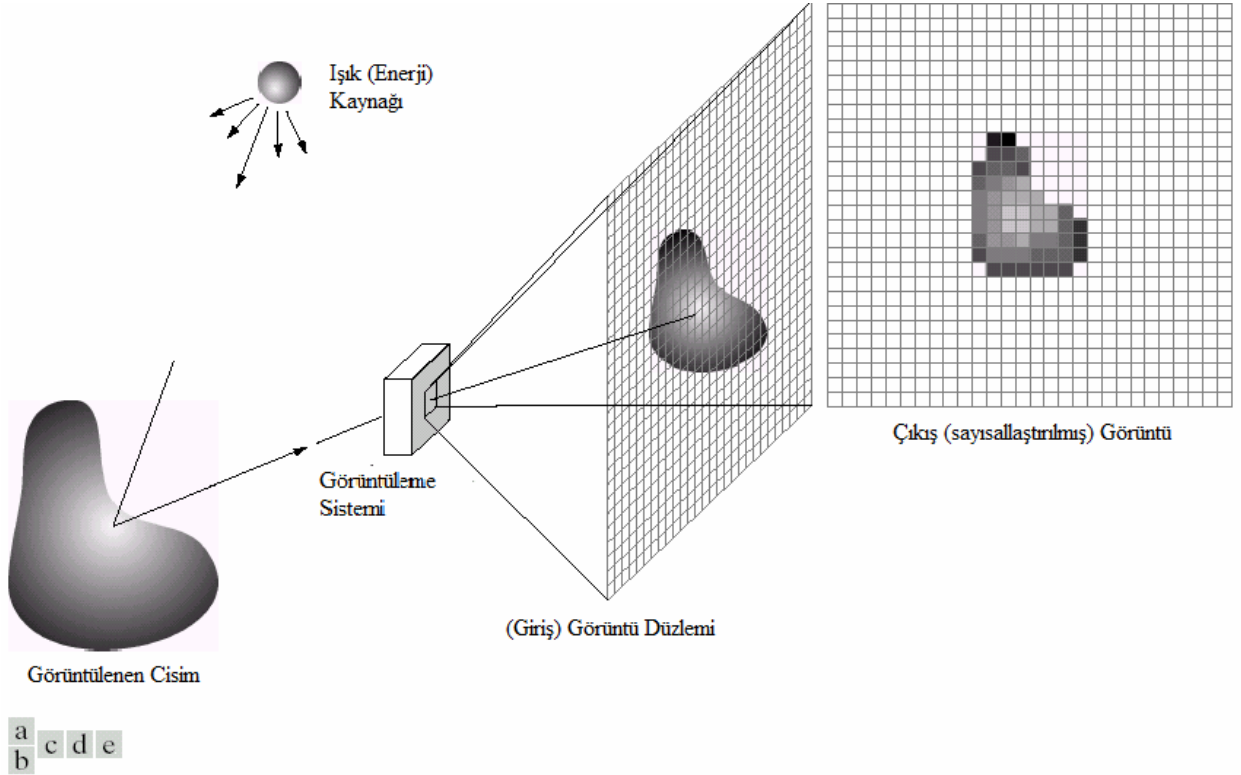
$\downarrow$
 Sayısal Görüntü

$\downarrow$
 Görüntü Elemanı
(Pikseller)

Şekil 2.6. Görüntünün matris olarak gösterimi [8].

2.5. Basit Görüntü Modeli

Görüntü 2 boyutlu (2-B) bir ışık yoğunluk fonksiyonudur. Genellikle $f(x,y)$ ile ifade edilir. f in (x,y) ’deki değeri, o noktadaki görüntünün aydınlanma değeridir. $f(x,y)$ 0 ile ∞ arasında bir değer alır. ($0 < f(x,y) < \infty$)



Şekil 2.7. Sayısal görüntü elde edilmesi için bir örnek (a) Enerji (ışık) kaynağı. (b) Görüntülenecek bir cisim. (c) Görüntüleme sistemi. (d) Görüntünün görüntü düzlemindeki izdüşümü (e) Sayısallaştırılmış görüntü

$f(x,y)$ görülen sahnedeki ışık kaynaklarının miktarı ve sahnedeki nesneler tarafından yansıtılan ışık miktarı ile belirlenir.

- Aydınlatma ve yansıtma bileşenleri:
 - Aydınlatma (Illumination) : $i(x,y)$
 - Yansıtma (Reflectance) : $r(x,y)$ olarak ifade edilirse;

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y), \quad 0 < i(x,y) < \infty \quad \text{ve} \quad 0 < r(x,y) < 1 \quad [8] \quad (2.1)$$

Toplam yutmadan toplam yansıtmaya $r(x,y)$ ve $i(x,y)$ değerlerine örnek verecek olursak;

- $r(x,y)$ değerleri:
 - 0.01: Siyah kadife
 - 0.93: Kar
- $i(x,y)$ değerleri:
 - 9000 mum: Güneşli gün

- 1000 mum: Bulutlu gün
- 0.01 mum: Dolunay [8].

Tek renk bir görüntünün (x_0, y_0) 'daki aydınlanma değeri; o noktadaki görüntünün gri seviyesi l ile ifade edilecek olursa; $l = f(x_0, y_0)$ ile gösterilir [8].

$$l_{\min} \leq l \leq l_{\max} \quad (l_{\min}: \text{pozitif ve } l_{\max}: \text{sonlu}) \quad (2.2)$$

Pratikte:

$$l_{\min} = i_{\min} \cdot r_{\min} \text{ ve } l_{\max} = i_{\max} \cdot r_{\max} \quad (2.2.1)$$

Oda içindeki bir görüntü işleme için; $l_{\min} \approx 10$, $l_{\max} \approx 1000$ değerlerine sahiptirler.

$[l_{\min}, l_{\max}]$: Gri seviye $[0, L-1]$ arasında değişir

$l=0$: Siyah

$l=L-1$: Beyaz [8].

$f(x,y)$ 'nin uzaysal ve genlik sayısallaştırılması; (x,y) koordinatının seçilmesi ve bu noktadaki genliğin bir gri seviye olarak kuantalanması ile olur. Görüntü örnekleme (x,y) koordinatındaki değere ve gri seviye kuantalama ise genliğe işaret eder [8]

2.6. Örnekleme ve Kuantalama

Örnekleme ve kuantalama için kullanılacak önemli terimler aşağıda verildiği gibidir:

- Z: Gerçek tam sayılar kümesi
- R: Gerçek Sayılar kümesi

Örnekleme, x-y düzlemini Şekil 2.8' de görüldüğü gibi ızgara şeklinde ayırır. Her bir ızgaranın merkez koordinatı ZxZ (Z^2) şeklinde bir kartezyen çiftidir. Yani her bir hücre (a,b) şeklinde iki indis ile gösterilir. Aşağıdaki şartlar sağlanıyorsa $f(x,y)$ bir sayısal görüntüdür:

- f , her bir ayrık [kuantalama] (x,y) koordinat çifti için (R kümesinden) gri seviye değeri gösteren bir fonksiyon ve $(x,y) \in Z^2$ den bir tamsayı değer dir.

Gri seviyeler genelde tam sayıdır. O durumda Z, R' nin yerini alır. Sayısallaştırma sürecinde şunlara karar verilir:

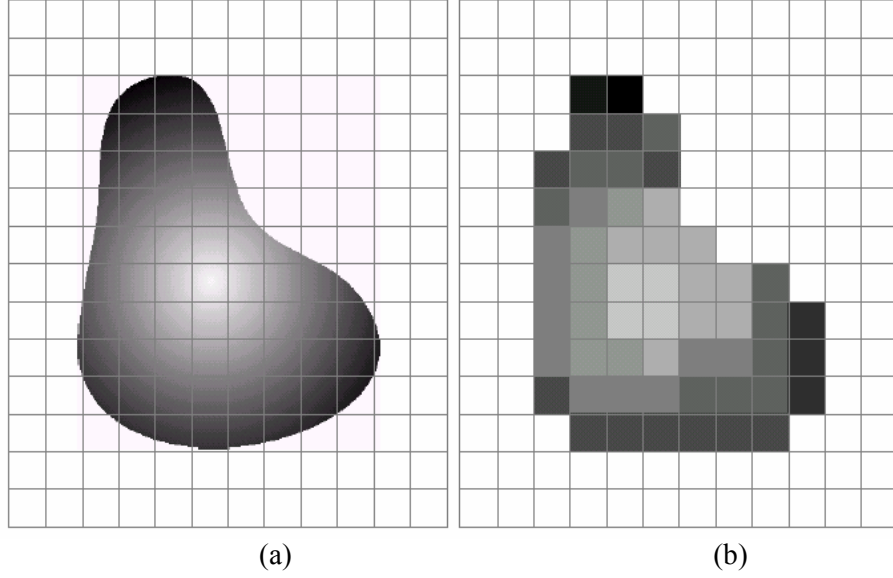
- N,M değeri ne olmalı (N x M: Imge Boyutu)

- Her bir piksel değeri için ayırık gri seviye değeri ne olmalı.

(Genellikle, görüntü işlemede bu nicelikler ikinin kuvvetidir)

$$\bullet \quad N=2^n \quad M=2^m \quad \text{ve} \quad L=2^k \quad (\text{gri seviye sayısı}) \quad (2.3)$$

Bir diğer kabul, gri ölçeklendirmede ayırık seviyeler 0 ile L-1 arasında eşit aralıklara bölünmüştür [8].



Şekil 2.8. (a) Sürekli görüntü (b) örnekleme ve kuantalama sonucu [8].

Sayısallaştırılmış bir görüntüyü saklamak için gerekli bit sayısını b ile ifade edersek b değeri şöyle hesaplanır:

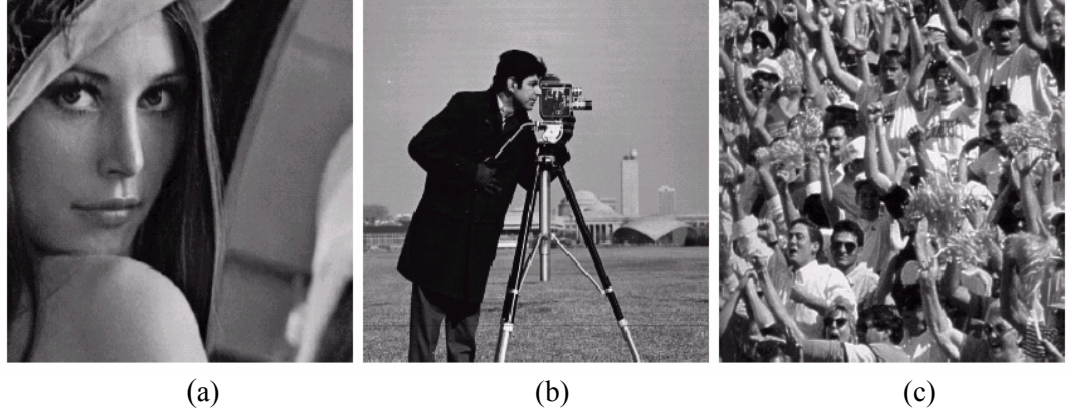
$$b = N \times M \times k \quad (\text{Eğer } M=N \text{ ise } b=N^2k) \quad (2.4)$$

Bir görüntünün çözünürlüğü (ayrıt edilebilir ayrıntı) örnek sayısına ve gri seviye sayısına bağlıdır. Yani, bu parametreler artırıldıkça, sayısal görüntü gerçek görüntüye o derece yaklaşılır. Depolama ve işleme gerekliliği N, M ve k 'nin fonksiyonu olarak hızlıca yükselir. Aynı nesnenin farklı görüntü yorumu aşağıdakiler yapılarak elde edilebilir:

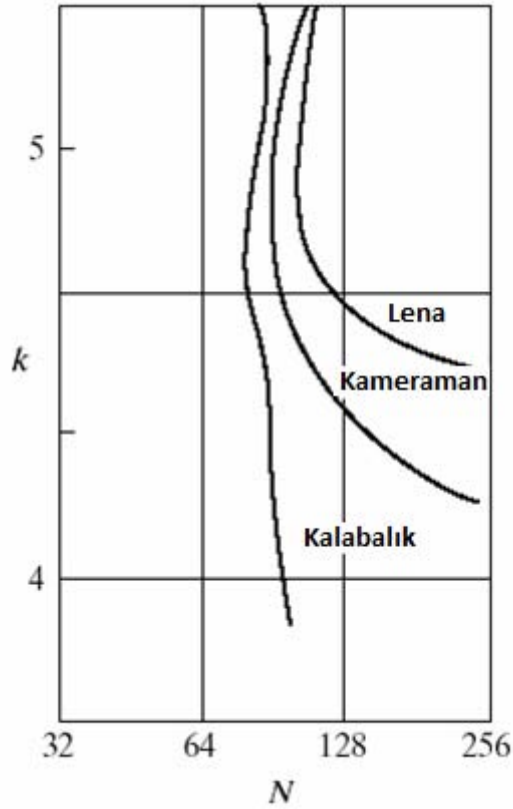
- N, M değerleri değiştirilir.
- k (bit sayısı) değiştirilir ya da
- Her ikisinde değiştirilebilir.

Isopreference eğriler ($N \times M$ düzleminde); N ve k değerleri bu görüntüde bir nokta ifade eder. Isopreference eğrileri üstündeki noktalar görüntüdeki eşit subjektif kaliteyi ifade eder

[8]. Şekil 2.9 ve 2.10 farklı detay seviyesindeki görüntüler için isopreference eğrilerinin değişimini göstermektedir.



Şekil 2.9. (a) Düşük seviyede detay içeren görüntü (b) Orta seviyede detay içeren görüntü (c) Yüksek seviyede detay içeren görüntü ((b) görüntüsünün kaynağı Massachusetts Institute of Technology) [8].



Şekil 2.10. Şekil 2.9 daki üç tip görüntü için Isopreference eğrileri

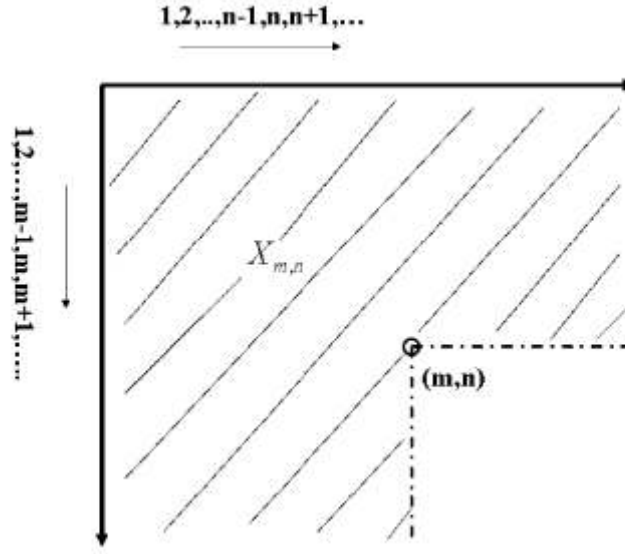
Bir görüntünün kalitesini N ve k değerleri artırır. Bazen, sabit N değeri için, k değeri azaltılarak kalite yükseltilebilir. Yüksek kontrast değerlerinde (fazla ayrıntısı olan görüntülerde) gri seviyenin az olması daha avantajlı olur. Bir adaptif örnekleme planı imgenin görünüşünü iyileştirebilir.(Örnekleme görüntünün bir karakteristiği olarak düşünülür.) [8].

2.7. Pikseller Arası Bazı Temel İlişkiler

- $f(x,y)$: Sayısal Görüntü (İmge)
- Pikseller: q, p
- $f(x,y)$ ' nin alt piksel kümesi: S

Tipik olarak görüntüler çok örnekleme noktası (piksel) içerdikleri için verilen bir piksel değerinin istatistiği yakın piksellerin değerlerine bağlı olduğundan onarma ve kesimlere ayırma gibi problemler basitleştirilir [9].

$M \times N$ nokta dizisinde verilen ayrık rasgele bir $f(m, n)$ alanı ve $f(i, j)$ gri seviyesinin bütün noktalarda $X_{m,n}$ ' nin içinde olduğu varsayımı bilinir, (m, n) deki kısıtlanmış gri seviyeyi tahmin etmeyi isteriz ki bu tahmin $X_{m,n}$ ' deki lineer bir fonksiyonun gri seviyesinin tahmini olabilir [9]. Şekil 2.11' de görülen L şeklindeki taranmış bölge $X_{m,n}$ ' dir. (m,n) koordinatlarındaki piksel $X_{m,n}$ ' ye dahil edilmez. $f(m, n)$ ' nin $X_{m,n}$ alanında en küçük kareler yöntemiyle tahmini köşe noktasının sadece sol ve üstündeki en yakın üç komşuluğu koşullarındaki tahmini aynıdır [9].



Şekil 2.11. Karalanmış L şeklindeki bölge $X_{m,n}$ alanı ((m, n) dahil değildir.) [9].

2.8. Piksel Komşuluğu

(x,y) noktasındaki bir p pikselinin 2 yatay ve 2 dikey komşusunu şöyle ifade edebiliriz:

$$(x+1, y), (x-1, y), (x, y+1), (x, y-1) \quad (2.5)$$

Bu piksel kümesi p' nin 4-komşuluk piksel kümesi olarak adlandırılır: $N_4(p)$.

P' nin 4-köşegen komşuları ise; ($N_D(p)$)

$$(x+1, y+1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y-1) \quad (2.6)$$

Bu piksel için 4-köşegen komşuları ile 4-komşuluk piksel kümesinin birleşimi, pikselin 8-komşuluk piksel kümesini verir;

$$N_4(p) + N_D(p) \rightarrow N_8(p): p' \text{ nin 8-komşusu} \quad (2.7)$$

- Pikseller arası bağlantı önemlidir. Çünkü bir görüntüde bölge bileşenlerini ve nesne sınırlarını belirlemede pikseller arası bağlantı önem kazanır. İki piksel bağlantılı ise:

- Komşudurlar (Ör. Bitişiklik, $N_4(p)$, $N_8(p)$ gibi)

- Gri seviyeleri benzerlik kriterini sağlarlar (Ör. eşitlik)

V , bitişikliği tanımlamada gri seviye değer kümesidir. (Ör. $V=\{1\}$ bitişik piksel değerleri için 1 değeri). 4 tip bitişiklik düşünülür [8]:

2.8.1. 4-bitişiklik

Eğer q, p' nin $N_4(p)$ kümesinde tanımlı gri değer kümesinden bir değere sahipse bu iki piksel bitişiktir [8].

2.8.2. 8-bitişiklik

Eğer q, p' nin $N_8(p)$ kümesinde ise p ve q 8-bitişiktir [8].

2.8.3. m-bitişiklik

Eğer q, p' nin $N_4(p)$ veya $N_D(p)$ kümesinde ve $N_4(p) \cap N_4(q)$ boş küme ise p ve q m-bitişiktir [8].

2.8.4. Karma Bitişiklik

8-bitişikliğin değişik bir şekli olup, 8 bitişiklik kullanıldığında ortaya çıkan çok yolu ortadan kaldırmak için kullanılır. Eğer S_1 alt kümesindeki bazı pikseller, S_2 alt kümesindeki bazı piksellere bitişik ise; S_1 ve S_2 bitişiktir [8].

2.9. Yol

Bir yol (eğri), (x,y) koordinatlı p pikselinden (s,t) koordinatlı q pikseline doğru olan bir ayrık piksel dizisidir.

$$(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n) \quad (2.8)$$

$$\text{Burada } (x_0, y_0)=(x,y), (x_n, y_n)=(s,t), \text{ ve } (x_i, y_i), (x_i-1, y_i-1) \text{ bitişiktir,} \quad (2.9)$$

$$1 \leq i \leq n ; n, \text{ yolun uzunluğudur [8].} \quad (2.10)$$

$$\text{Eğer } (x_0, y_0) = (x_n, y_n) \text{ ise;} \quad (2.11)$$

kapalı yol; 4-yol, 8-yol veya m-yol bitişiklik tipine göre tanımlanabilir [8].

Eğer $p, q \in S$ ise, p' den q' ya bütün pikselleri S' de olan bir yol varsa, p ve q bağlantılıdır. S içerisindeki herhangi bir p pikseli için; p' ye bağlantı S içindeki piksel kümesi S' nin bağlantılı bileşenidir denir. Eğer S' de bir adet bağlantı bileşeni varsa, S bağlantılı bir kümedir [8].

2.10. Sınır

R , piksellerin bir alt kümesi olmak üzere, eğer R bağlantılı küme ise R bir bölgedir. Sınırı (dış çevresi, border, contour), en az bir adet komşusu R içerisinde olmayan R üzerindeki piksel kümesidir. Kenar, bir bölgenin sınırı olabilir. Bir kenar görüntünün gri seviye değerinin düşük olduğu alandan yüksek olduğu alana veya tam tersi yönde değiştiği yerdir. Kenarın kendisi bu geçişin ortasındadır. Ortaya çıkan kenar sınırda parlak bir nokta ve bu nokta dışında her yerde koyu alanlar verir. Kenarın eğimi her zaman pozitif ya da sıfırdır, ve kenarda maksimum değere ulaşır [10].

2.11. Uzaklık Ölçüsü

$p, q, z, (x, y), (s, t), (u, v)$ koordinatlarındaki pikseller olmak üzere, D mesafe fonksiyonu için:

$$\bullet \quad D(p, q) \geq 0 \quad (D(p, q) = 0 \text{ if } p = q) \quad (2.12)$$

$$\bullet \quad D(p, q) = D(q, p) \text{ ve} \quad (2.13)$$

$$\bullet \quad D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z) \text{ [8].} \quad (2.14)$$

Öklit (Euclidean) Uzaklığı:

- $D_e(p,q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2}$ **(2.15)**

- Noktalar (pikseller), (x,y) merkezli r yarıçaplı daire içerisindeki bütün noktalar [8].

D_4 uzaklığı :

- $D_4(p,q) = |x-s| + |y-t|$ **(2.16)**

- (x,y) merkezli bir baklava dilimi
- p' den $D_4 \leq 2$ uzaklıktakiler [8].

Şekil 2.12' de ortadaki pikselin 4-komşuluk değerlerinin yani sağ, sol,alt,üst piksel değerlerinin 1 olduğu görülmektedir.

$$\begin{array}{ccccc} & & 2 & & \\ & 2 & 1 & 2 & \\ 2 & 1 & 0 & 1 & 2 \\ & 2 & 1 & 2 & \\ & & 2 & & \end{array}$$

Şekil 2.12. $D_4 = 1$, p' nin 4-komşuluğu

D_8 uzaklığı:

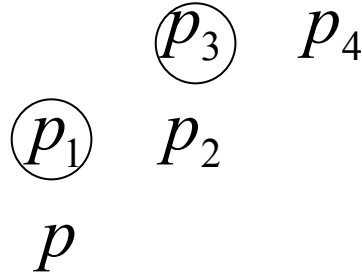
- $D_8(p,q) = \max(|x-s|, |y-t|)$ **(2.17)**

- P merkezli bir kare (Şekil 2.13)
- p' den $D_8 \leq 2$ uzaktakiler.

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

Şekil 2.13. $D_8 = 1$, p' nin 8-komşuluğu

p ve q arasındaki D_4 ve D_8 uzaklıkları bu iki noktayı birleştiren yoldan bağımsızdır. Çünkü, bu uzaklıklar sadece noktaların koordinatlarına (aralarında bir yolun varlığına bakmaksızın) bağlıdır. Bununla beraber, m -bağlantı için iki piksel arasındaki uzaklık değeri, yol boyunca piksellerin değerine ve bunların komşuluğuna bağlıdır. Şekil 2.14' deki piksel değerleri $p, p_2, p_4 = 1$ ve $p_1, p_3 = 0$ veya 1 olabilir.



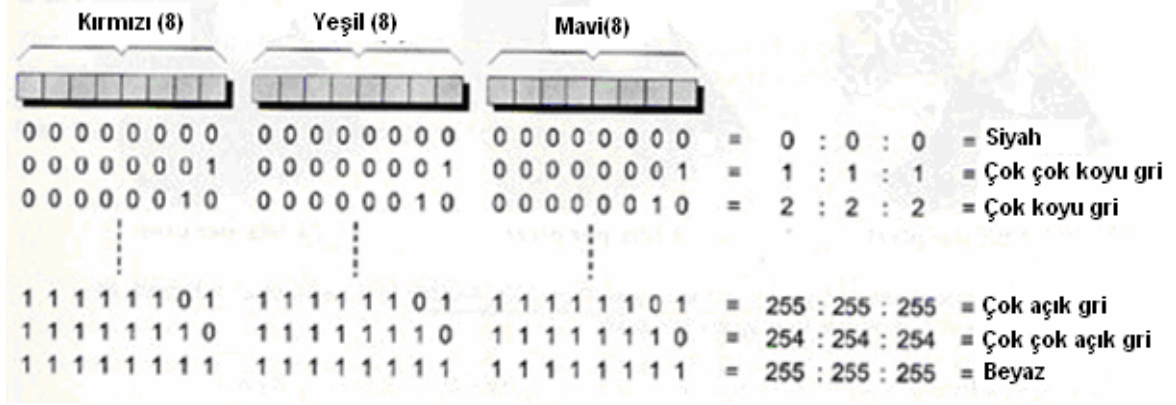
Şekil 2.14. m uzaklığı

Eğer bağlantı varlığı 1 olarak kabul edilirse, p_1 ve $p_3 = 0$ ise, p ve p_4 arasındaki m -uzaklığı 2, eğer p_1 veya $p_3 = 1$ ise, uzaklık 3' tür. Eğer p_1 ve $p_3 = 1$ ise, uzaklık 4 ($p-p_1-p_2-p_3-p_4$) olur.

2.12. Gri Ölçek

Bir baytı oluşturan sekiz bit, 00000000' dan 11111111' e kadar değişen $2^8 = 256$ farklı değer verir (veya ondalık sayı olarak 0' dan 255' e kadar). Bir pikselle ilgili kırmızı, yeşil ve mavi kanallar 0:0:0' a ayarlanırsa, o piksel siyah olarak görünür. Aynı şekilde, her üç kanal da 255:255:255' e ayarlanırsa, o pikseli oluşturan noktalardan her biri tamamen harekete geçmiş olur ve piksel beyaz olarak görünür. Burada ilgi çekici nokta şudur; eğer tüm kırmızı, yeşil ve mavi kanallar aynı değeri paylaşırlarsa, ortaya çıkan piksel siyah,

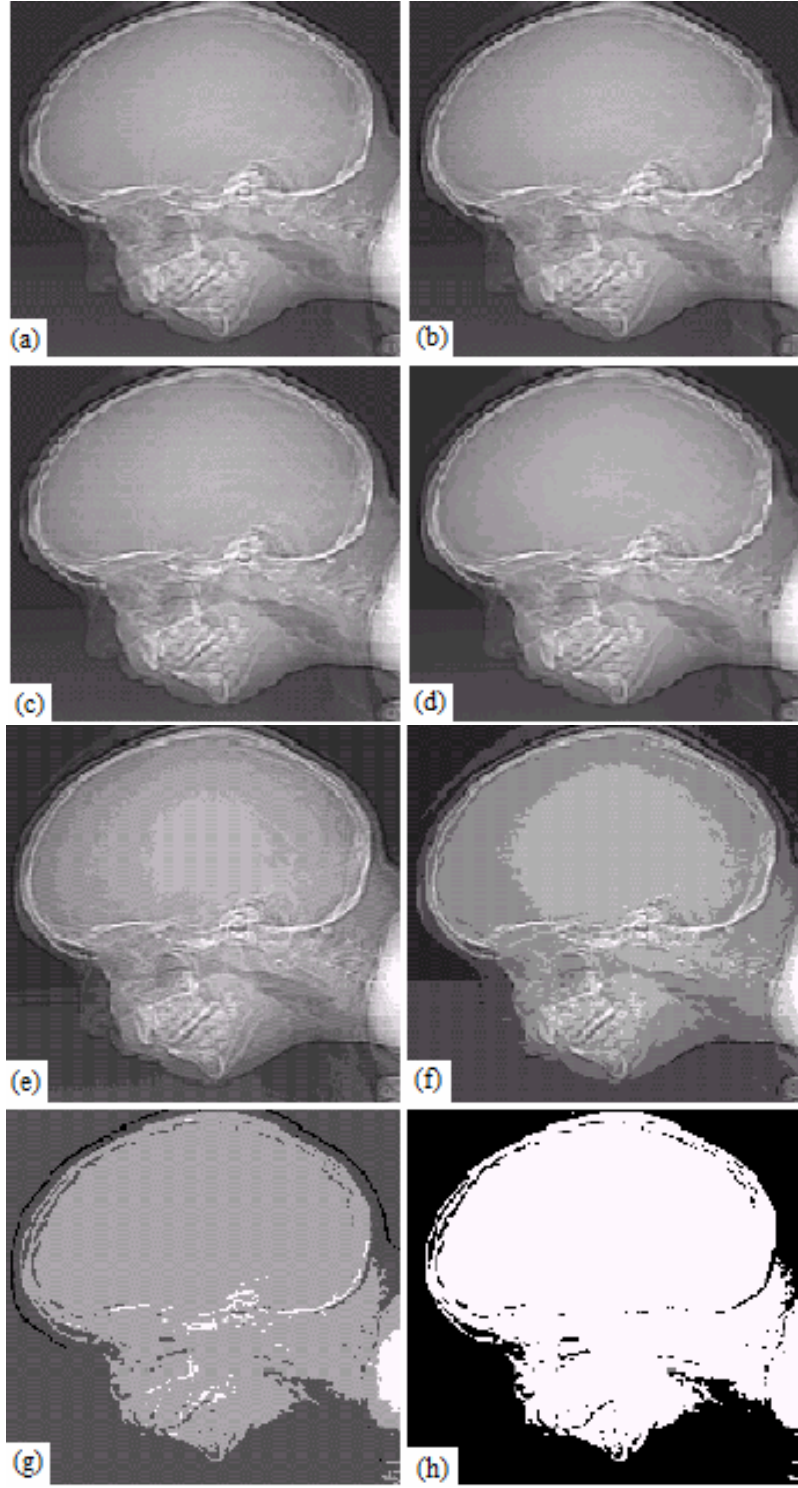
beyaz ya da grinin bazı tonları olacaktır [5]. Kırmızı-yeşil-mavi renklerden oluşan 24 bitlik renk tonunu gösteren görüntü Şekil 2.15’ deki gibidir.



Şekil 2.15. 24 Bit Renk Tonu [5].

Bazı durumlarda, bir renkli görüntü çekerek onun gri ölçekte kopyasını elde etmek isteriz. Bir renkli piksel çekmek (kırmızı, yeşil ve mavi kanalların farklı değerlere sahip olduğu) ve bunu gri ölçekteki karşılığına dönüştürmek istediğimizi varsayalım. Bunu yapmanın en kolay yolu, üç kanalın değerlerinin ortalamasını almaktır. Yani, o pikselle ilgili kırmızı, yeşil ve mavi kanalların sayısal değerlerini toplayıp üçe bölmek ve ortaya çıkan değeri pikselin her bir kanalına uygulamaktır [5].

Şekil 2.16’ da farklı gri seviyelere sahip görüntüler gösterilmiştir.



Şekil 2.16. (a) 452x 374 piksel 256 seviye görüntü (b)-(h) görüntü boyutu sabit olmak şartıyla 128, 64, 32, 16, 8, 4, 2 yoğunluk seviyesine sahip görüntüler [8].

3. GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME

Görüntüler genellikle gürültü içerir. Bu nedenle dalgacık katsayıları da gürültülüdür. Çoğu uygulamalarda, bir katsayının sinyalden ya da gürültüden dolayı olduğunu bilmek gerekir. Genellikle astronomik görüntüler Gauss veya Poisson gürültülerinden birini veya ikisinin karışımını içerir [11].

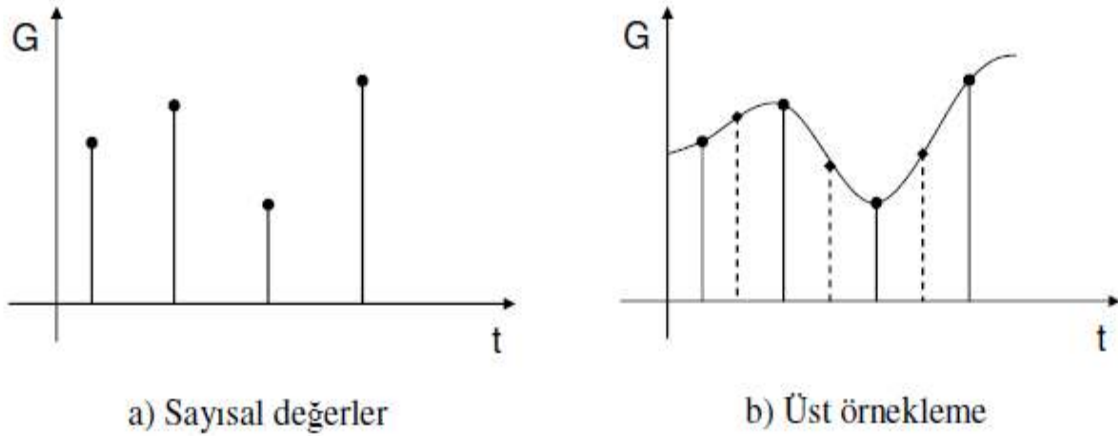
Gürültü görüntü açısından en büyük problemlerden biridir.

Genellikle lineer teknikler kullanılır, çünkü lineer filtre uygulaması ve tasarımı kolaydır. Ancak bu yöntem görüntü yapılarının morfolojisini değiştirebilir. Bu eksikliklerin üstesinden gelmek için literatürde çok sayıda doğrusal olmayan yöntem sunulmuştur. En popüler olan Medyan filtre, gürültü gidermede hesaba dayalı, verimli ve ispatı son derece başarılıdır [11].

İstenen bütün görüntülerde piksel değerleri bilineer enterpolasyonla (ara-değerleme) hesaplanabilir. Daha sonra bu piksel değerlerinin ortalaması alınır.[12].

3.1. Çözünürlük İyileştirme

Görüntü verisinin sadece boyutlarıyla oynamak çözünürlük artışı sağlamaz. Aslında boyut değişikliği orijinal görüntüden daha yüksek frekans değerlerinin hesaplanmasını içermektedir. Bu şekilde çözünürlük arttırmak amacıyla yapılan boyut değişikliği işlemine üst-örnekleme veya görüntü yakınlaştırma denilmektedir. Şekil 3.1' de görüldüğü üzere üst-örnekleme elde etmek için çoğunlukla ara-değerleme (interpolation) fonksiyonları kullanılmaktadır. Ara-değerleme orijinal veriyi sürekli bir fonksiyona uydurur ve daha küçük adımlarla tekrar örnekler [13]. Ara-değerleme yöntemleri ile görüntü yakınlaştırma işlemleri için ancak yeterince uygun bir model kullanılabilirse düşük çözünürlüklü örnekleme işlemi sırasında görüntüdeki yüksek frekanslı bileşenler kaybolmaz. Ara-değerleme yöntemleriyle görüntü yakınlaştırma işlemleri yaklaşımlara dayandığı için tek başına çözünürlük iyileştirme teknikleri olarak değerlendirilmemektedir. Bu konuda ileri düzey gelişmeler elde edebilmek için kullanılacak yöntem; giriş parametresi olarak birden çok görüntü alınmasıdır. Bu sayede bölgenin farklı görüntüleri incelenerek çözünürlük iyileştirmede kullanacağımız ek bilgiler hesaplanabilmektedir [2].

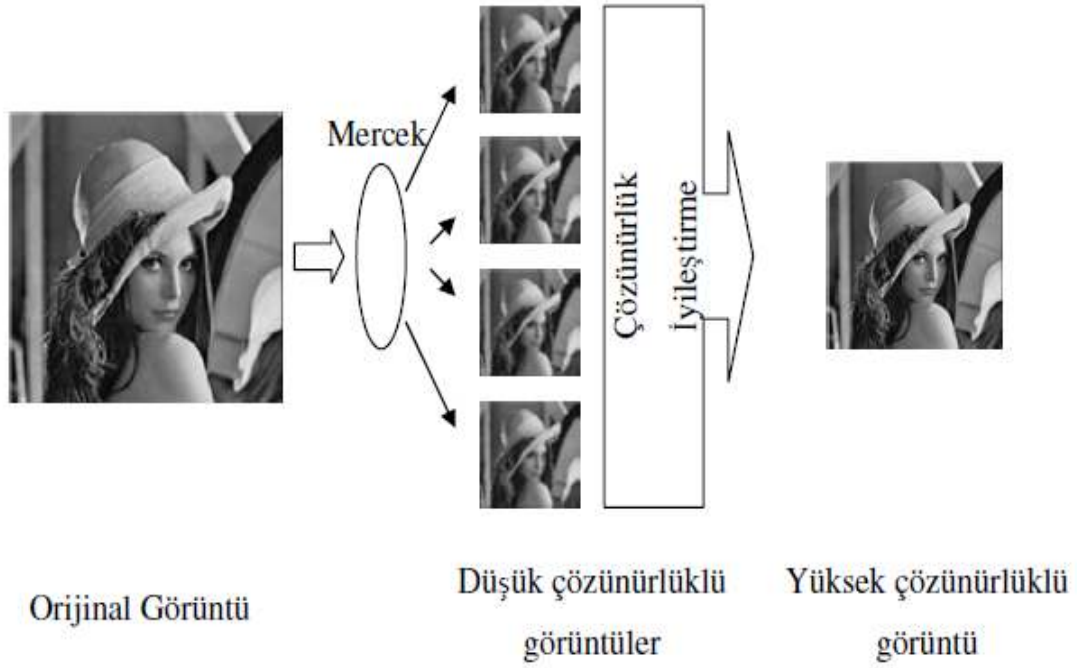


Şekil 3.1. (a) Ara değerleme ve (b) üst örnekleme

Çoğu görüntüleme sistemlerinde, dijital kameralarda kullanılan sensörlerin sağladığı çözünürlük bazı uygulamalar için yeterince yüksek değildir. Ayrıca görüntü yakalama işlemi sırasında çevreden kaynaklanan ek gürültüler, kamera lensinin mükemmel olmamasından kaynaklanan yansıma ve kırılma sorunları (nokta dağılım fonksiyonu ile ifade edilir) ve foto-detektörlerin elektronik yapısından kaynaklanan hassasiyet problemleri sonucu orijinal görüntü üzerinde birçok tahribat meydana gelir. Bunun dışında kullanılan birçok dijital kamera, sensörlerin fiziksel limitlerinden dolayı beklenenin çok altında bir çözünürlükte kayıt yapabilmektedir. Günümüzde araştırmalar ilerledikçe sensörlerin fiziksel limitleri çok daha yukarılara çıkarılmaktadır, fakat geliştirilen ürünler hem çok pahalıdır hem de çoğu mobil uygulamada kullanılmaya yeterince uygun değildir [14].

Çözünürlük iyileştirme çalışmaları kameranın kaydedebildiği görüntüden çok daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmeyi amaçlamaktadır. Çünkü gerçek görüntüler çoğunlukla keskin kıyı noktalara sahiptirler ve sınırlı bantlı (band-limited) değildir. Sonuç olarak dijital görüntüler alt-örneklemeden dolayı örtümsek değildirler, düşük çözünürlüklü sensör nokta dağılım fonksiyonundan (PSF) dolayı yüksek frekanslı bileşenlere sahip değildirler ve optik kusurlardan, odak problemlerinden, hareket etkisinden ve benzeri sebeplerden dolayı bulanıktırlar [15- 16].

Çözünürlük iyileştirme yöntemleriyle görüntü iyileştirmenin amacı elde edilen ardışık düşük çözünürlüklü görüntülerden yüksek çözünürlüklü görüntüyü oluşturmaktır. Şekil 3.2' de sol taraf görüntünün düşük çözünürlüklü olarak yakalanması işlemini, sağ taraf ise düşük çözünürlüklü görüntülerin kullanılarak çözünürlük iyileştirme işlemini göstermektedir [2].



Şekil 3.2. Çözünürlük iyileştirme akışı

Çözünürlük iyileştirme çalışması çekilen ardışık görüntüler arasında ancak alt piksel hareketleri mevcutsa gerçekleştirilebilir. Dolayısıyla çekilen her görüntü incelenecek bölge üzerinde tekil bir görünüm sunmaktadır. Görüntülerde alt piksel hareketleri elde edebilmek için kameranın çok küçük adım hareketleri yapması gerekmektedir [2].

Alt tabaka sözdizimi değiştirmeden H.264/AVC bağlamında diğer görünümelerde önceden tahmin kullanımına izin veren bir referans resim işletimi düzeni önerilir. Bu kavram görünen referans resim sentezinden tahmin içerecek şekilde kolayca genişletilir [17].

Alınan ayrı görüntülerde kayıklık dışında ışık ve gürültü miktarında da farklılıklar görülmektedir. Bu sebeple çekilen görüntülerin iyileştirilmesi ve birleştirildikten sonra restore edilmesi gibi görüntü işlemenin diğer alanlarındaki çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun dışında çekilen görüntüler arasında herhangi bir kayıklık oluşturulmazsa bu durumda problem görüntü restorasyon problemine dönüşmektedir. Dolayısıyla çözünürlük iyileştirme tek kare veya çok kare görüntü restorasyon işlemlerinde de kullanılabilir [18].

Örnekleme oranının az olmasından kaynaklanan örtüşme etkisi özellikle kenar noktalar olmak üzere görüntü detaylarında bozulmaya neden olmaktadır. Buna ek olarak düşük

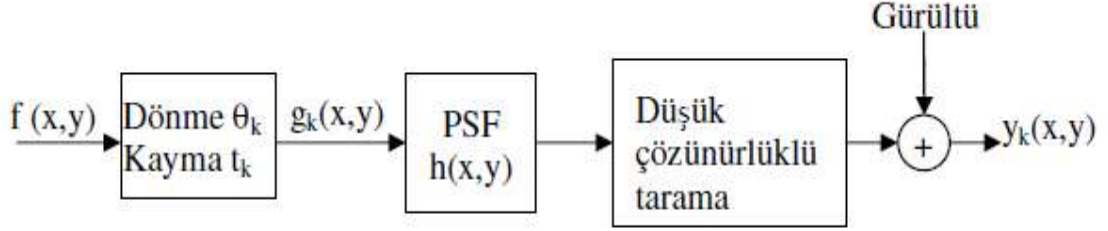
özünürlüklü nokta dağılım fonksiyonundan (PSF) dolayı görüntüdeki yüksek çözünürlüklü bileşenlerde kayıplar olmaktadır ve cisim hareketleri ve odaklama hatalarından kaynaklanan optik bulanıklaşmalar görölmektedir. Çözünürlük iyileştirme aynı zamanda giriş örnekleme oranını yukarı çekmeyi ve örtüşme ve bulanıklığı gidermeyi kapsamaktadır. Örnekleme oranını arttırmanın bir yolu sensördeki foto detektör sayısını arttırmak ve boyutlarını küçültmektir, böylece sensördeki detektör yoğunluğu arttırılmış olmaktadır. Ancak bu yöntem belli limitlere kadar geçerlidir, limitler aşıldığında görüntü üzerinde shot-noise etkisinden kaynaklanan büyük bozulmalar oluşmaktadır. Ayrıca yüksek çözünürlüğe uyumlu sensörler günümüzde oldukça masraflıdır. Bu sebeple sensör üzerinde fiziksel modifikasyonlar yapmak her zaman en geçerli çözüm olamamaktadır. Dolayısıyla görüntü üzerinde çözünürlük iyileştirmesi yapabilmek için birtakım görüntü işleme tekniklerine başvurmak gerekmektedir. Gözlenen tek bir görüntüden yüksek çözünürlüklü görüntü elde etmeye çalışmak problemin yanlış ele alınmasını sağlar; çünkü eldeki görüntüden sonsuz sayıda orijinal görüntü ile ilişkili olabilecek görüntü elde edilebilir. Örnekleme oranını arttırabilmek için incelenecek bölge üzerinden birden çok görüntü alınır. Bu yöntemdeki en temel metot kamerayı çok küçük miktarlarda hareket ettirip çok sayıda görüntü yakalayarak tek görüntüde yakalanamayan alt piksel değerlerini hesaplamaktır [19].

Resim sayısallaştırıcılarının (frame grabber) kullanılmasıyla birlikte bir bölgenin birden çok görüntüsü kolaylıkla alınabilir hale gelmiştir ve çözünürlük iyileştirme bu noktadan sonra daha bilinen bir teknik olmuştur. Düşük özünürlüklü kamera sisteminde ardışık yakalanan kareler arasındaki hareket miktarı çözünürlük limitlerini belirlemektedir. Resim sayısallaştırıcılar ile yakalanan komşu kareler yüksek çözünürlüklü görüntü için ek bilgiler taşımaktadırlar [20]. Çoğu özünürlük iyileştirme metotları üç temel adımdan oluşmaktadır:

- Hareket dengeleme
- Ara değerlendirme
- Bulanıklık ve gürültü ayıklama.

Hareket dengeleme düşük çözünürlüklü karelerdeki alt piksel hareketleri referans olarak seçilen bir kareye göre hesaplar. Hareket alanı hareket vektörleri veya ilgin (affine) dönüşümleri ile ifade edilir. İkinci bileşen alt piksel hareketleri yapmış kareleri bir yüksek çözünürlüklü görüntü karesine yerleştirir. Üçüncü bileşen ise sensör ve optik cihazlardan kaynaklanan gürültüleri ortadan kaldırmak veya azaltmak için gereklidir [2].

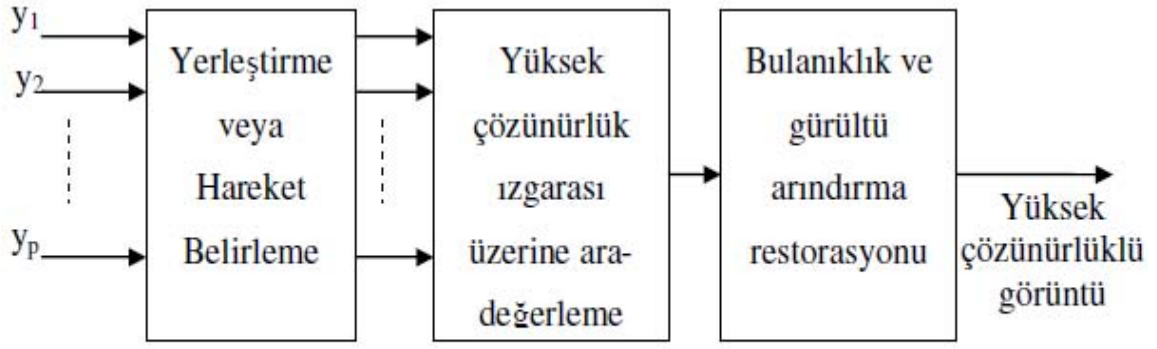
Yüksek çözünürlüklü görüntülerden düşük çözünürlüklü görüntülerin yakalanmasına ilişkin model Şekil 3.3’ de görülmektedir.



Şekil 3.3. Görüntü yakalama modeli

Giriş işareti $f(x,y)$ kameranın odak noktasında x - y düzlemindeki sürekli (yüksek çözünürlüklü) işareti tanımlamaktadır. Dönme hareketi θ_k ve kayma hareketi t_k ile modellenmektedir. Kayma miktarları düşük çözünürlüklü piksel boşlukları cinsinden tanımlanmıştır. Bu adımda geometrik dönüşümlerdeki örnekleme miktarındaki değişimlere karşılık ara-değerleme kullanma ihtiyacı vardır. Sonraki adımda düşük çözünürlüklü sensörün fiziksel konumundan kaynaklanan etkiler ve optik bulanıklıklar (örneğin odak problemleri) $g_k(x,y)$ ' nin ve bulanıklık fonksiyonu $h(x,y)$ ' nin konvolüsyonu olarak modellenmiştir. Son olarak dönüştürülen görüntü düşük çözünürlüklü tarama ve gürültülerle birlikte düşük çözünürlüklü $y_k(x,y)$ olarak ifade edilmiştir [2].

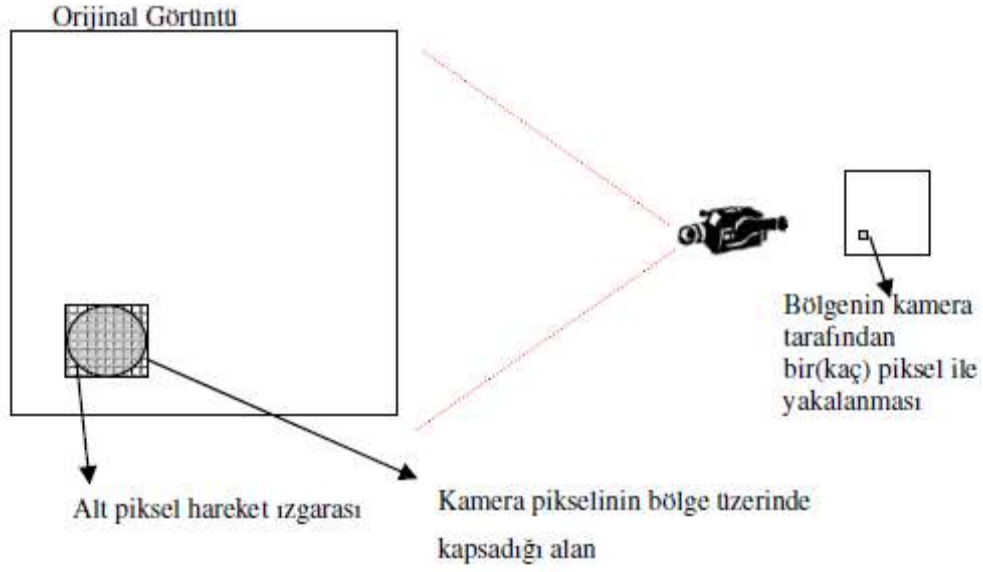
Literatürde önerilen çoğu çok kareli çözünürlük iyileştirme metotları yerleştirme, ara-değerleme ve restorasyon olmak üzere 3 safhadan oluşmaktadır. Yöntemlerin birçoğu elde edilen karelerdeki piksellerin hareket vektörleri belirlenerek üst örnekleme bir kare elde edilmesi için belli bir referans karesine göre hizalanmasına dayanmaktadır. Hizalanan kareler ara-değerleme ile büyütülerek eş aralıklı üst-örnekleme görüntülere dönüştürülmektedirler. Son olarak üst-örnekleme kareye görüntü restorasyon işlemleri uygulanarak sensörden kaynaklanan PSF bulanıklıklarının ve gürültülerin giderilmesi sağlanmaktadır [14]. Şekil 3.4’ de düşük çözünürlüklü birçok görüntüden yüksek çözünürlüklü bir görüntü oluşturma blok diyagramı görülmektedir. Blok diyagramında görünen adımlar günümüzde birçok çözünürlük iyileştirme yönteminde kullanılmaktadır [2].



Şekil 3.4. Çok kare kullanarak çözünürlük iyileştirme

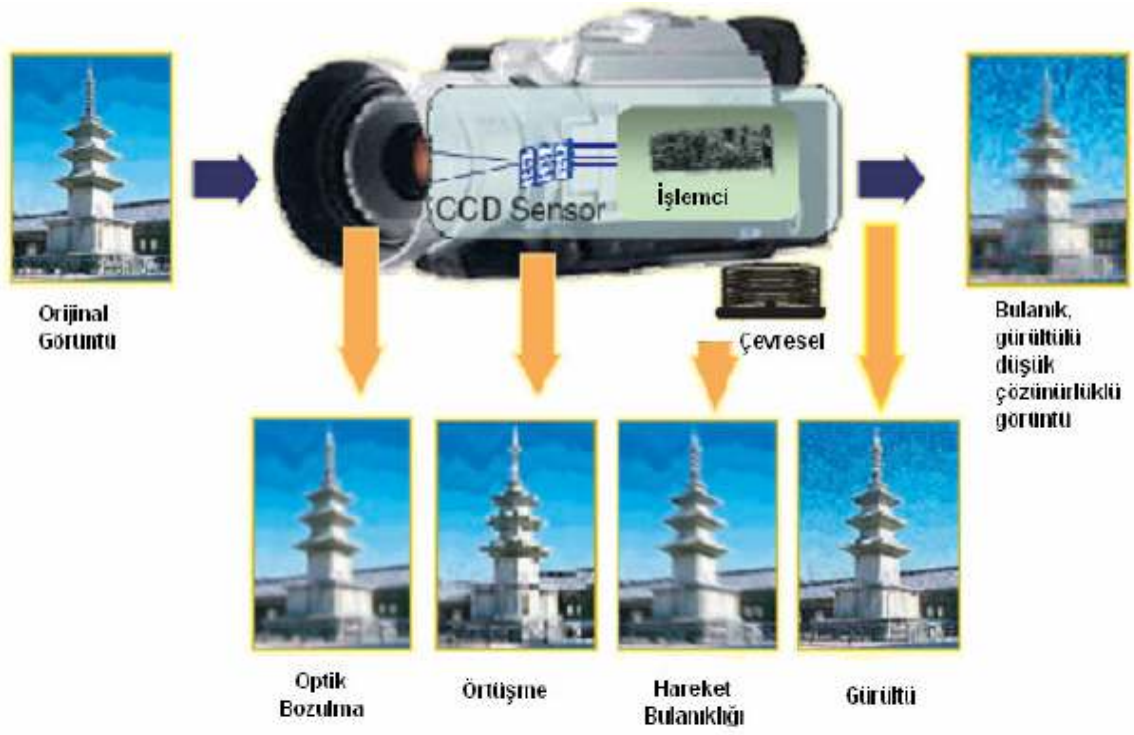
Burada ilk adımda $y_1, y_2, \dots, y_p$ ile belirtilen düşük çözünürlüklü görüntüler yerleştirme veya hareket belirleme modülüne yollanmaktadır. Sonraki adım hareket vektörlerine bakarak düşük çözünürlüklü görüntüleri hizalamakta ve bir yüksek çözünürlük ızgarasına yerleştirmektedir. Sonraki aşamada ara-değerlenmiş görüntüler bulanıklıklarından ve gürültülerinden arındırılmakta ve yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmektedir [2].

Şekil 3.5' den de anlaşılacağı gibi gerçek görüntü üzerindeki bir bölge kamera tarafından bir(kaç) piksel ile yakalanmaktadır. Dolayısıyla bu bölgenin tek bir görüntü karesine bakılarak algılanabilmesi mümkün olamamaktadır. Kamera bir başlangıç noktasından başlayarak incelenecek bölgeyi alt piksel adımlarıyla tarar. Elde edilen düşük çözünürlüklü görüntüler işlenerek piksel altı bilgiler ortaya çıkartılır ve bölgenin çözünürlüğü artırılmış olur [2].

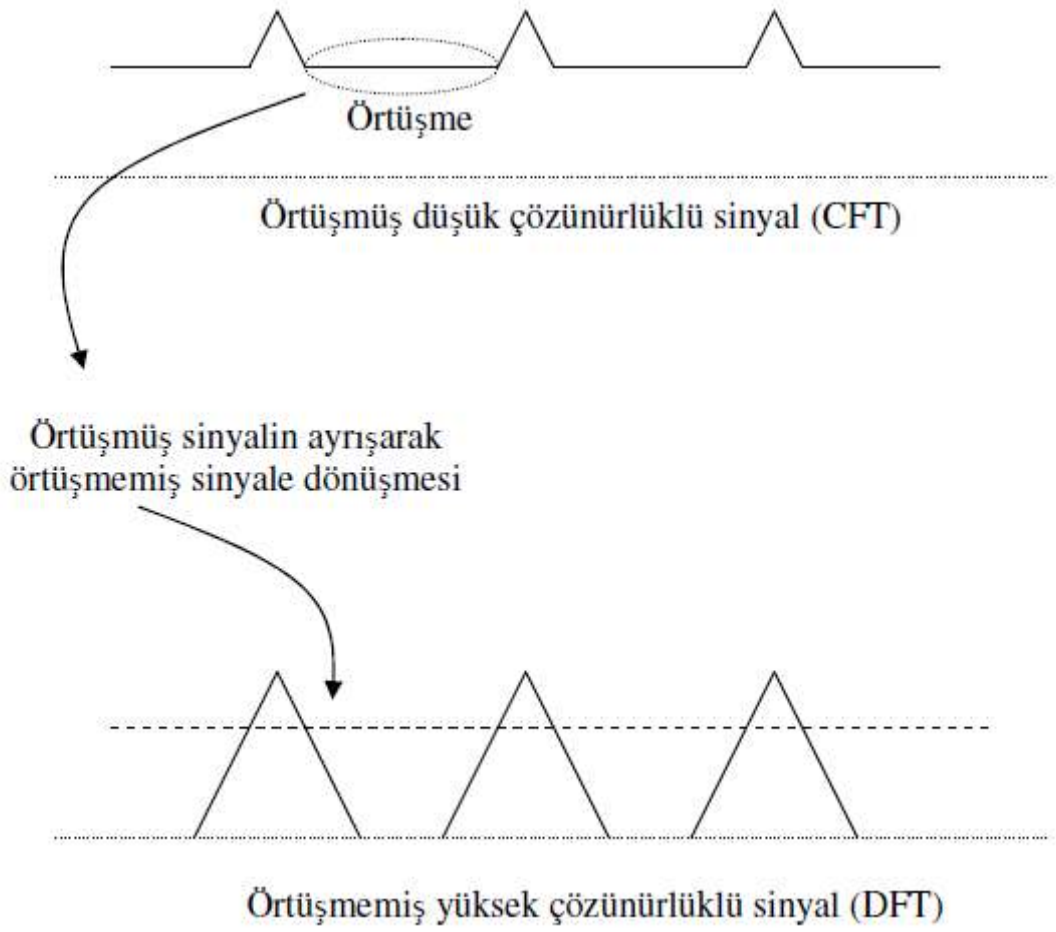


Şekil 3.5. Gerçek görüntünün kamera ile tek piksel olarak alınması

Çözünürlük iyileştirmenin amacı çok sayıda düşük çözünürlüklü görüntüden bir tane yüksek çözünürlüklü görüntü oluşturmaktır. Çalışmalarda düşük çözünürlüklü görüntü kaynağı olarak arka arkaya çekilmiş durağan resimler veya video görüntüleri kullanılmaktadır. Hangi yöntemle elde edilirse edilsin, Şekil 3.6 ve 3.7’ den görüleceği üzere düşük çözünürlüklü görüntülerin her biri yakalanma sırasında fiziksel birçok bozulmaya (gürültüler, nokta dağılım fonksiyonu bulanıklığı, dönme hareketi, v.b.) maruz kalmaktadır. Kamera ile yakalanan görüntüler incelenen bölge üzerinde birtakım bilgiler bulundurlar. Eğer yakalanan görüntüler arasında farklı alt piksel kayma hareketleri oluşmuşsa, eldeki her görüntü orijinal görüntü hakkında farklı detay bilgiler taşır. Eğer detay bilgiler yeterince elde edilebilirse düşük çözünürlüklü görüntülerden yüksek çözünürlüklü bir görüntü elde edilebilir olmaktadır [2].



Şekil 3.6. Görüntü yakalama modeli [2].



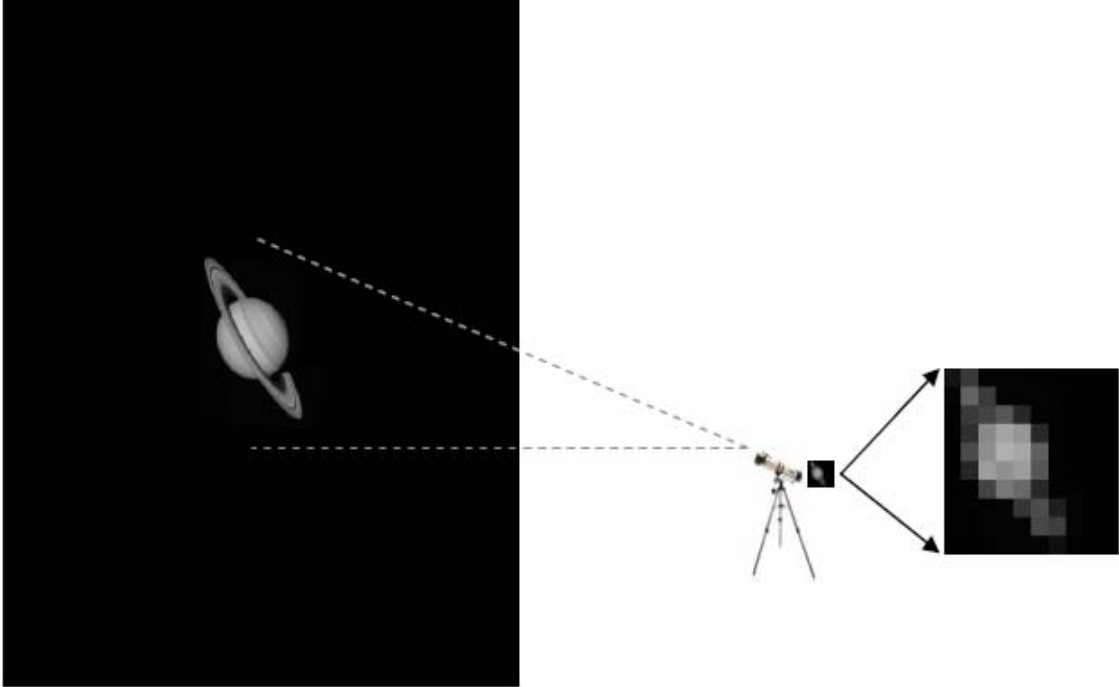
Şekil 3.7. Düşük ve yüksek çözünürlüklü görüntüler arasındaki örtüşme ilişkisi [2].

Şekil 3.8’ de Mars gezegeninin gerçek görüntüsü mevcuttur. Gezegeni teleskopla bakılıp, elde edilen görüntü dijital bir kamera ile yakalanırsa Şekil 3.9’ daki görüntü elde edilmektedir [2].



Şekil 3.8. Satürn gezegeninin gerçek görüntüsü

Şekil 3.9’ dan de görüleceği üzere teleskopun büyütme limitlerinin olması ve kamera çözünürlüğünün düşük olmasından dolayı algılanabilmekten çok uzak bir görüntü yakalanmıştır [2].

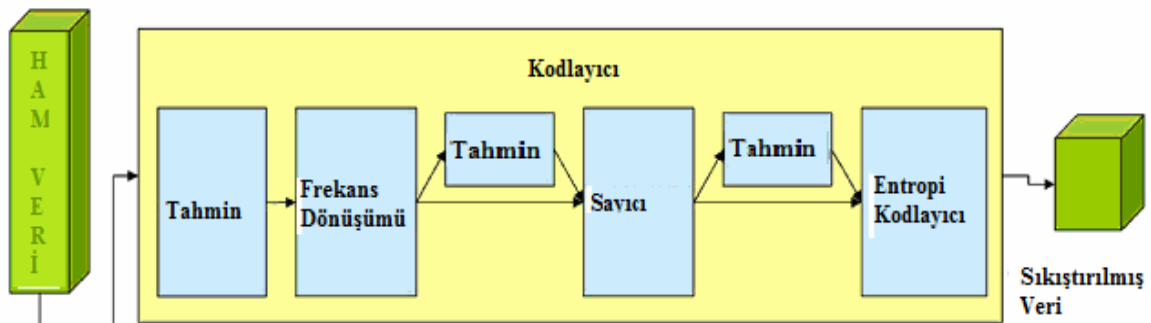


Şekil 3.9. Satürn gezegeninin teleskop ve kamera ile yakalanmış görüntüsü

3.2. Görüntü Sıkıştırma

Görüntü sıkıştırma teknikleri görüntünün kalitesi mümkün olduğunca yüksek tutarak dosya ebadını en alt düzeye indirmek için kullanılmaktadır. Görüntü sıkıştırma, bir miktar bilgiyi temsil etmek için gerekli olan veri miktarını azaltma işlemine denmektedir [3]. Bu teknik, dosyaların bilgisayar ağları vasıtasıyla da yayınlanması ile günümüzde çok önemli bir noktaya gelmiş bulunmaktadır. Birçok görüntü sıkıştırma teknikleri vardır ve her birinin etkinlik seviyesi farklıdır. Görüntü dosyalarının sıkıştırılmasında ve açılmasında kullanılan programlara “codecs” (compression decompression software) ismi verilmektedir. Sıkıştırma, dosya ebadını küçülttüğünden, transmisyon zamanı kısaltmakta, depolama gereksinimi ise küçülmektedir. Orijinal dosyanın aslına uygunluk açısından bakıldığında sıkıştırma teknikleri kayıplı ve kayıpsız olarak ayrılmaktadır. Kayıplı sıkıştırmada dosya boyutunu küçültmek için bilgi kaybı olur. Örneğin, 30 beyaz pikselin ardından tek bir gri piksel ve bunun da ardından 4 tane daha beyaz piksel geliyorsa kayıplı sıkıştırma sırasında gri piksel beyaza dönüştürülür ve "35 beyaz piksel" şeklinde bir kod oluşturulur. Kayıpsız sıkıştırmada ise ayrıntılar asla ihmal edilmez ve bunun yerine resmi tanımlayacak daha etkili yollar aranır. Örneğin, 30 beyaz piksel, sonra 1 gri piksel, sonra 4 beyaz piksel gibi [21].

Şekil 3.10’ da yer alan işaret sıkıştırma diyagramı sıkıştırma işleminin nasıl yapıldığı konusunda detaylı bilgi içermektedir.



Şekil 3.10. İşaret sıkıştırma diyagramı [22].

3.2.1. Görüntü sıkıştırma yöntemleri

Görüntü sıkıştırma yöntemleri üç ana esasa dayanır:

- Görüntüdeki uzaysal ilişkilerden yararlanılarak gereksiz bilgilerin atılması,
- Görüntüdeki zamansal ilişkilerden yararlanılarak gereksiz tekrarların atılması,
- İnsan gözünün ayırt edemeyeceği detayların atılması [4].

Sabit resimlerde uzamsal benzerlikler, hareketli resimlerde ise hem uzamsal (resim içi) hem de zaman içindeki (resimler arası) benzerlikler kullanılarak büyük sıkıştırmalar yapılabilir. Sabit resimlerde 10:1 ile 50:1, hareketli görüntülerde ise 50:1 ila 200:1 oranlarında bir sıkıştırma yapılabilir. Ancak, bu kadar yüksek sıkıştırmalar için görüntü kalitesinde az da olsa bir kayıp söz konusudur [4].

4. GÖRÜNTÜ ONARMA

Görüntü iyileştirme kapsamında uygulanacak tekniklerin nihai hedefi, görüntünün niteliğini istenilen ve beklenen şekilde yükseltmektir. Kontrast ve parlaklık düzenlemeleri, kenar zenginleştirme, histogram eşitleme gibi uygulamalar, kişinin görsel algılamasını etkilemeyi hedefleyen ve bu konuda başarı sağlayabilen en temel görüntü iyileştirme teknikleri olarak kabul edilir. Birçok alanda örtüşmekle beraber, görüntü iyileştirme subjektif bir işlem iken, görüntü onarma objektif yapıda bir işlemdir. Görüntü onarma işleminde, eldeki orijinal görüntünün ilk halinin düzgün olduğu kabul edilir. Daha sonra, bu görüntü üzerine önceden uygulandığı kabul edilen işlemin tersi uygulanarak görüntünün yeniden yapılandırılması ve orijinal şekline dönmesi sağlanır. Bu yaklaşımla tasarlanan filtreler, istenen sonucun en iyi şekilde tahmin edilmesini sağlamaktadır [4].

İyileştirme işlemleri iki genel başlık altında toplanabilir:

- Görüntünün maruz kaldığı bozucu etkinin tespit edilmesi ile tersinin uygulanması (Ters Filtreler, Uzaysal Çözümlemeler ve Ortalama alma (Bulanık, Karanlık, Büyük, vs.)).
- Konuyla ilgili elde birden çok görüntü karesi varsa bilginin mevcut olduğu bölgeler birleştirilerek ya da ortalamaları alınarak tek bir görüntü karesi oluşturulması (Görüntü karesi veya Alan Ortalaması, Birleşik Görüntü, Alan veya Görüntü Karesi) [5].

Görüntü iyileştirme başka bir anlamda özel bir uygulama için aslından daha uygun bir sonuç için işlemektir. Uzaysal bölge yöntemleri ve frekans bölgesi yöntemleri mevcuttur:

Uzaysal Bölge Yöntemleri:

- Bir görüntüyü oluşturan pikseller üzerinde doğrudan işlem gören prosedürlerdir.

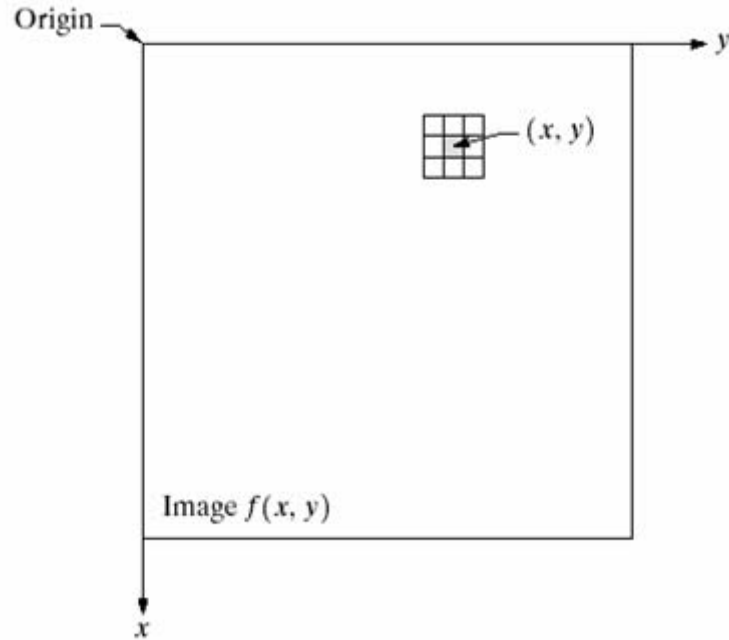
$$g(x,y)=T[f(x,y)] \quad (4.1)$$

- (x,y) civarındaki komşuluk, (x,y) merkezli kare veya dikdörtgen şeklinde bir alt görüntü olarak tanımlanır.
- T : (x,y) civarındaki bazı komşuluklar için tanımlanmış operatördür [8].

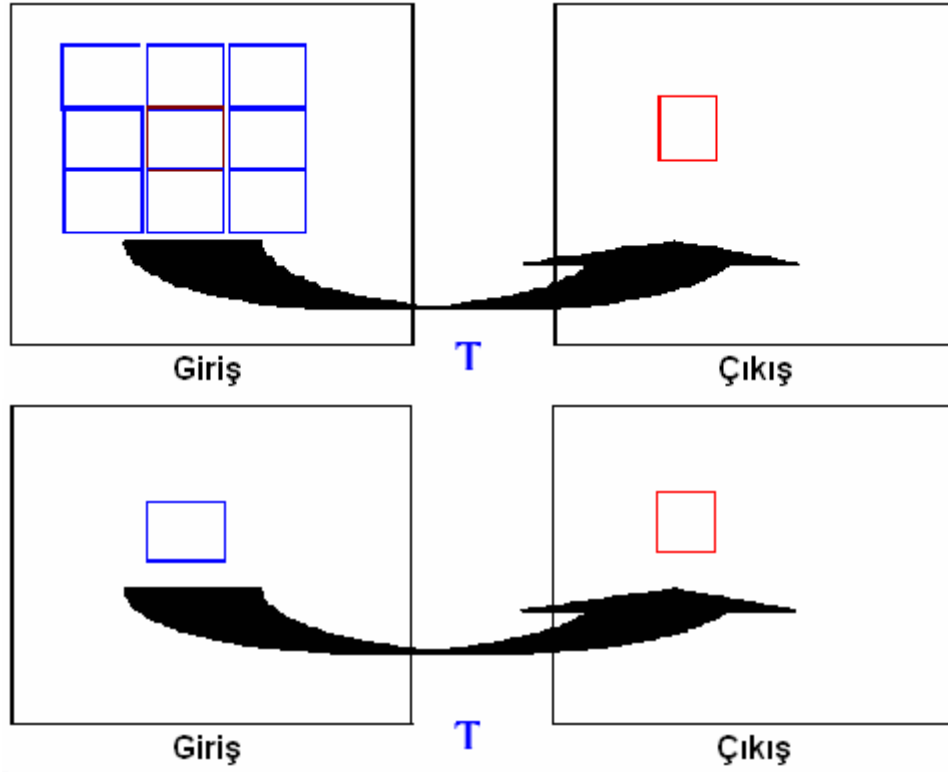
- Komşuluk 1x1 olduğunda, f^* in sadece (x,y) noktasındaki değeri söz konusudur ve T gri-seviye dönüşümü (veya haritalama) fonksiyonu olur:

$$s=T(r) \quad (4.2)$$

Bu denklem için; r,s : (x,y) noktasındaki $f(x,y)$ ve $g(x,y)$ 'nin gri seviyelerini belirtir. Şekil 4.1' de bir görüntüdeki (x,y) koordinatlarındaki pikselin 3x3 komşuluğu ve Şekil 4.2' de ise komşulukta giriş-çıkış ilişkisinin nasıl olduğu görülmektedir.



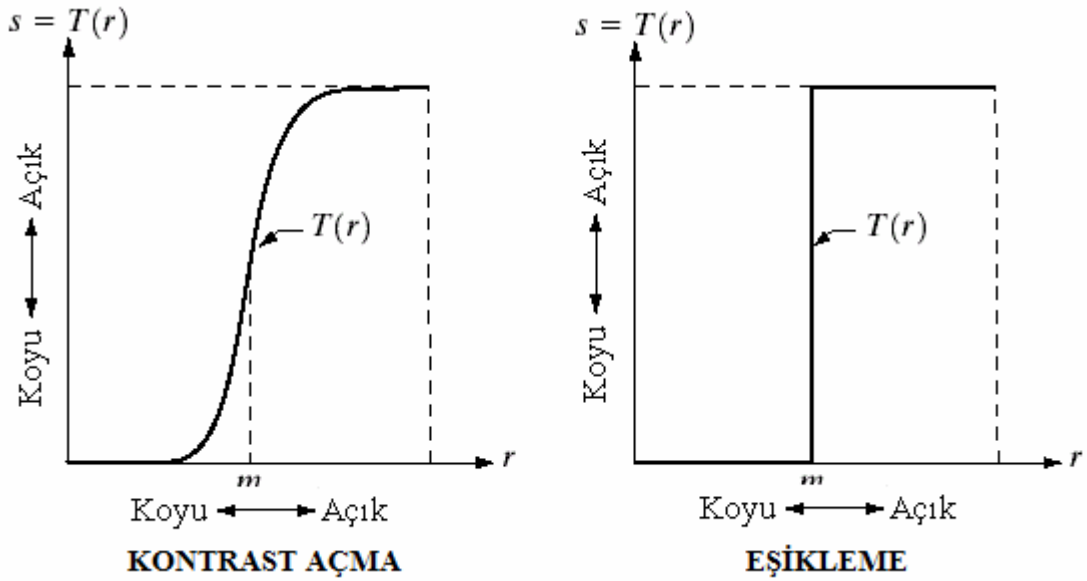
Şekil 4.1. Bir görüntüde, (x,y) noktasındaki 3x3 komşuluk



Şekil 4.2. Komşulukta giriş-çıkış ilişkisi

Nokta işleme teknikleri (Örneğin, Kontrast açma, eşikleme) :

Şekil 4.3' de (4.2) denkleminin kontrast açma ve eşikleme durumlarında nasıl değiştiği gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kontrast Açma için gri-seviye dönüşüm fonksiyonları [8].

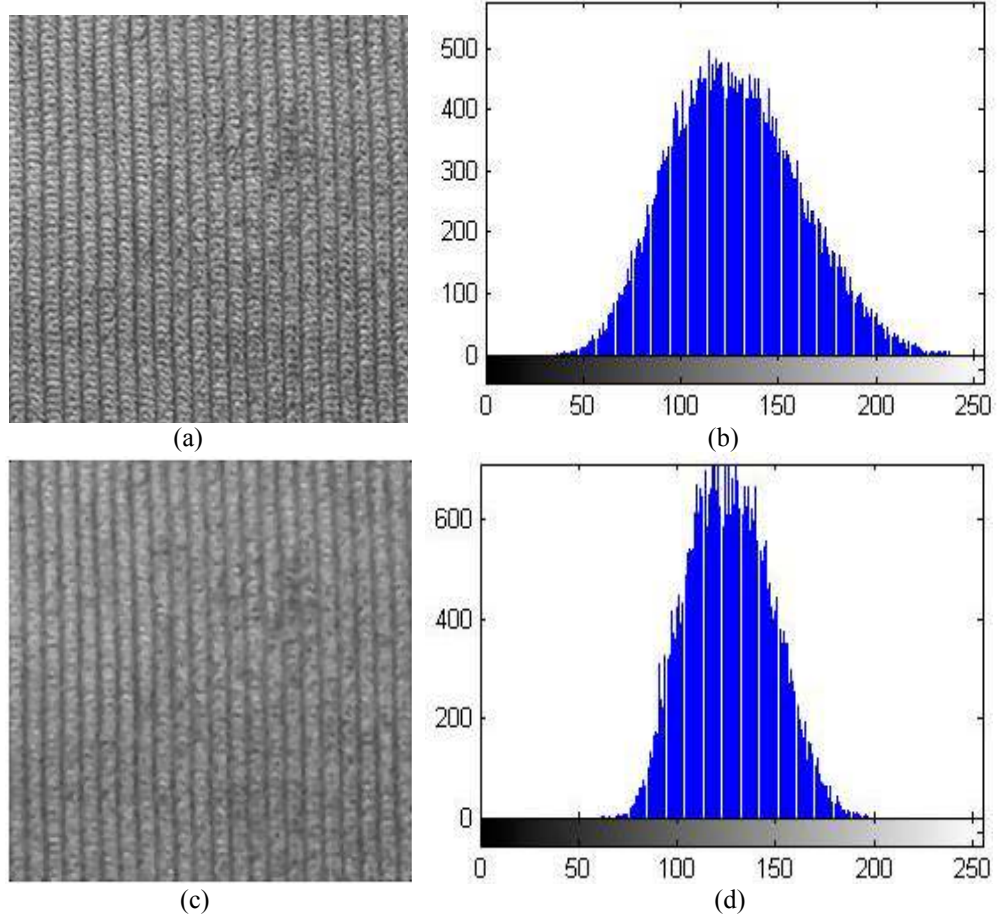
4.1. Görüntü İyileştirme Ve Onarma Yöntemleri

4.1.1. Maske İşleme veya Filtreleme

f' in (x,y) noktasındaki ön tanımlı komşuluk değerleri, g' nin (x,y) noktasındaki değerlerini tanımlar. Maske kullanımı ile sağlanır (Çekirdek, kalıp, pencere veya filtre).

Filtreleme işlemi için maske değeri girildikten sonra Medyan, Adaptif veya Ortalama filtre uygulanabilir. Filtre uygulandıktan sonra asıl görüntü ile filtrelenmiş görüntü arasındaki histogram farkı da görüntülenebilir. Filtreleme işleminde dikkat edilmesi gereken husus filtreleme işlemi sonucunda görüntünün kendine has özelliklerini yitirmemesidir.

Şekil 4.4' de bir dokunun maske boyutu 3×3 olan bir Medyan filtre uygulandıktan sonraki görüntüsü ve histogramı yer almaktadır. Şekil 4.4 (c)' de dokunun asıl halindeki özellikleri yitirdiği görülmekte, histogramdaki dağılımın daralmasından da bu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.4. (a)Asıl doku görüntüsü (b) Asıl doku görüntüsüne ait histogram (c) Filtrenilmiş görüntü (d) Filtrenilmiş görüntüye ait histogram

4.1.2. Nokta İşleme

Bunlar bir pikselin aydınlık yoğunluğuna dayanan yöntemlerdir:

- r , pikselin işlemden önceki yoğunluğu ($f(x,y)$)
- s , pikselin işlemden sonraki yoğunluğu ($g(x,y)$)

4.1.3. Bazı Temel Yoğunluk Dönüşümleri

- Görüntünün negatifini alma
- Parçalı-Doğrusal Dönüşüm Fonksiyonları:
 - Kontrast Açma
 - Gri-Seviye Dilimleme
 - Bit-düzlemi dilimleme

4.1.4. Bazı Temel Gri-Seviye Dönüşümleri

- Doğrusal: Negatif, Tanımsal
- Logaritmik: Log., Ters Log.
- Kuvvet-Kuralı: n ' inci kuvvet, n ' inci kök

4.1.4.1. Görüntü Negatifleri

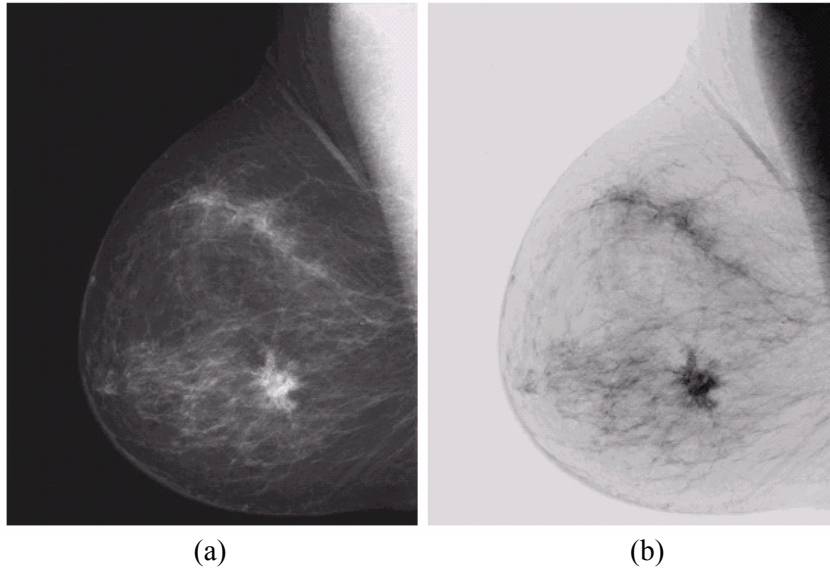
Şekil 4.5' deki gibi bir görüntünün negatifini almak için $s=T(r)$ fonksiyonu kullanılır:

$$S=(L-1)-r, ([0,L-1]: \text{ Gri seviye aralığı}) \quad (4.3)$$

Görüntü Farkı Alma ;

$$g(x,y) = f(x,y) - h(x,y) \quad (4.4)$$

(Örnek radyografide maske modu, $h(x,y)$: maske)



Şekil 4.5. (a)Asıl mamogram görüntüsü (b) Negatif dönüşüm kullanılarak elde edilen negatif görüntü [8].

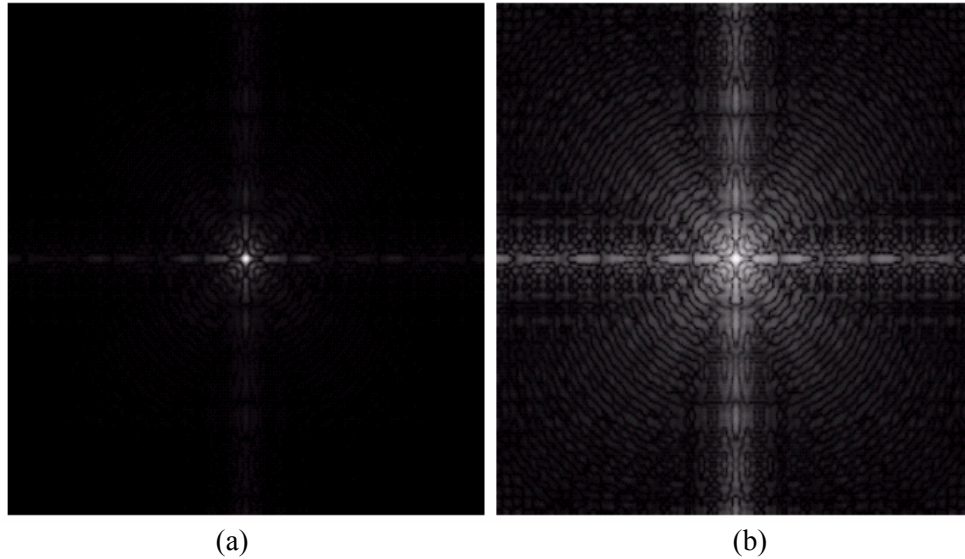
Fonksiyon, siyahı beyaz beyazı siyah hale dönüştürür ve giriş yoğunluğu arttıkça çıkış yoğunluğu azalır. Genellikle, tıbbi görüntülerde kullanılır.

4.2. Logaritmik Dönüşümler

$$s = c \log(1+r) \quad (4.5)$$

c: Sabit

Piksel değerlerinde aşırı değişimlere sahip görüntülerdeki dinamik alanı sıkıştırır. Şekil 4.6' da Fourier ve Logaritmik dönüşümler sonucu elde edilmiş görüntüler verilmiştir.



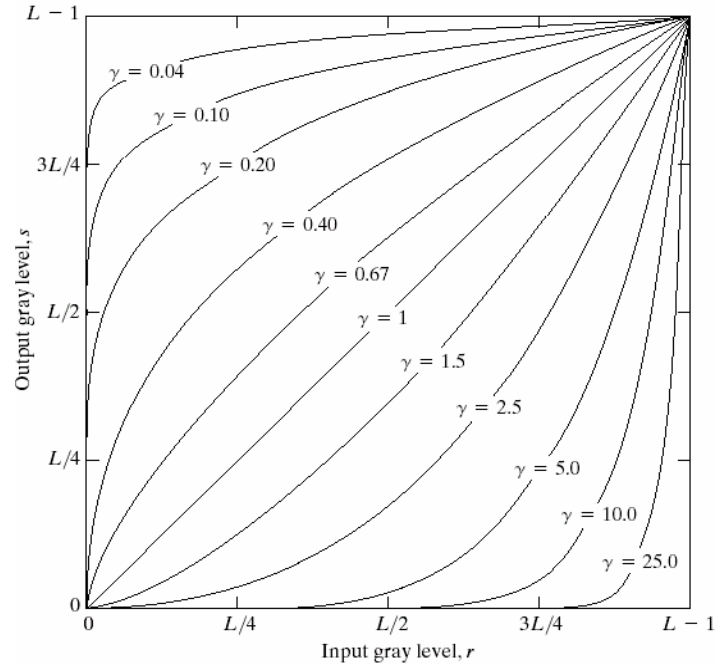
Şekil 4.6. (a) Fourier spektrumu (b)Logaritma dönüşümü sonucu (c=1 için) [8].

4.3. Kuvvet Dönüşümü

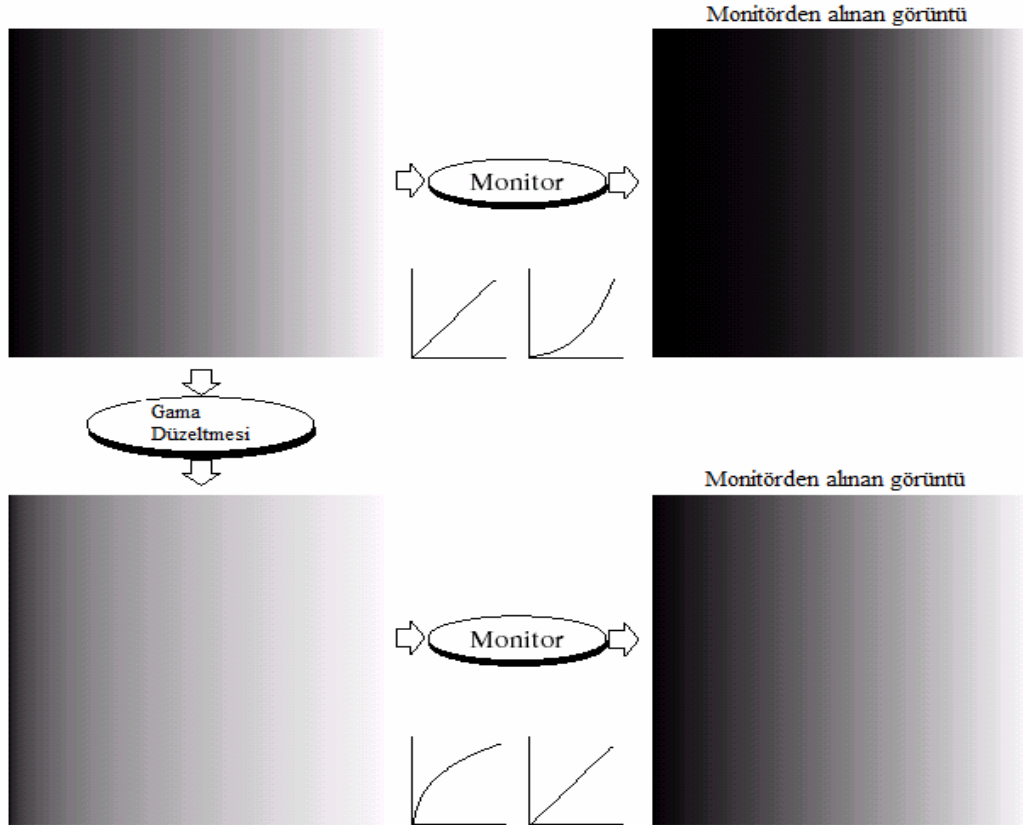
$$S=c.r^{\gamma} \quad (4.6)$$

C, γ : Pozitif sabitler

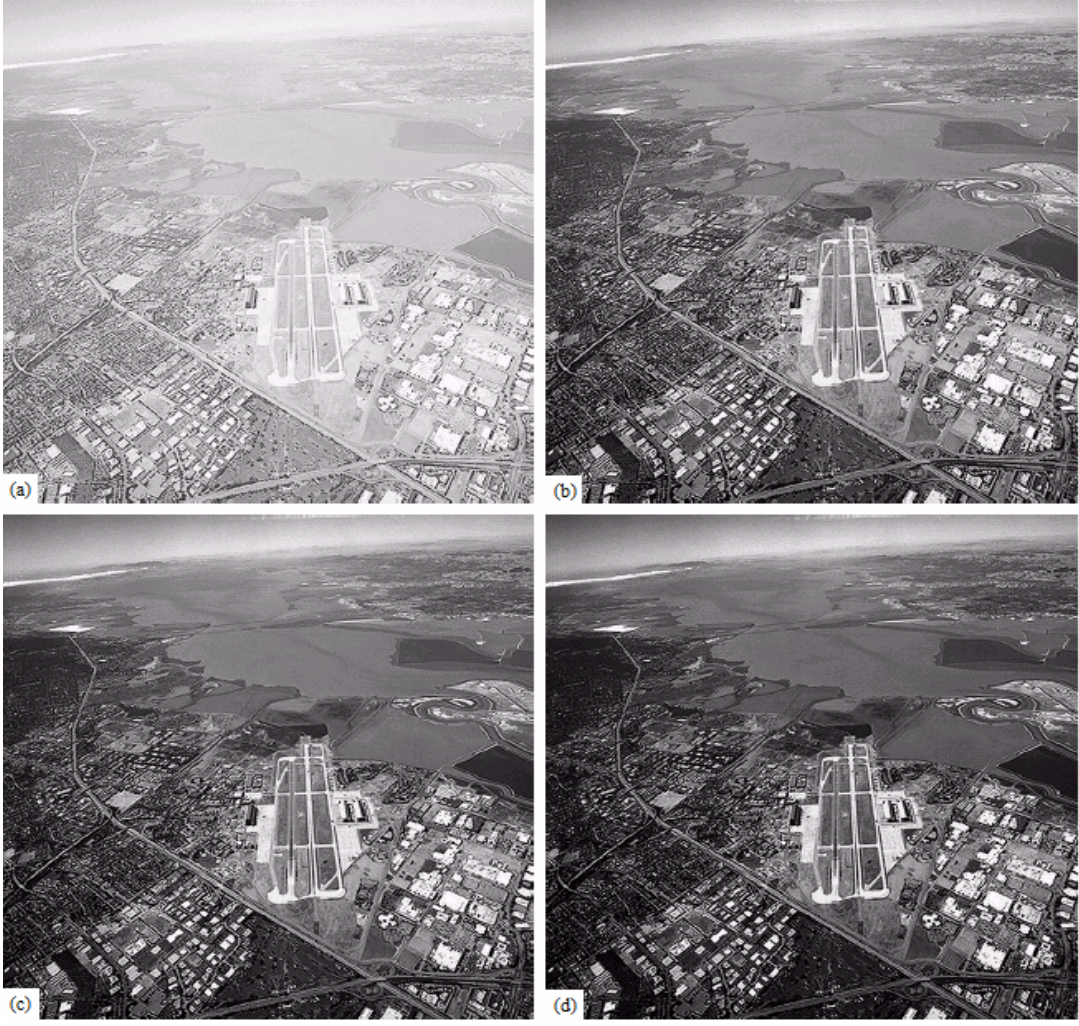
Buna Gama düzeltmesi de denir. Örneğin CRT cihazlarında $\gamma=1.8-2.5$ değerindedir ve CRT cihazlarının çıkışı daha karanlıktır. Bunu düzeltmek için görüntü $s= c. r^{(1/\gamma)}$ düzeltmesi ile verilir. Şekil 4.7, 4.8 ve 4.9' da (4.5) denkleminin ve birbirinden farklı görüntülerin çeşitli c ve γ değerleri için çizim ve görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 4.7. $S=cr^\gamma$ eşitliğinin çeşitli γ değerleri için çizimi ($\gamma=c=1$: Tanımsal) [8].



Şekil 4.8. (a) Doğrusal gri seviye görüntüsü (b) Monitörün doğrusal gri seviyeye cevabı (c) Gama düzeltmesi (d) Monitör çıkışı [8].



Şekil 4.9. (a) Hava Alanı görüntüsü (b)-(d) Kuvvet dönüşümü ile kontrast düzeltmesi $C=1$, $\gamma=3.0, 4.0, 5.0$ [8].

4.4. Kısmi Doğrusal Dönüşüm Fonksiyonları

4.4.1. Kontrast Açma

İşlenecek görüntüde, gri seviyelerin dinamik alanını açmak için kullanılır. Dönüşüm fonksiyonu aşağıdaki gibi olur;

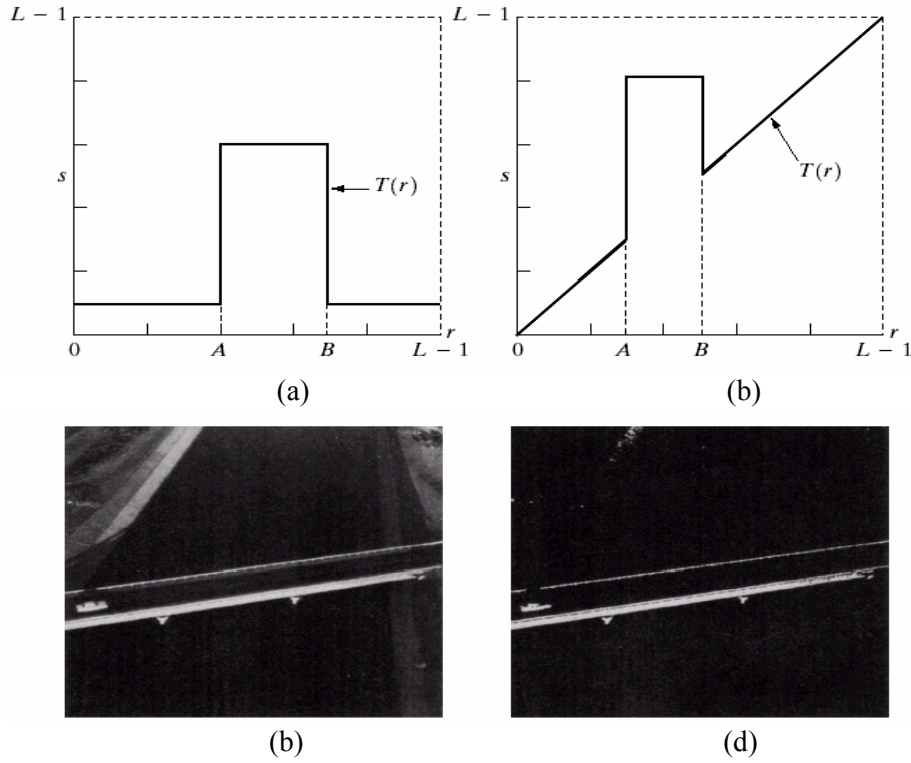
$$s = \begin{cases} \alpha r, & 0 \leq r \leq r_1 \\ \beta(r - r_1) + s_1, & r_1 \leq r \leq r_2 \\ \gamma(r - r_2) + s_2, & r_2 \leq r \leq L-1 \end{cases} \quad (4.7)$$

- (r_1, s_1) ve (r_2, s_2) kontrol noktaları, dönüşüm fonksiyonunun şeklini belirler.
 - Eğer $r_1 = s_1$ ve $r_2 = s_2$ ise, dönüşüm doğrusaldır ve prosedür bir değişiklik yapmaz.
 - Eğer $r_1 = r_2$, $s_1 = 0$ ve $s_2 = L-1$ ise dönüşüm, ikili görüntü oluşturan eşikleme fonksiyonu olur.

Daha fazla fonksiyon şekli olması durumunda (r_1, s_1) ve (r_2, s_2) ' in ara değerleri çıkış görüntüsü üzerindeki gri seviyeyi farklı biçimlerde etkiler. Bu da kontrastın değişimine neden olur. Genellikle, $r_1 \leq r_2$ ve $s_1 \leq s_2$ olduğu kabul edilir [8].

4.4.2. Gri Seviye Dilimleme

Görüntüdeki özel bir gri aralığını açığa çıkarmak için kullanılır (örneğin, kesin özellikleri belirlemek için). İlgilenilen gri seviyesinin üstündekileri yüksek değerle ve diğerlerini düşük değerle göstermenin bir yoludur. Sonuç olarak ikili bir görüntü elde edilmiş olur. İkinci yaklaşım; arka plan görüntüyü ve gri tonlamasını korurken ilgilenilen gri seviyesini aydınlatmaktır. Bu durum Şekil 4.10' dan da gözlemlenebilmektedir.



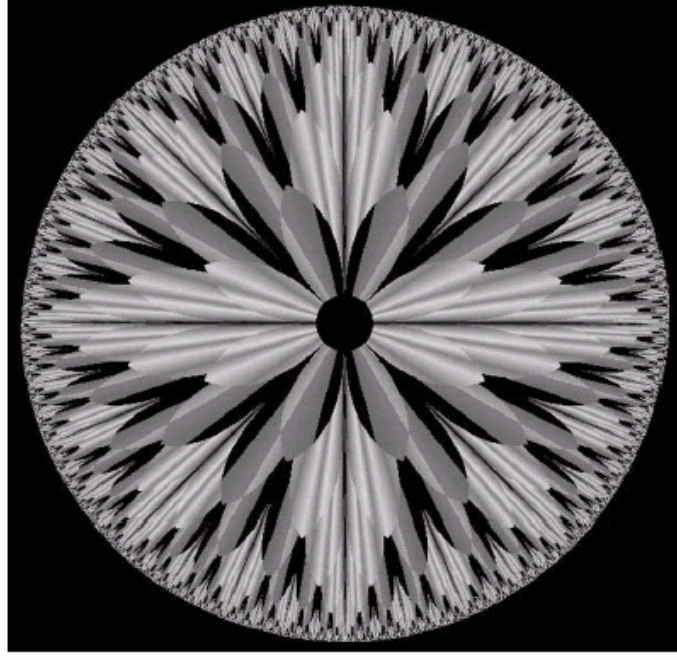
Şekil 4.10. (a) $[A,B]$ gri seviye aralığını belirginleştiren dönüşüm, (b) $[A,B]$ gri seviye aralığını belirginleştirirken arka planı korur (c) Bir görüntü, (d) (a) dönüşümü kullanılarak elde edilen görüntü

Bit Düzlemi Dilimleme:

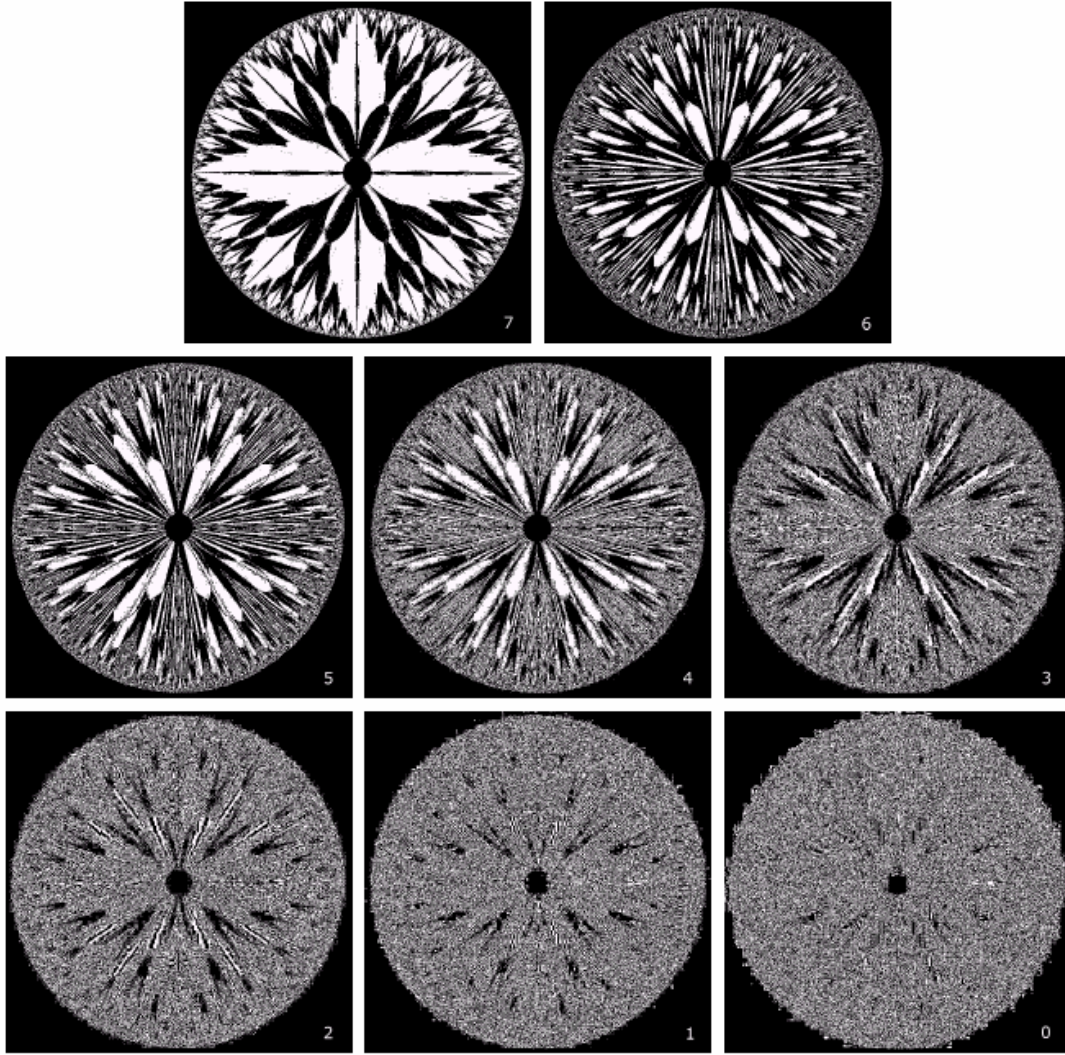
Bazı özel bitler üzerinde işlem yaparak bütün görüntü üzerinde belirginleşme sağlama işlemidir. Örneğin; her bir pikselin 8 bitle ifade edildiği kabul edilirse, görüntü 8 adet 1-bit düzlemi olarak düşünülebilir. 0 düzlemi en düşük değerlikli biti, 7 düzlemi ise en yüksek değerlikli biti gösterir.

Bit düzlemi açıklanacak olursa;

Sadece yüksek değerlikli bitler (en yüksek 4 bit gibi) görsel olarak kayda değer veri içerir. Diğer bit düzlemleri daha ince ayrıntıyı oluştururlar. 7 Düzlemi, 128 gri seviyesinde görüntü eşikleme demektir. Bit düzlemi ile ilgili açıklamalar Şekil 4.11 ve 4.12 incelendiğinde daha kolay anlaşılabilir hale gelecektir.



Şekil 4.11. 8 bit fraktal görüntü (Fraktal, geometrik anlatımdan oluşturulmuş bir görüntüdür) [8].



Şekil 4.12. 8 bit düzleminde görüntü (her görüntünün sağ alt köşesindeki rakamlar bit düzlemini belirtir) [8].

4.5. Histogram

Histogram, görüntü yoğunluğu dağılımının istatistiksel karakteristiğini inceleyen bir araçtır. Geleneksel boyamanın ve klasik fotoğrafçılığın prensiplerinden bir tanesi ise zengin ton aralığı ile resimlerin yaratılmasını önermektedir. Renkli bir görüntü içerisinde zengin ton aralığı kontrast ve parlaklık gibi renk değerlerini içermektedir. Histogram birçok uzaysal alan işleme tekniğinin temelini oluşturmaktadır. Histogram manipülasyonu görüntü iyileştirme için etkili bir şekilde kullanılmaktadır [3].

Histogram gri seviyesi olan her görüntü için bir çubuk grafik kullanır. Yatay eksen gri düzey değerlerini gösterir. Sıfırdan başlar ve gri seviye sayısına kadar gider.(Örneğin 256) Her bir dikey çubuk görüntüde oluşan gri seviye oluşum sayısını gösterir. Diğer yararları

yanında görüntü düzgün taranmış olsun ya da olmasın histogram görünür. Histogramlar nesne algılama için eşik seçimine de yardımcı olur (Bu nesne bir ev, yol veya kişi olabilir). Bir görüntü içindeki nesneler benzer gri seviyelere sahip olma eğilimindedir. Örneğin, bir tuğla evin bir görüntüsündeki bütün tuğlalar genellikle benzer gri seviyelerde olacaktır. Tüm çatı saçları benzer gri düzeyleri paylaşacak ama tuğlalardan farklı olacaktır [10]. Şekil 4.13’ de farklı gri seviyelere sahip görüntülere ait histogram grafikleri görülmektedir.

Histogram, bir sayısal görüntü içerisindeki 0- L-1 gri seviyelerinin dağılımını gösteren bir fonksiyondur:

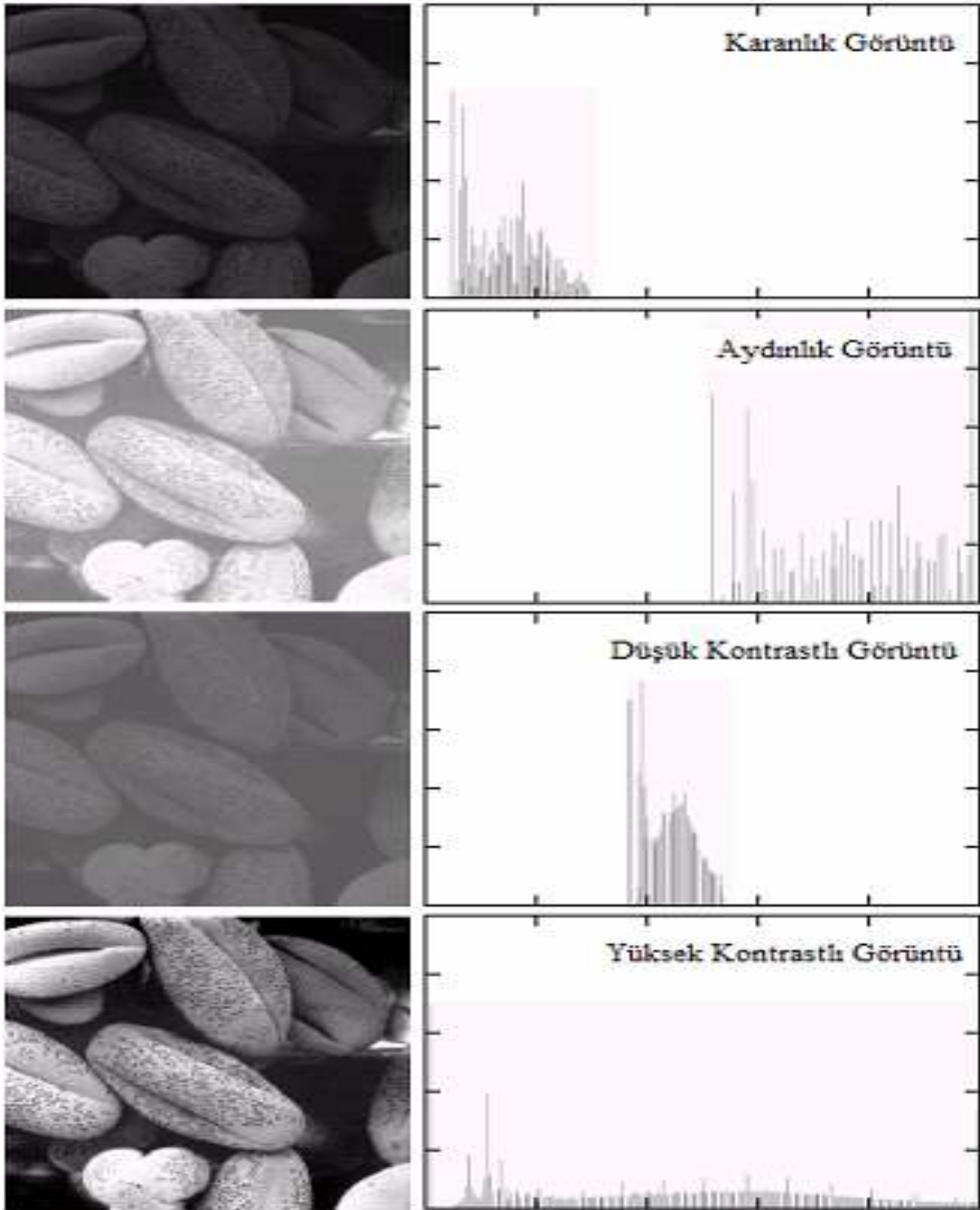
- Histogram: $h(r_k)=n_k$ (4.8)

- r_k , k’ inci gri seviye
- n_k , r_k gri seviyeye sahip piksel sayısı
- n , görüntüdeki toplam piksel sayısı
- $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$

- Normalize histogram: $p(r_k)=n_k/n$ (4.9)

(Olasılık fonksiyonu)

Karanlık bir resimde yoğunluk düşük değerlerdedir ve bileşenler toplamı = 1 olur. [8]



Şekil 4.13. Histogramlar [8].

Histogramın şekli, kontrast iyileştirme olasılığı hakkına kullanışlı bilgiler sağlar.

- Üç tip işleme vardır:
 - Histogram eşitleme
 - Histogram eşleştirme (özelleştirme)
 - Yerel iyileştirme

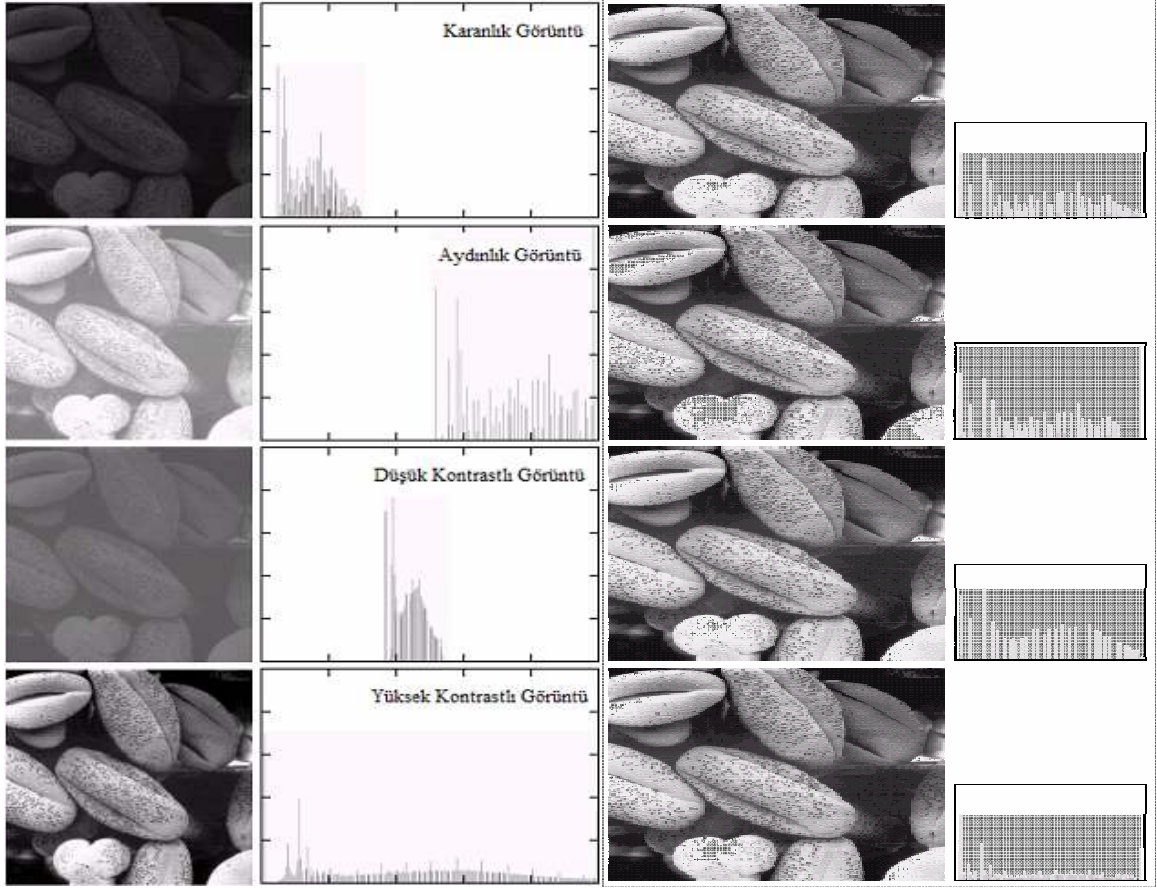
Daha önce bahsedildiği gibi gri seviyeler ayrık değerlerdir. Her bir gri seviye olasılığını şöyle verebiliriz:

$$p_r(r_k) = n_k / n, \quad k=0,1,\dots, L-1 \quad (4.10)$$

$p_r(r_k)$ fonksiyonun r_k 'ye göre değişimi histogram olarak adlandırılır. Normal dağılımlı histogram elde etme tekniği histogram eşitleme ya da histogram doğrusallaştırma olarak bilinir [8];

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} = \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \quad (4.11)$$

Histogram eşitleme, kontrast açma ile benzer, fakat tam otomasyon avantajı sunar. Çünkü histogram eşitleme otomatik olarak doğrusal dağılımlı yeni bir görüntü oluşturacak dönüşüm fonksiyonu tanımlar [8]. Şekil 4.14' de, Şekil 4.13' deki farklı gri seviyeleri sahip görüntülere histogram eşitleme uygulanmış ve sonuçlar histogramları ile birlikte verilmiştir.



Şekil 4.14. Görüntüler, Histogramları, Histogram Eşitlenmiş Halleri, Histogramlar

Histogram eşitleme, etkileşimli bir görüntü iyileştirmeye izin vermez. Sadece doğrusal dağılımlı bir yaklaşım sonucu oluşturur. Bazen, belirli bir gri seviye aralığını belirginleştirecek özel histogram şekli tanımlamaya ihtiyaç duyulur. İyileştirmeye dayalı histogram özelleştirme prosedürü şöyledir;

- Asıl görüntü seviyeleri eşitlenir;

$$s = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (4.12)$$

n: Toplam piksel sayısı.

n_j: r_j gri seviyeli piksellerin toplamı

L: Ayırık gri seviye sayısı [8].

- İstenen yoğunluk fonksiyonu tanımlanıp G(z) dönüşüm fonksiyonu bulunur;

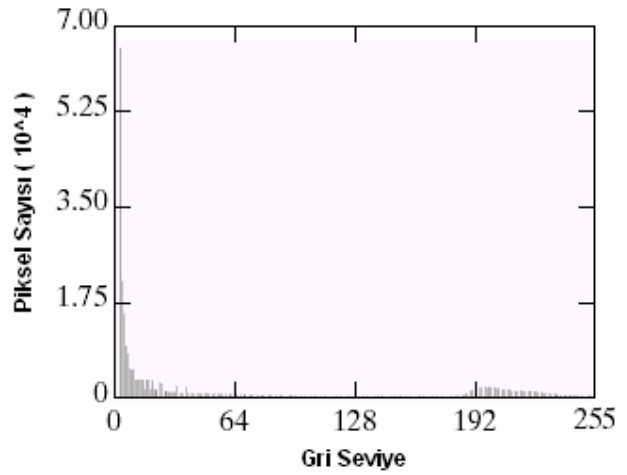
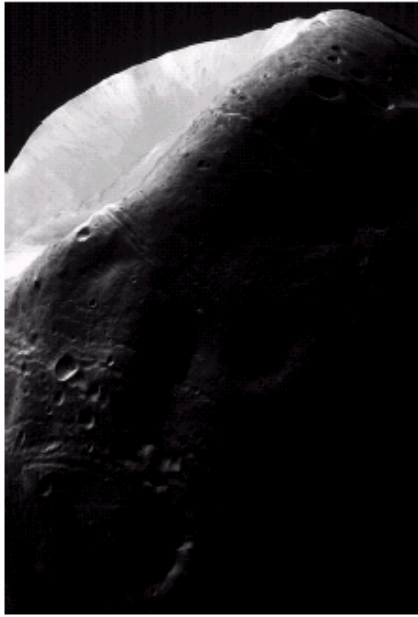
$$v = G(z) = \sum_{i=0}^z p_z(w) \approx \sum_{i=0}^z \frac{n_i}{n} \quad (4.13)$$

p_z : Çıkış için istenen özel olasılık dağılım fonksiyonu

- Birinci adımda bulunan seviyelere $z=G^{-1}(s)$ ters dönüşüm fonksiyonu uygulanır [8].
- Yeni görüntü, $p_z(z)$ tanımlanmış yoğunluk fonksiyonu ile karakterize edilen gri seviyeleri içeren biçimde olur.

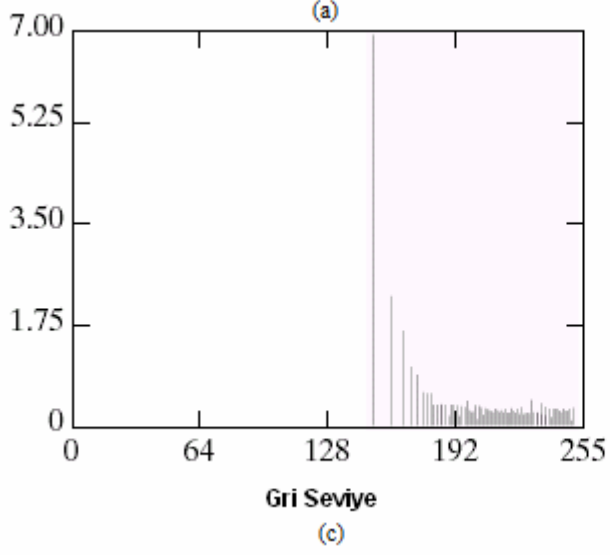
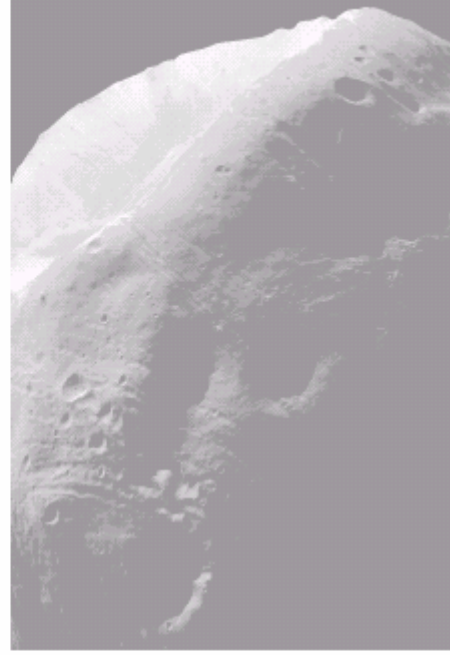
$$z = G^{-1}(s) \rightarrow z = G^{-1}[T(r)] \quad (4.14)$$

Histogram özelleştirmedeki, prensip zorluk anlamlı histogramı yeniden oluşturmaktır. Ya (Gauss yoğunluğu gibi) özel olasılık yoğunluk fonksiyonu tanımlanır, sonra bir histogram verilen fonksiyon sayısallaştırılarak şekillenir ya da bir histogram biçimi grafik cihazı üzerinde belirlenir ve sonra histogram algoritmasını icra eden işlemciye uygulanır. Şekil 4.15 ve 4.16’ da Mars gezegenine ait bir görüntünün histogram eşitlemesi yapılmadan önce ve yapıldıktan sonraki halleri için histogram grafikleri ve dönüşüm fonksiyonu verilmiştir.



a b

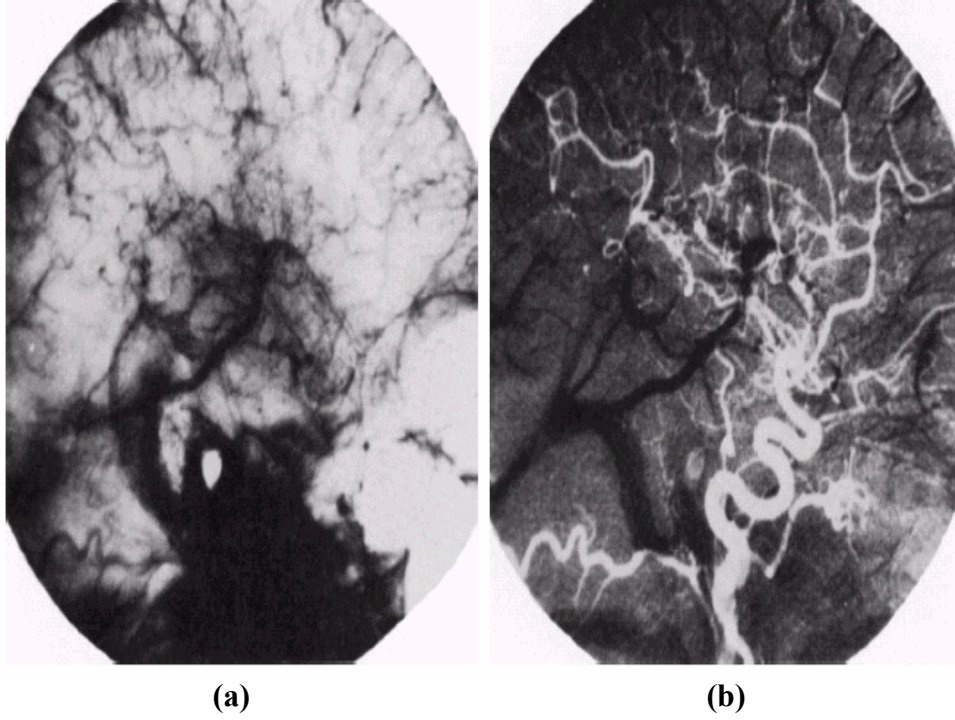
Şekil 4.15. (a) Mars’ a ait bir görüntü (b) Histogramı [8].



Şekil 4.16. (a)Histogram eşitleme dönüşüm fonksiyonu (b) Histogram eşitlenmiş görüntü(solgun görünüm)
(c) (b) nin histogramı [8].

5. UZAYSAL BÖLGEDE GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME

Şekil 5.1’ de bir görüntü iyileştirme yöntemi olan görüntü farkı alma yöntemi kullanılarak elde edilen görüntüler verilmiştir.



Şekil 5.1. Görüntü farkı alarak iyileştirme (a) Maske görüntü (b) Maskeden çıkarılmış bir görüntü (kan damarına enjeksiyon yapıldıktan sonra) [9].

Görüntü ortalaması alınırken kullanılan denklemler;

- Gürültülü bir görüntü:

$$g(x, y) = f(x, y) + n(x, y) \quad (5.1)$$

- M farklı gürültülü görüntü:

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M g_i(x, y) \quad (5.2)$$

M arttıkça, her bir yerdeki (lokasyondaki) pikselin değişim değeri azalır. Bunun manası, ortalama işlemindeki gürültülü görüntü sayısı arttıkça $g(x,y)$ görüntüsü $f(x,y)$ görüntüsüne benzer. Görüntü belirli bir sayıda kullanılmalı ki, sonuç görüntü bulanık bir hal almasın [8].

- Yerel İyileştirme:

Yerel iyileştirme küçük alanlardaki ayrıntıları iyileştirmenin gerekli olduğu durumlarda yapılır. Her bir piksel komşuluğundaki gri seviye dağılımına dayalı dönüşüm oluşturularak yapılır. Prosedür şöyle tanımlanabilir:

- Bir kare (veya dikdörtgen) komşuluk tanımlanır ve bu alanın merkezi pikselden piksele kaydırılır.
- Her bir yerde, komşuluktaki noktaların histogramı hesaplanır ve ya histogram eşitleme yada histogram özelleştirme fonksiyonu uygulanır.
- Sonra bu işlem komşuluğun merkezi noktasına aksettirilir.
- Merkez kaydırılır ve prosedür tekrarlanır.

5.1. Uzaysal Filtreleme

Görüntü işleme (uzaysal filtreleme) için uzaysal maske kullanımıdır. Filtre doğrusal olmayabilir. Alçak geçiren filtre, frekans bölgesindeki yüksek frekanslı bileşenleri yok eder veya genliği azaltır. Keskinleşen görüntünün ayrıntıları azalır. Sonuç olarak görüntü bulanıklaşır. Yüksek geçiren filtre ise alçak frekanslı bileşenler azaltılır. Sonuç olarak görüntüde kenarlar ve diğer keskin ayrıntılar belirginleşir. Bant geçiren filtrede ise durum şöyledir; seçilen frekans bandındaki bileşenlerin var olmasına izin verir. Genelde görüntü onarımı (restoration) işleminde kullanılır. Görüntü iyileştirmede pek kullanılmaz [8].

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

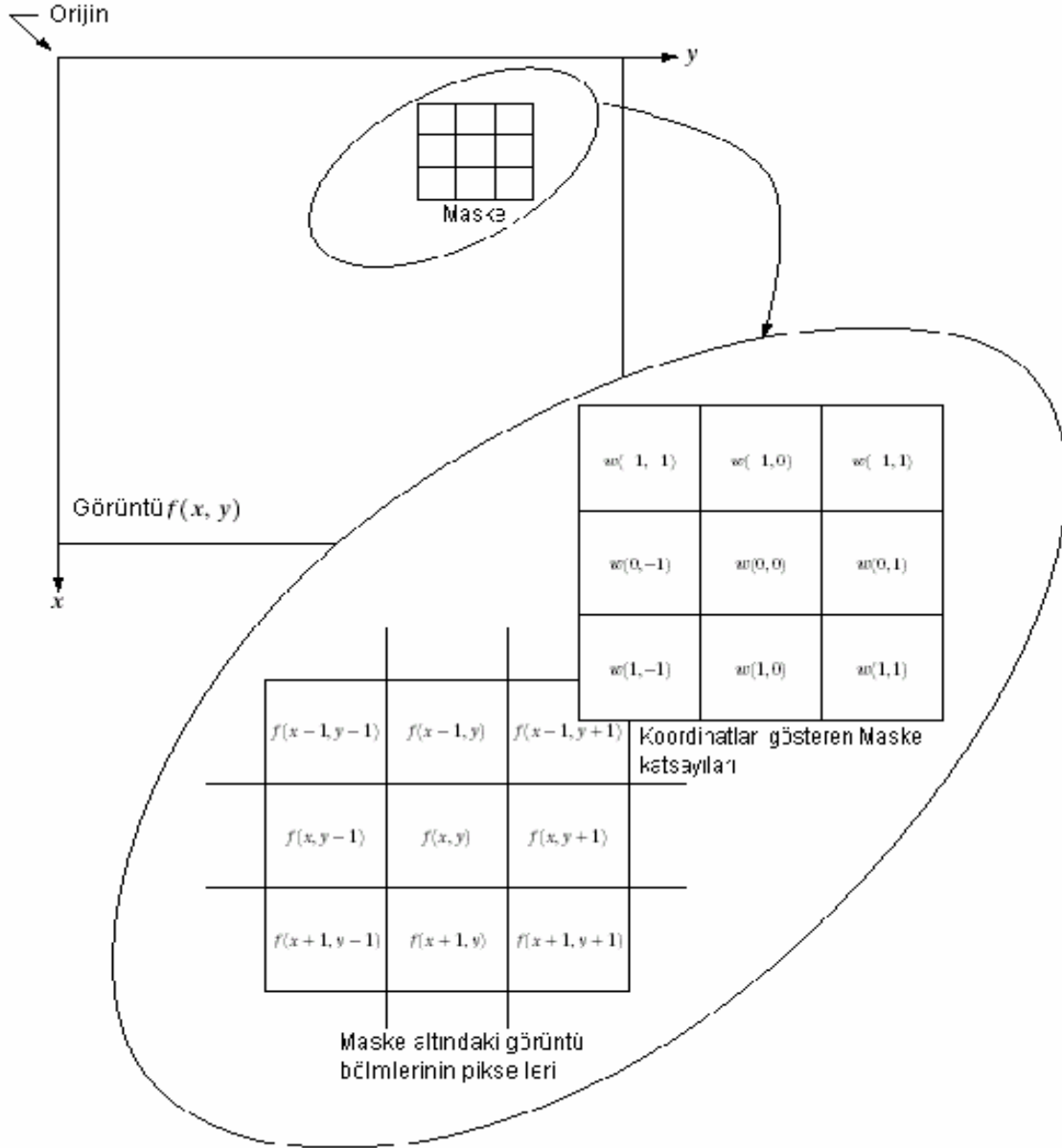
$$a=(m-1)/2 \text{ ve } b=(n-1)/2,$$

$$m \times n \text{ (Tek sayıda olmalı), } x=0,1,\dots,M-1 \text{ and } y=0,1,\dots,N-1$$

Bu işlem katlama (*convolution*) olarak bilinir. Temel yaklaşım, belirli lokasyondaki (yerdeki) maskenin altındaki piksel yoğunluğu ve maske katsayıları arasındaki sonuçların toplamını almaktır. Örneğin 3x3 bir filtre için $h(x,y)$ katsayıları:

$$R = w_1 z_1 + w_2 z_2 + \dots + w_9 z_9 \quad (5.4)$$

$$g(x,y) = f(x,y) - h(x,y) \quad (5.5)$$



Şekil 5.2. Uzamsal filtrenin mekanığı büyütülmüş şekli bir 3x3 maske ve görüntünün okunurluğunu kolaylaştırmak için görüntünün alttaki bölümü yerinden oynatılır [23].

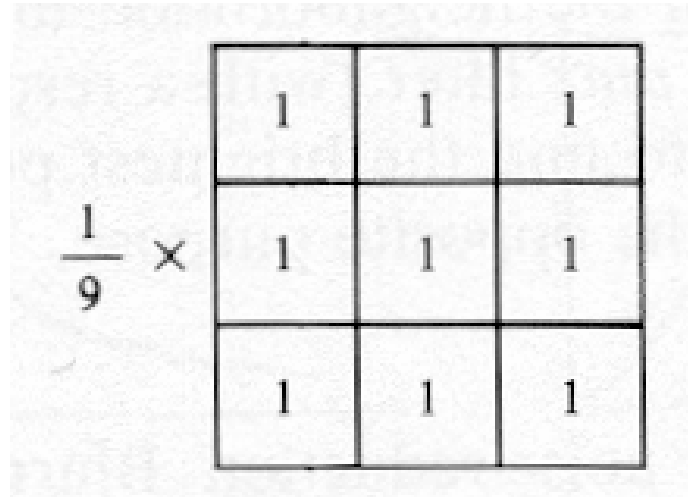
Doğrusal olmayan filtreleme, piksel komşuluğunu kullanır. Maske katsayılarını kullanmayabilir. Örneğin, komşuluk filtrelemesinde, gri seviye ortalama (Medyan) alıcı filtrenin gürültü düzeltilmesinde kullanılması örnek verilebilir.

5.2. Yumuşatan Filtreler

Küçük ayrıntıları kaldırarak geniş nesneleri belirlemek için kullanılır. Gürültü giderilmesinde küçük parçaları birleştirir. Sonuç olarak görüntü bulanık (buğulu) olur. Alçak geçiren (yumuşatan) uzaysal filtrelemede komşuluk ortalaması alınarak bulanık (buğulu) görüntü oluşturulur. Sonuçta alınan görüntü buğuludur,

- Medyan (Ortalama) filtreleme (doğrusal olmayan):

Birincil olarak gürültü düzeltmesinde kullanılır. İzole (bağımsız) sivrilikler yok edilir. Her bir pikselin gri seviyesi, o pikselin komşuluğundaki gri seviyelerin ortalaması alınarak belirlenir. Şekil 5.3’ de ortalama alıcı (Medyan) filtre için kullanılacak matris ve katsayısını ne olması gerektiği görülmektedir.



The image shows a 3x3 matrix where every cell contains the number 1. To the left of the matrix is the fraction $\frac{1}{9}$ followed by a multiplication symbol $\times$. This represents the kernel for a 3x3 average filter.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

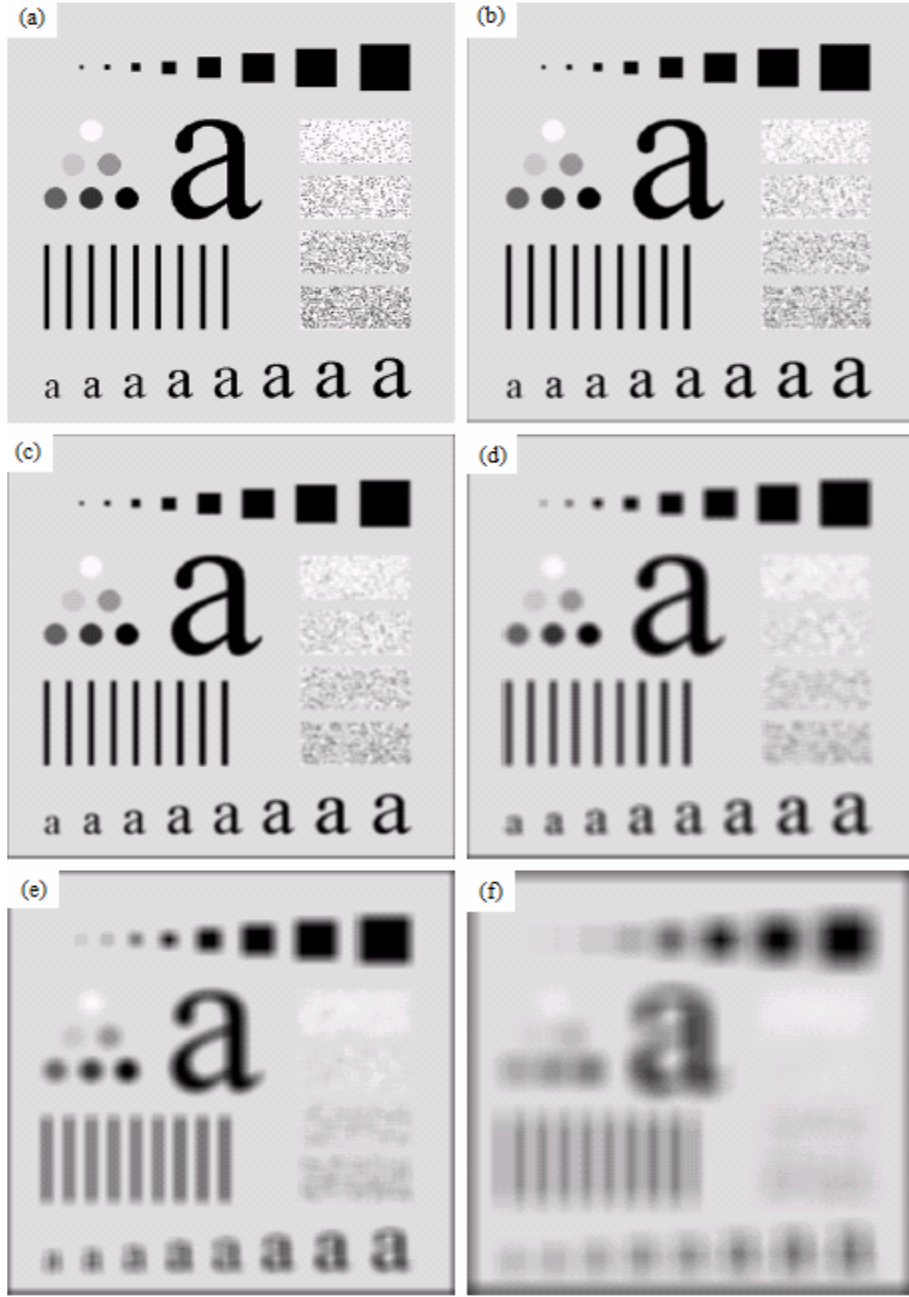
Şekil 5. 3. Ortalama alıcı (medyan) filtre

Bu işlemde her bir pikselin gri seviyesi, komşuluk bölgesindeki piksellerin gri seviyelerinin ortalaması olarak düşünülür. Şekil 5.4’ de bu durum açıkça görülebilmektedir. Şekil 5.5’ de ise farklı boyutlarda Average filtre uygulanış görüntüleri sıralanarak karşılaştırma yapılabilmesi sağlanmıştır.

$\frac{1}{9} \times$	1	1	1
	1	1	1
	1	1	1
(a)			

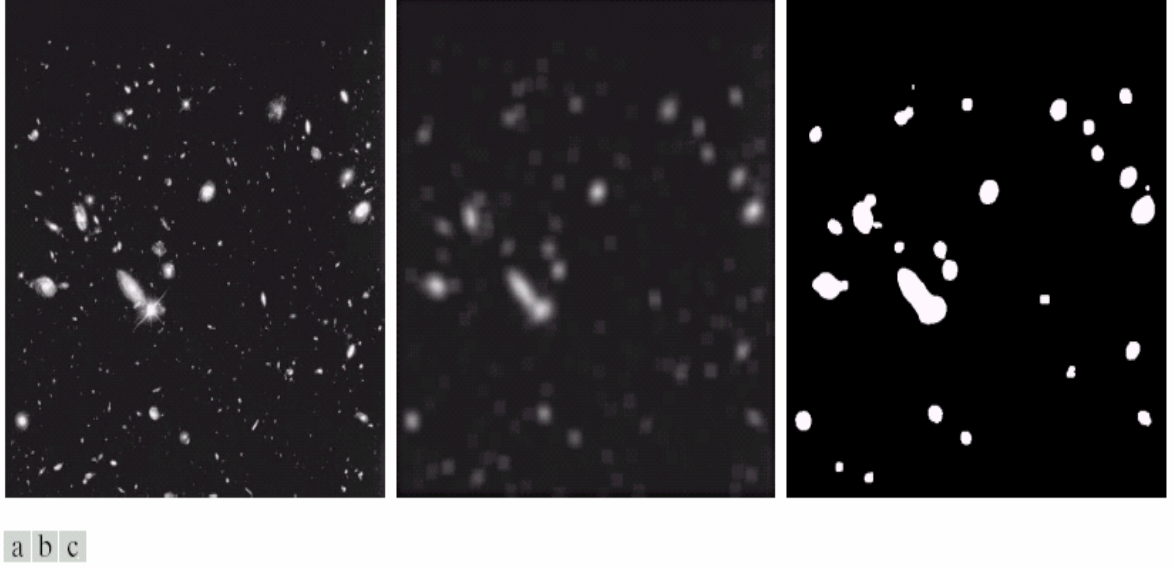
$\frac{1}{16} \times$	1	2	1
	2	4	2
	1	2	1
(b)			

Şekil 5.4. İki 3x3 average filtre maske. Matrislerin yanlarında çarpım durumundaki sabitler matris değerlerinin toplamına eşittir [8].

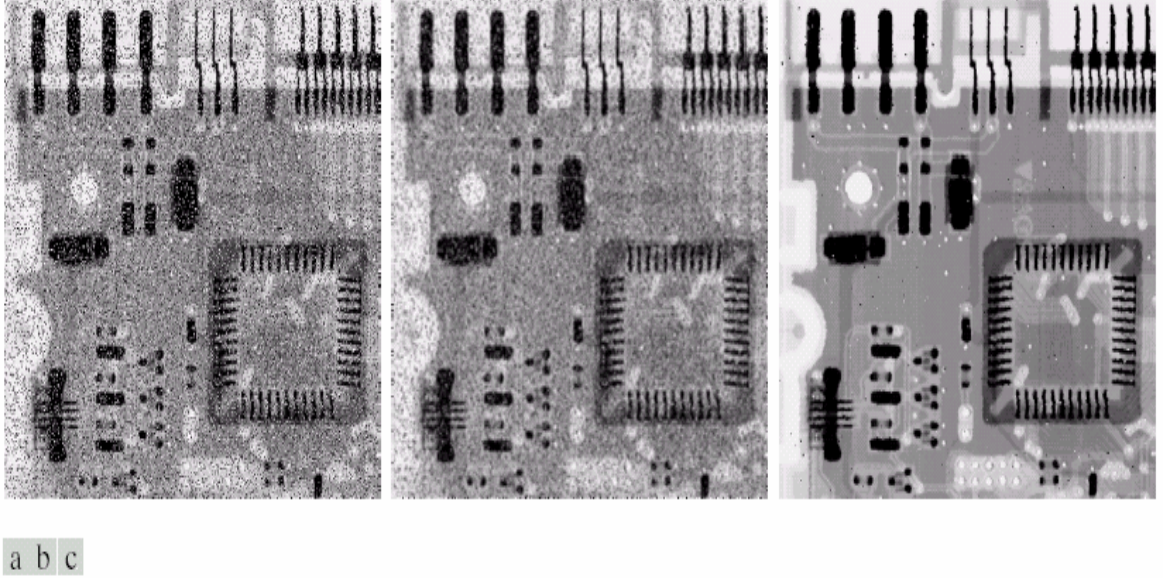


Şekil 5.5. (a) 500x500 piksel boyutunda görüntü (b)-(f) boyutları $n= 3,9,15$ ve 35 olan karesel average filtre uygulama sonuçları. En üstteki siyah karelerin boyutları sırasıyla 3,5,15,25,35,45 ve 55 piksel, çerçeveleri 25 piksel, Alt taraftaki harfler 2 değer artarak 10' dan 24' e kadar üstteki büyük harf ise 60 piksel boyutunda. Dikey çubuklar 5 piksel eninde,100 piksel boyunda aralarındaki mesafe 20 pikseldir. Dairelerin çapları 25 piksel ve çerçeveleri 15 piksel, gri seviyeleri %0' dan %20 artacak şekilde %100' e doğru değişir. Arka plan %10 siyah, gürültü içeren dikdörtgenlerin boyutları 50x120 pikseldir [8].

Şekil 5.6 ve 5.7’ de farklı görüntülere uygulanmış farklı boyutlarda Average maske uygulanmasına tabi tutulmuş görüntüler verilmiştir.



Şekil 5.6. 528x485 boyutunda görüntü (b) 15x15 average maske uygulanmış görüntü (c) (b) nin eşikleme uygulanmış hali [8].



Şekil 5.7. (a) Tuz-biber gürültüsüyle bozulmuş devre kartı X-ray görüntüsü (b) 3x3 average maske ile gürültü azaltma (c) 3x3 medyan filtre ile gürültü azaltma [8].

5.3. Keskinleştiren Filtreler

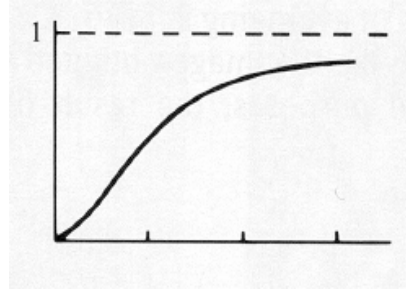
Keskinleştiren filtreler şöyle tasnif edilebilir;

- Türev operatörleri
- Temel yüksek geçiren uzaysal filtreler
- Yüksek artırıcı filtre (High-boost filtreing)

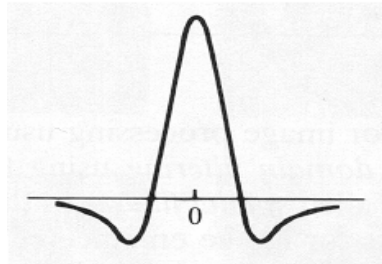
Ayrıntıyı belirginleştirmek veya bulanıklaşan ayrıntıyı iyileştirmek için kullanılır,

- Yumuşatma işlemi için; integral
- Keskinleştirme işlemi içinse; türev uygulanır.

Şekil 5.8 ve 5.9 frekans ve uzaysal bölgelerdeki filtreler için yanıtlar sunmaktadır.



Şekil 5.8. Frekans bölgesindeki filtrenin çapraz kısmı



Şekil 5.9. Uzaysal bölgedeki filtrenin çapraz kısmı

Şekil 5.10' da görüldüğü üzere matris içerisindeki katsayıların toplamı sıfır olmalıdır. Bu filtre pasif ve gri seviyeler boyunca hemen hemen kararlıdır. Maskenin çıkışı sıfırdır veya çok küçüktür. Bazı ölçekleme veya kırpma içerir. Bu, filtrelemeden sonra gri seviyedeki muhtemel negatif oluşumları engellemek içindir.

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & 8 & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

Şekil 5.10. örnek bir filtre matrisi

5.3.1. Ek Yükseltmeli (High-boost) Filtre

Keskin noktalara sahip görüntü, normal görüntüden bulanık/buğulu görüntü çıkarılması ile elde edilebilir. Buna keskin olmayan maskeleme (unsharp masking) denir:

$$f_s(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y) \quad [8] \quad (5.6)$$

(5.6) denklemini açıklayacak olursak;

Yüksek geçiren filtrelenenmiş görüntü = Asıl görüntü – Alçak Geçiren Filtrelenenmiş Görüntü

Eğer A ek yükseltme faktörü ise;

Ek Yükseltmeli = A · Asıl görüntü – Alçak geçiren filtreden geçirilmiş (Buğulu) görüntü
= (A-1) · Asıl görüntü + Asıl görüntü – Alçak geçiren filtreden geçirilmiş görüntü

= (A-1) · Asıl görüntü + Yüksek geçiren filtreden geçirilmiş görüntü

Standart yüksek geçiren filtre sonucu A=1,

Ek Yükseltmeli görüntü, kenarları iyileşmiş asıl görüntüye benzer bir görüntü (A değerine bağlı) A>1 olur. Şekil 5.11’ de buna örnek olarak bir matris verilmiştir.

$$\frac{1}{9} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline -1 & w & -1 \\ \hline -1 & -1 & -1 \\ \hline \end{array}$$

Şekil 5.11. Ek yükseltmeli filtreye örnek matris

$$w=9A-1, A \geq 1 \quad (5.7)$$

$$W=A+4 \text{ veya } A+8 \text{ gibi} \quad (5.8)$$

- Görüntü işlemede türev hesaplamak için kullanılan en yaygın yöntem *gradient*' tir:

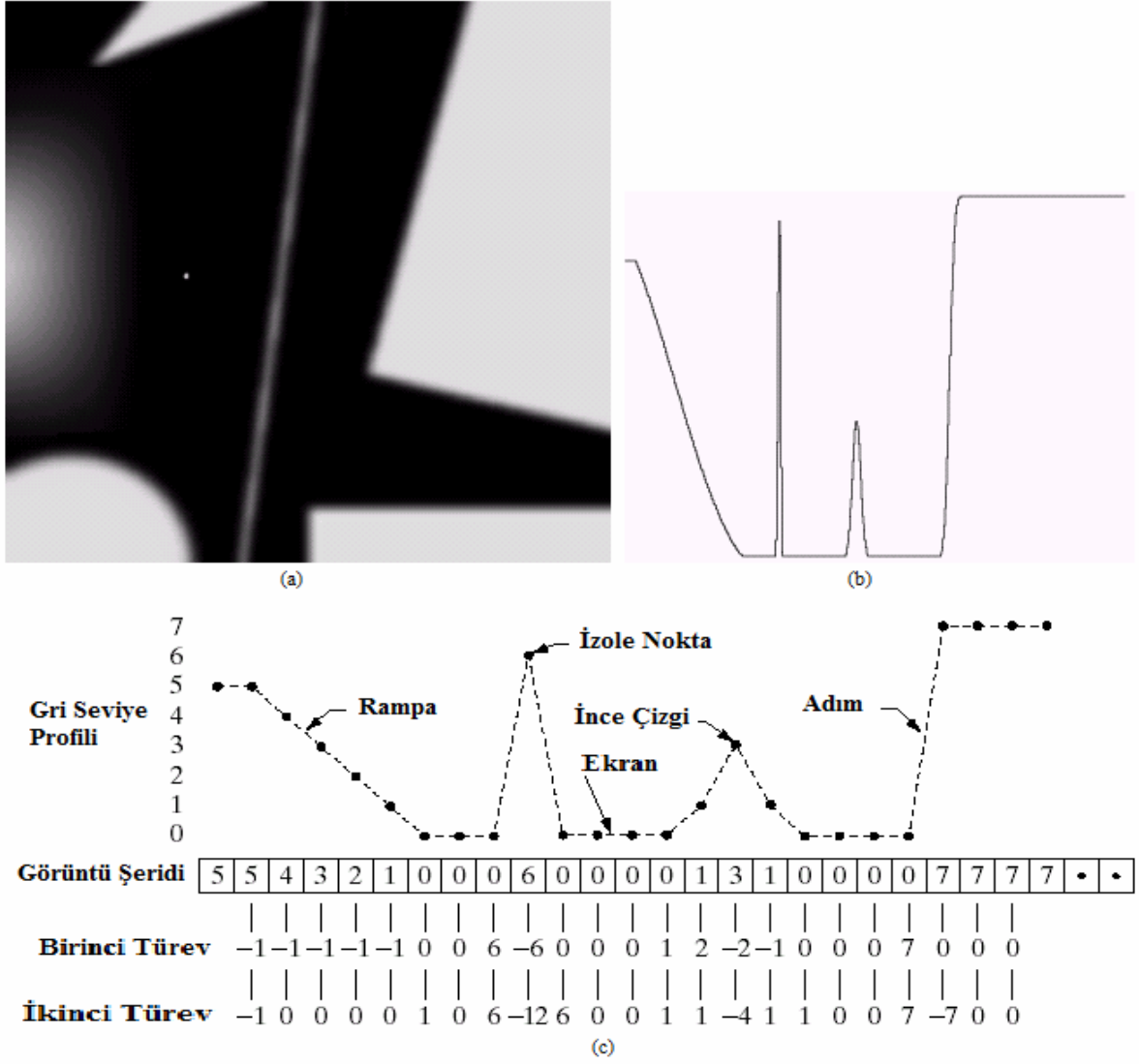
$$\nabla F = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad [8] \quad (5.9)$$

(x,y)' deki gradientler (türevler). Bu vektörün genliği:

$$\mathbf{M(x,y)} \quad \nabla f = \text{mag}(\nabla f) = [G_x^2 + G_y^2]^{\frac{1}{2}} = \left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad [8] \quad (5.10)$$

5.4. Türev Filtreleri

Ortalama alma, integral içererek bulanıklaşmaya (buğulaşma) neden oluyorsa, türev almanın ters sonuç oluşturması ve görüntüyü keskinleştirmesi beklenir. Şekil 5.12 bu konuda çeşitli bilgiler içermektedir.



Şekil 5.12. (a) Basit bir görüntü (b) izole edilmiş gürültü noktasını da içerecek şekilde görüntünün ortasındaki 1-D yatay gri seviye profili (c) basitleştirilmiş profil (Basit yorum için birleştirilmiş kesikli çizgiler)

5.4.1. Sayısal Fonksiyon Türevleri

Birinci türevin özelliği;

- Sıfır (0); sabit gri bölütlerde,
- Adım veya rampa geçişlerinde sıfırdan farklı,
- Rampa boyunca sıfırdan farklı olmasıdır.

İkinci türevin özelliği;

- Sabit gri bölütlerde sıfır
- Adım veya rampa geçişlerinde sıfırdan farklı

- Sabit eğimli rampa boyunca sıfır olmasıdır.

Birinci ve ikinci türevin karşılaştırılması sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir;

- Birinci türev, görüntüdeki geçişleri belirginleştirir.
- İkinci türev, ayrıntıyı belirlemede daha güçlüdür.
- Birinci türev, gri değişim adımında güçlü yanıt verir.
- İkinci türev, gri seviyedeki adım değişikliğinde iki kat yanıt verir.
- İkinci türev, adımdansa çizgiye, çizgidense noktaya daha güçlü yanıt verir.

6. FREKANS BÖLGESİNDE GÖRÜNTÜ İYİLEŞTİRME

Fourier Serileri: Bir periyodik fonksiyon sinüs/cosinüs' lerin farklı katsayılar ile çarpılıp toplanması ile ifade edilebilir.

Fourier Dönüşümü: Periyodik olmayan fonksiyonlar da, sinüs/cosinüs' lerin farklı katsayılar ile çarpımın integrali olarak ifade edilebilir.

6.1. Fourier Dönüşümü

Günümüzde, dalga şekillerinin harmonik analizi için bazı teknikler geliştirilmiştir. Şüphesiz, Fourier serileri bunlar arasında en yaygın olan işaret işleme tekniğidir [24,25]. Fourier serileri kısaca, zaman uzayında ifade edilmiş periyodik bir dalga şeklinin, frekans uzayına dönüşümünü sağlar. Geleneksel olarak harmonik analiz sonuçları 2B düzlemde, x-ekseninde harmonik frekansı/mertebesi ve y-ekseninde harmonik genliği alınarak görüntülenir [26].

$f(x)$: Gerçek x değişkeninin sürekli fonksiyonu olmak üzere; Fourier dönüşümü $f(x)$:

$$\mathfrak{F}\{f(x)\} = F(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp[-j2\pi ux] dx \quad (j = \sqrt{-1}) \quad (6.1)$$

(u) ; frekans değişkeni, denklem (6.1)' in integrali sonlu sayıda sinüs ve kosinüs terimleri içerir ve u ' nun her bir değeri uygun sinüs-cosinüs çiftinin frekansını tanımlar.

Verilen $F(u)$ ' dan, $f(x)$ fonksiyonu Fourier dönüşümü ile elde edilebilir:

$$\mathfrak{F}^{-1}\{F(u)\} = f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(u) \exp[j2\pi ux] du \quad (6.2)$$

Yukarıdaki iki eşitlik Fourier dönüşüm çifti olarak tanımlanırlar. İki değişkenli bir $f(x,y)$ fonksiyonu için Fourier dönüşümü:

$$\mathfrak{F}\{f(x,y)\} = F(u,v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x,y) \exp[-j2\pi(ux + vy)] dx dy \quad (6.3)$$

$$\mathfrak{F}^{-1}\{F(u,v)\} = f(x,y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(u,v) \exp[j2\pi(ux + vy)] du dv \quad (6.4)$$

Denklem (6.4) için u, v frekans değişkenleridir.

Fourier dönüşümü tüm aralık boyunca alınan değişken sinyali spektrumu ile ilgilidir. Sinyalin zaman- frekans karakteristiğini veremez [27].

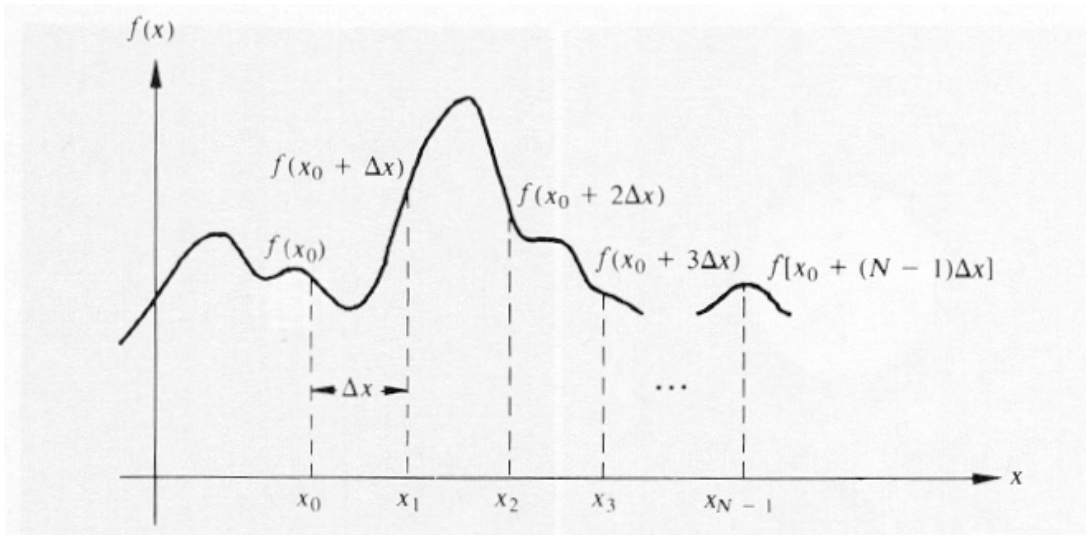
6.2. Ayırık Fourier Dönüşümü

Fourier serileri sadece periyodik olan işaretlere uygulanabilmektedir. Periyodik olmayan işaretlerin de harmonik analizinin yapılabilmesi için sayısal işlemci tabanlı Ayırık Fourier Dönüşüm (DFT) yöntemi kullanılmalıdır [26].

Sürekli bir $f(x)$, eğer bir diziye ayrıklaştırılırsa:

$$\{f(x_0), f(x_0 + \Delta x), f(x_0 + 2\Delta x), \dots, f(x_0 + [N-1]\Delta x)\} \quad (6.5)$$

Denklem (6.5) için N , Δx aralıklarla alınmış örnek sayısıdır ve bazı durumlarda N katsayısı M diye de belirtilebilir. Şekil 6.1' de sürekli bir $f(x)$ fonksiyonunun ayrıklaştırılması sonucu elde edilmiş olan grafik görülmektedir.



Şekil 6.1. Sürekli bir $f(x)$ fonksiyonunun ayrıklaştırılması

Bu durumda x ayırık değerler olarak düşünülebilir; $(0, 1, 2, 3, \dots, N-1)$ için, $\{f(0), f(1), f(2), \dots, f(N-1)\}$ dizisi, eşdeğeri sürekli fonksiyonun N düzgün örneklenmiş bir katsayısı iken;

$$f(x) = f(x_0 + x\Delta x) \quad (6.6)$$

şeklidir.

Ayrık Fourier dönüşüm çifti, örneklenmiş dizi için şöyle verilebilir:

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp[-j2\pi ux / N] \quad (u=0,1,2,\dots,N-1) \quad (6.7)$$

$$f(x) = \sum_{u=0}^{N-1} f(u) \exp[j2\pi ux / N] \quad (x=0,1,2,\dots,N-1) \quad (6.8)$$

$F(0)$, değerleri hesaplamak için üstel terimde $u=0$ alınarak bütün x değerleri için bir toplama yapılır. $F(u)$ bulunmak için u ' nun değeri artırılarak bütün N değerleri için bu işlem tekrarlanır. $N*N$ toplama ve çarpma gerektirir.

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) \exp[-j2\pi ux / N] \quad (u=0,1,2,\dots,N-1) \quad (6.9)$$

Fourier dönüşümü ve tersi her zaman için mevcuttur!

$u = 0, 1, 2, \dots, N-1$ değerleri, sürekli zamandan örneklenerek alınan $0, \Delta u, 2\Delta u, \dots, (N-1)\Delta u$ değerlerine işaret eder. Örneğin, $F(u)$, $F(u, \Delta u)$ temsil eder, Burada:

$$\Delta u = \frac{1}{N\Delta x} \quad (6.10)$$

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

$$\cos(-\theta) = \cos(\theta)$$

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) [\cos 2\pi ux / N - j \sin 2\pi ux / N] \quad (6.11)$$

FT' nin her bir terimi, bütün $f(x)$ değerlerinin bir şekilde birleştirilmesinden oluşur. Gerçek bir fonksiyonun Fourier dönüşümü genellikle karmaşık olur ve kutupsal koordinatlarda ifade edilir:

$$F(u) = R(u) + jI(u)$$

$$F(u) = |F(u)| e^{j\phi(u)}$$

$$|F(u)| = [R^2(u) + I^2(u)]^{1/2}$$

$$\phi(u) = \tan^{-1} \left[\frac{I(u)}{R(u)} \right] \quad (6.12)$$

Denklem (6.12) için $|F(u)|$ (genlik fonksiyonu), $f(x)$ ' in Fourier spektrumu ve $\phi(u)$ ise faz açısıdır. Spektrumun karesi;

$$P(u) = |F(u)|^2 = R^2(u) + I^2(u) \quad (6.13)$$

Matlab programında Ayırık Fourier dönüşüm '*fft*' fonksiyonu ile yapılmaktadır. '*fft*' fonksiyonu, veri sayısı uygunsa FFT yöntemini, veri sayısı uygun değilse DFT yöntemini kullanır. Veri sayısının uygunluğu, veri vektörünün sahip olduğu terim sayısının 2' nin herhangi bir pozitif kuvvetine eşit olması anlamına gelmektedir. Ek olarak Matlab programında, Ters Ayırık Fourier dönüşümlerini hesaplamak amacıyla '*ifft*' fonksiyonu da tanımlanmıştır. '*fft*' ve '*ifft*' fonksiyonlarının genel kullanım biçimleri şöyledir: *fft(X)*, *fft(X,n)*, *ifft(X)*, *ifft(X,n)*. Burada X, veri vektörünü ve n, dönüşümde kullanılacak olan terim sayısını temsil etmektedir. Veri sayısı n, X' in eleman sayısından büyükse X vektörüne yeteri kadar '0' ilave edilir; küçükse X' in 'n' kadar elemanı kullanılır. Gerçek uygulamalarda veri vektörü X, analog (veya bazen sayısal) bir işaretin belirli zaman aralıklarında örneklenmesi ile elde edilir. *Nyquist-Shannon* örnekleme teoremine göre örnekleme frekansı, dalga şekli içindeki en yüksek frekansın iki katından büyük olmalıdır. Aksi takdirde örneklenmiş veriden, gerçek dalga şekli tekrar elde edilemez. '*fft*' fonksiyonu N elemanlı gerçel değerli bir vektöre uygulandığında, birbirinin tümleyeni olan N adet karmaşık sayı üretir (ilk terim hariç). Bu sayıların genliği N/2 noktasına göre simetrik değerlere sahiptir. Bu yüzden gerçek harmonik frekansları N/2 noktasına kadar geçerlidir. Örnekleme frekansı F_s olarak alınırsa, iki örnekleme arasındaki zaman $1/F_s$ kadar olacaktır ve harmonik frekansları F_s/N (Hertz) kadar aralıklıdır. Diğer bir deyişle, N adet harmonik 0 ile $(N-1)F_s/N$ (Hertz) arasında düzgün dağılımlıdır. Harmonik genlikleriyle yakından ilgili olan karmaşık sayılar '*abs*' komutu yardımıyla gerçel sayı biçiminde; faz açıları da '*angle*' komutu yardımıyla radyan cinsinden ifade edilebilir [26].

$f(x)$ ' in güç spektrumu (spektrum yoğunluğu) olarak isimlendirilir

Fourier spektrumu:

$$|F(u, v)| = [R^2(u, v) + I^2(u, v)]^{1/2} \quad (6.14)$$

Faz:

$$\phi(u, v) = \tan^{-1} \left[\frac{I(u, v)}{R(u, v)} \right] \quad (6.15)$$

Güç spektrumu:

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 = R^2(u, v) + I^2(u, v) \quad (6.16)$$

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp[-j2\pi(ux/M + vy/N)] \quad (6.17)$$

(u=0,1,2,...,M-1 ve v=0,1,2,...,N-1)

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp[j2\pi(ux/M + vy/N)] \quad (6.18)$$

(x=0,1,2,...,M-1 ve y=0,1,2,...,N-1)

2B durumda sürekli zaman örnekleme, ızgara şeklinde olur (Δx , Δy bölmesi). Ayrık $f(x, y)$ fonksiyonu, $f(x_0 + x\Delta x, y_0 + y\Delta y)$ ' nin $x=0,1,2,...,M-1$ ve $y=0,1,2,...,N-1$ için değerlerini ifade eder.

$$\Delta u = \frac{1}{M\Delta x}, \quad \Delta v = \frac{1}{N\Delta y} \quad (6.19)$$

Görüntüler kare dizi içinde örneklendiğinde, $M=N$ ve FT çifti şöyle olur:

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp[-j2\pi(ux + vy)/N] \quad (6.20)$$

(u,v=0,1,2,...,N-1)

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp[j2\pi(ux + vy)/N] \quad (6.21)$$

(x,y=0,1,2,...,N-1)

Görüntüler kare dizi içinde örneklendiğinde, $M=N$ ve FT çifti şöyle olur: [23].

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp[-j2\pi(ux + vy) / N] \quad (6.22)$$

($u, v=0, 1, 2, \dots, N-1$)

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp[j2\pi(ux + vy) / N] \quad (6.23)$$

($x, y=0, 1, 2, \dots, N-1$)

$$\Im[f(x, y)(-1)^{x+y}] = F(u - m/2, v - N/2) \quad (6.24)$$

$F(0,0)$, $u=M/2$ ve $v=N/2$ ' deki değerdir. $F(u,v)$ ' nin merkezini ($M/2, N/2$) kaydırır, örneğin 2B ($M \times N$)' nin merkezi (frekans dikdörtgeni);

Frekans Dikdörtgeni:

$u=0$ için $u=M-1$, ve $v=0$ için $v=N-1$ (u, v tam sayı, M, N çift sayılar olmak üzere)

$u=1$ için M' e ve $v=1$ için N' ye toplamalar için dönüşüm merkezi: $u=(M/2) +1$ ve $v=(N/2) +1$

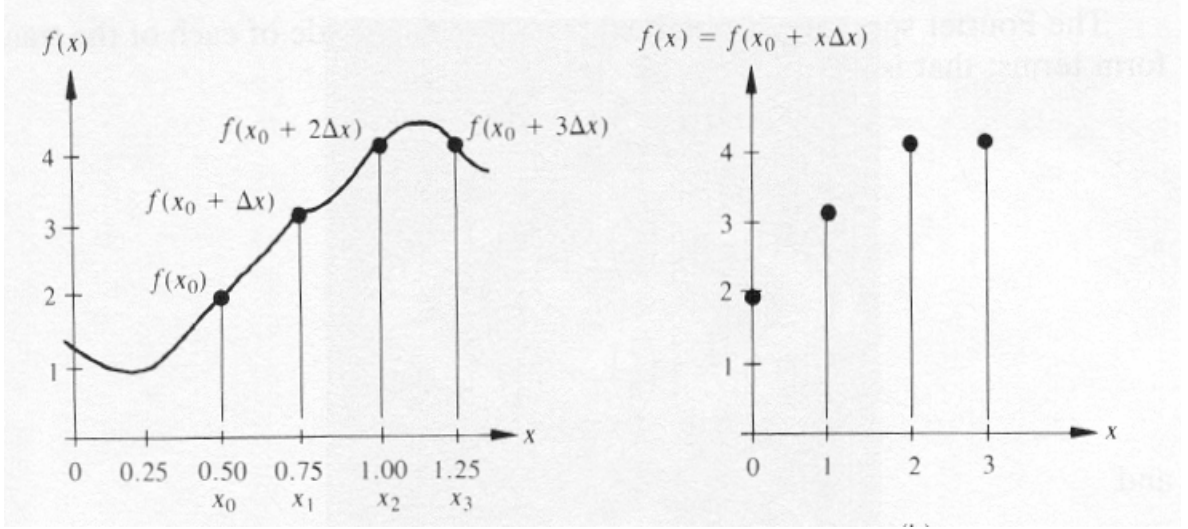
($u, v)=(0,0)$ ' daki dönüşümün değeri:

$$F(0,0) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \quad (6.25)$$

Denklem (6.25)' in anlamı orijindeki FT' nin değeri ortalama gri seviyedir. FT karmaşık simetriktr :

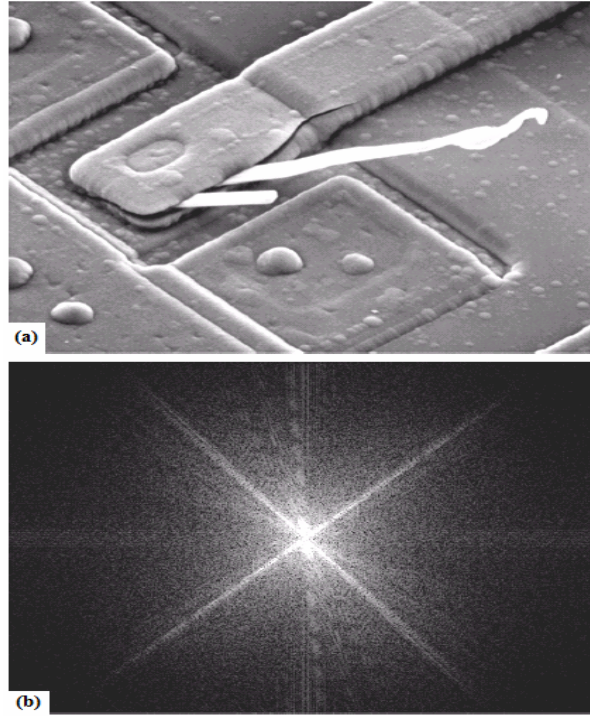
$$F(u, v) = F^*(-u, -v) \quad \text{buna göre} \quad |F(u, v)| = |F(-u, -v)| \quad (6.26)$$

İki değişkenli durumda Ayırık Fourier çifti Şekil 6.2' de görülmektedir.

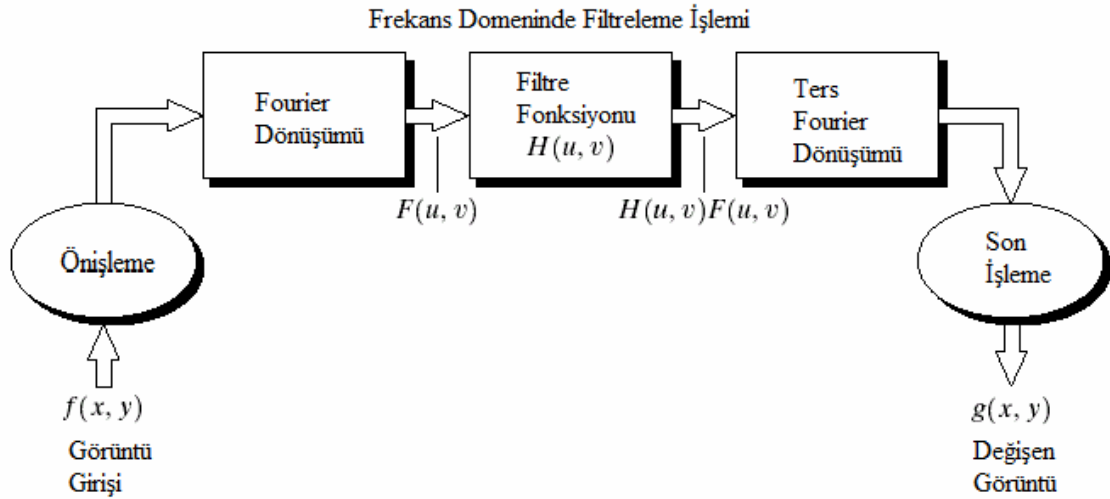


Şekil 6.2. 2 değişkenli durumda, ayrık fourier çifti

Yani; FT spektrumu simetriktir. Bu durum Şekil 6.3’ den de açıkça görülmektedir. Frekans domeninde filtreleme prosesi Şekil 6.4’ de verilmiştir.



Şekil 6.3. (a) Hasarlı bir entegre devrenin SEM görüntüsü (b) (a) nın fourier spektrumu



Şekil 6.4. Frekans Domeninde Filtreleme için Temel Adımlar [23].

Görüntünün Fourier Dönüşümünü hesaplayacak olursak;

- Filtrenin transfer fonksiyonu ile sonuç çarpılır (yani filtrelenir),
- İyileştirilmiş imgeyi elde etmek için ters dönüşüm alınır,

Özetle:

$$G(u,v) = H(u,v) F(u,v) \quad (6.27)$$

$$\text{Filtrelenmiş görüntü} = \mathcal{F}^{-1}[G(u,v)] \quad (6.28)$$

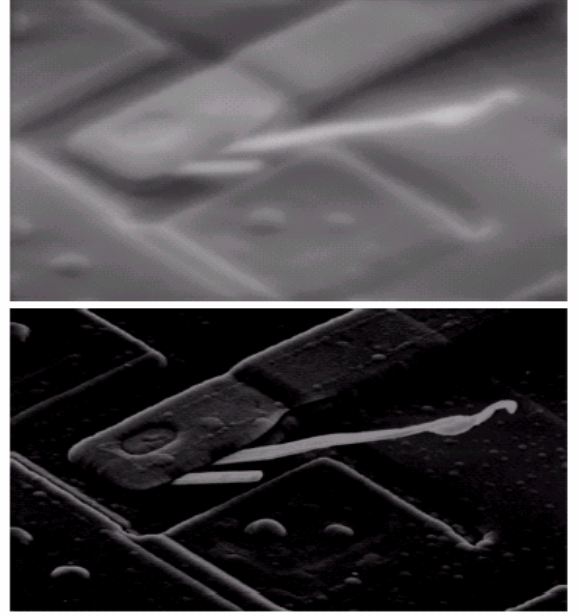
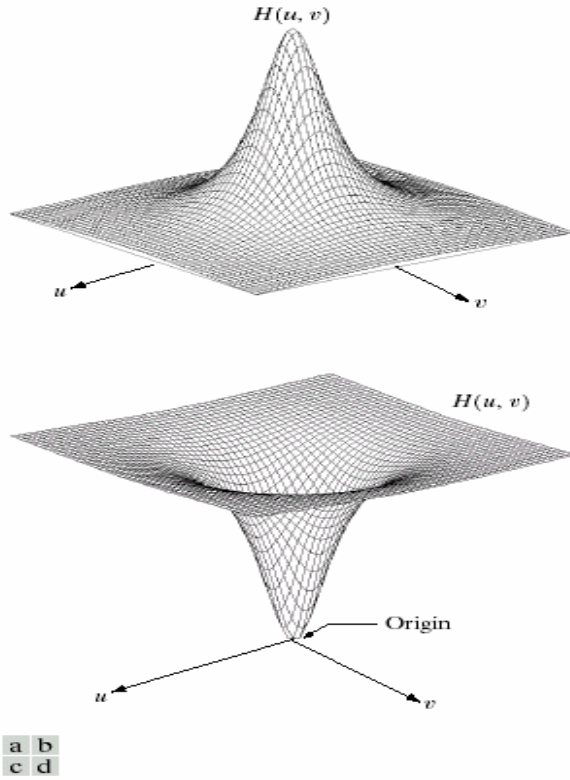
Görüntünün ortalama değerini sıfır yapmak için :

$F(0,0)$, görüntünün ortalama değerini verir. $F(0,0)=0$ yapıp, ters dönüşümü alınırsa;

$(u,v) = M/2, N/2$ ise $H(u,v) = 0$, bunun dışındaki her durumda $H(u,v) = 1$ ' dir.

İyileştirme tipleri şöyle verilebilir:

Alçak Geçiren Filtre, yüksek frekanslı bileşenleri azaltır, görüntüde bulanıklaştırma veya yumuşatma sağlar. Yüksek Geçiren Filtre ise yüksek frekanslı bileşenlerin genliğini alçak frekanslı bileşenlere göre artırma yani keskinleştirme sağlar. Alçak ve yüksek geçiren filtreleme işlemi uygulanmış görüntüler ve simülasyon sonuçları Şekil 6.5' de verilmektedir.



Şekil 6.5. (a) Bir iki-boyutlu alçak geçiren filtre fonksiyonu (b) (a) nın alçak geçiren filtre sonucu (c) Bir iki-boyutlu yüksek geçiren filtre fonksiyonu (d) (a) nın yüksek geçiren filtre sonucu

Katlama (konvolüsyon) Teoremi:

- (MxN) Boyutlu iki fonksiyonun katlaması

$$f(x, y) * h(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) h(x-m, y-n) \quad (6.29)$$

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x+s, y+t) \quad (6.30)$$

$$f(x, y) * h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v) H(u, v) \quad (6.31)$$

$$f(x, y) h(x, y) \Leftrightarrow F(u, v) * H(u, v) \quad (6.32)$$

6.3. 2-B, İkinci Derece Türevler ile Görüntü İyileştirme

6.3.1. Laplas Operatörü (Doğrusal Operatör):

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (6.33)$$

Ayrık Biçimi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} &= f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} &= f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \end{aligned} \quad (6.34)$$

Bu iki bileşenin toplamı;

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y) \quad (6.34)$$

Bu filtrede, eğer negatif merkezli katsayılar kullanılıyorsa görüntü çıkarılıyor veya tersi pozitif merkezli kullanılıyorsa görüntü ilave ediliyor demektir. Böylece Laplas görüntü iyileştirmede iki şekilde kullanılmış olur:

I: Eğer maskenin merkezi negatif ise;
II: Eğer maskenin merkezi pozitif ise;

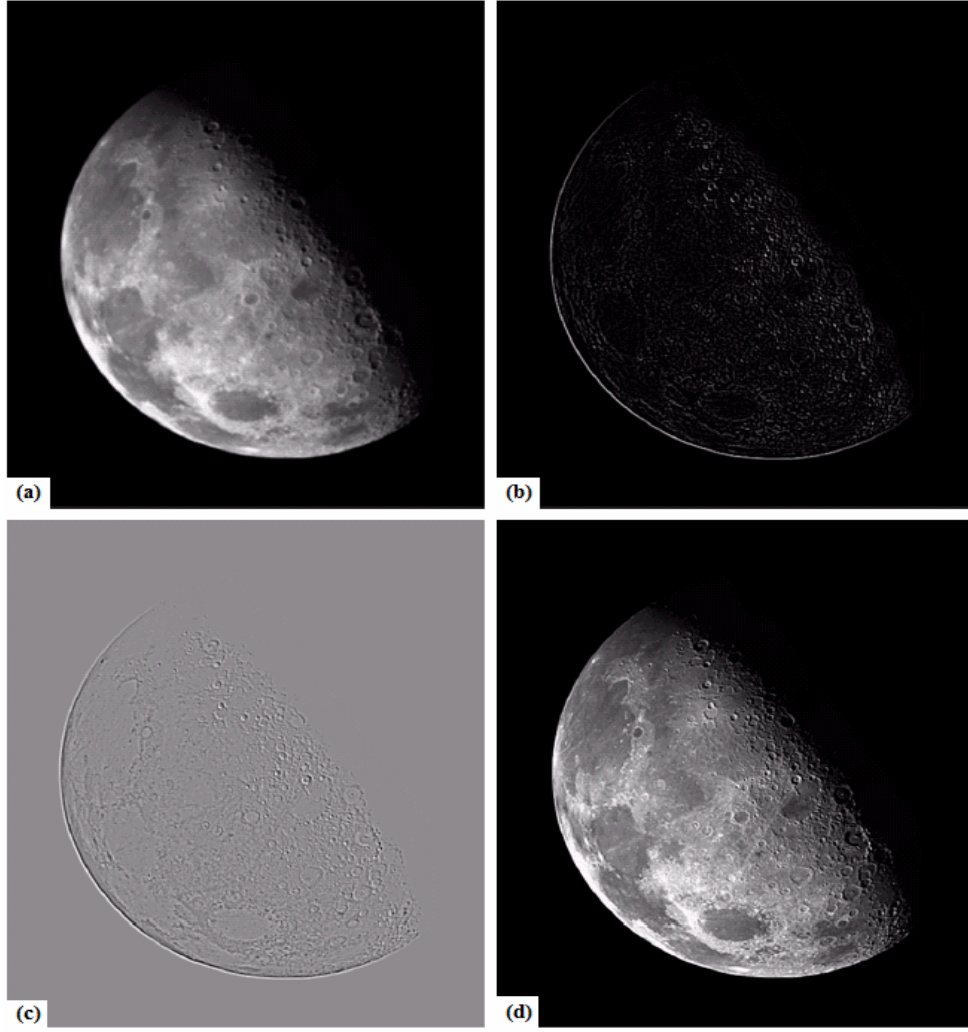
$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) (I) \\ f(x, y) + \nabla^2 f(x, y) (II) \end{cases} \quad (6.35)$$

Laplas uygulaması için kullanılan matris örnekleri Şekil 6.6' da ve Laplas filtresi uygulanmış görüntüler ise Şekil 6.7' de verilmiştir.

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

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

Şekil 6.6. (a) Dijital Laplas uygulamasında kullanılan filtre maskesi (b) Çapraz komşuluk içeren eşitlik uygulamasında kullanılan maske (c) ve (d) Laplasda kullanılan diğer iki uygulama



Şekil 6.7. (a) Ayın kuzey kutup görüntüsü (b) Laplas filtresi uygulanmış görüntü (c) Görüntüleme amaçlı ölçeklenmiş Laplas görüntüsü (d) (c)görüntüsünün (a)' dan çıkarılmasıyla oluşturulmuş görüntü [23].

6.3.2. Gradient

Gradient hesaplaması yapılırken, pratikte [8];

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|$$

$$G_x = (z_9 - z_5)$$

$$G_y = (z_8 - z_6)$$

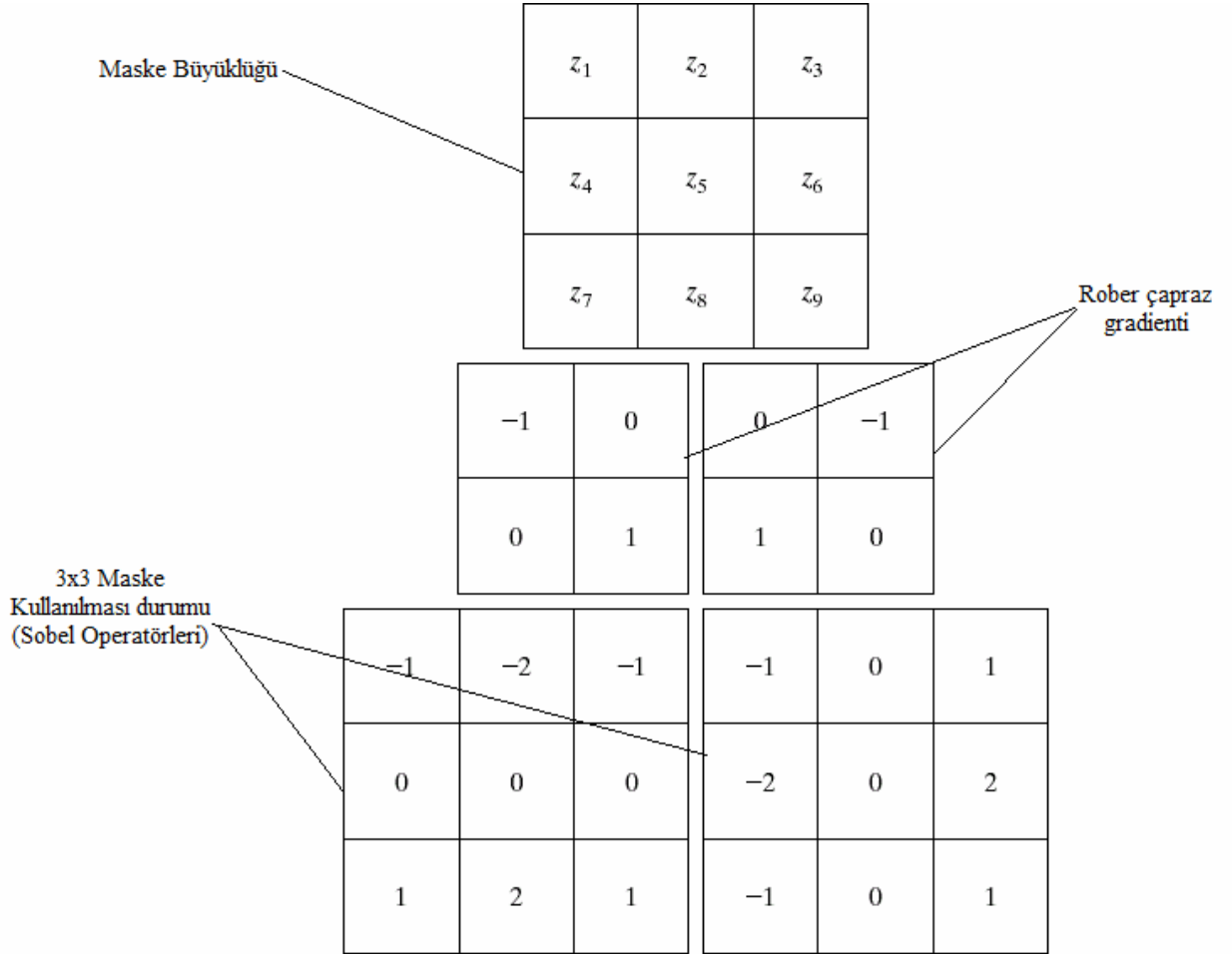
(6.36)

Yaklaşık olarak genlik (Roberts Çapraz-Gradient Operatörü) hesaplanacak olursa [8];

$$\nabla f = \left[(z_9 - z_5)^2 + (z_8 - z_6)^2 \right]^{1/2}$$

$$\nabla f \approx |z_9 - z_5| + |z_8 - z_6| \quad (6.37)$$

Şekil 6.8’ de çeşitli maskelemeler için kullanılan matrislere örnekler verilmiştir.



Şekil 6.8. Bir görüntünün 3x3’ lük bölge (z ’ ler gri seviye değerleri) ve z_5 diye adlandırılan nokta gradient operatörünü çalıştırmada kullanılan maske. Bütün maskelerin katsayıları toplamı bir türev operatörü gibi sıfırdır.

6.3.3. Türev Filtreleri

Türev filtresi için kullanılan filtreleme matrisi Şekil 6.9' da görülmektedir. Şekil 6.9' a göre z_5 ' te genlik yaklaşık olarak şöyle verilebilir:

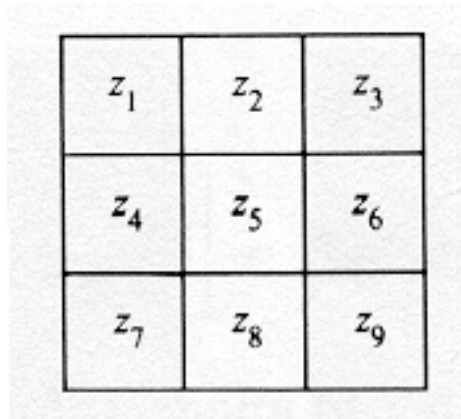
$$\nabla f \approx [(z_5 - z_8)^2 + (z_5 - z_6)^2]^{1/2} \quad (6.38)$$

$$\nabla f \approx |z_5 - z_8| + |z_5 - z_6| \quad (6.39)$$

Bir başka yaklaşıma göre :

$$\nabla f \approx [(z_5 - z_9)^2 + (z_5 - z_8)^2]^{1/2} \quad (6.40)$$

$$\nabla f \approx |z_5 - z_9| + |z_5 - z_8| \quad (6.41)$$



z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

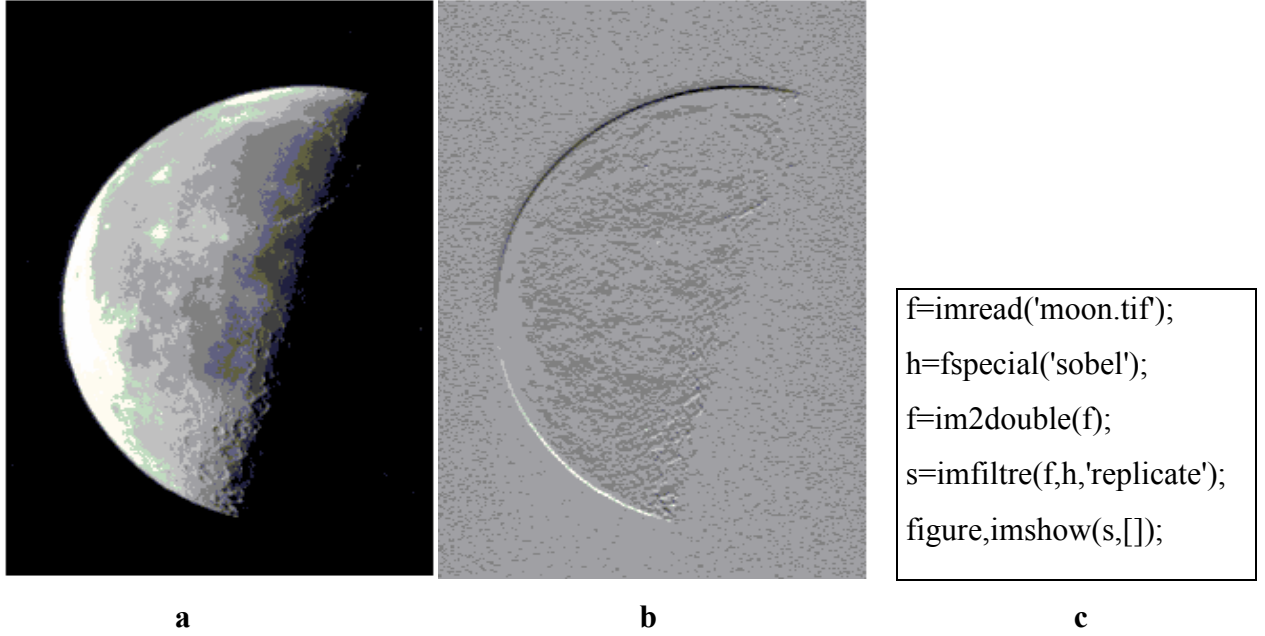
Şekil 6.9. Türev filtresi matrisi

6.3.3.1. Sobel Operatörleri

Sobel operatörü uygulamada kullanılacak denklem (6.42)' dir.

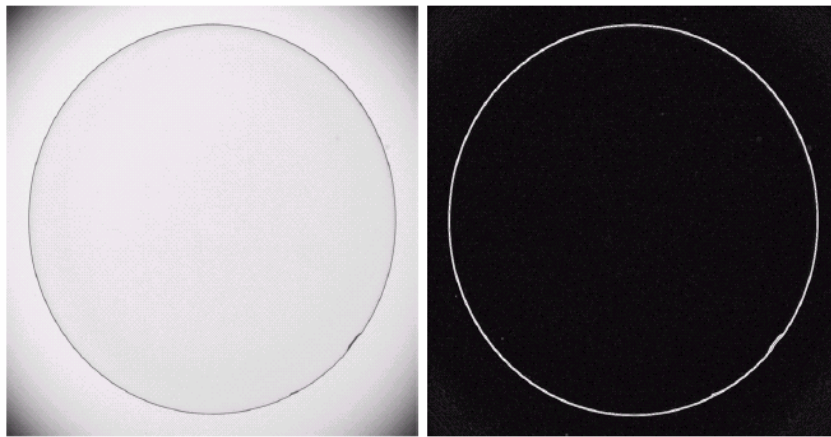
$$\nabla f = |(z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)| + |(z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)| \quad (6.42)$$

Şekil 6.10’ da sobel filtresi uygulamada kullanılacak olan Matlab kodları ve sonucu verilmiştir.



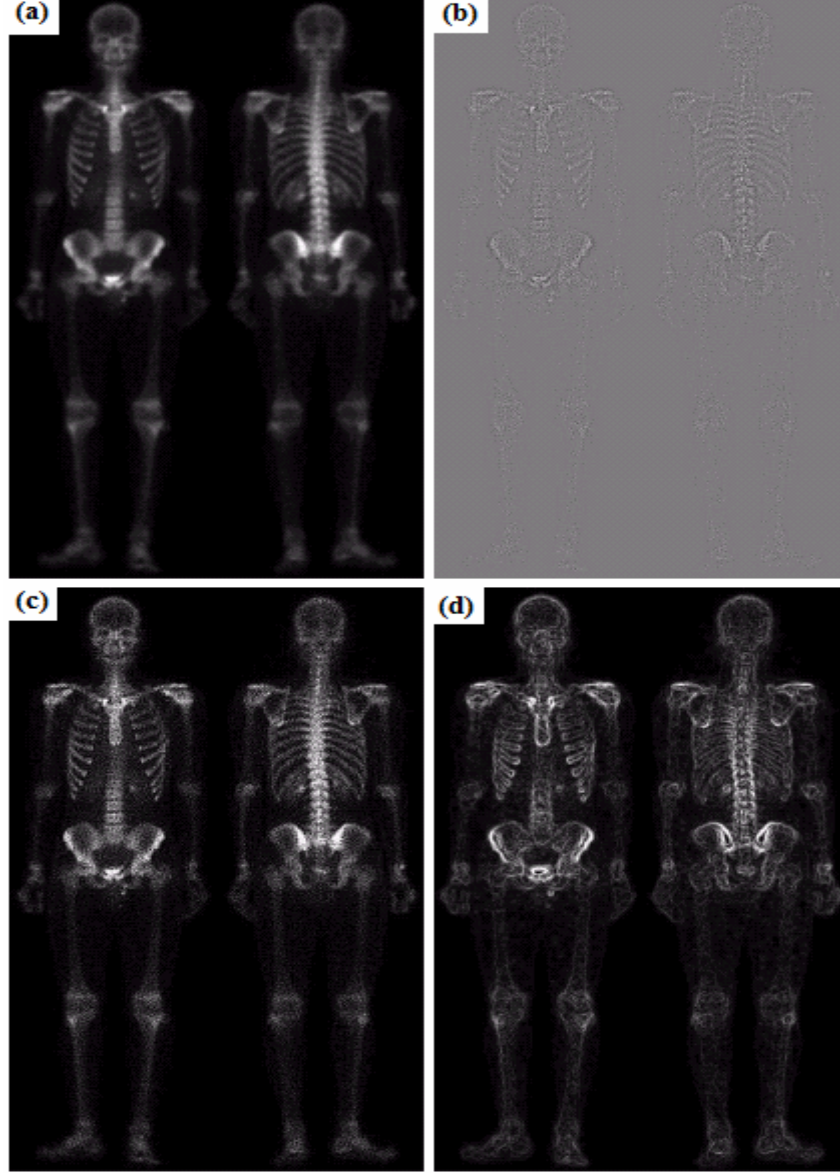
Şekil 6.10. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b)(a) görüntüsüne sobel filtresi uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları

Şekil 6.11’ de ise sobel gradienti uygulanmış görüntü sonucu görülmektedir. Görüntüde saat 4 ve 5 hizasındaki sınır çizgisine dikkat edilmeli ve sonuç görüntüdeki değişim de gözlenmelidir.

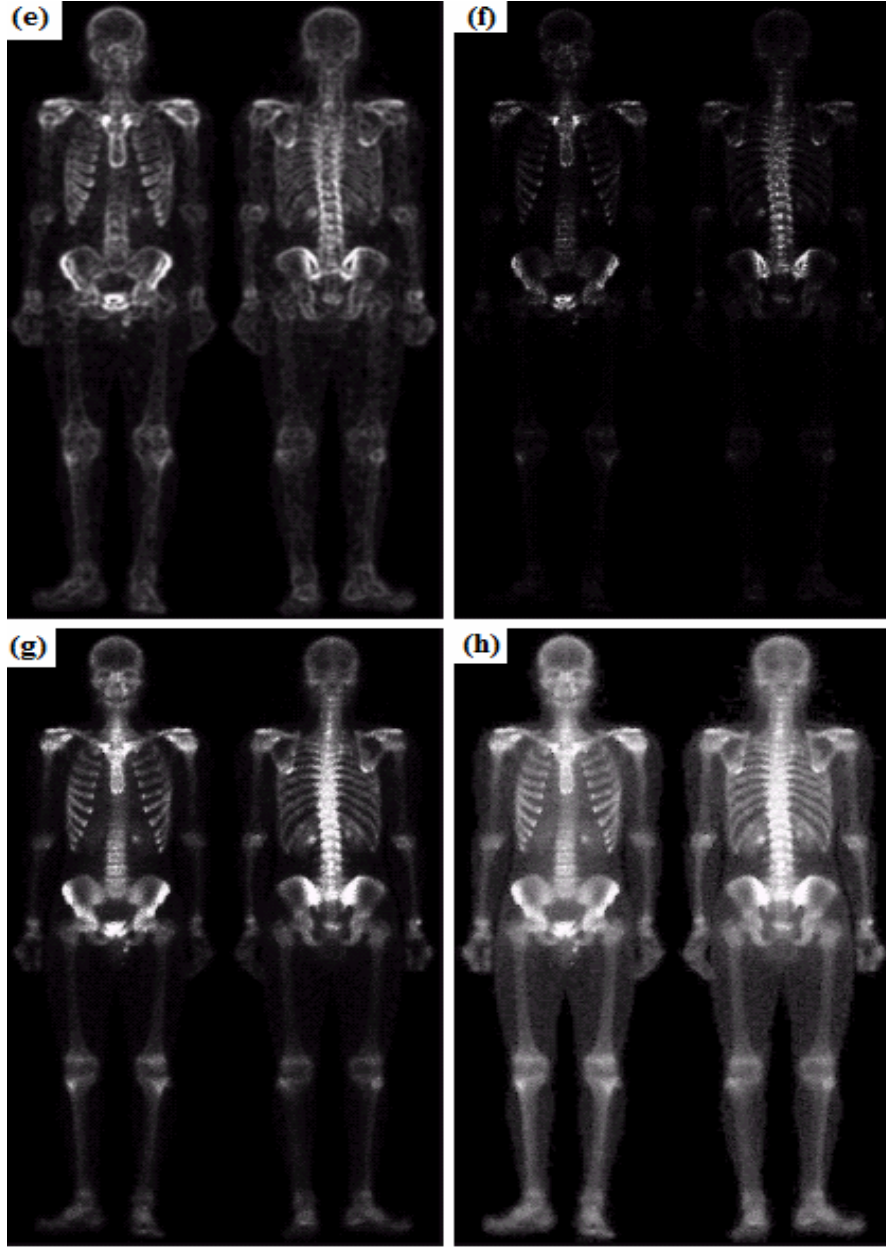


Şekil 6.11. Kontakt lensin optik görüntüsü (b)Sobel gradienti

Şekil 6.12 ve 6.13’ de bölüm içerisinde bahsi geçen tüm filtreleme tekniklerine örnekler verilmiştir.



Şekil 6.12. (a) İnsan vücudu kemik görüntüsü (b) (a) nın laplası. (c) (a) ve (b) görüntüleri toplanarak elde edilmiş keskinleştirilmiş görüntü. (d) (a) nın sobeli [8].



Şekil 6.13. (e) 5x5 average filtre ile yumuşatılmış görüntü. (f) (c) ve (e) nin çarpılmasıyla oluşturulan maske görüntü. (g) (a) ve (f) nin toplanmasıyla oluşturulan keskinleştirilmiş görüntü. (h) Son sonuç (g) ye bir güç kanunu dönüşümü uygulanarak oluşturulmuştur [8].

7. MATLAB GEREÇLERİ İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME UYGULAMALARI

MATLAB Mathworks firması tarafından geliştirilen bir uygulama geliştirme ortamıdır. MATLAB MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltmasıdır. MATLAB kod yazılarak programlama yapılabilen uygulama geliştirilebilen bir platformdur ve hazır fonksiyonlar ve programlama yoluyla birçok alandaki yoğun matematiksel algoritma ve işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlayan bir matematiksel çözüm platformudur [29].

Kontrol sistemlerinden haberleşmeye, istatistikten finansal analizlere kadar bir çok uygulama alanına yönelik hazır algoritma ve fonksiyona sahip olan MATLAB programının görüntü işlemeye yönelik fonksiyonları ve gereçleri mevcuttur. Bu gereçler sayesinde MATLAB görüntü işleme uygulamaları geliştirilmesinde en çok tercih edilen uygulama ortamlarından biri olmuştur [29].

MATLAB işlem yapılan değişkenleri matris olarak tutmaktadır. Bu matrislerin sahip olduğu değerleri istenilen anda görüntüleyip, dış ortama aktarma, dış ortamdan veri alma imkanı sağlamaktadır. MATLAB' ın önemli özelliklerinden biri de üstün grafik yeteneğidir. İşlem sonuçları 2 ve 3 boyutlu grafik türleri ile görüntülenebilir.

MATLAB sağladığı görüntü işleme gereçleri ile bu alanda en çok tercih edilen uygulama geliştirme aracıdır. MATLAB' ın matematiksel gücü, işlem yeteneği, hazır algoritmaları ve tasarım araçları görüntü işleme uygulamalarında ideal bir ortam oluşturmaktadır. MATLAB ile bir görüntü dosyası matris olarak uygulama ortamına alınır. Bu matris üzerinde yapılan işlemler, uygulanan algoritmalar sonucunda elde edilen matriste bir resim olarak görüntülenebilir. MATLAB görüntü işleme fonksiyonları işlevlerine göre şu şekilde gruplara ayrılabilir; [28]

1. Görüntü yükleme fonksiyonları: Görüntü dosyalarını MATLAB ortamına aktarmak için kullanılırlar.
2. Görüntüleme fonksiyonları: Görüntü matrislerini ekranda resim olarak görüntülemek için kullanılırlar.
3. Görüntü yazma fonksiyonları: Görüntü matrisini dosya olarak kaydetmek için kullanılırlar.
4. Görüntü dönüşüm fonksiyonları: Görüntü türlerini birbirine dönüştürmek için kullanılırlar.

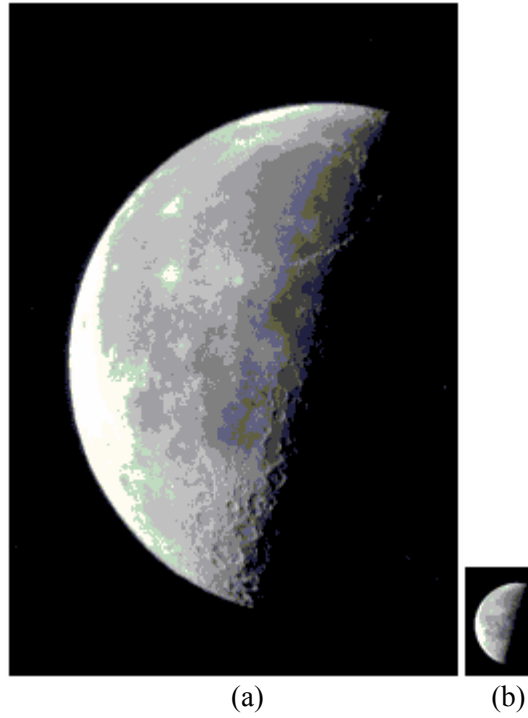
5. Uzamsal dönüşüm fonksiyonları: Görüntü üzerine uzamsal işlemler yapmak için kullanılırlar [29].
6. Görüntü analizi ve istatistik fonksiyonları: Görüntü analizi gerçekleştiren ve istatistik değerler çıkaran fonksiyonlardır [29].
7. Görüntü aritmetiği fonksiyonları: Görüntüler için aritmetiksel işlemler yapılmasını sağlarlar [29].
8. Görüntü düzenleme ve iyileştirme fonksiyonları: Görüntüleri iyileştirmek için kullanılırlar [29].
9. Doğrusal filtreleme ve dönüşüm fonksiyonları: Doğrusal filtre oluşturma ve uygulamak için kullanılırlar [29].
10. Biçimsel işlem fonksiyonları: Görüntü türüne göre biçimsel işlemler yapmak için kullanılırlar [29].
11. Alan tabanlı, komşuluk ve blok işlem fonksiyonları: Görüntünün bir bölümü için işlem yapılmasını sağlayan fonksiyonlardır [29].
12. Renk haritası fonksiyonları: Renk haritaları ile ilgili işlemleri gerçekleştiren fonksiyonlardır [29].

Araç ile görüntü üzerine uzamsal işlemler yapılabilir. Görüntü matrisinin boyutları değiştirilerek görüntü boyutu ayarlanabilmektedir. Matris içerisindeki elemanların koordinatları değiştirilerek görüntü döndürülebilmektedir. Görüntü boyutunu değiştirmek için ilgili alana girilen katsayı değeri '*imresize*' fonksiyonuna matris ismi ile birlikte parametre olarak gönderilir. Geri dönüş değeri boyutları katsayı oranında değiştirilmiş bir matris olur. Katsayı 1' den büyük ise görüntü matris büyüyecek, 1' den küçük ise küçülecektir. Boyut değiştirilirken oluşan yeni matris elemanlarının değerleri en yakın komşu yöntemine göre belirlenir. Görüntü döndürme işlemi belirtilen açı değeri kadar görüntü matrisinin döndürülmesini sağlar. Açı değeri ile görüntü matrisi parametre olarak '*imrotate*' fonksiyonuna gönderilir. Geri dönüş değeri yine bir matris olacaktır. Döndürme açısı 180° ise geri dönüş matrisinin boyutları fonksiyona gönderilen matris boyutları ile aynı olur. Döndürme açısının 90° veya 270° olması durumunda geri dönüş matrisinin satır ve sütun sayıları fonksiyona gönderilen matris ile terstir. Diğer açı değerlerinde geri dönüş matrisinin boyutları farklı olur. Bu nedenle matrisin köşelerinde boşluklar oluşur. Bu boşluklar 0 değeri ile doldurulur. Matris görüntülendiğinde köşelerde siyah renk görülür. Tablo 7.1' de uzamsal işlemler ile ilgili örnek MATLAB kodları, Şekil

7.1, 7.2 ve 7.3' de ise uzamsal işlem uygulanmış örnekler ve bu işlemleri sağlayan Matlab kodları yer almaktadır [29].

Tablo 7.1. Boyutlandırma ve Döndürme ile İlgili Örnek MATLAB kodları

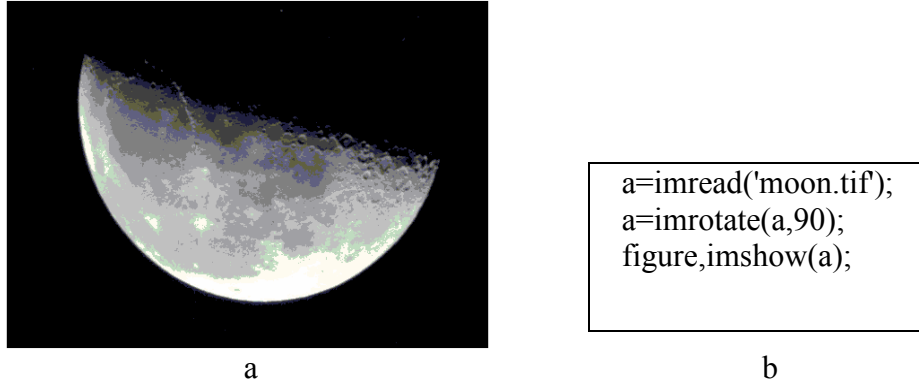
```
%% boyutlandırma işlemi
%bks: Boyutlandırma Katsayısı
a=imresize(a,bks);
figure,imshow(a);
%döndürme işlemi
%daci: Döndürme açısı
a=imrotate(a,daci);
figure,imshow(a);
```



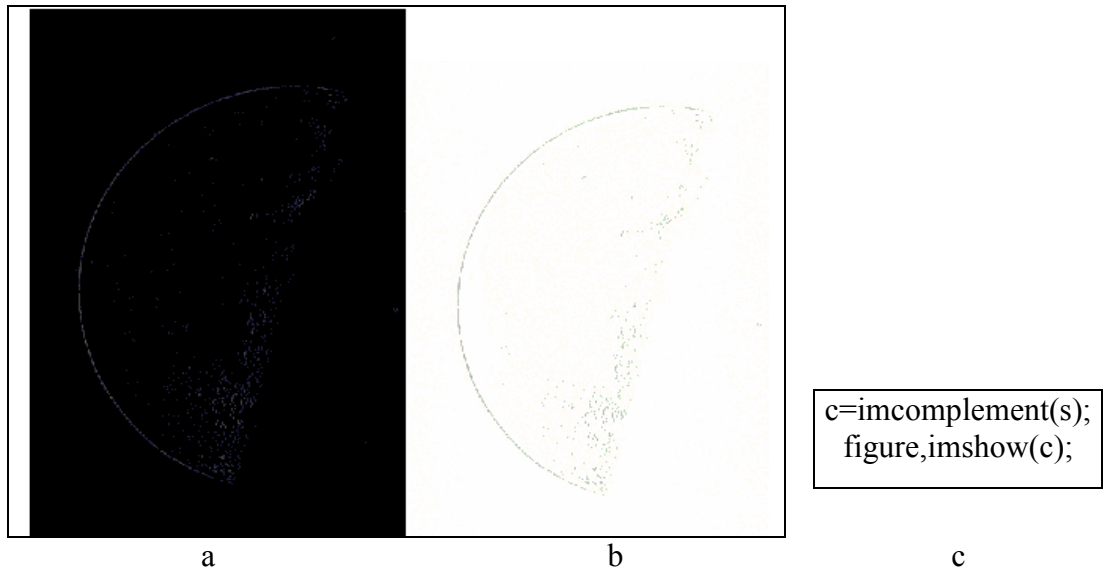
```
a=imread('moon.tif');
a=imresize(a,1);
figure,imshow(a);
```

```
a=imread('moon.tif');
a=imresize(a,0.1);
figure,imshow(a);
```

Şekil 7.1. (a) 'moon.tif' görüntüsünün 1 kat büyütülmüş hali (b) 'moon.tif' görüntüsünün 0.1 kat büyütülmüş hali (c) (a) için matlab komutları (d) (b) için matlab komutları



Şekil 7.2. (a) 'moon.tif' görüntüsünün 90° döndürülmüş hali (b) (a) için matlab komutları



Şekil 7.3. (a) Laplas operatörü uygulanmış görüntü (b) (a)nın tersi (c) (b) için matlab komutları

7.1. Görüntü İyileştirme ve Geliştirme İşlemleri

Görüntü iyileştirme ve geliştirme görüntülerin farklı durumlarını incelemek için kullanılabilirler. Görüntü iyileştirme için çeşitli filtreler kullanılarak gürültüden arındırılması, görüntü parlaklığının ayarlanması ile gerçekleştirilir. Görüntüye gerekli durumlarda çeşitli algoritmalarla gürültüler eklenebilir [29].

Görüntüyü gürültüden arındırma işlemleri için dört farklı filtre uygulanabilmektedir. Bu filtrelemeler için maske matrisinin boyutu girilmelidir. Maske matrisinin boyutunun 3*3, 5*5, 7*7 gibi tek sayılar olması uygundur. Belirtilen maske matris görüntü matrisi üzerinde gezdirilir ve görüntü matrisini oluşturan değerler filtreleme algoritmasına uygun olarak değişir. Maske boyutu belirlendikten sonra hangi filtre tercih edilirse görüntü

matrisi ve maske boyutu ilgili filtrenin fonksiyonuna gönderilir. Geri dönüş değeri olarak filtre uygulanmış matris elde edilir. Araç ile Medyan, Adaptif, Ortalama ve Gauss filtreler uygulanabilmektedir. Gauss filtre için diğerlerinden farklı olarak sigma parametresinin de belirtilmesi gerekir. Medyan filtre maske matrisi içerisinde kalan değerlerin Medyan' ının ortadaki elemana yerleştirilmesi ile uygulanır. Ortalama filtre ise maske içerisinde kalan değerlerin ortalamasının maske içerisindeki orta elemana yerleştirilmesi ile gerçekleşir. Adaptif filtrede ise maske içerisindeki değerlerin varyantının yerleştirilmesi ile uygulanır. Aslında bir Fourier dönüşümü olan Gauss filtre Gauss çan eğrisi formu ile sonsuz bir transfer fonksiyonunun kapalı bir alan olan maske matrisi içerisinde uygulanması ile elde edilir. Medyan filtre için '*medfilt2*' fonksiyonuna, adaptif filtre için '*wiener2*' fonksiyonuna görüntü matrisi ve maske boyutu değerleri gönderilir. Ortalama ve Gauss filtreleme için '*fspecial*' fonksiyonu çağırılır. Uygulanacak filtrenin türü de maske boyutu ve Gauss filtre için sigma değeri ile bir parametre olarak bu fonksiyona gönderilir. '*fspecial*' fonksiyonunun geri dönüş değeri bir filtre matrisidir. Bu filtre '*imfilter*' fonksiyonu kullanılarak görüntüye uygulanır [29]. Tablo 7.2' de yukarıda bahsi geçen filtreleme fonksiyonlarının Matlab uygulamasındaki kullanım şekilleri yer almaktadır.

Tablo 7.2. Filtreleme ile ilgili örnek MATLAB kodları

```
% msk: maske boyutu

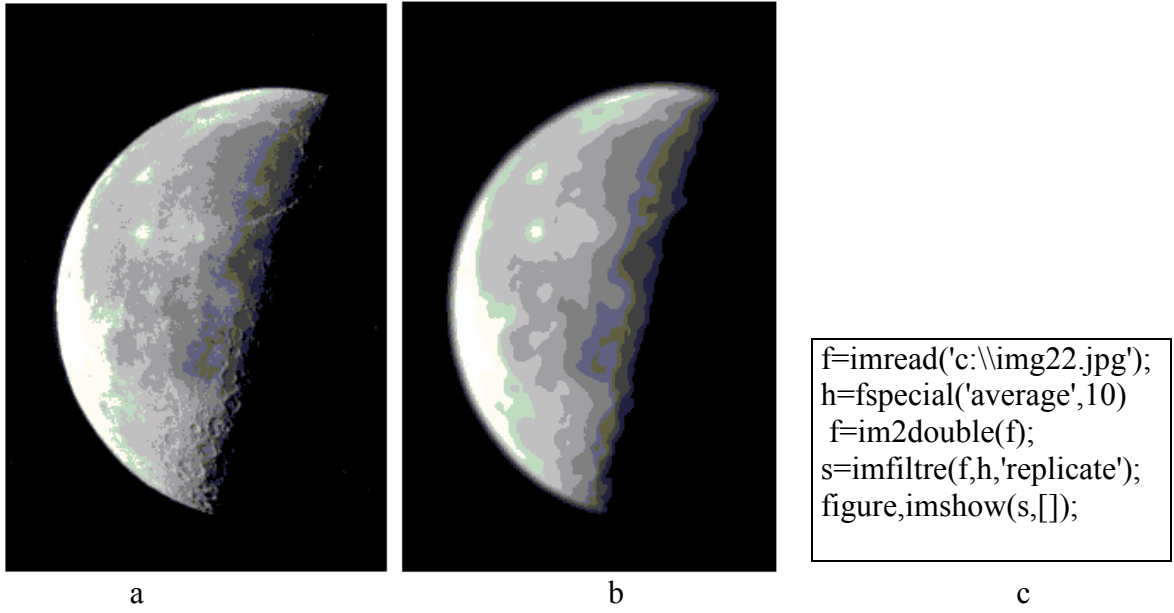
% medyan filtre
b = medfilt2(a,[msk msk]);

% ortalama filtre
H2 = fspecial('average',[msk msk]);
c=imfilter(b,H2);

% adaptif filtre
d = wiener2(b,[msk msk]);

% sigma: sigma degeri
% gauss filtre
H3 = fspecial('gauss',[msk msk],sigma);
e =imfilter(f,H2);
```

Şekil 7.4 ve 7.5’ de farklı görüntülerin 10 maske boyutlu Average filtre uygulanmış görüntüler ve bunu sağlayan Matlab kodları yer almaktadır. Sonuçta görüntünün her pikselinin çevresindeki piksellerin ortalaması alınarak elde edildiğinden görüntünün daha yumuşak geçişlere sahip olduğu anlaşılmaktadır.

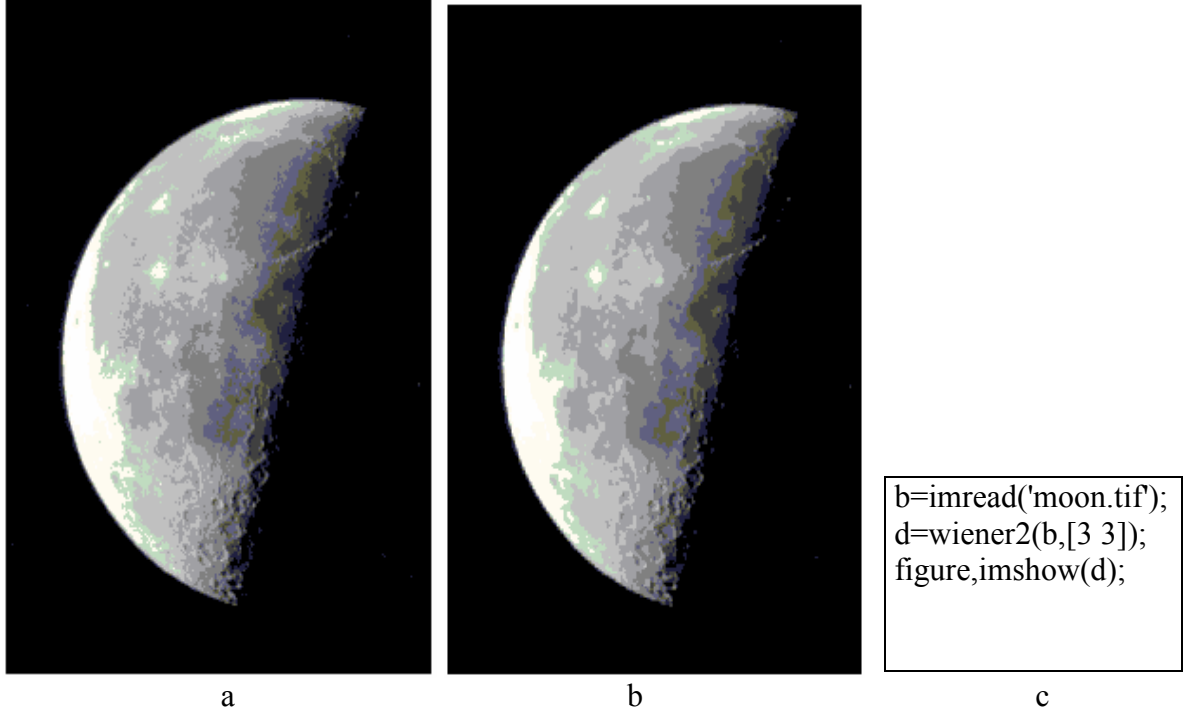


Şekil 7.4. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 10 x 10 boyutlu average filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları



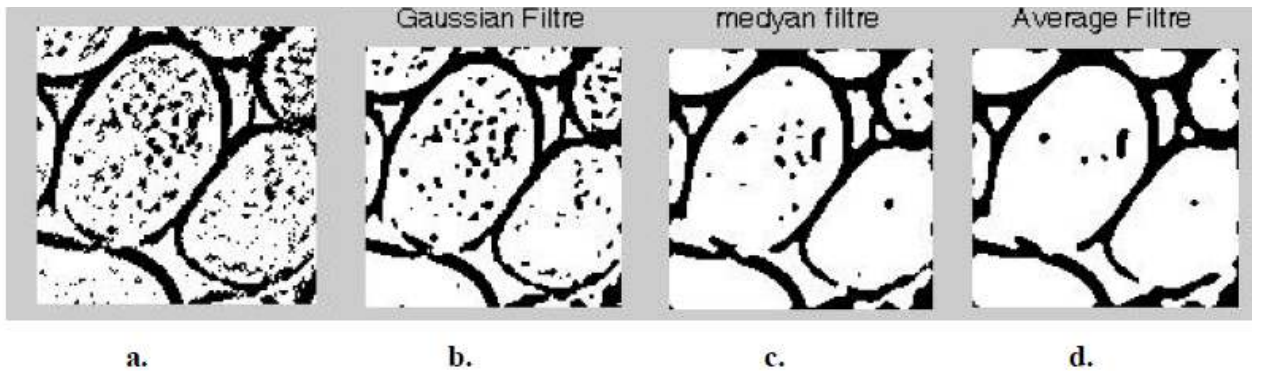
Şekil 7.5. (a) 'img22.jpg' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 10 maske boyutlu ortalama alıcı (average) filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları

Şekil 7.6’ da Wiener filtre uygulanmış görüntü ve bu işlemi sağlayan Matlab kodları yer almıştır.



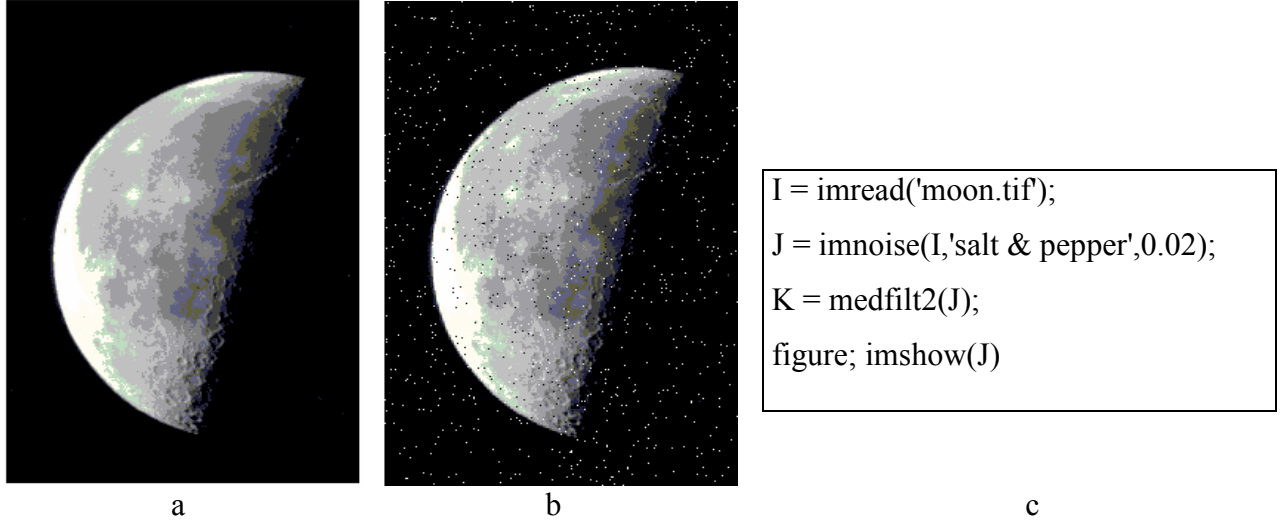
Şekil 7.6. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 3x3 maske boyutlu wiener filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları

Şekil 7.7’ de aynı boyutta Gauss, Medyan ve Average filtre uygulanmış görüntüler yer almaktadır. Amaca yönelik hangi filtrenin uygulanmasının avantaj sağlayacağı belirlenebilir.



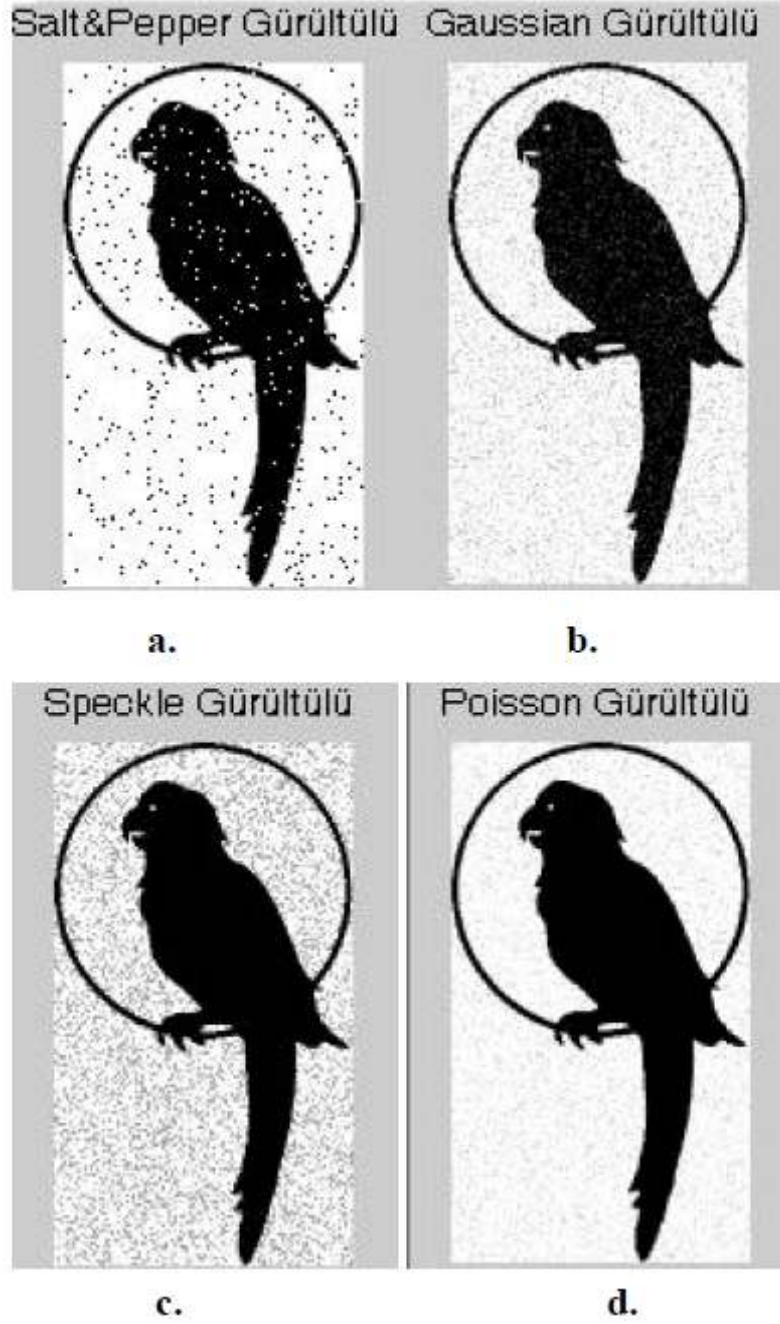
Şekil 7.7. a. Orijinal görüntü b. 0.9 sigma katsayılı 5*5 maske boyutlu gauss filtrelenmiş hali c. 5*5 maske boyutlu medyan filtrelenmiş hali d. 5*5 maske boyutlu average filtrelenmiş hali

Görüntü üzerine belirli algoritmalar ile gürültü eklenebilir. Gürültü algoritmaları tuz-biber (salt & pepper), piksel (speckle), Gauss ve Poisson algoritmalarıdır. Tuz-biber gürültüsü uygulanmış bir görüntü ve gürültüyü sağlayan Matlab kodları Şekil 7.8’ dir.



Şekil 7.8. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne tuz-biber (salt & pepper) algoritması uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları

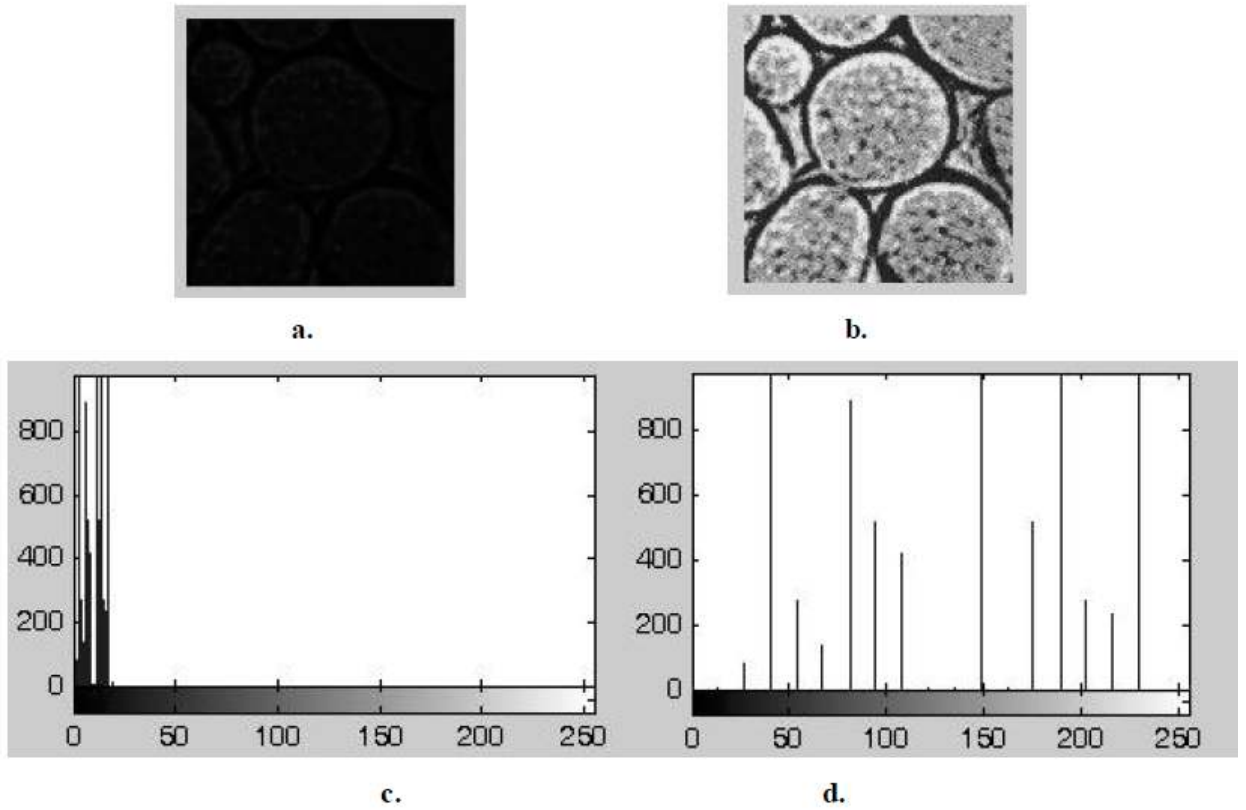
Seçilen algoritmalar görüntüye varsayılan değerler kullanılarak uygulanır. Gürültü ekleme bölümündeki algoritmalar MATLAB görüntü işleme araç kutusunun varsayılan değerleri kullanılarak uygulanır. Tuz-biber gürültüsü için 0.05 yoğunluk, Gauss gürültü için 0.01 varyant değeri, Speckle için 0.04 varyant değeri uygulanır. Şekil 7.9’ da gürültü eklenmiş örnekler yar almaktadır [30].



Şekil 7.9. Gürültü eklenmiş görüntüler [30].

Gri seviye bir görüntünün parlaklığı belirtilen katsayı oranında değiştirilebilir. Katsayı $[-1, 1]$ aralığında olmalıdır. Katsayının $[-1, 0)$ aralığında olması durumunda görüntü parlaklık azalır, görüntü koyulaşır. Katsayı $[0, 1]$ aralığında ise parlaklık artırılır. Parlaklık ayarlamak için '*brighten*' fonksiyonu çağırılır. Görüntü matrisi ve katsayı parametre olarak gönderilir. Geri dönüş değeri ile parlaklığı değiştirilmiş görüntü matrisi elde edilir. Parlaklık ayarlandıktan sonra asıl görüntü ile parlaklığı değiştirilmiş hali histogramları ile

birlikte görüntülenir. Şekil 7.10’ da parlaklığı değiştirilmiş görüntüler ve histogramları yer almaktadır. Parlaklığı artırılan görüntünün histogramında dağılım aralığının arttığı görülmektedir [29]. Tablo 7.3’ de parlaklığın değiştirilmesi ile ilgili Matlab kodları bulunmaktadır.



Şekil 7.10. a.Orijinal görüntü b. Parlaklığı ayarlanmış görüntü c. d. Görüntülerin histogramları[29].

Tablo 7.3. Parlaklık ayarlaması ile ilgili örnek Matlab kodları

<pre>B = brighten(A, 0.1); %parlaklığın arttırılması C = brighten(A, -0.1); % parlaklığın azaltılması</pre>

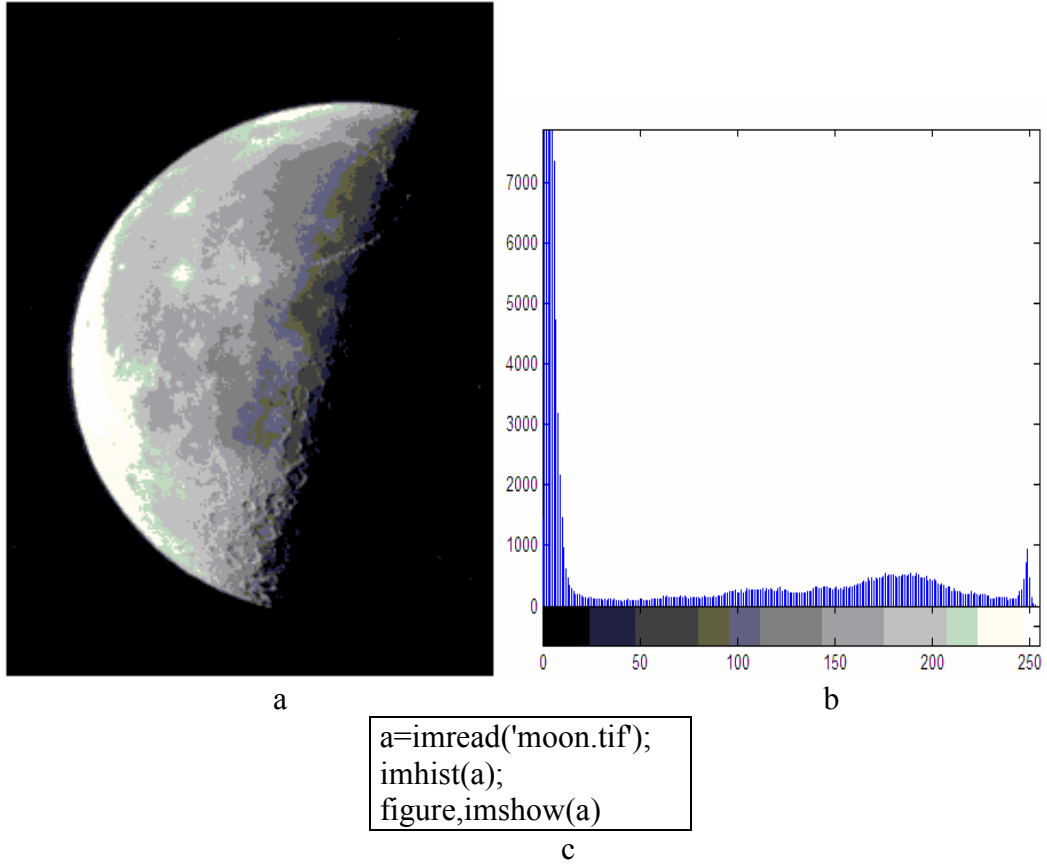
7.2. Histogram Çıkartma

Histogram bir veri kümesindeki değerlerin dağılımını gösteren grafikdir. Görüntünün histogramı piksel değerlerinden oluşan görüntü matrisinin elemanlarının dağılımını veren grafikdir. Histogram grafiğine bakılarak hangi parlaklık değerine sahip piksellerin görüntü üzerinde daha yoğun olduğu gibi bilgiler alınabilir. Histogram grafiği için '*imhist*' fonksiyonu çağırılır. Görüntü matrisi parametre olarak fonksiyona gönderilir [29]. Bununla ilgili Matlab kodu Tablo 7.4' deki gibi uygulanır.

Tablo7.4. Histogram Çıkarımı ile İlgili Örnek MATLAB Kodları

<pre>% histogram çıkartımı imhist(a);</pre>

Geri dönüş ise histogramın yer aldığı bir grafik penceresidir. Bununla ilgili görüntü, histogram grafiği ve Matlab kodları Şekil 7.11' de verildiği gibidir.



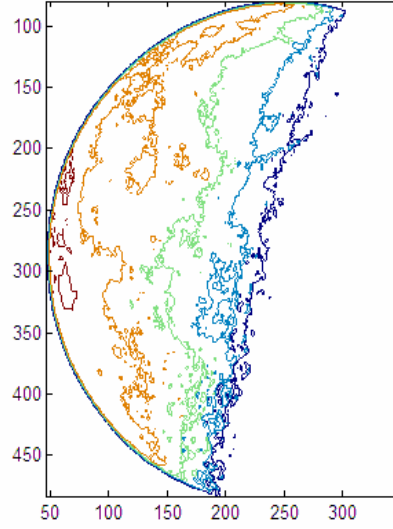
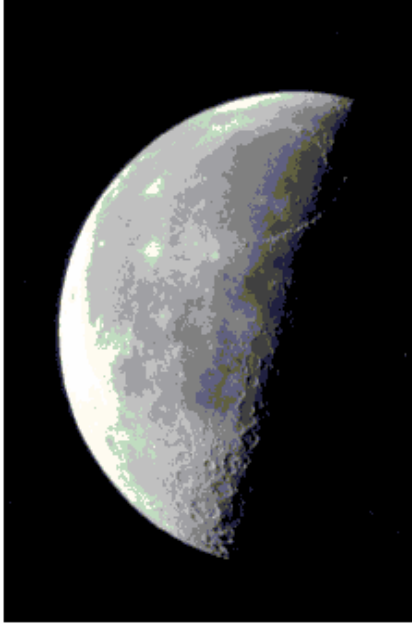
Şekil 7.11 (a) 'moon.tif' görüntüsü (b) (a) ya ait histogram (c) (b) için matlab komutları

7.3. Sınır Eğrisi Çıkartma

Görüntünün sınır eğrisi lokal süreklilik gösteren ve çevresine göre belirginleşmiş bölgelerin değişim noktalarından oluşur. Görüntü sınırı 5 farklı algoritma kullanılarak çıkartılabilmektedir. Bunlar Sobel, Prewitt, Roberts, Log (Laplacian Of Gauss) ve Canny algoritmalarıdır. Sınır grafiği siyah zemin üzerine beyaz olarak çizilir. Sınır çıkartma işlemleri MATLAB varsayılan ayarları olarak yatay ve dikey yönde görüntüye göre belirlenen otomatik eşik değeri ile yapılır. Görüntü matrisi, kullanılacak yöntem 'edge' fonksiyonuna parametre olarak gönderilir. Geri dönüş değeri olarak sınır görüntüsü 0 ve 1'lerden oluşan bir matris olarak elde edilir [29]. Kontur çıkartımı ve sınır eğrisi çıkartımı sağlayan Matlab fonksiyonları ve uygulama örnekleri sırasıyla Tablo 7.5, Şekil 7.12 ve 7.13' de verilmektedir.

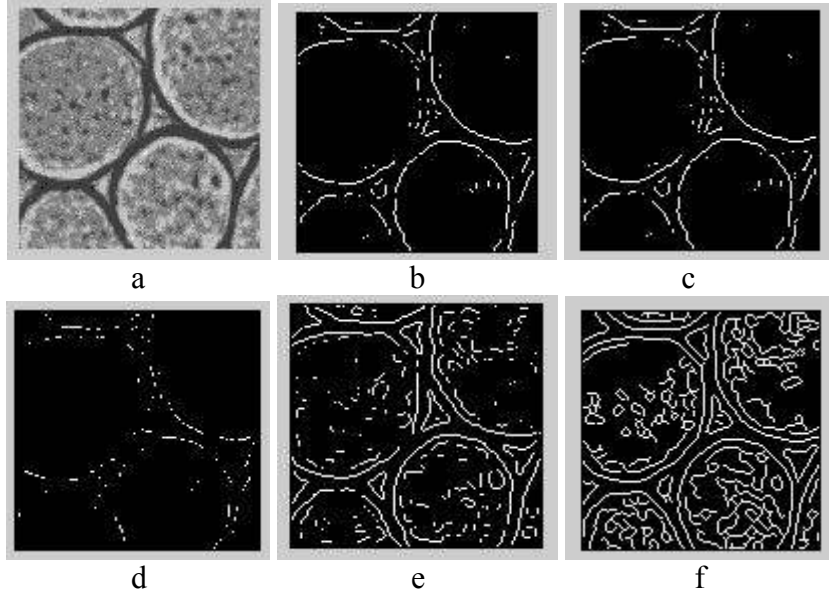
Tablo 7.5. Kontur, ve Sınır Eğrilerinin Çıkarımı ile İlgili Örnek MATLAB Kodları

```
%kontur çıkarımı  
imcontour(a);  
  
% Sınır eğrilerinin çıkarılması  
c=edge(a,'log');  
d=edge(a,'canny');  
e=edge(a,'roberts');  
f=edge(a,'prewitt');  
g=edge(a,'sobel');
```



```
a=imread('moon.tif');  
imcontour(a);  
figure,imshow(a)
```

Şekil 7.12 (a) 'moon.tif' görüntüsü (b) (a) ya ait kontür çıkartımı (c) (b) için matlab komutları



Şekil 7.13. a. Orijinal görüntü b. Sobel ile çıkarılan sınır c. Prewitt ile çıkarılan sınır d. Roberts ile çıkarılan sınır e. Log ile çıkarılan sınır f. Canny ile çıkarılan sınır [29].

7.4. İstatistik Değerlerin Hesaplanması

Görüntü matrisi değerlerinin ortalaması, standart sapması, en büyük ve en küçük piksel değerleri hesaplanabilir. Korelasyon iki görüntü matrisi arasında hesaplanacağı için ikinci görüntü korelasyon ile ilgili bölümden yüklenir. Ortalama işlemini gerçekleştirmek için ‘*mean2*’ fonksiyonu çağırılır. Görüntü matrisi fonksiyona gönderilerek geri dönüş değeri ortalama değerini tutan bir değişken olarak elde edilir. Denklem (7.2)’ de görülen standart sapma işlemi için ‘*std2*’ fonksiyonu çağırılır. Görüntü matrisi fonksiyona gönderilerek geri dönüş değeri olarak standart sapma değerini tutan bir değişken elde edilir. Denklem (7.3).de görülen korelasyon hesabı ‘*corr2*’ fonksiyonu kullanılır. Korelasyonu hesaplanacak iki matris parametre olarak fonksiyona gönderilir. Geri dönüş değeri korelasyon sayısını tutan bir değişken olur. Görüntü matrisindeki en büyük değeri bulmak için ‘*max*’ fonksiyonu çağırılır. Fonksiyona görüntü matrisi gönderilir, en büyük değeri tutan bir değişken elde edilir. Görüntü matrisindeki en küçük değeri bulmak için ‘*min*’ fonksiyonu çağırılır. Bu fonksiyonun kullanımı ‘*max*’ fonksiyonu gibidir [29]. Bahsedilen uygulamalar için kullanılan Matlab kodları Tablo 7.6’ da verildiği gibidir.

$$\sum_{b=0}^{L-1} bP(b)$$

(7.1)

$$\left[\sum_{b=0}^{L-1} (b - \bar{b})^2 P(b) \right]^{1/2} \quad (7.2)$$

$$\sum_{a=0}^{L-1} \sum_{b=0}^{L-1} abP(a,b) \quad (7.3)$$

Tablo 7.6. İstatistiksel hesaplar için örnek MATLAB kodları

```
%ortalama
ort=mean2(a);

%standart sapma
st=std2(a);

%korelasyon
kr=corr2(a,b);

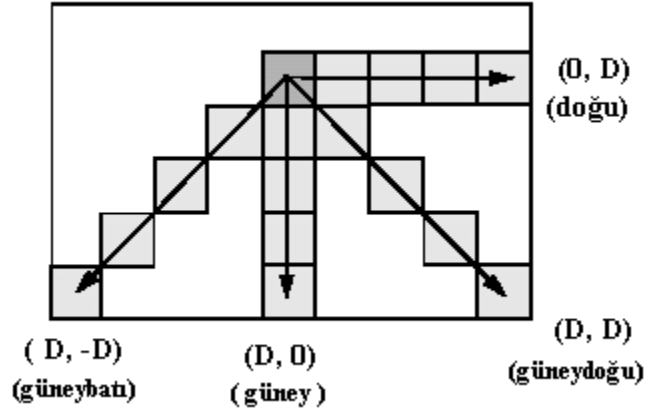
%en büyük değer
enb = max(a);

%en küçük değer
enk = min(a);
```

7.5. Gri Düzeyi Oluşum Matrisi Oluşturulması

GDOM (Gri Düzey Oluşum Matrisi) iki pikselin komşuluk ilişkisine göre oluşturulur. Birinci piksele referans piksel, ikincisine komşu piksel veya hedef piksel denir. Komşuluğun yönü GDOM' u oluşturmak için önemlidir. Referans pikselin sağındaki piksel ile komşuluğu incelenecekse yön (0, D) olarak veya doğu olarak belirtilir. Buna (0,1) de denir. Referans piksele göre satır numarasını 0, sütun numarasını 1 arttırarak hedef piksele ulaşılır. Bu şekilde komşunun referansa göre yerini belirten vektöre mesafe vektörü (distance vector) denir. Bir görüntü için 8 yönde komşuluğa göre GDOM hesaplanabilir. Fakat genellikle 4 yön tercih edilir. Sol üst köşeden, sağ alt köşeye kadar bütün pikseller sıra ile referans olurlar. (0,1) için GDOM oluşturulurken son sütundaki değerlerin sağ taraflarında komşusu olmadığı için hesaba katılmazlar. Boyutları m*n piksel olan bir görüntü matrisinden yönü (D, D) olan GDOM oluşturulurken m. satır ve n. sütundaki değerler, yönü (D, 0) olan GDOM oluşturulurken ise m. satırdaki değerler hedef pikselleri

matris boyutunu aştığı için dikkate alınmazlar. Şekil 7.14 ve Tablo 7.7’ de referans piksele göre hedef piksel gösterimleri ve ilişkileri yer almaktadır



Şekil 7.14. Referans bir piksele göre hedef piksel gösterim yönleri

Tablo 7.7. Örnek Referans, Hedef Piksel İlişkileri

Referans Piksel Koordinatı	Yön – Mesafe Vektörü	Hedef Piksel Koodinatu
(4, 4)	(0, 2)	(4, 6)
(3, 5)	(2, 2)	(5, 7)
(10, 14)	(1, 0)	(11, 14)
(20, 10)	(3, -3)	(23, 7)

Bir yüzey üzerinde kusur denetiminde, biyomedikal görüntülerinde hastalıklı dokunun tespitinde, havadan veya uydudan çekilen görüntülerde farklı coğrafi birimlerin, bitki örtülerinin, jeolojik birimlerin tespitinde bu yöntem fayda sağlamaktadır. Bu yöntemde belirli bir boyuttaki pencere görüntü matrisi üzerinde belirli mesafelerde hareket ettirilir. Her hareket ettirildiğinde pencere içerisindeki bölüme ait GDOM elde edilir ve değerler hesaplanır. Hesaplanan değerler bir sonuç matrisine aktarılır. GDOM üzerinden kaç değer hesaplanacak ise o sayıda sonuç matrisine ihtiyaç vardır. Pencere boyutu belirlenirken dikkat edilmesi gereken hususlar pencere büyüklüğünün incelenecek dokunun bir motifini kapsayabilmesi ve boyutlarının tek sayı olan bir matris olmasıdır (5*5, 9*9 vb.). Pencere matrisinin boyutlarının çift sayı olması hesap zorluğu çıkaracağı için tercih edilmez. Hareket mesafesi olacak piksel sayısı dokunun motifini atlamayacak şekilde belirlenmelidir. Büyük bir hareket mesafesi doku motifinin atlanmasına sebep olacağı gibi,

çok kısa bir mesafe belirlenmesi de işlemlerin uzun sürmesine ve sonuç matrisinin boyutlarının büyümesine sebep olacaktır [31-32], [33], [30].

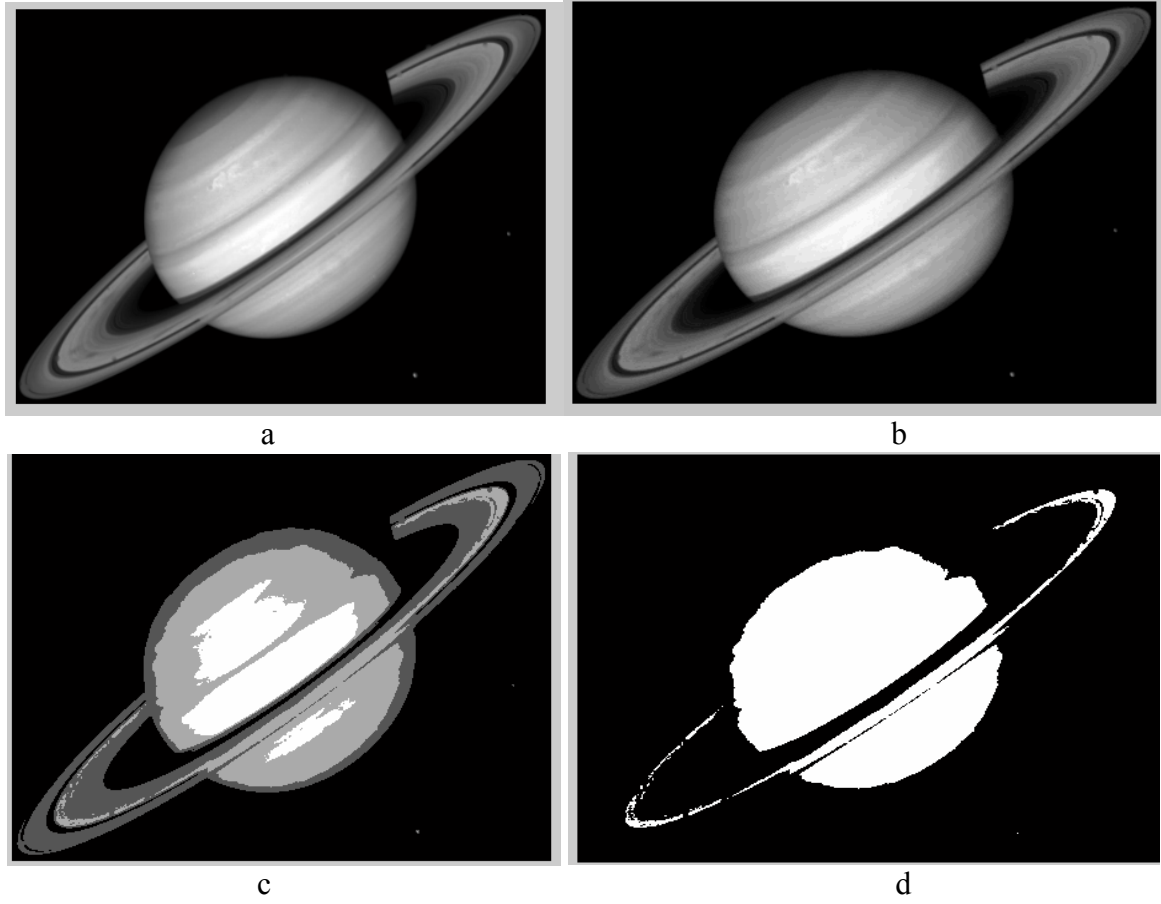
MATLAB görüntü işleme fonksiyonları kullanılarak yapay bozucular uygulanmış halleridir. Bu bozucular %10 oranında parlaklığın artırılıp, azaltılması ve %5 oranında tuz-biber gürültüsü eklenmesi ile elde edilmiştir. Tablo 7.8’ de yapay bozucuların yapılışıyla ilgili örnek MATLAB kodları yer almaktadır.

Tablo 7.8. Yapay bozucu eklenmesi ve görüntülerin kaydedilmesi ile ilgili MATLAB kodları

```
% yapay bozucuların eklenmesi
A = imread('C:\resim\doku1.bmp');
B = brighten(A, 0.1);
C = brighten(A, -0.1);
D = imnoise(A, 'saltpepper');

%bozucu eklenmiş görüntü dosyalarının kaydedilmesi
imwrite(B, 'C:\resim\doku1acik.bmp');
imwrite(C, 'C:\resim\doku1koyu.bmp');
imwrite(D, 'C:\resim\doku1tuzbiber.bmp')
```

Şekil 7.15’ de farklı gri seviyelere sahip görüntüler ve bunların elde edilmesinde uygulanan Matlab kodları ise Tablo 7.9’ da verildiği gibidir.



Şekil 7.15. (a) Orijinal Görüntü (b) Gri seviye 32 (c) Gri seviye 4 (d) Gri seviye 2

Tablo 7.9. Gri seviye değiştirme (a) Orijinal Görüntü b) Gri seviye 32 c) Gri seviye 4 d) Gri seviye 2 ile ilgili MATLAB kodları

```
f=imread('saturn.tif');imshow(f);
%(a)
colormap(gray);imshow(f);

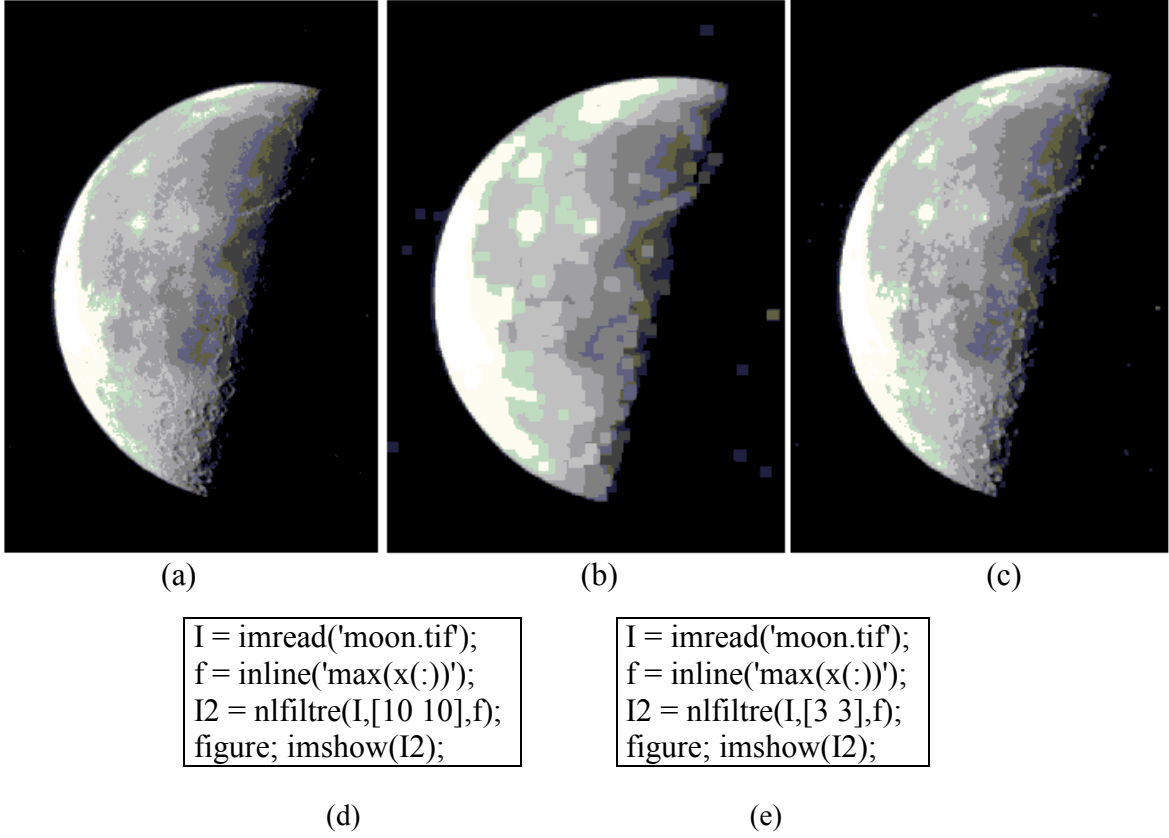
%(b)
colormap(gray(32));imshow(f);

%(c)
colormap(gray(4));imshow(f);

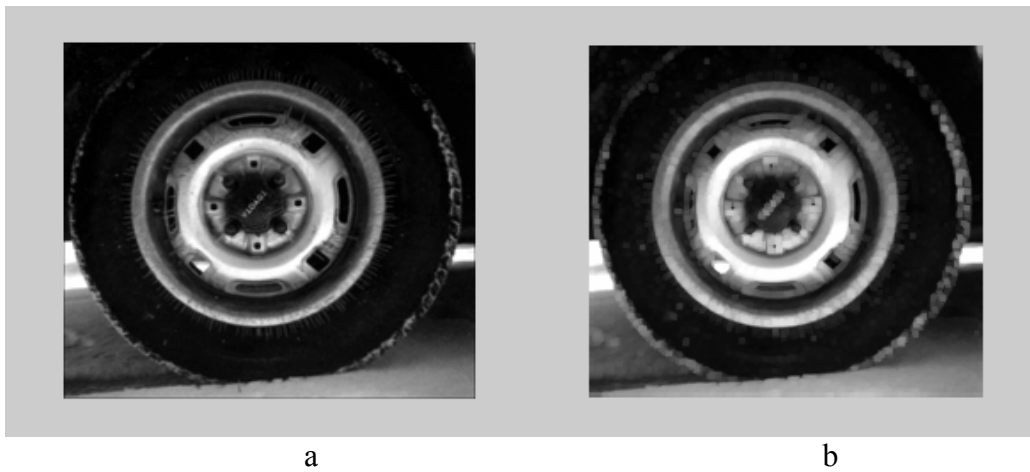
%(d)
colormap(gray(2)); imshow(f);
```

7.6. Komşuluk İşlemleri

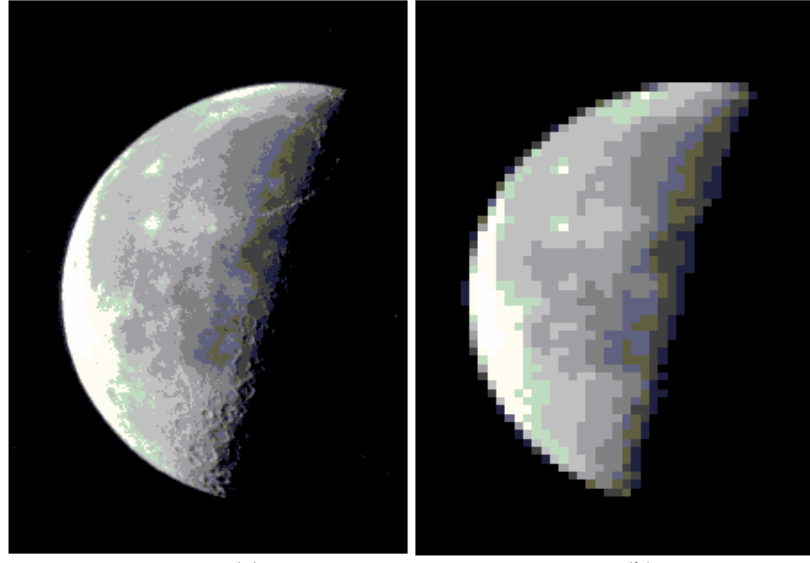
Komşuluk işlemleriyle ilgili çeşitli örnekler ve bu örneklerin elde edilmesinde uygulanan Matlab kodları Şekil 7.16, 7.17 ve 7.18’de yer almaktadır.



Şekil 7.16. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsünün 10x10 komşuluğu alınmış hali (c) (a) görüntüsünün 3x3 komşuluğu alınmış hali (d) (b) için matlab komutları (e) (c) için matlab komutları



Şekil 7.17. (a) Orijinal Görüntü (b) (a) nın 3x3 komşuluğu alınmış hali



(a)

(b)

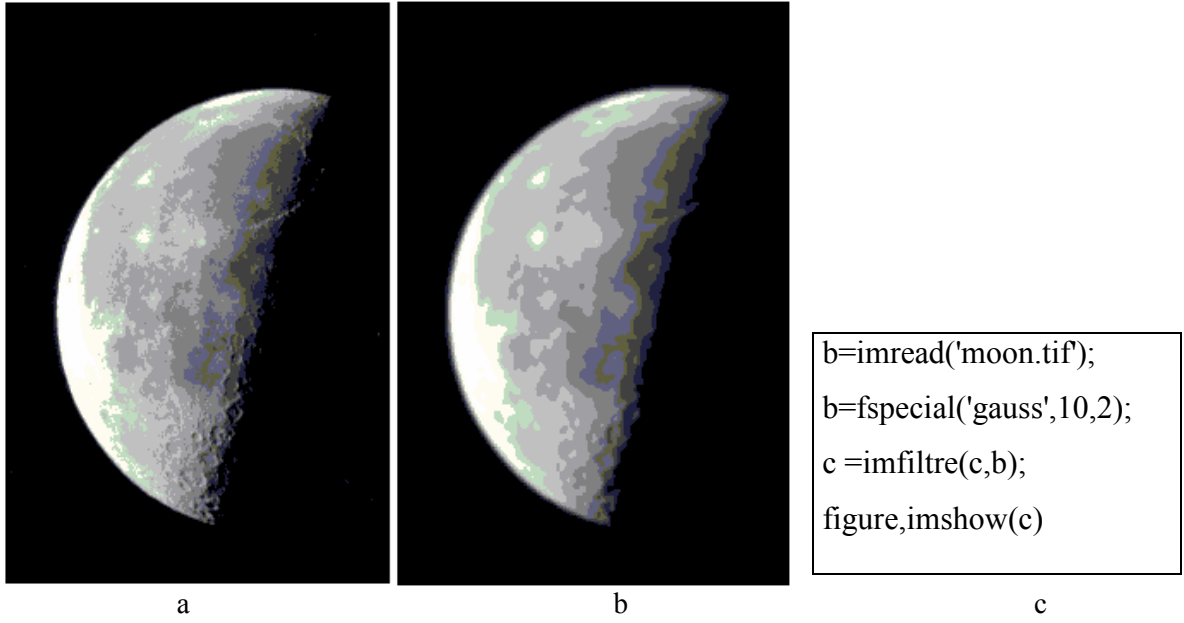
```
I = imread('moon.tif');
f = inline('uint8(round(mean2(x)*ones(size(x))))');
I2 = blkproc(I,[8 8],f);
imshow(I)
figure, imshow(I2);
```

(c)

Şekil 7.18. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinali (b) (a) nın komşuluğu alınmış hali (c) (b) için matlab komutları

7.7. Gauss Filtresi

Gauss düzeltme filtresi derinlik bilgisinin distorsiyonları oluşturulan gerçek görüntülerde, işlem sırasında önemli doku artifaktları üretir. Bu problemi çözmek için Zhang [34], derinlik bilgisi dikey yönden daha çok yatay yönde daha kuvvetli filtrelenen asimetrik filtreyi önermiştir. Asimetrik filtre, daha az doku artifaktlarını ürettiği halde, nesnede sınır yönelmelerindeki derinlik algısı belirsizleşir veya yok olur, çünkü orijinal derinlik görüntüsü büyük çekirdek ile düzeltilir [35]. Gauss filtresi ile ilgili örnek görüntü Şekil 7.19’ da verilmiştir. Verilen ‘h’ değeri de Matlab komutları uygulandıktan sonra elde edilmiş olan değerdir.



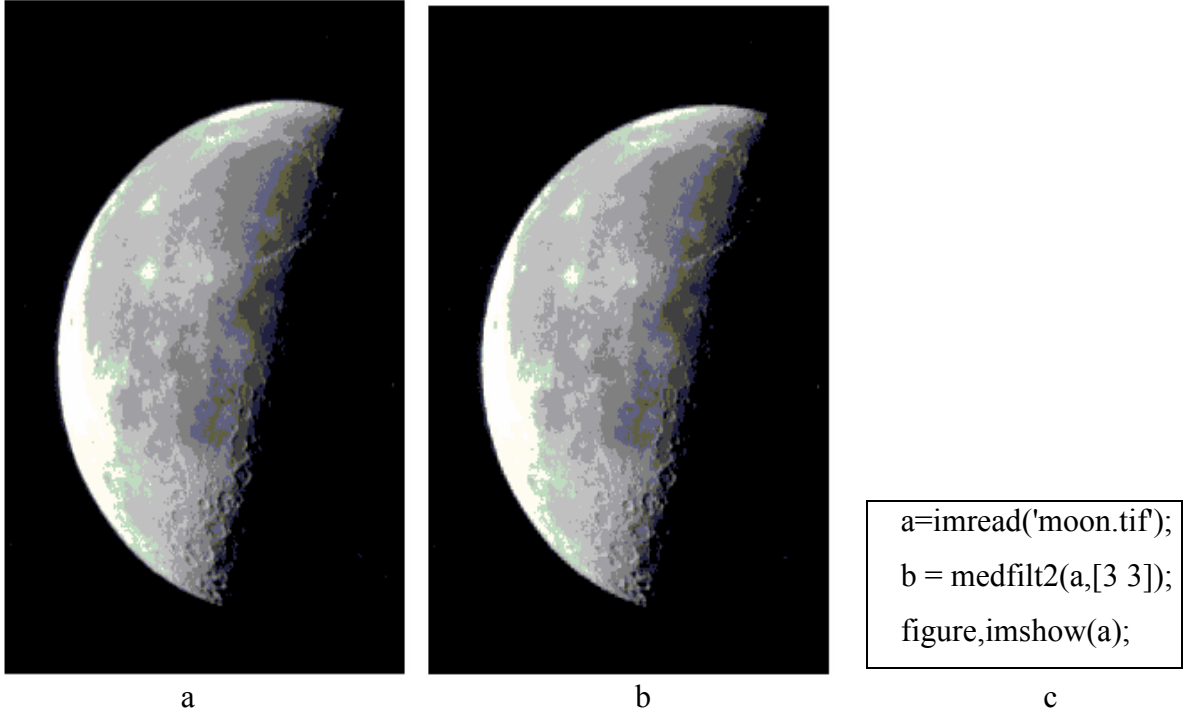
Şekil 7.19. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b) (a) görüntüsüne 10x10 boyutlu gauss filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları

h =

0.0003	0.0007	0.0015	0.0024	0.0031	0.0031	0.0024	0.0015	0.0007	0.0003
0.0007	0.0019	0.0040	0.0066	0.0085	0.0085	0.0066	0.0040	0.0019	0.0007
0.0015	0.0040	0.0085	0.0141	0.0181	0.0181	0.0141	0.0085	0.0040	0.0015
0.0024	0.0066	0.0141	0.0232	0.0298	0.0298	0.0232	0.0141	0.0066	0.0024
0.0031	0.0085	0.0181	0.0298	0.0383	0.0383	0.0298	0.0181	0.0085	0.0031
0.0031	0.0085	0.0181	0.0298	0.0383	0.0383	0.0298	0.0181	0.0085	0.0031
0.0024	0.0066	0.0141	0.0232	0.0298	0.0298	0.0232	0.0141	0.0066	0.0024
0.0015	0.0040	0.0085	0.0141	0.0181	0.0181	0.0141	0.0085	0.0040	0.0015
0.0007	0.0019	0.0040	0.0066	0.0085	0.0085	0.0066	0.0040	0.0019	0.0007
0.0003	0.0007	0.0015	0.0024	0.0031	0.0031	0.0024	0.0015	0.0007	0.0003

7.8. Medyan Filtre

Ortanca değeri alır. Özellikle, impuls gürültüsü (salt-pepper noise) durumunda yani resim üzerinde siyah-beyaz noktalardan oluşan gürültüleri ortadan kaldırmada (gürültü azaltma – noise reduction) etkilidir. Ortalama filtrelerine göre daha az bulanıklaştırırlar. Bu durum Şekil 7.20’ de açıkça görülmektedir.



Şekil 7.20. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b)(a) görüntüsüne 3x3 medyan filtre uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları

7.9. Yatay ve Dikey Sınır Bulma

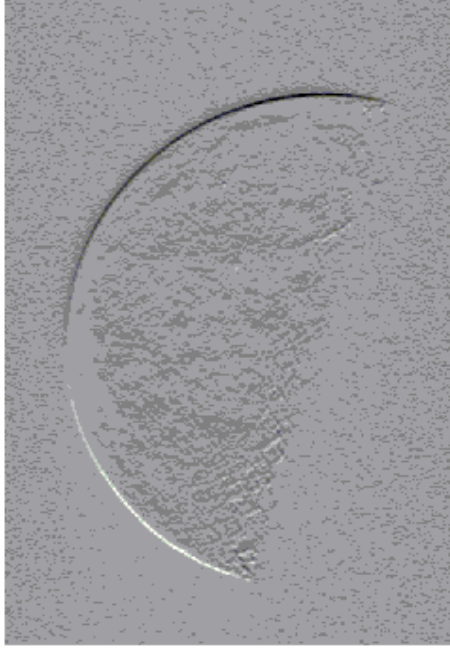
Görüntünün yatay ve dikey sınırlarının elde edilmesi için kullanılan Matlab kodları ve bu kodların uygulanması sonucu elde edilen görüntüler Şekil 7.21' deki gibidir.

```
f=imread('moon.tif');
h=fspecial('sobel');
f=im2double(f);
s=imfiltre(f,h,'replicate');
figure,imshow(s,[]);
```

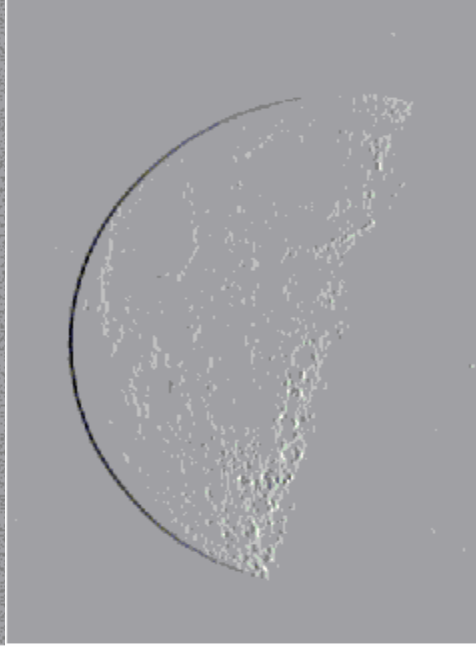
(a)

```
f=imread('moon.tif');
h=fspecial('sobel'); h=h';
f=im2double(f);
s=imfiltre(f,h,'replicate');
figure,imshow(s,[]);
```

(b)



(c)



(d)

Şekil 7.21. (a) Yatay sınır bulma için matlab komutları (b) Dikey sınır bulma için matlab komutları (c) Yatay sınırları bulunmuş görüntü (d) Dikey sınırları bulunmuş görüntü

7.10. Düzeltici Uzaysal Filtreler

Aşağıda belirtilen amaçlar için kullanılırlar:

- Yumuşatma: Resmin daha sanatsal görünmesini sağlar.
- Bulanıklaştırma: Çizgiler, eğriler ve şekiller arasındaki boşlukları köprü kurarak bağlamak veya nesneleri belirleme aşamasından önce detayları, küçük şekilleri ortadan kaldırmayı sağlar. Görüntü ön işlemede yararlıdır.
- Gürültü Azaltma: Görüntüde oluşan bazı bozulmaları ortadan kaldırmayı sağlar.

İkiye ayrılır:

- Düzeltici Doğrusal Filtreler (Smoothing Linear Filtres)
- Sıra İstatistiği Filtreleri (Order Statistics Filtres) [Doğrusal değildir]

- Ortalama veya Ağırlıklı Ortalamaya dayandığı için, “Averaging Filters” da denilmektedir. Resimdeki gri tonlarındaki keskin geçişleri engellediği için, “Lowpass Filters” da denir.
- Resimdeki her piksel yerine komşuları ile beraber ortalaması alınarak hesaplanan değer konulduğundan, resimdeki gri düzeyleri arasındaki keskin geçişler azalır; daha yumuşak geçişler söz konusudur. Resim üzerindeki kenarlarda bulanıklaşmaya (blur) yol açarlar.

Sıra İstatistiği Filtreleri:

- Filtrenin o anki konumunda etkilediği resim alanındaki pikselleri sıralama ile başlamaktadır.
- Medyan Filtre: Ortanca değeri alır. Ortalama filtrelerine göre daha az bulanıklaştırır.
- Min filtre ve Max filtre; doğrusal olmayan filtrelerdir.

7.10.Keskinleştirici Filtreler

Kullanım amaçları:

- Resimdeki ayrıntıları, keskin geçişleri belirginleştirmek,
- Bulanıklaştırılmış görüntülerdeki ayrıntıları yeniden ortaya çıkarmak,
- Endüstriyel ve askeri alanda, tıbbi çalışmalarda ve diğer birçok alanda yarar sağlamaktır.
 - Keskinleştirme, sayısal farkların alınması ile gerçekleştirilir (diferansiyel, türev).
 - Fark alma, resimdeki kenarları, süreksizlikleri (gürültü gibi) belirginleştirir (keskinleştirir) ve küçük gri düzeyi değişimleri olan resim bölgelerini solgunlaştırır.
 - 1. Türev, kalın kenarları, 2. Türev ince çizgileri ve izole noktaları ortaya çıkarır.

Bir tek boyutlu $f(x)$ fonksiyonunun birinci türevi;

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x + 1) - f(x). \quad (7.4)$$

İkinci türevi ise;

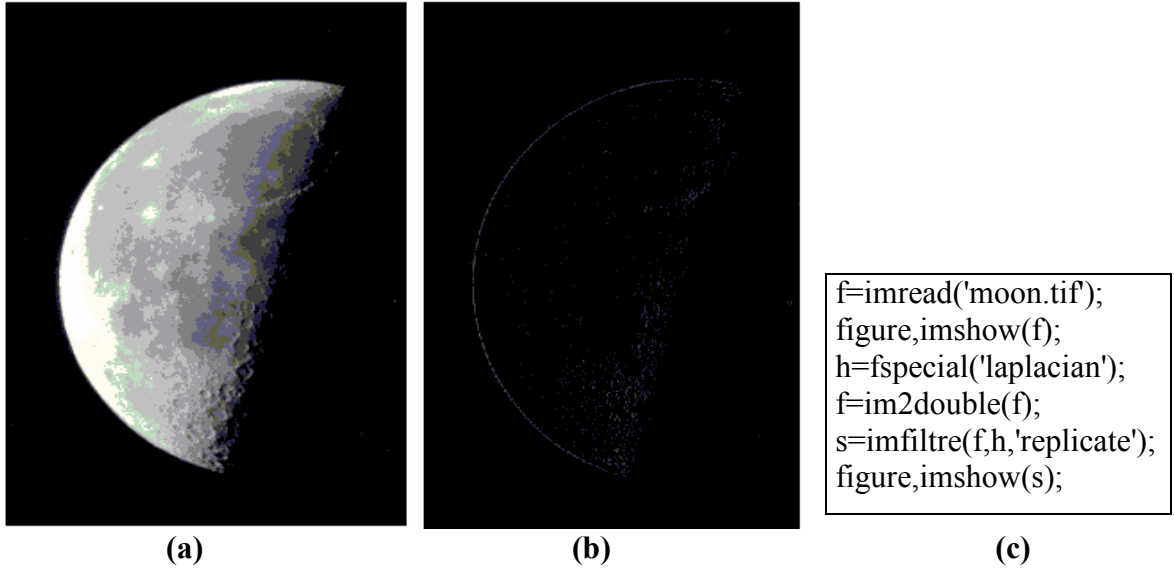
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x + 1) + f(x - 1) - 2f(x)$$

(7.5)

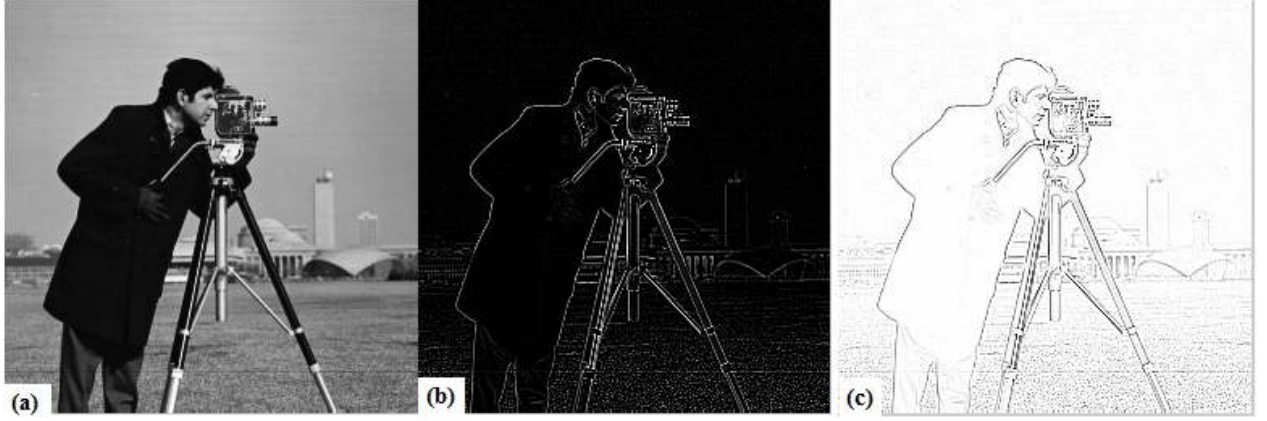
şeklinde ifade edilebilir.

7.12. Sayısal Laplas Gerçekleştirimleri

Sayısal Laplas görüntülerinin nasıl elde edildiği ve elde edilen görüntüde oluşan değişimler ve Matlab kodları Şekil 7.22’ den gözlenebilmektedir. Aynı gerçekleştirimin uygulandığı bir başka görüntü de Şekil 7.23’ de görüldüğü gibidir.



Şekil 7.22. (a) 'moon.tif' görüntüsünün orijinal hali (b)(a) görüntüsüne laplas operatörü uygulanmış hali (c) (b) için matlab komutları



Şekil 7.23. (a) Orijinal görüntü (b) Görüntünün laplası (c) (b) nin tersi

Keskinleştirme Maskesi: Resimden, bulanıklaştırılmış hali çıkarılınca da keskinleştirmeye ulaşılır.

$$f_s(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y) \quad (7.6)$$

High-Boost Filtre : Öncekinin genelleştirilmiş şeklidir. Karanlık resimleri aydınlatma etkisi de sağlar.

$$f_{hb}(x, y) = Af(x, y) - \bar{f}(x, y) \quad (7.7)$$

8. SONUÇ VE TARTIŞMA

Görüntü onarma; içerisinde çok sayıda yöntem barındıran, farklı yöntemlerin bir arada uygulanabildiği, gelişmeye açık geniş bir araştırma alanıdır.

Elde edilmiş olan farklı sonuçlar bize, görüntü onarma çalışmalarında tek bir çözüm yolunun olmadığını, görüntülerin onarılması için farklı filtrelerin değişik metotlarla uygulanabileceğini göstermiştir. Ancak, görüntü onarma çalışmalarında birden fazla yöntemin kullanılabilir olması, her süzgecin belirli bir problemin çözümüne katkı sağlayacağı anlamına gelmez.

Görüntü işleme tekniklerinin klasik yapısal programlama dilleri kullanılarak gerçekleştirilmesi zor olmaktadır. Bu zorluklar çoğunlukla yoğun matematiksel işlemlerin gerekliliği, işlenecek veri sayısının yüksek oluşu ve algoritma karmaşıklığının yanında oluşturulan uygulama programına ait doğruluğun her adımda test edilmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden görüntü işleme uygulamaları matematik ve programlama alanında yeterli uygulama deneyimi ve yoğun dikkat gerektirmektedir. Farklı işlemlerin denenmesi, birleştirilmesi ve analizi bu şekilde zaman alıcı birçok çalışmayı gerektirmektedir. MATLAB ve benzeri yazılımlar bu alandaki zorluklar için de bir çözüm kaynağı oluşturmaktadır [29].

Yapılan tez çalışmasında MATLAB geliştirme ortamının sağladığı özellikler de kullanılarak görüntü işlemeye yönelik uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda karşılaşılan bozucu etkiler ve çözüm yöntemleri tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Komşuluk ilişkisi incelendiğinde ne kadar küçük komşuluklar alınarak işlem yapılırsa o kadar iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.
- Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde; Sobel filtresinin hareket bulanıklığı ve Gauss biçimli bulanıklık etkilerinin giderilmesinde, Laplas operatörünün keskinleştirme işleminde, Wiener Süzgecin bulanıklık ve gürültü etkilerinin bir arada olduğu etkilerin giderilmesinde, Medyan Süzgecin tuz biber gürültüsünün kaldırılmasında ve Gauss Biçimli süzgecin Gauss Biçimli gürültünün kaldırılmasında daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.
- Sabit sensör sayısına sahip bir kameradan alınan görüntü üzerinde yapılan çalışmalarda çözünürlük değeri arttıkça buna paralel olarak piksel boyutları büyüdüğünden

görüntüde bozulmalar tespit edilmiştir. Dolayısıyla sensör sayısı daha fazla olan bir kamerayla çalışılması çözünürlük değerinin değişimini daha kolay tolere edebilmektedir. Ayrıca kameranın sensör sayısı arttıkça oluşan hata piksellere dağılıp azalacağından elde edilen görüntüdeki gürültüler azalmaktadır.

- Yapılan çalışmada görüntü sensörü olarak dijital bir kamera kullanılmıştır. Dijital kamera sensörleri tam sayı piksel değerleri üretmektedir. Pikselleri tam sayı olarak okumak ondalık değerlerin ele alınamamasına neden olmaktadır. Bu da çözünürlük iyileştirmesi sırasında gürültülere neden olmaktadır.

- Alçak geçirgen filtre, Average ya da Medyan filtre ve görüntü yumuşatma filtresi görüntülerde çoğu zaman bozulmalara yol açsa da fayda sağlayacak görüntüler elde etmek mümkün olabilir.

9. ÖNERİLER

Görüntü üzerindeki bulanıklaşmanın giderilmesi için bulanıklaşmanın modellenmesi gerekir. Örneğin bulanıklaşma fonksiyonu $b(x,y)$ ile verilirse bulanıklaşmış görüntü $(g(x,y))$, giriş ile bulanıklaşma fonksiyonunun konvolüsyonundan oluşur.

$$g(x,y)=b(x,y) \times f(x,y) \quad (9.1)$$

Öncelikle bozucu etkinin ne olduğunun tespit edilmesi, çeşitli nedenlerle bozulmuş bir görüntünün daha net ve anlaşılır hale getirilebilmesinde önemli bir yer tutar. Bu bağlamda; bozucu etkinin matematiksel modelinin elde edilmesinde ne kadar başarılı bir sonuç alınırsa bozulmuş görüntüden orijinal görüntüyü elde etmek çoğu zaman mümkün olacaktır. Bu itibarla, onarma çalışmalarına başlarken, her şeyden önce, görüntü üzerine binen bozucu etken ya da etkenlerin neler olduğunun tespit edilmesi gerekir. Ancak bu tespitten sonra problem tipine uygun filtrelerin kullanılması, bize doğru sonuçları verecektir. Ayrıca sayısal görüntü işleme kapsamında yer alan diğer görüntü onarma filtrelerinin de incelenmesi ve önemli görülen bozulma tiplerinin onarılmasını sağlayacak özel filtrelerin tasarlanması, bu konuda yürütülmekte olan bilimsel çalışmalara katkıda bulunacaktır.

Bir adım sonraki çalışmada onarılma sonucu elde edilen görüntülerin ISNR değerleri ile bunların görsel değerlendirmeleri arasındaki tam bir uyumun bulunup bulunmadığı incelenebilir.

Özellikle son yıllardaki çalışmalar ile yapay sinir ağları ve bulanık mantık da kendilerine görüntü işleme ve iyileştirme alanlarında yer bulmuşlardır.

Tez çalışmasında kullanılan MATLAB yazılımı, oluşturduğu matematiksel işlem ortamı yanında görüntü işleme gibi birçok alandaki güncel algoritmaları hazır fonksiyonlar olarak sunmaktadır. Ayrıca kayıt dosyasında saklama imkanı bulunan sonuçların kolaylıkla yorumlanmasına ve irdelenmesine de imkan sağlamaktadır. Görsel programlamanın sağladığı yararlarından bir başkası da kodla uğraşmadan parametre girişi ve yöntem seçimleri yapılarak uygulamanın gerçekleştirebilmesi ve sonuçların görüntülenebilmesiyle öğrenmenin kolaylaştırılmasıdır. Kayıt dosyası uygulama sonrası çalışmalarda yararlanılabilecek bir eğitim materyali olarak kullanılabilir [29].

10. KAYNAKLAR

- [1] **Dilmeganyan N.**, 2001. Çözünürlük üzerine. (Photo Digital)
- [2] **ÖZÇELİK E.**, Temmuz 2006. Ardışık Görüntüler ile Piksel Altı Bilgi Çıkarımı ve Çözünürlük İyileştirme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [3] **GONZALEZ, R.**, 2002. Digital Image Processing. Prentice-Hall Inc., New Jersey, s:88-411
- [4] **Orak O.**, 2007. Sayısal Güvenlik Kamera Sistemlerinden Elde Edilen Görüntüler Üzerinde Görüntü Onarma Tekniklerinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Disiplinlerarası Adli Tıp Anabilim Dalı Fizik İncelemeler ve Kriminalistik, Ankara
- [5] **Karagöz S.**, 2006. Adli Amaçlı Görüntü Onarma İçin Kullanılan Sayısal Filtrelerin İncelenmesi Ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Disiplinler arası Adli Tıp Ana Bilim Dalı Fizik İncelemeler Ve Kriminalistik, Ankara
- [6] **Komatsu, T., Igarashi, T., Aizawa, K. and Saito, T.**, December 1993. Very High Resolution Imaging Scheme with Multiple Different-Aperture Cameras, Sinal Processing: Image Commun., vol. 5, pp. 511-526,
- [7] **ATAMAN, A., MORGÜL A.** 1997. Televizyon Tekniği. “2. Baskı.” İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Matbaası. s:23
- [8] **Rafael C. GONZALES, Richard E. WOODS**, 2008. Digital Image Processing Third Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey 07458
- [9] **Shira Nemirovsky, Moshe Porat**, 2009, Signal Processing: Image Communication, On texture and image interpolation using Markov models, Electrical Engineering Department, Technion—Israel Institute of Technology, Haifa 32000, Israel
- [10] **Dwayne Phillips**, 2000. Image Processing in C (Second Edition), Virginia, s: 34
- [11] **JL Starck, F Murtagh and A Bijaoui**, , 1998. Image Processing and Data Analysis: The Multiscale Approach, Cambridge University Press s: 51-67
- [12] **Sebastian Knorr, Matthias Kunter, Thomas Sikora**, 2008. Signal Processing: Image Communication 23 665–676, Stereoscopic 3D from 2D video with super-resolution capability, Communication Systems Lab, Technische Universität Berlin, Einsteinufer 17, 10587 Berlin, Germany
- [13] **Parker, J. A., Kenyon, R. V., and Troxel, D. E.**, 1983. Comparison of Interpolating Methods for Image Resampling, IEEE Trans. on Medical Imaging, vol. 2, s: 31– 39

- [14] **Park, S. C., Park, M. K. and Kang, M. G.**, May 2003. Super-Resolution Image Reconstruction, IEEE Signal Processing Magazine, s: 21-36
- [15] **Gevrekci, M. and Güntürk, B.K.**, September 2005. Image Acquisition Modeling for Super resolution Reconstruction, Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference, Volume 2, 11-14, s: II - 1058-61
- [16] **Hu He and Kondi, L.P.**, September 2005. A Regularization Framework for Joint Blur Estimation and Super-resolution of Video Sequences, Image Processing, 2005. ICIP 2005. IEEE International Conference, Volume 3, Page(s):III - 329-32
- [17] **Sehoon Yea, Anthony Vetro**, 2009. View synthesis prediction for multiview video coding MERL- Mitsubishi Electric Research Laboratories, Cambridge, MA, USA Contents lists available at ScienceDirect Signal Processing: Image Communication 24 s: 89–100
- [18] **Eren, P. E., Sezan, M. I. and Tekalp A M.**, October 1997. Robust, Object Based High Resolution Image Reconstruction from Low Resolution Video, IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, s: 1446– 1451
- [19] **Clark, J. J., Palmer, M R. and Laurence P.D.**, 1985. A Transformation Method for the Reconstruction of Functions from Nonuniformly Spaced Samples, IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-33, s: 1151-1165
- [20] **Borman, S. and Stevenson, R.L.**, 1999. Super-resolution from image sequences-A review, in Proc. 1998 Midwest Symp. Circuits and Systems, pp. 374-378
- [21] **BULUT, Ö.** ,2006. Teknolojik Gelişmelerin Görüntüsel Anlatıma Olan Yansımaları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara
- [22] **Blagica Jovanova, Marius Preda, Françoise Preteux**, 2009. (MPEG-4 Part 25: A graphics compression framework for XML-based scene graph formats ARTEMIS Department, Institut TELECOM /TELECOM & Management Sud Paris, 9 rue Charles Fourier, 91011 Evry CEDEX, France, Contents lists available at ScienceDirect Signal Processing: Image Communication 24 s: 101–114)
- [23] **Rafael C. GONZALES, Richard E. WOODS and S. EDDINS**, 2004. Digital Image Processing Using MATLAB ,Prentice Hall, New Jersey
- [24] **Howard, A.**, 1991..Data Acquisition Techniques Using Personal Computers. Academic Press, Inc., s:184-191
- [25] **Mc Gillem, C. D., Cooper, G. R.**, 1974.Continuous and Discrete Signal and System Analysis, Holt, Rinehart and Winston, Inc.,
- [26] **Altıntaş A.** , 2006. Tanımlanmış veya Ölçülmüş dalga Şekilleri İçin Bir s. 6-15, Harmonik Analizörü SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10. Cilt, 2. Sayı, Dumlupınar Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektrik Eğitimi Bölümü, Simav-KÜTAHYA
- [27] **Hong Li (a), ShaohuaXu (a), LuoqingLi (b)**, 2008. Signal Processing: Image Communication 23 788–797, Dim target detection and tracking based on empirical mode

decomposition, a Department of Mathematics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

b Faculty of Mathematics and Computer Science, Hubei University, Wuhan 430062, China

[28] MATLAB Image Processing Toolbox User Guide., The Mathworks Inc.

[29] **Önder Demir**, 2006. Matlab Gereçleri İle Görüntü İşleme Uygulamaları, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Bilgisayar Ve Kontrol Eğitimi Programı, Yüksek Lisans Tezi , İstanbul

[30] **Parker,J.R**, 1997. Algorithms For Image Processing and Computer Vision., Wiley Computer Publishing,

[31] **Haralick,R.M.**, 1979. Statistical and Structural Approaches to Texture., Proceedings of IEEE,vol.67,

[32] **Haralick,R.M., Shanmugan,K., Dinstein,I** 1973. Textural Features for Image Classification., IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics vol.3,

[33] **Ünsalan, C.**, 1998. Pattern Recognition Methods for Texture Analysis Case Study: Steel Surface Classsificaiton., MSc Thesis, Bogazici Univ., Inst. For Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Istanbul, Türkiye

[34] **L. Zhang, W.J. Tam**, 2005. Stereoscopic image generation based on depth images for 3DTV, IEEE. Trans. Broadcasting 51 (2) s: 191–199.

[35] **Young Kyung Park(a), Kwanghee Jung(a), Youngjin Oha, Suyoung Lee(a), JoongKyuKim(a), Gwangsoon Lee(b), Hyun Lee(b), Kugjin Yun(b), Namho Hur(b), Jinwoong Kim(b)**, 2009. Signal Processing: Image Communication 24 s: 122–136, Depth-image based rendering for 3DTV service over T-DMB (a) School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University, 300, Chun-Chun-Dong, Chang-An-Ku, Suwon 440-746, Republic of Korea

(b) Electronics and Telecommunications Research Institute, 161, Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Republic of Korea

Mücella ÖZBAY KARAKUŞ

Ahi Evran Üniversitesi, Kaman Meslek Yüksekokulu
Kaman/ Kırşehir
Tel: 0386 712 4169



ÖĞRENİM DURUMU

2007-.... : Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Devreler ve Sistemler Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans.

2002-2007 : Fırat Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Lisans.

1995-2002 : Elazığ Anadolu Lisesi.

İŞ DENEYİMLERİ

2008- : Ahi Evran Üniversitesi, Kaman Meslek Yüksekokulu, Öğretim Görevlisi
Yüksekokul Kurul Üyesi.

2008- 2009 : Yüksekokul Müdür Yardımcısı, Yönetim Kurulu Üyesi.

2006-2008 : ENDOST Endüstriyel Otomasyon Sistemleri Ltd. Şti. Proje ve Teknik Destek Departmanları Yöneticiliği.

LİSANS MEZUNİYET TEZİ

"Yakıt Pilleri ", Fırat Üniversitesi, Elektrik Tesisleri Anabilim Dalı, Bitirme Tezi,
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mehmet CEBECİ , 2006, Elazığ

ARAŞTIRMALAR

"PIC Programlama ile Asansör Sistemi Kontrolü", Uygulama Çalışması
Çalışma Sorumlusu : Prof. Dr. Sedat SUNTER, 2005, Elazığ

SERTİFİKALAR

2006 Fırat Üniversitesi Sürekli Eğitim Merkezi Elektrik-Elektronik Mühendisliği SMM Belgesi.

2004 Fırat Üniversitesi - European Computer Driving Licence Certificate (ECDL Sertifikası)
2004 Fırat Üniversitesi Bilgisayar İşletmenliği Sertifikası.
2005 Fırat Üniversitesi Bilgisayar Kullanımı ve Yetkinlik Sertifikası.

BİLİMSEL YAYINLAR

UMYOS 2009 (1. Uluslar arası 5. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu 2009)
“Meslek Yüksekokullarının Tanıtımında Bir Araç Olarak Web Sitesi Kullanımı: Kaman MYO Uygulama Örneği “ bildirisi.

VERİLEN DERSLER

Bilgisayarlı Kontrol, Mesleki İngilizce, Temel Elektronik, Sayısal Elektronik, Sayısal Tasarım, Sistem Analizi ve Tasarım, İşlemsel Yükselteçler, Teknolojinin Bilimsel İlkeleri

ÜYE OLUNAN KURULUŞLAR

EMO (Elektrik Mühendisleri Odası)

ÇALIŞMA YAPMAK İSTEDİĞİ ALAN

Endüstriyel Elektronik

KENDİNİ GELİŞTİRMEK İSTEDİĞİ SPESİFİK ALAN

Görüntü ve Sinyal İşleme