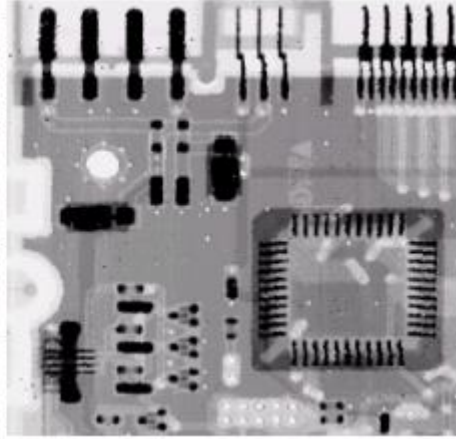
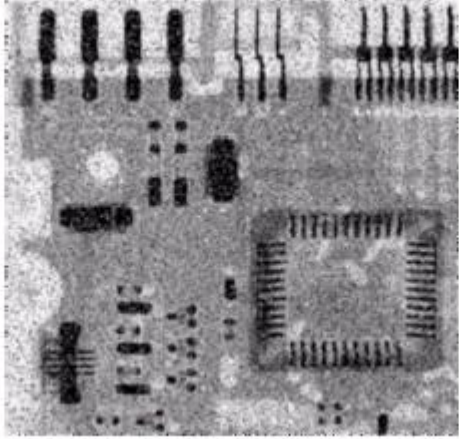
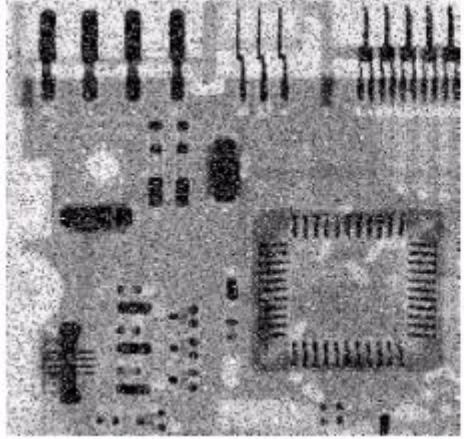




# Görüntü İyileştirme→

- Geometrik dönüşümler
- Uzay bölgesinde filtreleme



If the facts don't fit the theory, change the facts.  
~Einstein

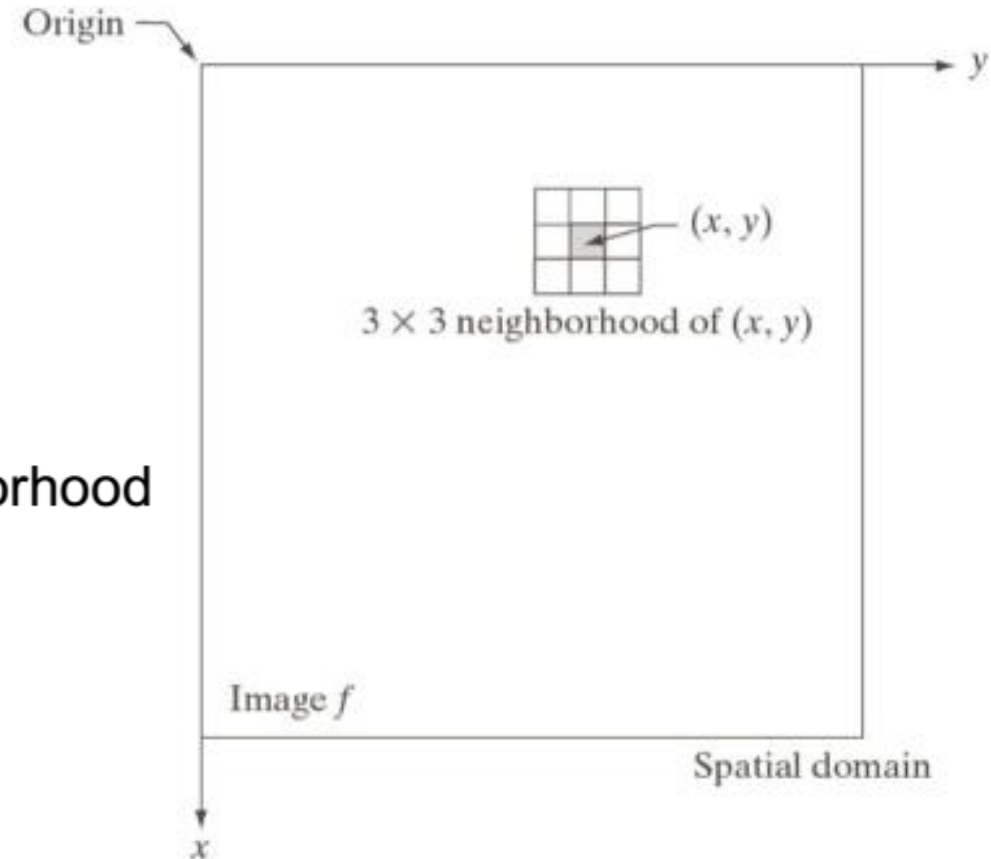
Dr. Meriç Çetin

versiyon4320

# Spatial Domain vs. Transform Domain

- Uzay bölgesinde doğrudan görüntü düzleminin yoğunluk değerleri işlenebilir.
- Dönüşüm bölgesinde doğrudan görüntü düzleminin yoğunluk değerleri işlenemez.

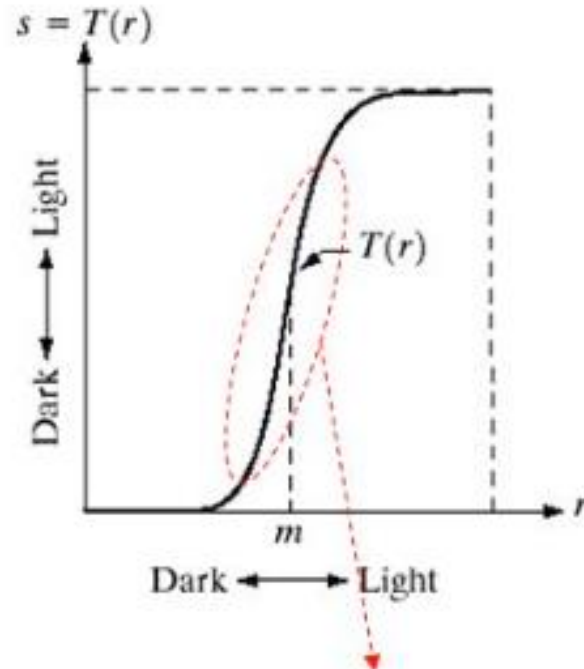
- $g(x,y) = T[f(x,y)]$
- $f(x,y)$  : input image
- $g(x,y)$  : output image
- $T$  : an operator on defined over a neighborhood of point  $(x,y)$



# Spatial Domain Process

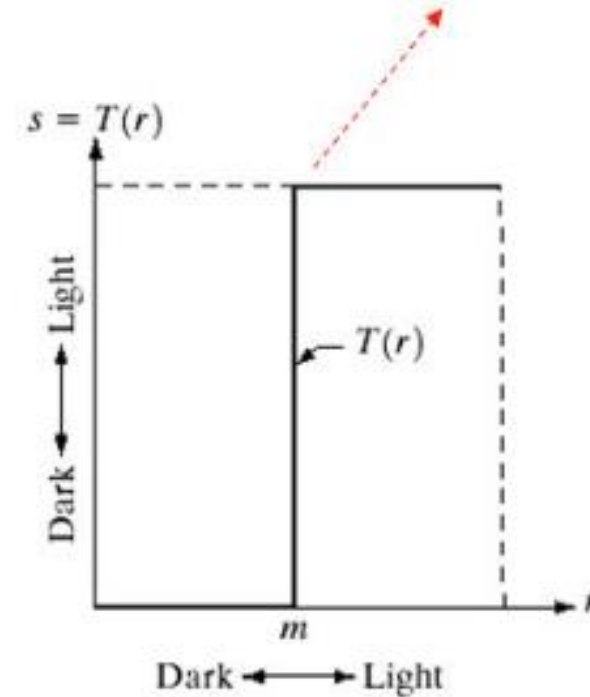
- Yoğunluk dönüşüm fonksiyonu:

$$s = T(r)$$

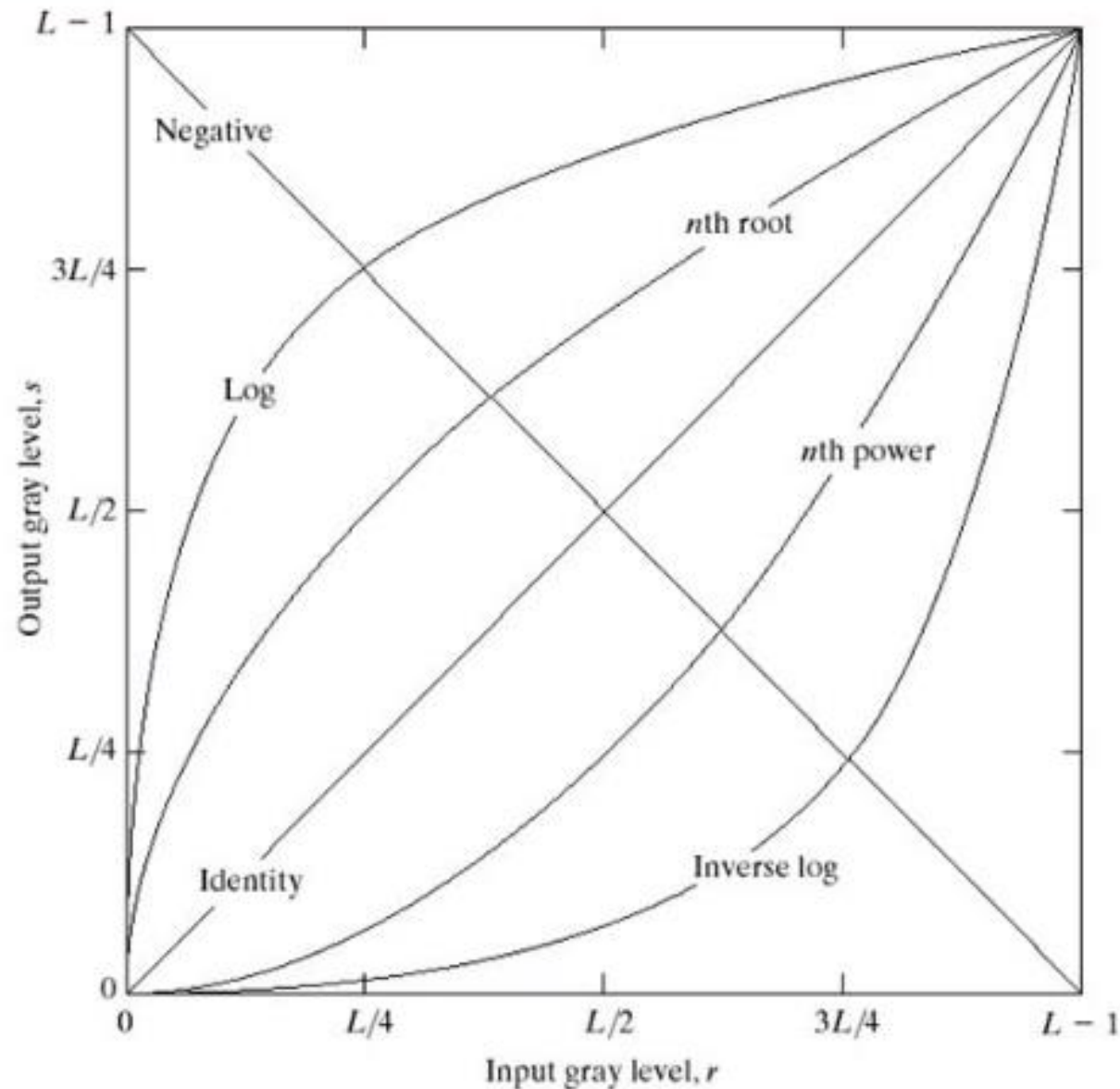


Linear Part contributes to the contrast stretching

Converts to black & white



# Some Basic Intensity Transformation Functions



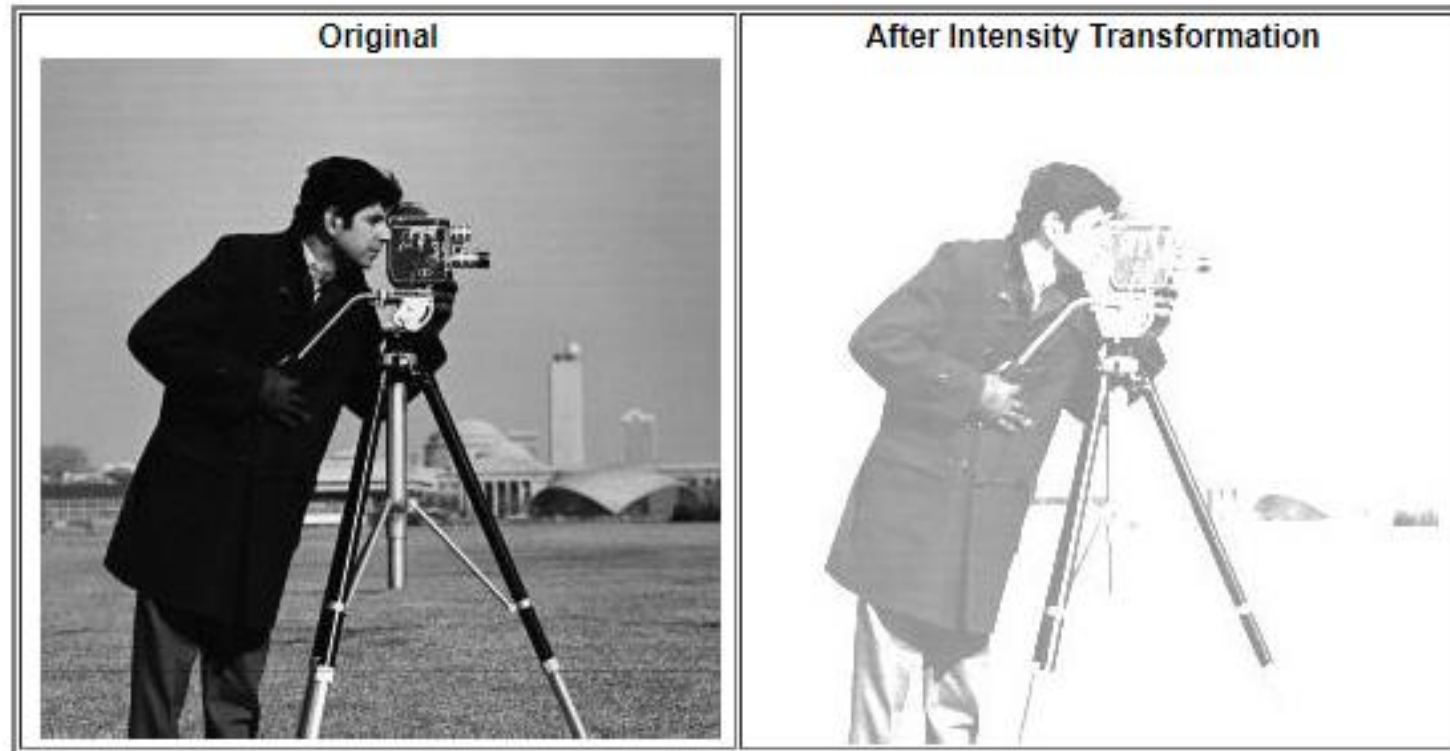
Some basic grey-level transformation functions used for contrast enhancement

$$L=2^k$$

**k**: number of bits used to represent each pixel

# Intensity Transformation Functions

1. photographic negative (using `imcomplement`)
2. gamma transformation (using `imadjust`)
3. logarithmic transformations (using `c*log(1+f)`)
4. contrast-stretching transformations (using `1./(1+(m./(double(f)+eps)).^E)`)



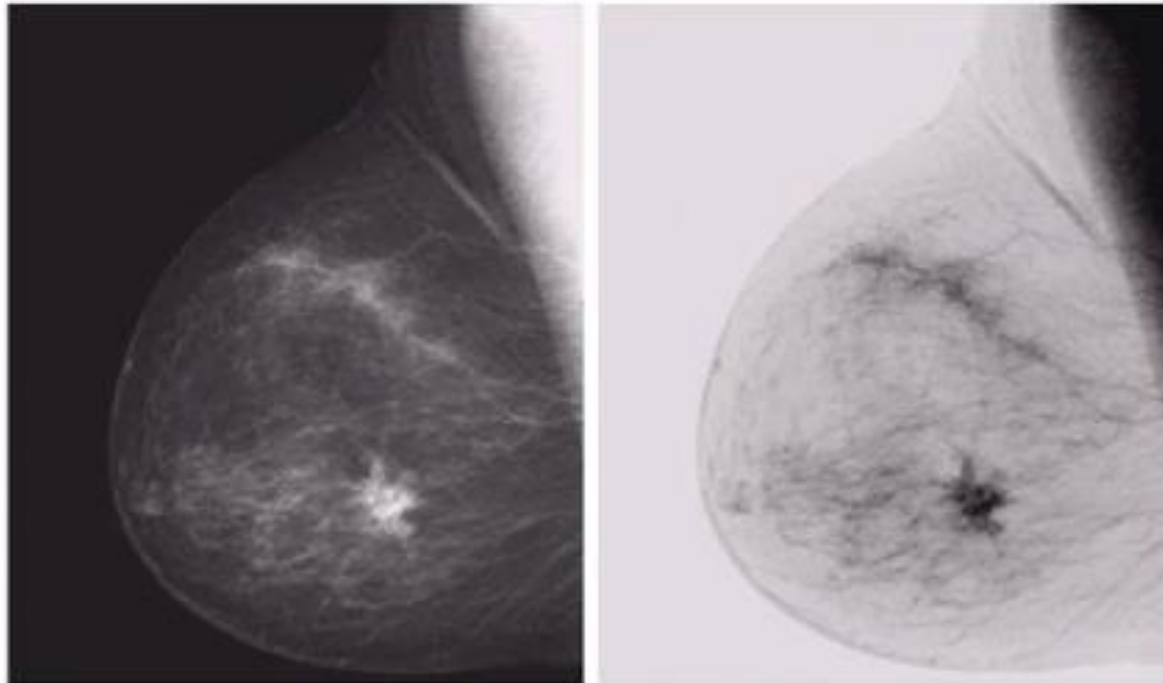


# Image Negatives

- Image negatives

$$s = L - 1 - r$$

s is the pixel value of the output image and r is the pixel value of the input image.

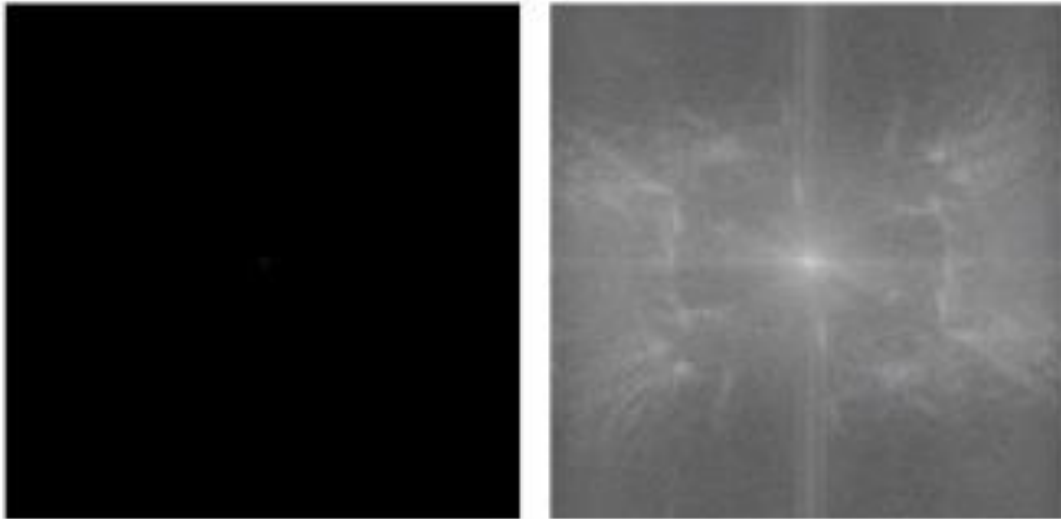


**(left) Original digital mammogram. (right) Negative image obtained using the negative transformation**

# Log Transformations

- Log Transformations  
 $s = c \log(1 + r)$

$s$  is the pixel value of the output image and  $r$  is the pixel value of the input image.

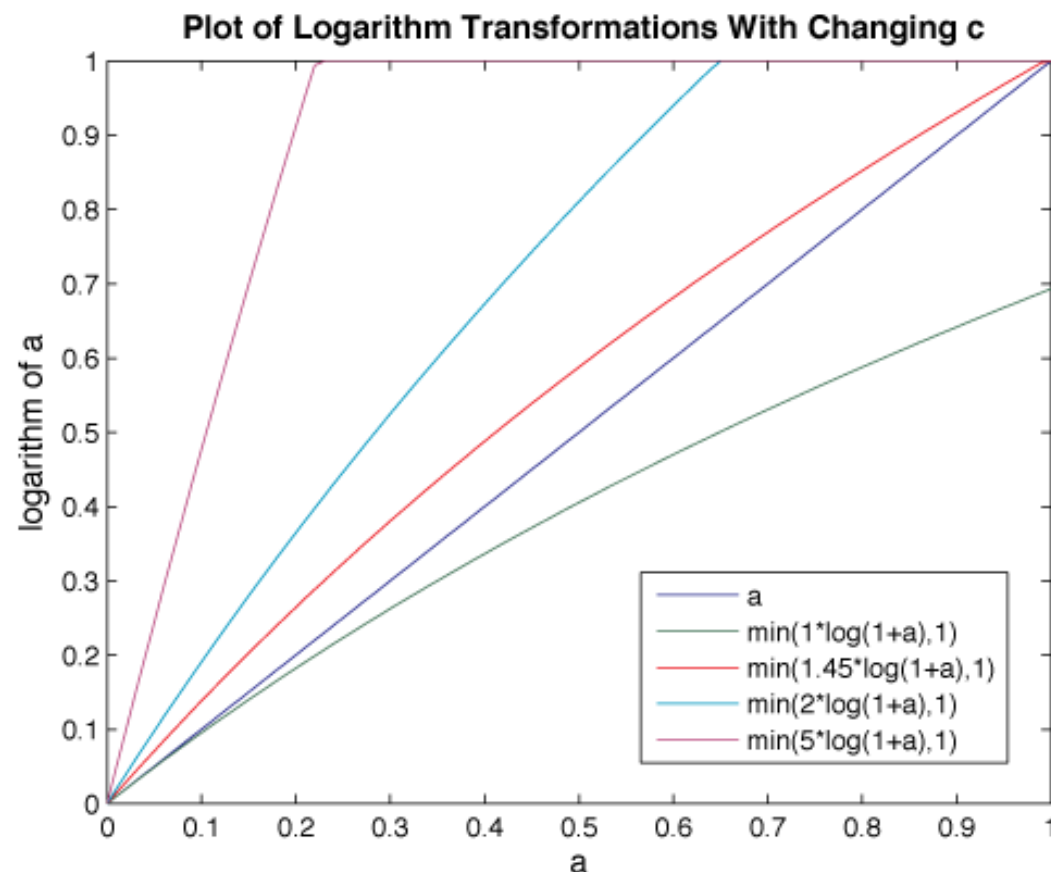


(left) Fourier spectrum of Barbara's image. (right) Result of applying the log transformation

Logarithmic Transformations can be used to brighten the intensities of an image (like the Gamma Transformation, where  $\gamma < 1$ ). More often, it is used to increase the detail (or contrast) of lower intensity values. They are especially useful for bringing out detail in Fourier transforms (covered in a later lab). In MATLAB, the equation used to get the Logarithmic transform of image  $f$  is:

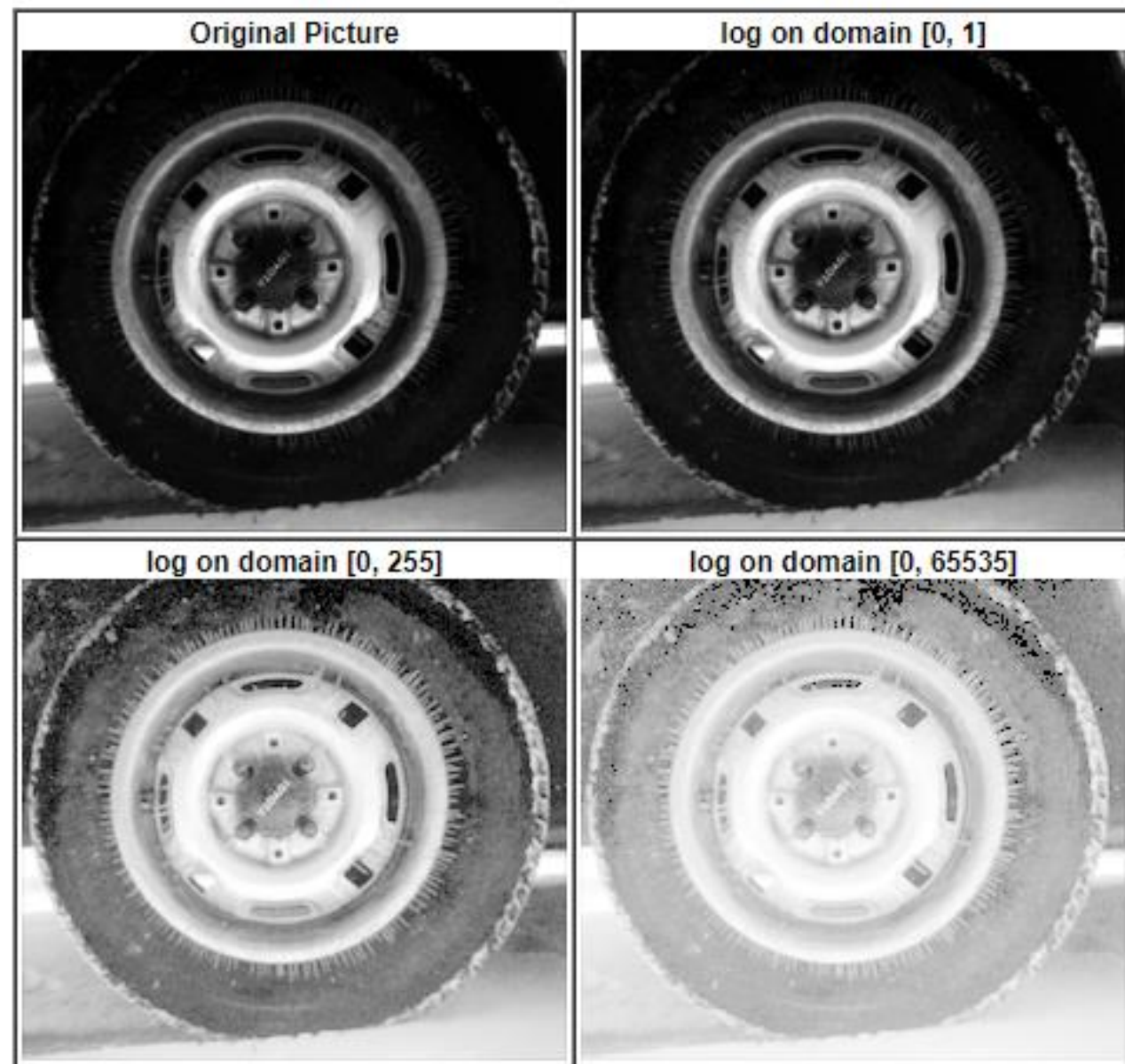
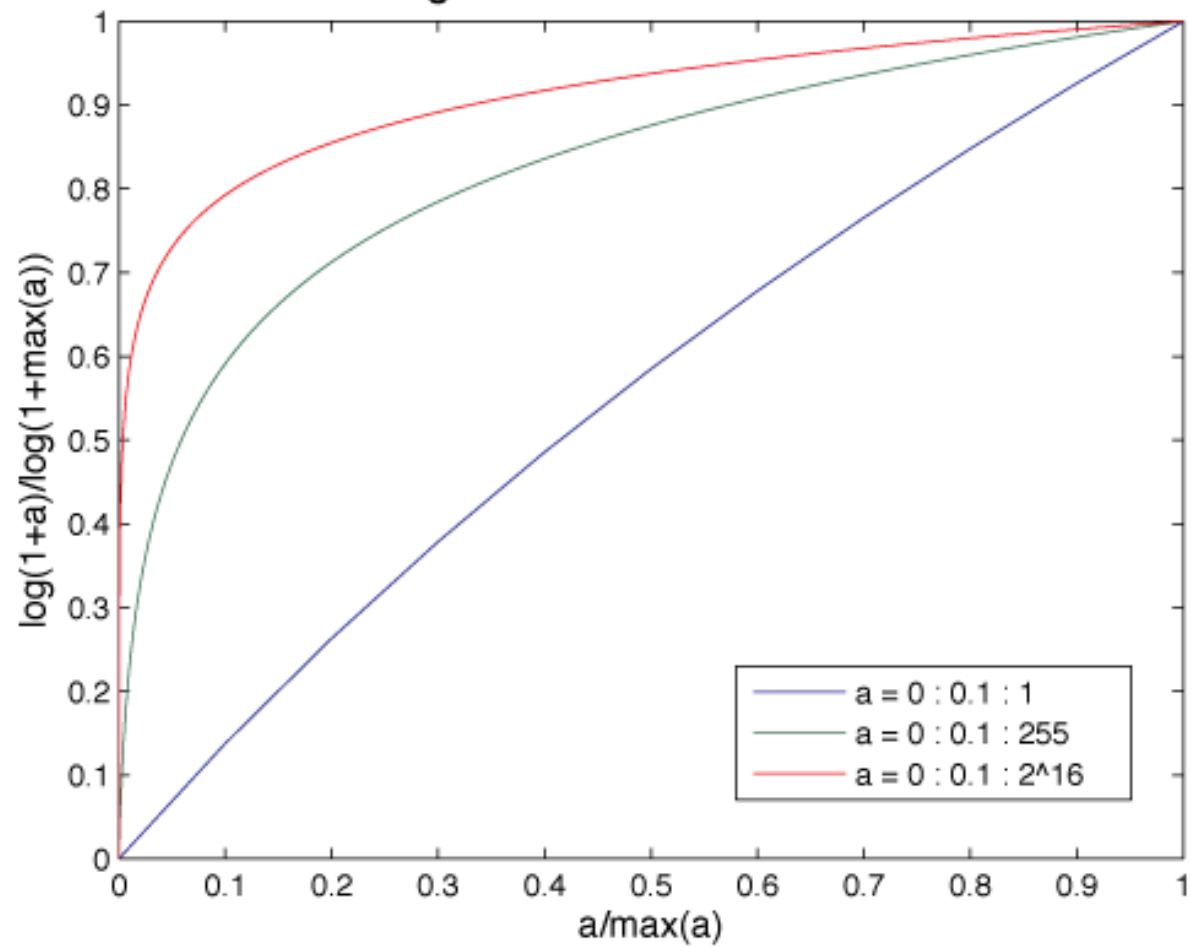
$$g = c \cdot \log(1 + \text{double}(f))$$

The constant  $c$  is usually used to scale the range of the log function to match the input domain. In this case  $c = 255 / \log(1 + 255)$  for a uint8 image, or  $c = 1 / \log(1 + 1)$  ( $\sim 1.45$ ) for a double image. It can also be used to further increase contrast—the higher the  $c$ , the brighter the image will appear. Used this way, the log function can produce values too bright to be displayed. Given  $a = 0 : .01 : 1$ , the plot below shows the result for various values of  $c$ . The y-values are clamped at 1 by the min function for the plot of  $c=2$  and  $c=5$  (teal and purple lines, respectively).





Plot of Rescaled Logarithm Transformations on Various Domains:

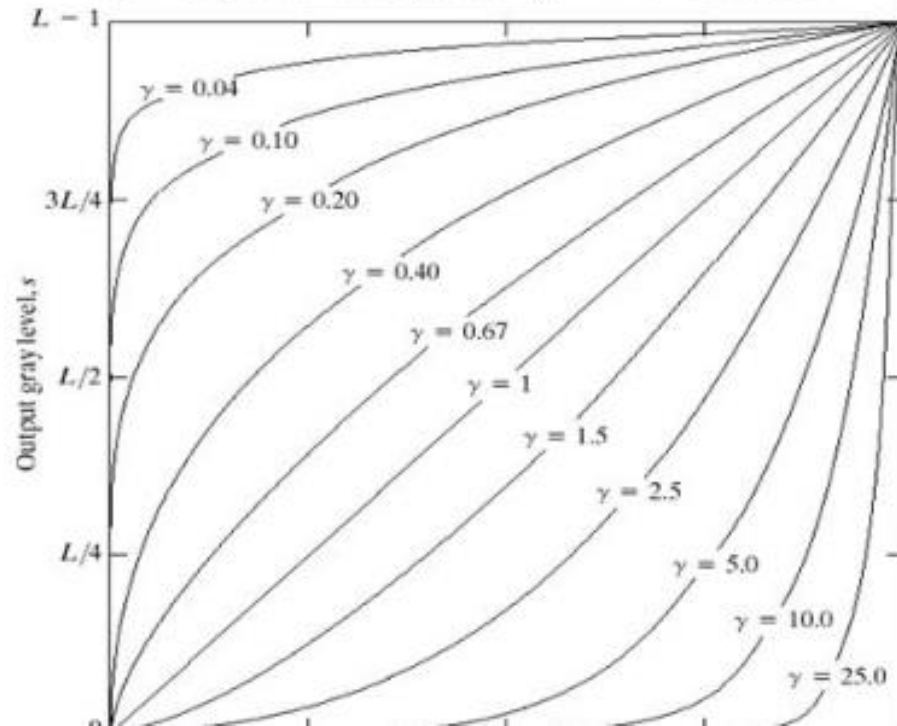


# Logarithmic Transformations

## (Gamma) Transformations

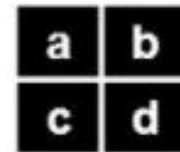
$$s = c r^\gamma$$

$s$  is the pixel value of the output image and  $r$  is the pixel value of the input image. ( $\gamma \geq 0$  and  $0 \leq r \leq 1$ )



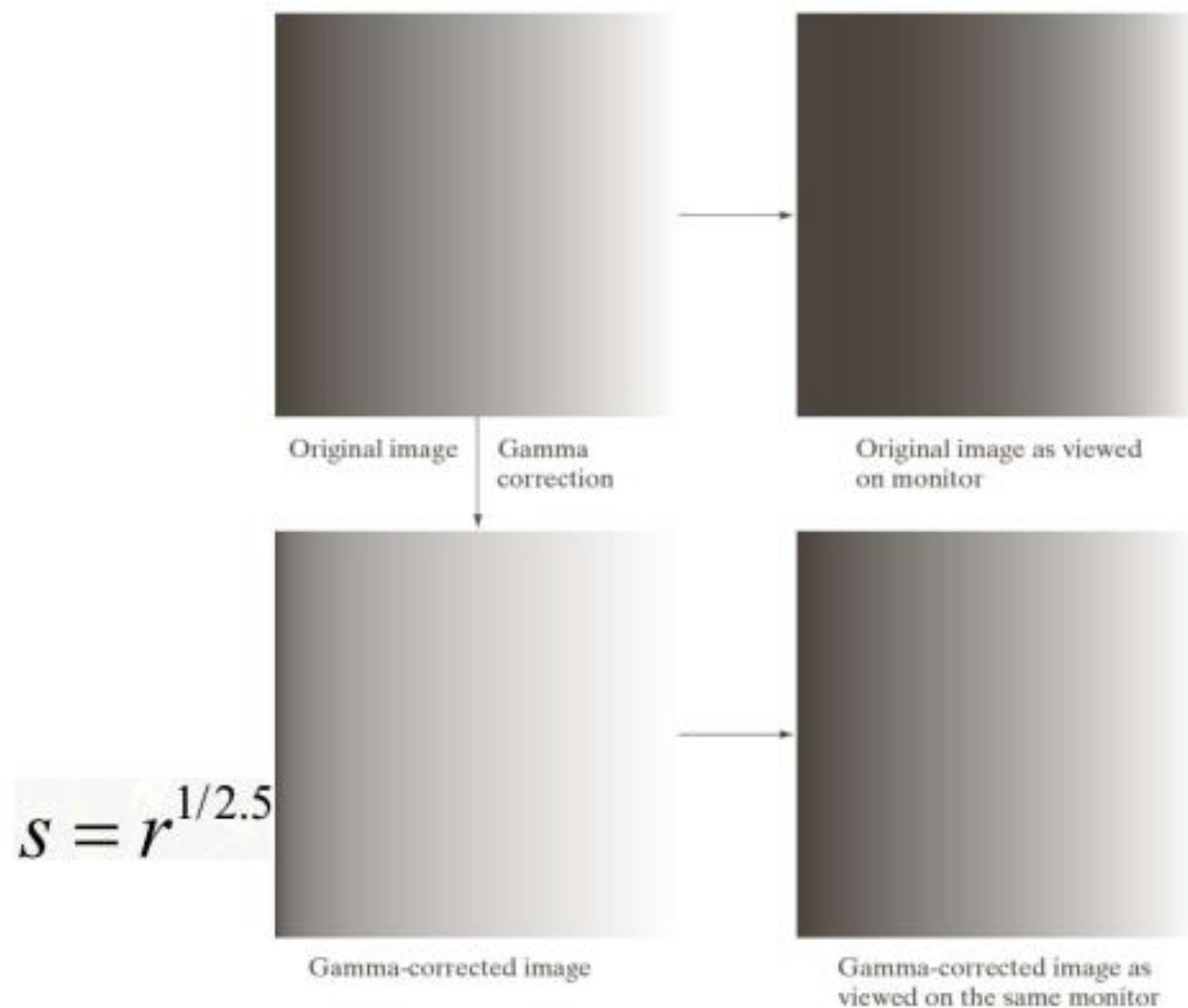
Plots for various values of  $\gamma$  ( $c=1$ )

# Logarithmic Transformations



(a) original image. (b)  $\gamma = 0.5$  .  
(c)  $\gamma = 0.3$  . (d)  $\gamma = 0.7$ .

## Example: Gamma Transformations



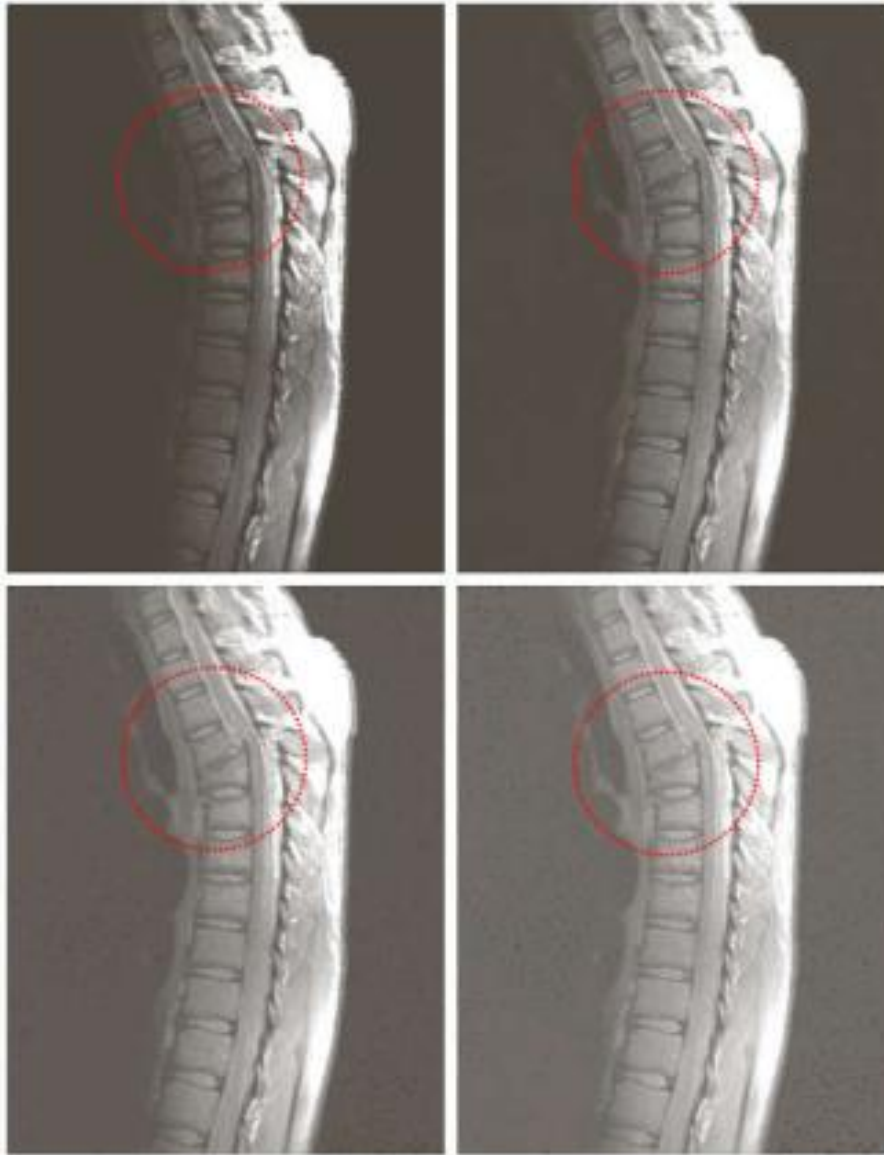
a b  
c d

**FIGURE 3.7**

(a) Intensity ramp image, (b) Image as viewed on a simulated monitor with a gamma of 2.5, (c) Gamma-corrected image, (d) Corrected image as viewed on the same monitor. Compare (d) and (a).

Cathode ray tube (CRT) devices have an intensity-to-voltage response that is a power function, with exponents varying from approximately 1.8 to 2.5

## Example: Gamma Transformations



a b  
c d

**FIGURE 3.8**

(a) Magnetic resonance image (MRI) of a fractured human spine.  
(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with  $c = 1$  and  $\gamma = 0.6, 0.4$ , and  $0.3$ , respectively. (Original image courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)



## Example: Gamma Transformations



a b  
c d

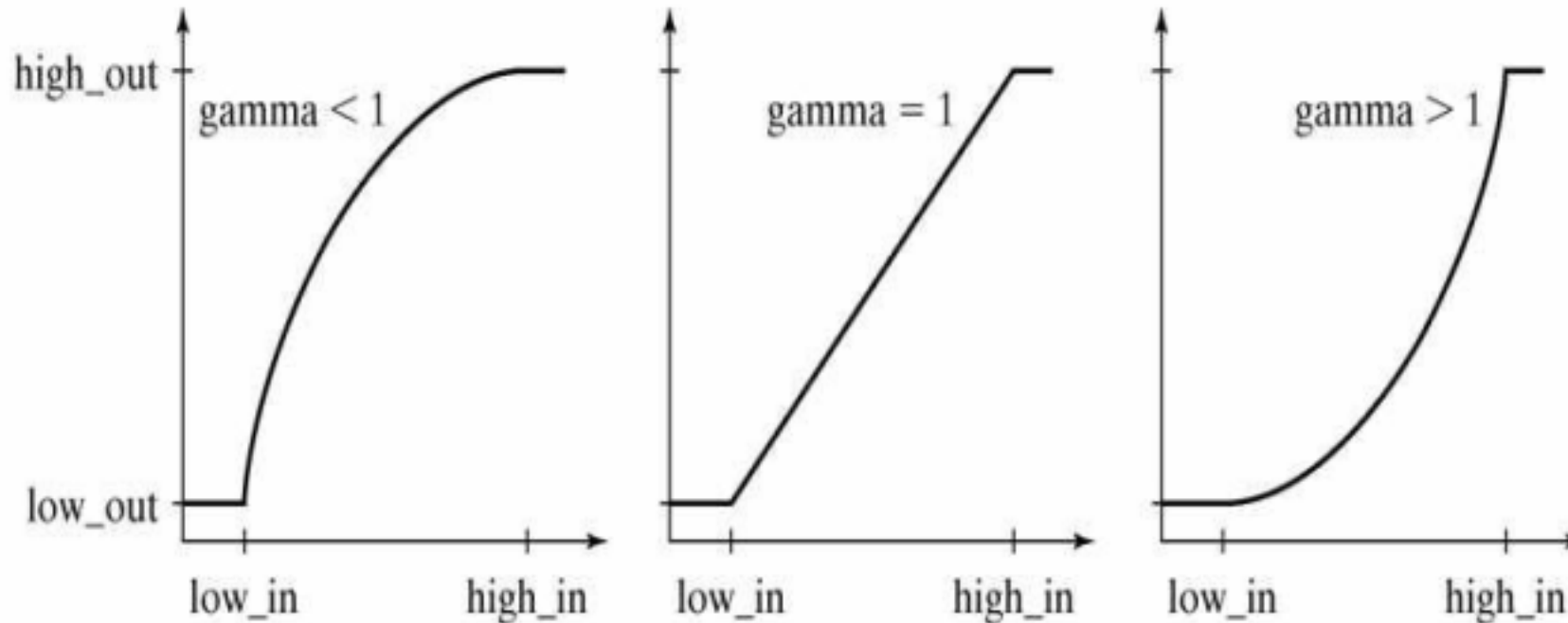
**FIGURE 3.9**

(a) Aerial image.  
(b)–(d) Results of applying the transformation in Eq. (3.2-3) with  $c = 1$  and  $\gamma = 3.0, 4.0$ , and  $5.0$ , respectively. (Original image for this example courtesy of NASA.)

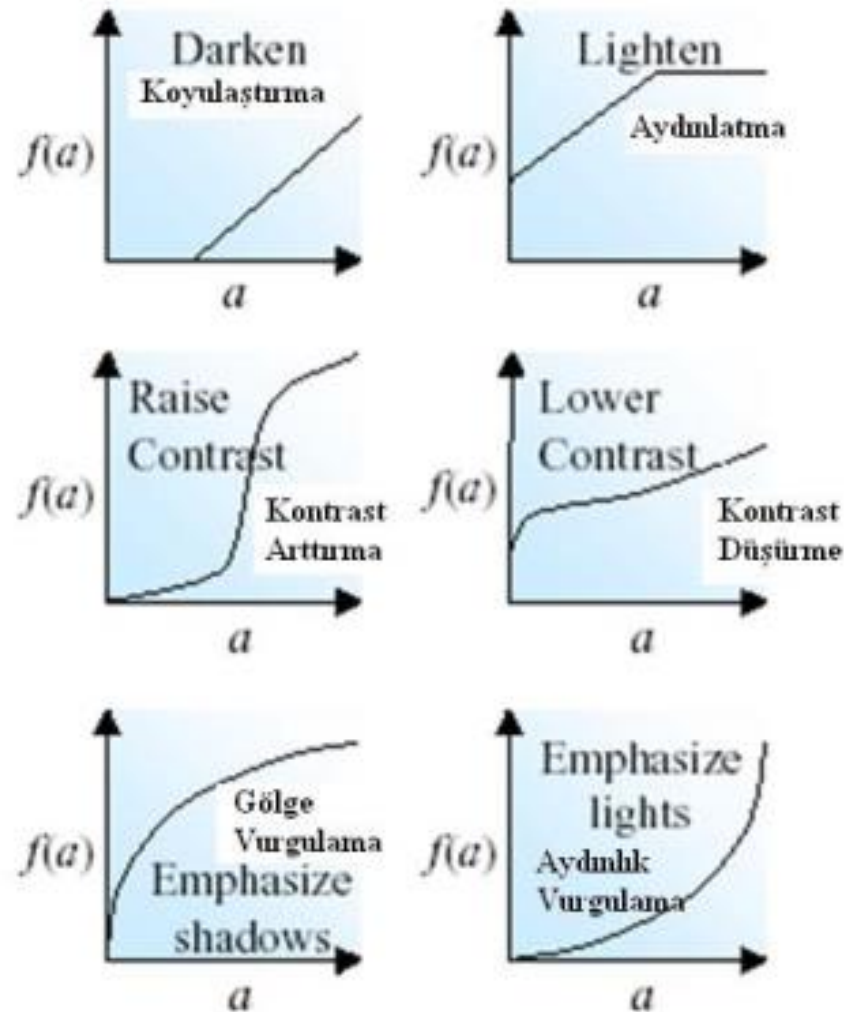
# imadjust Fonksiyonu

Temel parlaklık işleme fonksiyonudur. Gri skala görüntülerde parlaklık seviyesi dönüşümü yapar. Giriş image'ı  $f$  uint8,uint16,double olabilir.  $g$  çıkışı da aynı formattadır.

```
>> g= imadjust (f, [low_in high_in],[low_out high_out]), gamma
```

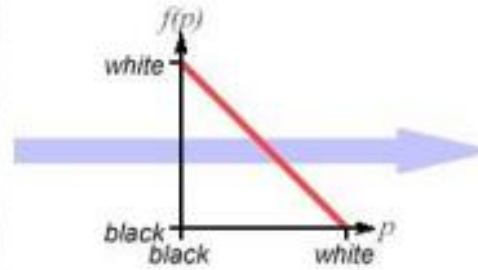


En basit görüntü işlemleri , o noktanın belirli bir fonksiyondan geçirilerek yeni nokta değerlerinin bulunmasına dayanır.



## Bir resmin negatifini oluşturmak

```
>> f = imread('rose_512.tif');  
>> g1=imadjust(f,[0 1],[1 0]);  
>> subplot(1,2,1),imshow(f)  
>> subplot(1,2,2),imshow(g1)
```



# Aritmetiksel İşlemler

Noktasal operasyonlardan olan aritmetiksel işlemler;

$$y=f(x)$$

gibi bir basit fonksiyonun, görüntüdeki her bir gri seviye değerine uygulanmasından ibarettir. Gri seviye resimde genellikle 0,...255 seviye değerleri arasında çalışıldığından, yukarıdaki fonksiyon bu değerler arasında geçerli olmalıdır. Bu basit fonksiyon ;

Bir sabit değeri (c) her bir piksele ekler veya çıkartır ( $Y=x \pm c$ )

Veya her bir pikseli bir sabit değer (c) ile çarpar ( $y= x.c$ )

İşlem sonuçlarının tamsayıya yuvarlatılması yapılır.

Ayrıca 0...255 arasında çalışıldığında kırpma yapılır.

$$y > 255 \quad \text{ise} \quad y=255$$

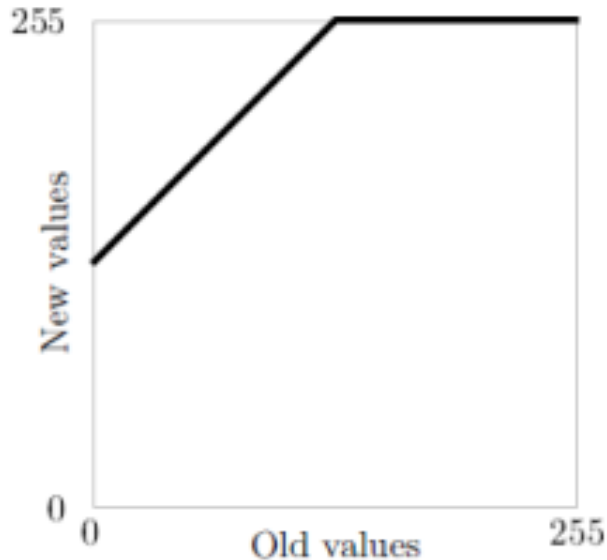
$$y < 0 \quad \text{ise} \quad y=0 \quad \text{yapılır.}$$



$Y=f(x)$  fonksiyonunun etkisini incelemek için aşağıdaki grafikleri inceleyelim.

Resim piksellerine 128 eklendiğinde, resmin piksellerindeki 127 ve daha büyük değerler 255 ile ifade edilecektir.

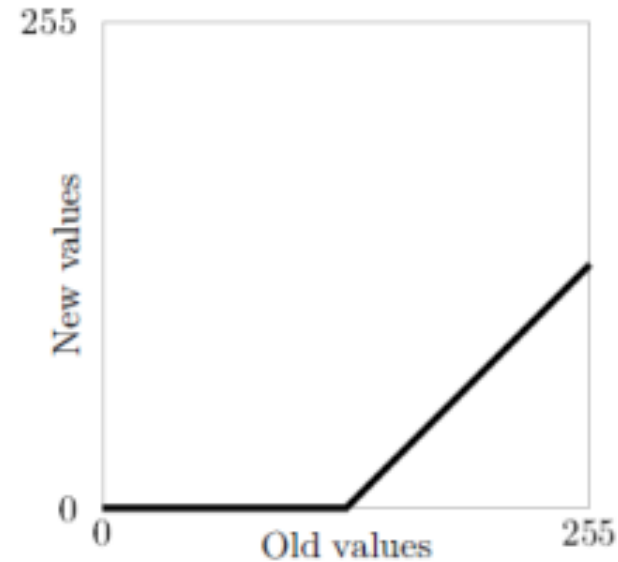
**Not:** Resim piksellerine ilave edilen her değer resmin daha açık renkte görünmesine neden olur.



Adding 128 to each pixel

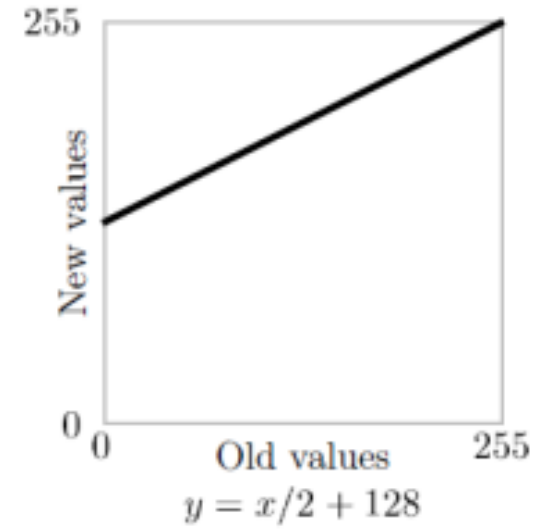
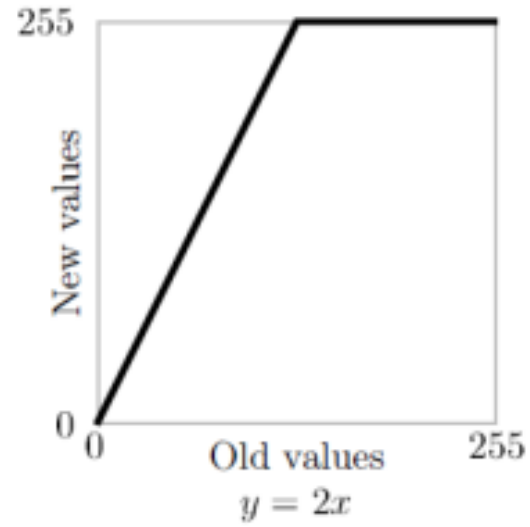
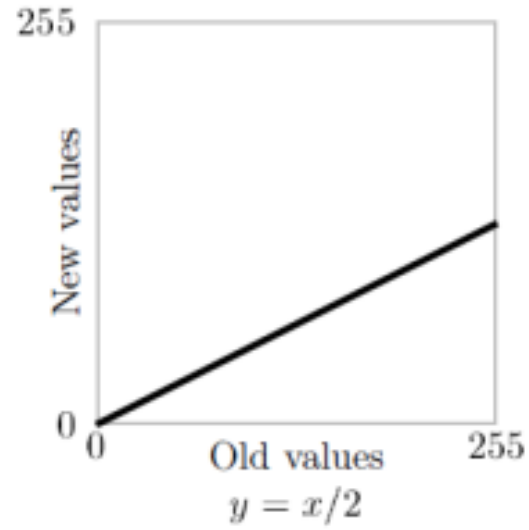
Resim piksellerinden 128 çıkarıldığında, değerleri 128'den küçük olan piksellerin seviye değerleri 0 ile ifade edilecektir.

**Not:** Resim piksellerinden çıkarılan her değer resmin daha koyu renkte görünmesine neden olur.



Subtracting 128 from each pixel

### Çarpma ve bölme uygulamaları

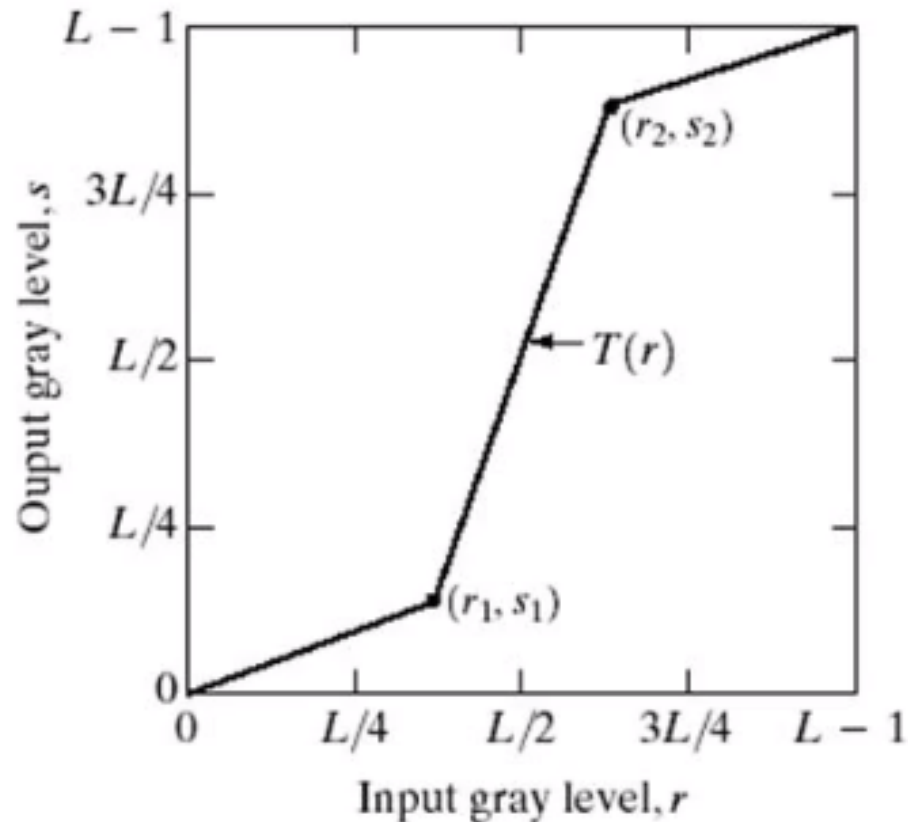


**imadd()  
imsubtract()  
immultiply()  
imdivide()  
imcomplement()**

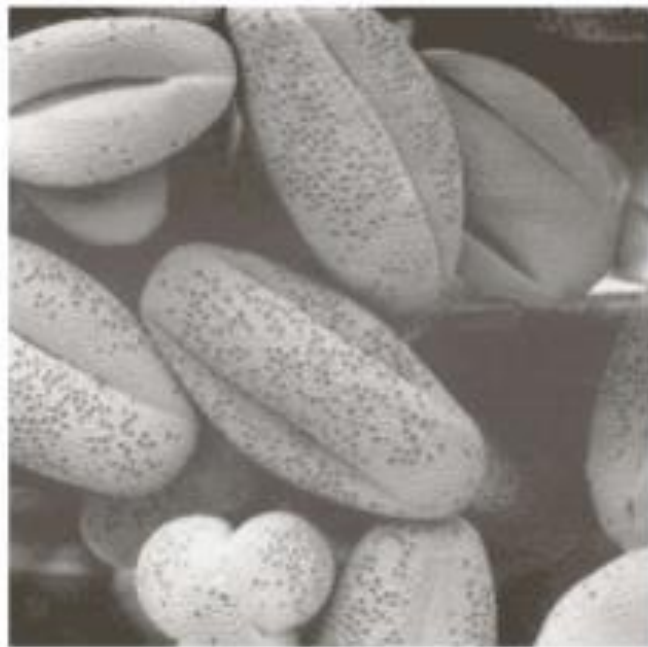
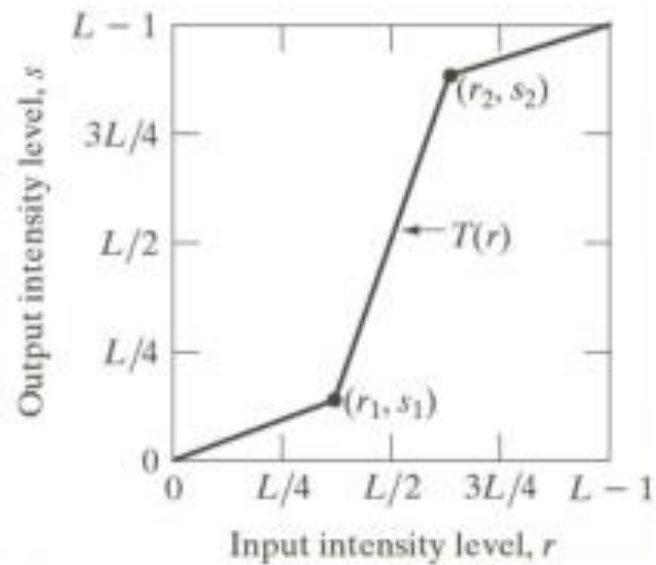
**Komutlarına da bir bakın!!!**

# Piecewise-Linear Transformations

- Görüntüdeki yoğunluk seviyelerini, kayıt ortamının veya görüntüleme aygıtının tam yoğunluk aralığına yayacak şekilde genişletir.
- Bir görüntünün belirli bir yoğunluk aralığı vurgulanabilir.



**An example of piecewise linear transformation function**

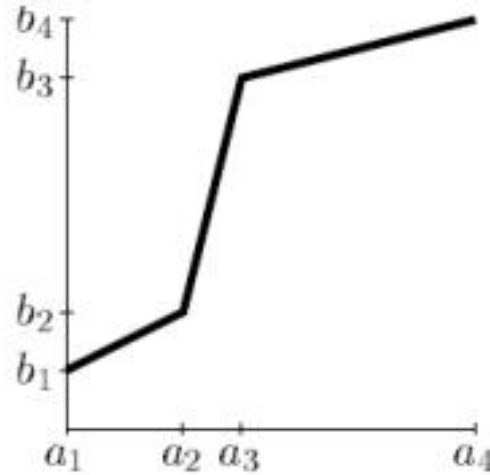


a b  
c d

**FIGURE 3.10**  
Contrast stretching.  
(a) Form of transformation function. (b) A low-contrast image. (c) Result of contrast stretching. (d) Result of thresholding. (Original image courtesy of Dr. Roger Heady, Research School of Biological Sciences, Australian National University, Canberra, Australia.)

### Parça parça Lineer germe fonksiyonu için Bilgi NOTU: Parça parça Lineer germe fonksiyonu

$a_i$ ,  $b_i$  ve  $a_{i+1}$  ve  $b_{i+1}$  koordinatları arasında kalan piksel değerlerini bulmak için find komutu kullanılır.



$$y = \frac{b_{i+1} - b_i}{a_{i+1} - a_i}(x - a_i) + b_i$$

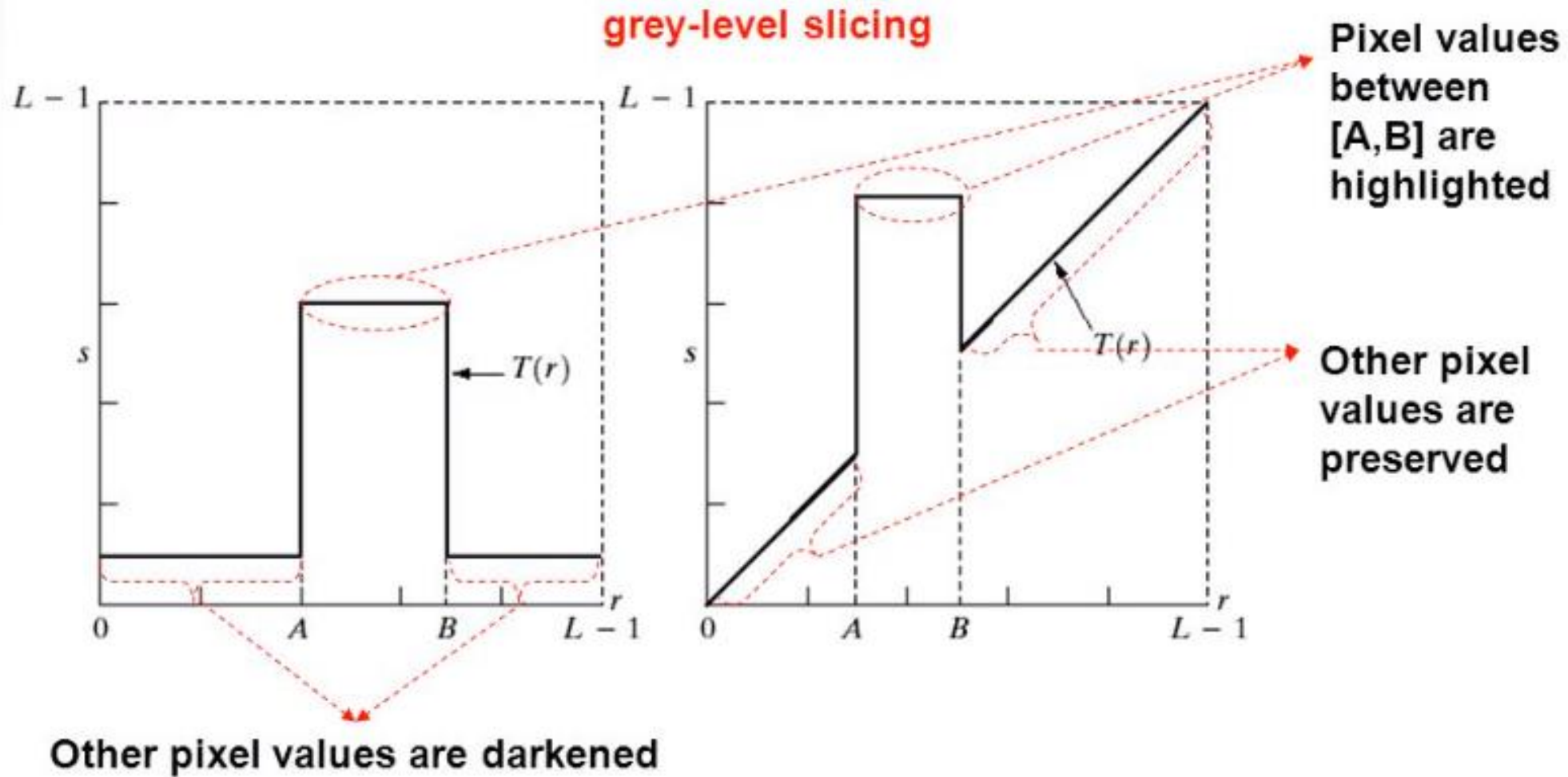
```
pix=find(im >= a(i) & im < a(i+1));  
out(pix)=(im(pix)-a(i))*(b(i+1)-b(i))/(a(i+1)-a(i))+b(i);
```

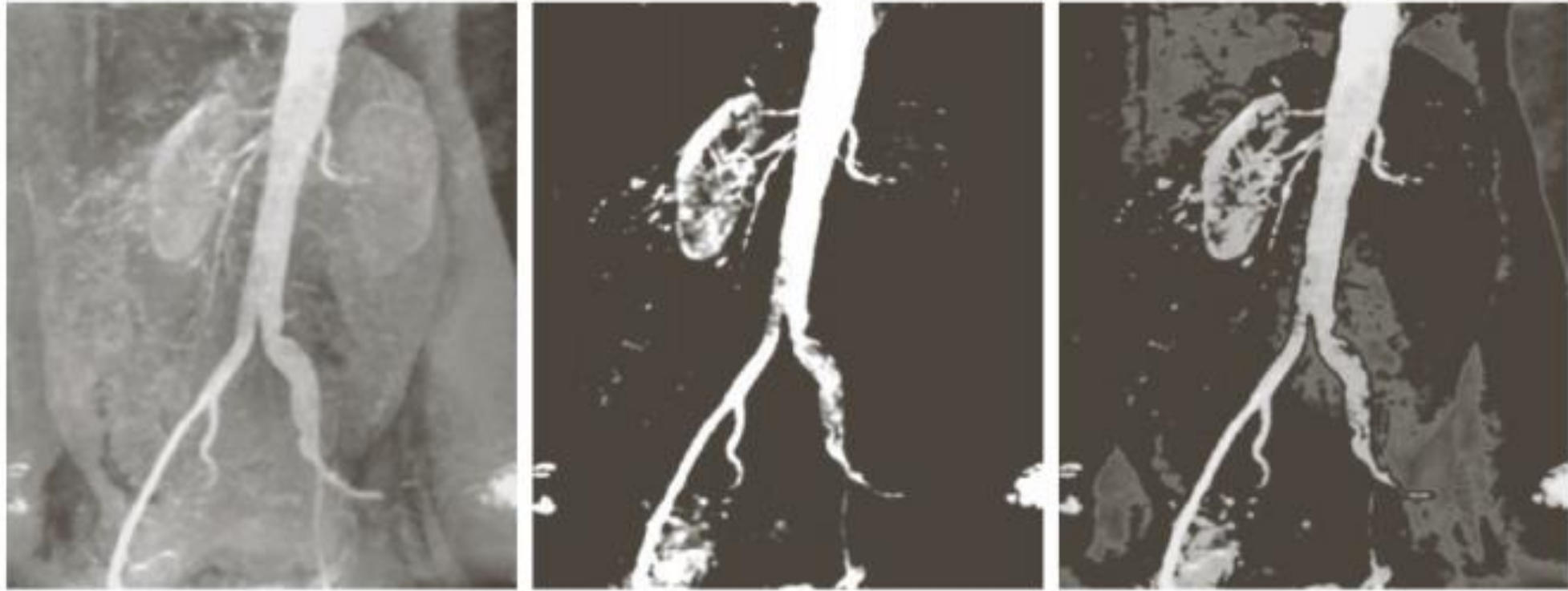
Burada im giriş görüntüsü, out çıkış görüntüsüdür. Aynı veri sınıfında olmalıdır.

```
>> th=histpwl(t,[0 .25 .5 .75 1],[0 .75 .25 .5 1]);  
>> imshow(th)  
>> figure,plot(t,th,','),axis tight
```



# Piecewise-Linear Transformations

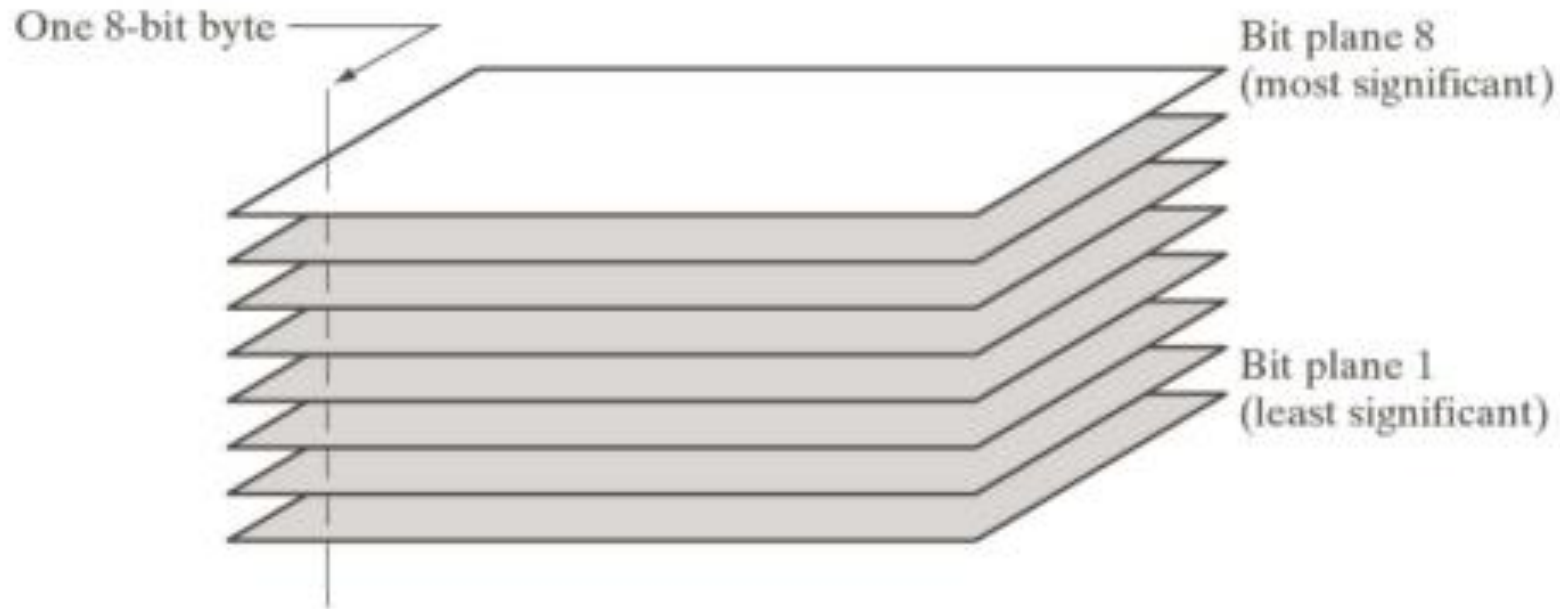




a b c

**FIGURE 3.12** (a) Aortic angiogram. (b) Result of using a slicing transformation of the type illustrated in Fig. 3.11(a), with the range of intensities of interest selected in the upper end of the gray scale. (c) Result of using the transformation in Fig. 3.11(b), with the selected area set to black, so that grays in the area of the blood vessels and kidneys were preserved. (Original image courtesy of Dr. Thomas R. Gest, University of Michigan Medical School.)

# Bit-plane Slicing



**FIGURE 3.13**  
Bit-plane  
representation of  
an 8-bit image.

<https://www.youtube.com/watch?v=zaU6-oTF-OQ>

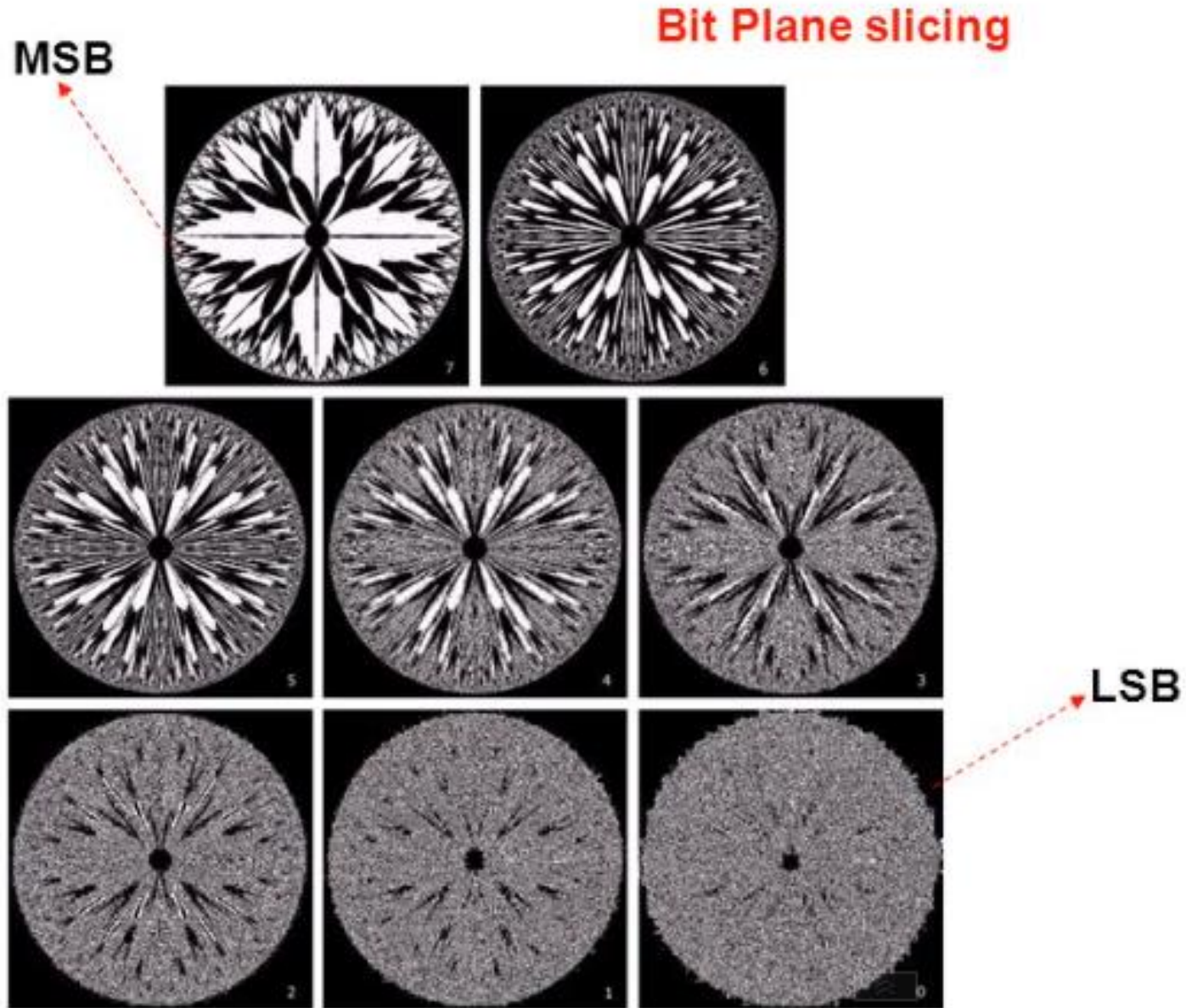


a	b	c
d	e	f
g	h	i

**FIGURE 3.14** (a) An 8-bit gray-scale image of size  $500 \times 1192$  pixels. (b) through (i) Bit planes 1 through 8, with bit plane 1 corresponding to the least significant bit. Each bit plane is a binary image.



# Piecewise-Linear Transformations





# Görüntü İyileştirme

- Kontrast ve dinamik aralığı değiştirerek yapılan iyileştirme işlemleri
  - Kontrast germe
  - Histogram dengeleme
  - Bölgesel kontrast iyileştirme
- **Filtreleme/süzgeçleme işlemleri**
  - **Uzay bölgesinde filtreleme** (Yumuşatma filtreleri, medyan filtre, keskinleştirme filtreleri (türev tabanlı), LPF, HPF, BPF, Butterworth filtre)
    - Uzay bölgesinde, doğrudan doğruya görüntü düzlemi (matrisi) üzerinde çalışılır
  - Frekans ortamında filtreleme (LPF, HPF, BPF, Butterworth filtre, homomorfik filtre)
    - Fourier Transformu

# Süzgeçleme ile yapılan iyileştirme işlemleri

- Görüntülerin kontrastına ve dinamik aralığına ek olarak;
  - kalitesini,
  - seçilebilirliğini ve
  - anlaşılabilirliğini azaltan veya zayıflatan *bulanıklaşma* ve *gürültü* gibi bazı bozucu etkilerle genelde karşılaşmak olasıdır.
- Bu gibi bozucu etkilerin kısmen de olsa üstesinden gelmek amacıyla görüntüler, *süzgeçleme* işlemine tabi tutulurlar.
- Süzgeçleme işlemleri, uzay bölgesi ve frekans bölgesi süzgeçleme olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilebilir.

# FSPECIAL FONKSİYONU

- Lineer uzaysal filtrelemenin diğer bir yolu da özel lineer filtrelerin yaratılabilmesidir. Buna göre, oluşturulacak lineer filtre maskesi için aşağıdaki deyim kullanılır.
- **$F = \text{fspecial}(\text{'type'}, \text{parameters})$**
- Burada 'type', özel filtre tipini belirtir. Parameters ise filtreyi tanımlayan değerlerdir. Bazı özel filtreler:

Type	Syntax and Parameters
'average'	<code>fspecial('average', [r c])</code> . A rectangular averaging filter of size $r \times c$ . The default is $3 \times 3$ . A single number instead of $[r \ c]$ specifies a square filter.
'disk'	<code>fspecial('disk', r)</code> . A circular averaging filter (within a square of size $2r+1$ ) with radius $r$ . The default radius is 5.
'gaussian'	<code>fspecial('gaussian', [r c], sig)</code> . A Gaussian lowpass filter of size $r \times c$ and standard deviation $\text{sig}$ (positive). The defaults are $3 \times 3$ and 0.5. A single number instead of $[r \ c]$ specifies a square filter.
'laplacian'	<code>fspecial('laplacian', alpha)</code> . A $3 \times 3$ Laplacian filter whose shape is specified by $\text{alpha}$ , a number in the range $[0, 1]$ . The default value for $\text{alpha}$ is 0.5.
'log'	<code>fspecial('log', [r c], sig)</code> . Laplacian of a Gaussian (LoG) filter of size $r \times c$ and standard deviation $\text{sig}$ (positive). The defaults are $5 \times 5$ and 0.5. A single number instead of $[r \ c]$ specifies a square filter.

Type	Syntax and Parameters
'motion'	<code>fspecial('motion', len, theta)</code> . Outputs a filter that, when convolved with an image, approximates linear motion (of a camera with respect to the image) of $\text{len}$ pixels. The direction of motion is $\text{theta}$ , measured in degrees, counterclockwise from the horizontal. The defaults are 9 and 0, which represents a motion of 9 pixels in the horizontal direction.
'prewitt'	<code>fspecial('prewitt')</code> . Outputs a $3 \times 3$ Prewitt mask, $wv$ , that approximates a vertical gradient. A mask for the horizontal gradient is obtained by transposing the result: $wh = wv'$ .
'sobel'	<code>fspecial('sobel')</code> . Outputs a $3 \times 3$ Sobel mask, $sv$ , that approximates a vertical gradient. A mask for the horizontal gradient is obtained by transposing the result: $sh = sv'$ .
'unsharp'	<code>fspecial('unsharp', alpha)</code> . Outputs a $3 \times 3$ unsharp filter. Parameter $\text{alpha}$ controls the shape; it must be greater than or equal to 0 and less than or equal to 1.0; the default is 0.2.

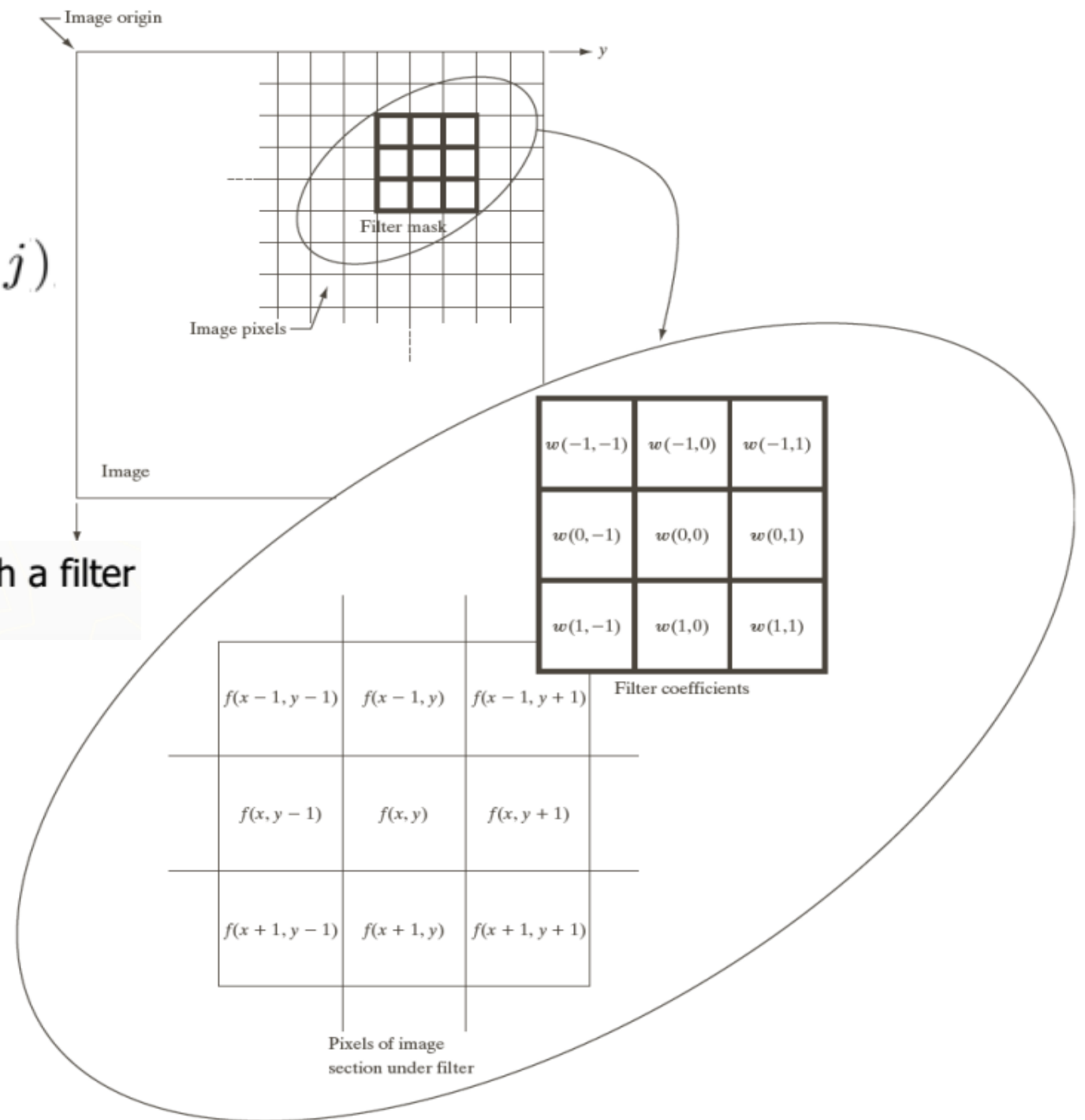
# Uzay bölgesinde süzgeçleme

- Görüntüyü oluşturan piksellerin bölgesel komşuluklarına dayalı olarak gerçekleştirilir.
- *Doğrusal ve doğrusal olmayan uzaysal süzgeçler* olmak üzere iki grup altında incelenebilir.
- Doğrusal süzgeçleri kullanarak süzgeçleme işlemi,
  - Sonlu impuls cevabına sahip doğrusal süzgeci temsil eden belli boyutlardaki süzgeç kalıplarının/maskelerinin giriş görüntüsüyle **konvolüsyonu** temeline dayanır.
  - Konvolüsyonda bir pikselin çıkış değeri kendisinin ve komşu piksellerin değerlerinin bir ağırlıklı toplamı olarak bulunur.
  - Ağırlıklar matrisi konvolüsyon kerneli, maske, şablon veya impuls yanıtı olarak adlandırılır.
- Süzgeç kalıpları genelde kare boyutludur ve  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $9 \times 9$ ,  $11 \times 11$ , ... biçiminde tek sayılardan oluşacak şekilde (merkezi olacak şekilde) seçilir.

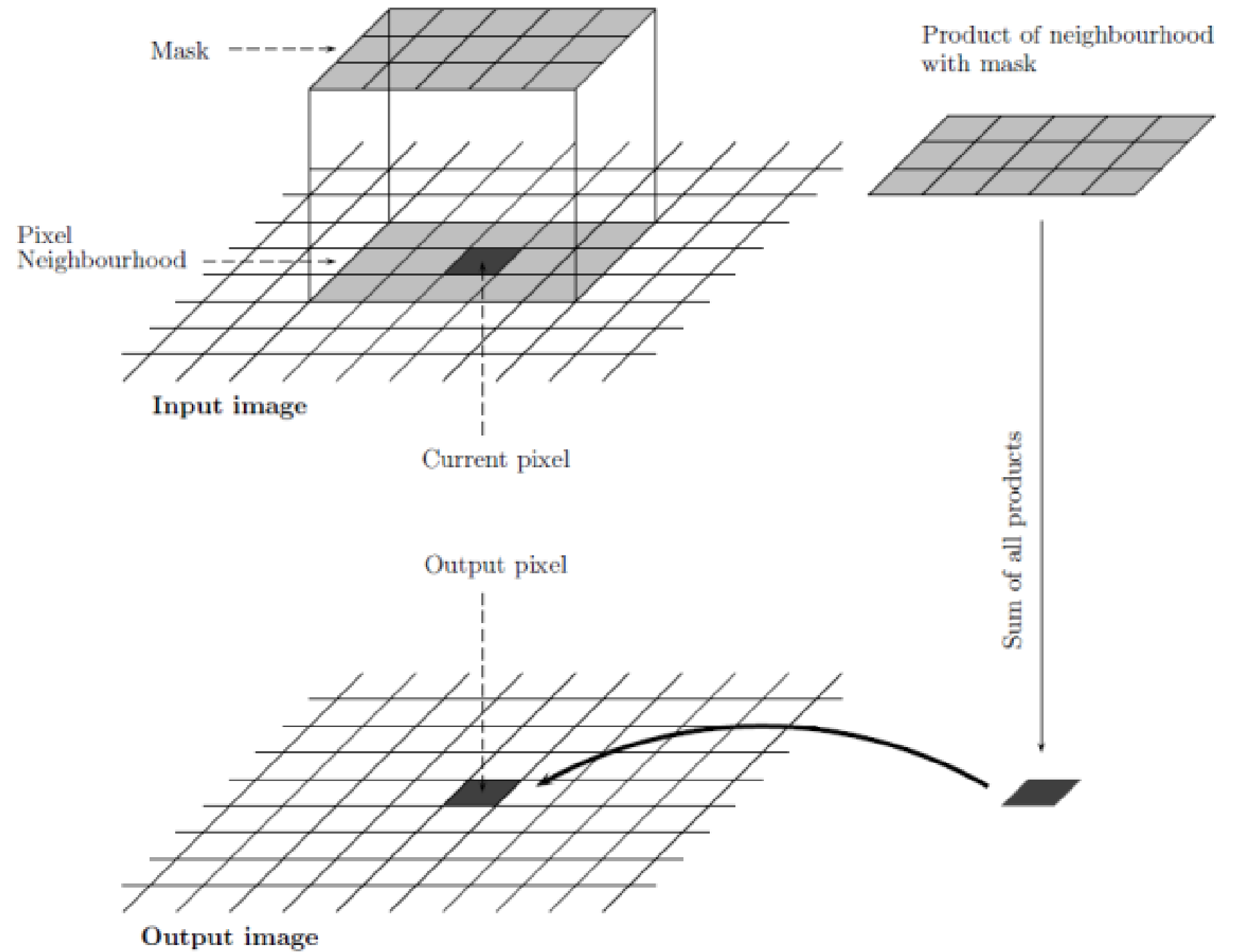
# Konvolüsyon

$$g(x, y) = \sum_{i=-a}^a \sum_{j=-b}^b w(i, j) f(x + i, y + j)$$

Linear spatial filtering of an image of size MxN with a filter of size mnxn is given by the expression



# Konvolüsyon





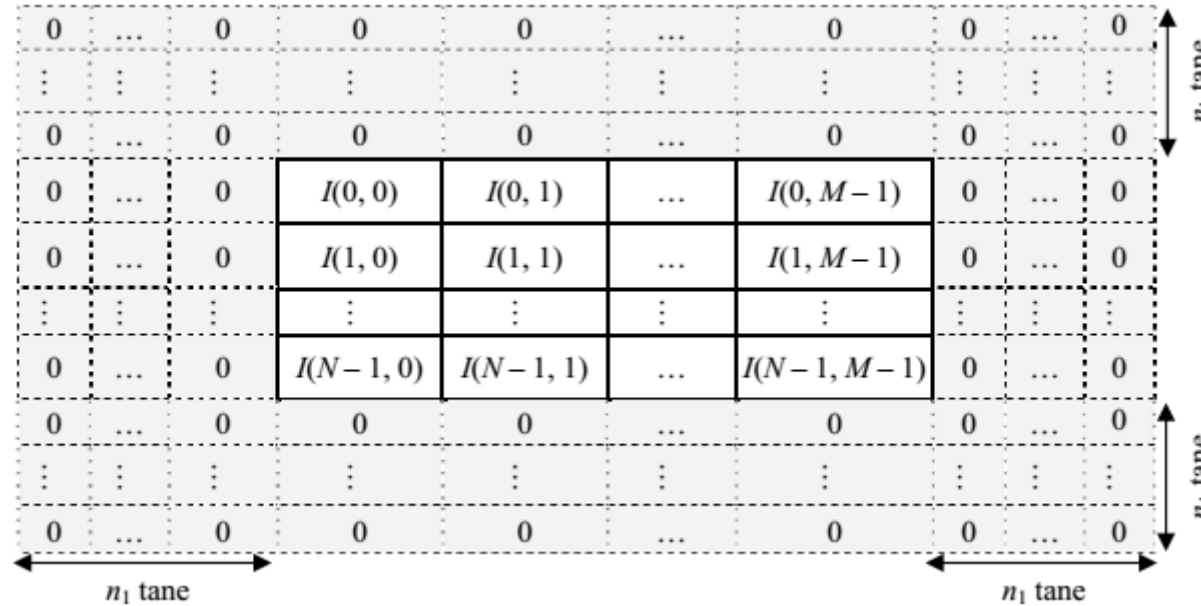
- Konvolüsyon yaklaşımına göre;
  - (i) Süzgeç kalıbının merkezi, ilgilenilen görüntü pikseli üzerine gelecek şekilde görüntü üzerine yerleştirilir,
  - (ii) Kalıp içerisinde kalan piksellere ilişkin gri seviye değerleri ile aynı konumdaki süzgeç kalıp katsayıları birbiriyle çarpılarak elde edilen sonuçlar toplanır,
  - (iii) Toplam sonucu ilgilen pikselin yeni gri seviye değeri olarak belirlenir.
- Konvolüsyon işlemi, süzgeç kalıbının görüntünün bütünü üzerinde kaydırılmasıyla tüm pikseller için gerçekleştirilir.
- Konvolüsyon; **yumuşatma, keskinleştirme, kenar belirleme** gibi görüntü işleme fonksiyonlarını gerçekleştirmede çok sık kullanılmaktadır.
- Problemin durumuna göre gerçekleştirilecek süzgeçleme işleminde (alçak geçiren, yüksek geçiren, bant geçiren süzgeçleme) farklı katsayılarla sahip süzgeç kalıpları kullanılır.

- Uzay bölgesinde süzgeçleme işlemi için yukarıda ifade edilen temel yaklaşım matematiksel olarak

$$O(i, j) = \sum_{k=-n_1}^{n_1} \sum_{l=-n_2}^{n_2} h(k, l) I(i + k, j + l)$$

- Süzgeç kalıbı için genelde  $n1 = n2$  seçilir.

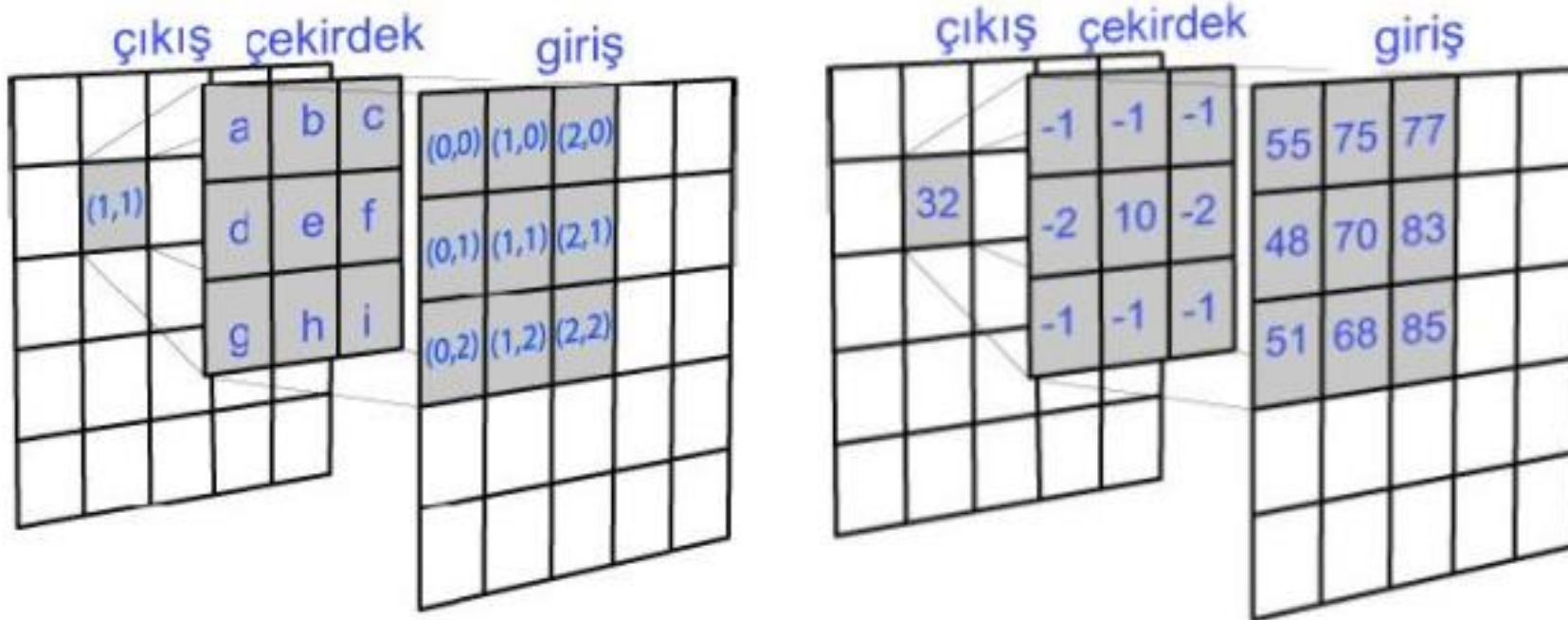
Konvolüsyon işleminde dikkat edilmesi gereken nokta; giriş görüntüsünün kenar pikselleri üzerinde konvolüsyon işlemi gerçekleştirilirken herhangi bir hatanın oluşmaması için süzgeç kalıbının boyutuna göre giriş görüntüsünün kenarlarına sıfır eklenmesi ile ilgilidir.



# Konvolüsyon örneği

$$image = \begin{bmatrix} i(0,0) & i(0,1) & i(0,2) \\ i(1,0) & i(1,1) & i(1,2) \\ i(2,0) & i(2,1) & i(2,2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 55 & 75 & 77 \\ 48 & 70 & 83 \\ 51 & 68 & 85 \end{bmatrix} \quad çekirdek = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -2 & 10 & -2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$i(1,1) = (-1 \times 55) + (-1 \times 75) + (-1 \times 77) + (-2 \times 48) + (10 \times 70) + (-2 \times 83) + (-1 \times 51) + (-1 \times 68) + (-1 \times 85) = 32 \quad (3.4)$$



# Yumuşatma Süzgeçleri

# Yumuşatma Süzgeçleri

- Yumuşatma süzgeçleri, gürültünün sebep olduğu zayıflatmaların kısmen veya tamamen ortadan kaldırılması ve dolaylı olarak görüntüyü bulanıklaştırmak amacıyla kullanılır.
- Bulanıklaştırma işlemi bazen arzu edilebilir.
- Birçok gürültü tipi mevcuttur (genel olarak *toplamsal* ve *çarpımsal gürültü*).
- **Çarpımsal gürültü**ye bir örnek, değişken aydınlatmadır.
- Diğer taraftan darbe ve Gauss gürültüsü, **toplamsal gürültü** olarak varsayılır.
  - Darbe gürültüsü, görüntü içerisindeki bazı piksellerin değerini rasgele değiştirir. Darbe gürültüsüne aynı zamanda **tuz-biber gürültüsü** adı da verilir.
  - Sıfır ortalamalı ve  $\sigma^2$  varyanslı Gauss gürültüsü – ki buna *beyaz Gauss gürültüsü* adı da verilir; Gauss olasılık yoğunluk fonksiyonundan elde edilen normal dağılıma sahip rasgele bir gürültü sürecidir.
  - Görüntüyü yakalamada kullanılan elektronik algılayıcıların sebebiyet verdiği gürültü, bu gürültü tipine örnek olarak verilebilir.

# Alçak Geçiren Süzgeçleme

- Birbirine komşu pikseller arasındaki yüksek korelasyondan dolayı, tipik bir görüntünün enerjisinin büyük bir bölümü (yaklaşık %95'i) esas olarak alçak frekanslı bileşenlerinde toplanmıştır.
- Diğer taraftan, gürültü çok geniş bir frekans bandına sahiptir. Başka bir deyişle, gürültünün yüksek frekanslı bileşenleri daha fazladır.
- Toplamsal bir rasgele gürültü ile bozulmaya uğramış görüntünün enerjisi, gürültüden dolayı geniş bir frekans alanına yayılmış olacaktır.
- Görüntü içerisindeki alçak frekanslı bileşenler korunurken yüksek frekanslı bileşenler zayıflatılırsa (bastırılırsa), görüntüdeki gürültünün etkisi büyük oranda azaltılmış olur.
- Alçak geçiren süzgeçleme işlemi, çok az da olsa bir bilgi kaybına sebep olma pahasına görüntüdeki gürültünün büyük bir kısmını bastırır.



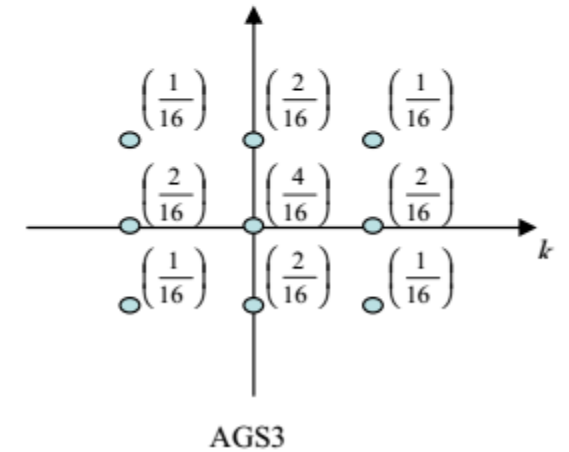
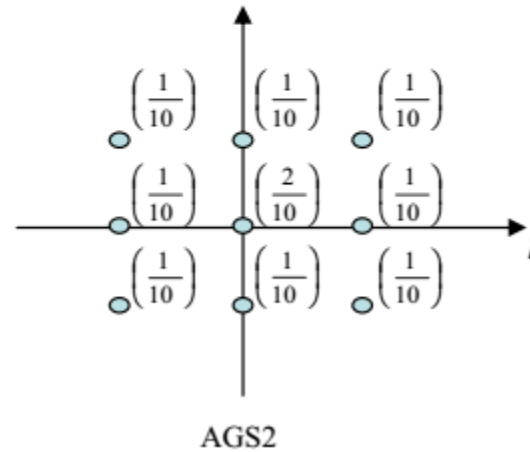
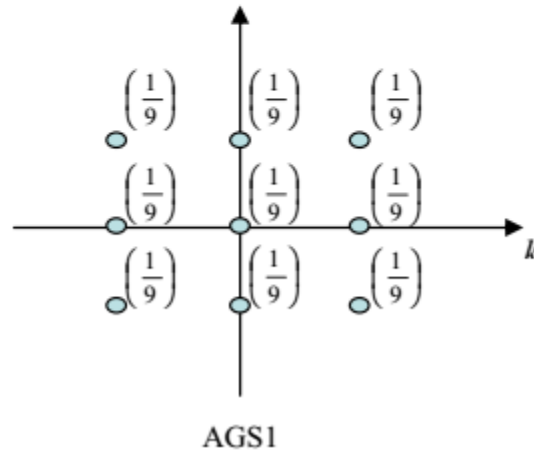
- Süzgeçleme sonucu bilgi kaybından kastedilen; görüntünün bulanıklaşması, ayrıntıların bastırılması ve keskinliğin yumuşatılması olarak ifade edilir.
- Görüntüyü oluşturan nesnelere ilişkin kenar çizgileri ve ayrıntılar yüksek frekanslı bileşenler içerdiğinden dolayı böyle bir durumun oluşması normaldir.
- Bu işlem, gürültülü görüntünün AGS kalıpları ile konvolüsyonu sonucu gerçekleştirilir.

$$\left(\frac{1}{9}\right) \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\left(\frac{1}{10}\right) \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\left(\frac{1}{16}\right) \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

**Hangi  
filtrenin  
yumuşatma  
gücü daha  
fazladır?**

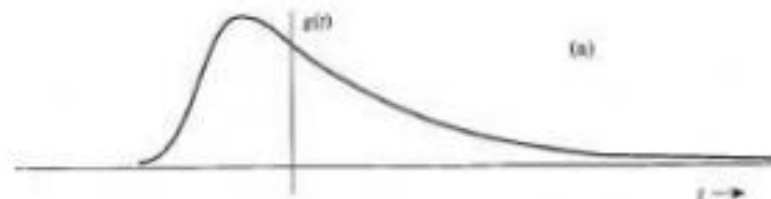


- Dikkat edilirse, süzgeç kalıplarının her birinin katsayılarının toplamı **1**'dir.
- Bu durum, görüntü içerisinde süzgeç kalıbının kapsadığı alan içerisinde kalan piksellerin ortalamasının alınmasına karşı düşer ve ilgili pikselin ***komşuluk ortalaması*** olarak ifade edilebilir.
- Ayrıca, süzgeç kalıplarının katsayılarının 1 olmasıyla görüntünün doğasında var olan DC değer korunmuş olur.
- Ortalama alma işlemiyle, ilgilenilen pikselin komşuluğundaki ani değişimler yumuşatılmakta ve dolayısıyla gürültünün etkisi büyük oranda azaltılmaktadır.
- Diğer taraftan, yumuşatmanın etkisiyle görüntü içerisindeki ayrıntılar ve kenarlar keskinliğini kaybetmekte ve bulanıklaşma meydana gelmektedir.
- Bu anlamda bulanıklaşma, alçak geçiren süzgeçlemenin başarısını sınırlayan bir etki olarak gözükmemektedir.

# SNR=?

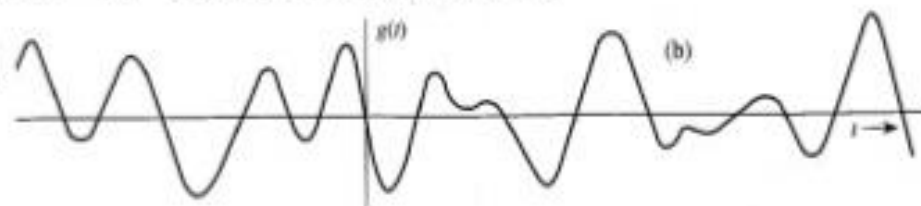
- Energy signals have finite energy
  - Every signal in real life is an energy signal

$$E_g = \int_{-\infty}^{\infty} |g(t)|^2 dt$$

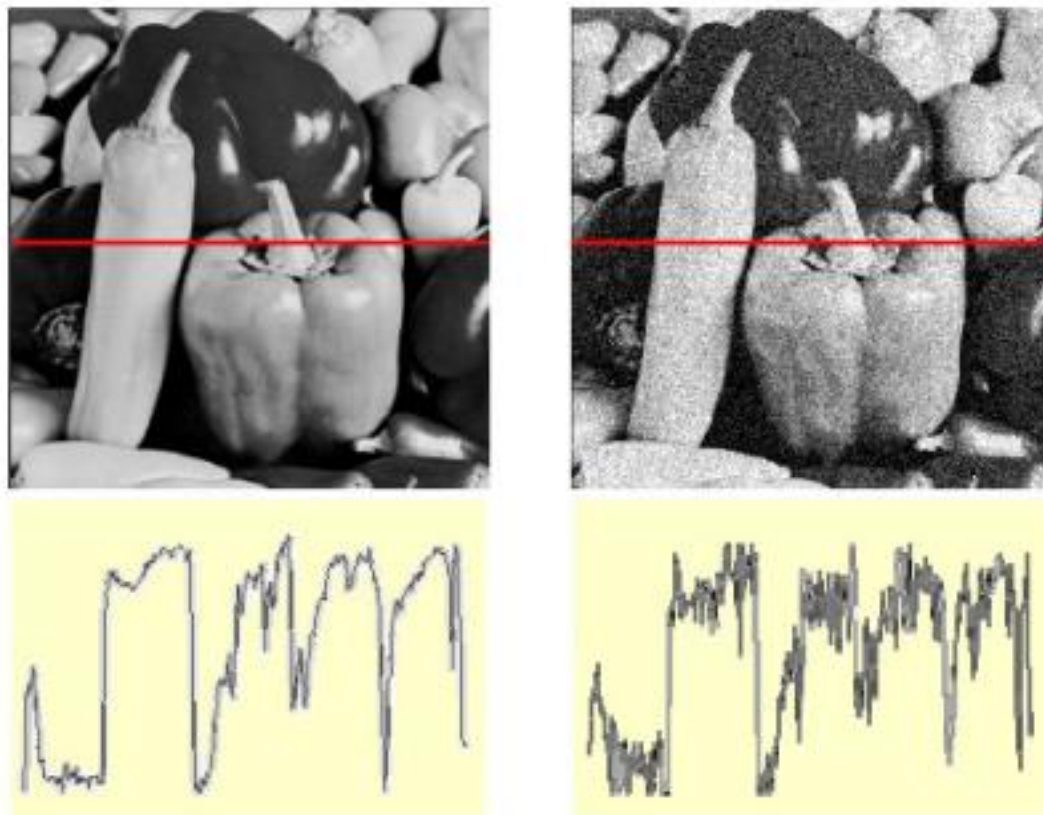


- Power signal have finite and nonzero power.
  - Power signal is of infinite duration

$$P_g = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |g(t)|^2 dt$$



# Gaussian noise



$$f(x, y) = \underbrace{\hat{f}(x, y)}_{\text{Ideal Image}} + \underbrace{\eta(x, y)}_{\text{Noise process}}$$

Gaussian i.i.d. ("white") noise:  
 $\eta(x, y) \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma)$

```
>> noise = randn(size(im)).*sigma;  
>> output = im + noise;
```

What is the impact of the sigma?

Slide credit: M. Hebert

Toplamal Gauss gürültüsü ile bozulmuş görüntü, SNR = 10dB



AGS1 ile elde edilen görüntü



AGS2 ile elde edilen görüntü



AGS3 ile elde edilen görüntü



Toplamsal Gauss görüntüsü ile bozulmuş görüntü, SNR = 10dB



AGS1 (3x3) ile elde edilen görüntü



AGS1 (5x5) ile elde edilen görüntü



AGS1 (7x7) ile elde edilen görüntü



AGS1 (9x9) ile elde edilen görüntü



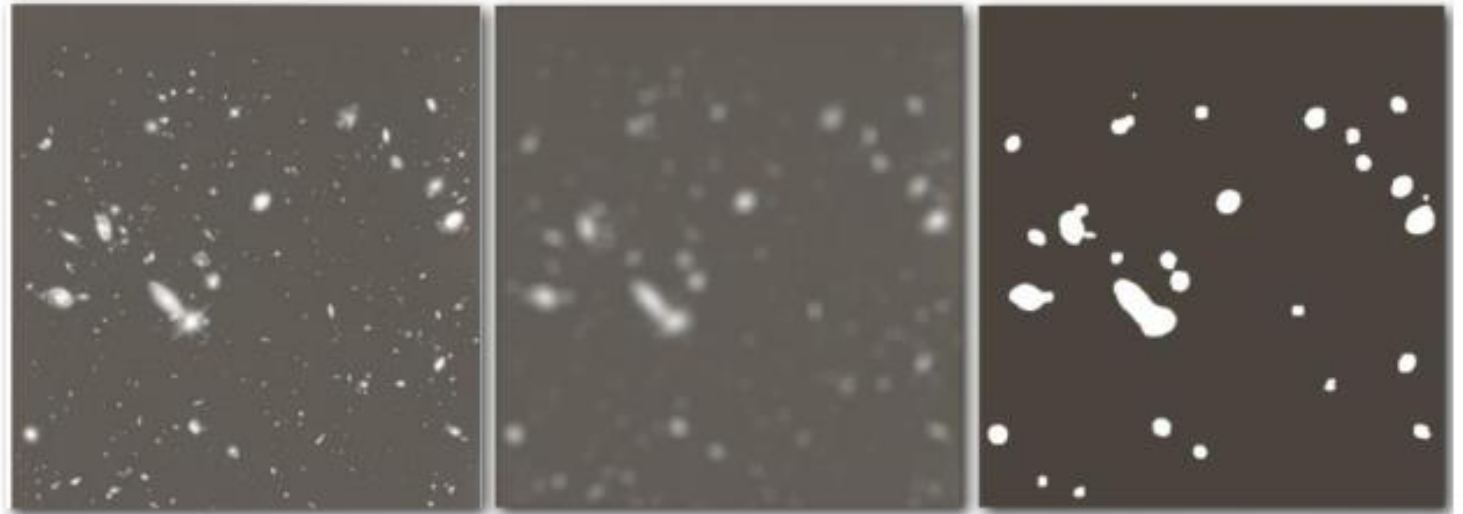
AGS1 (15x15) ile elde edilen görüntü





# Application of Smoothing

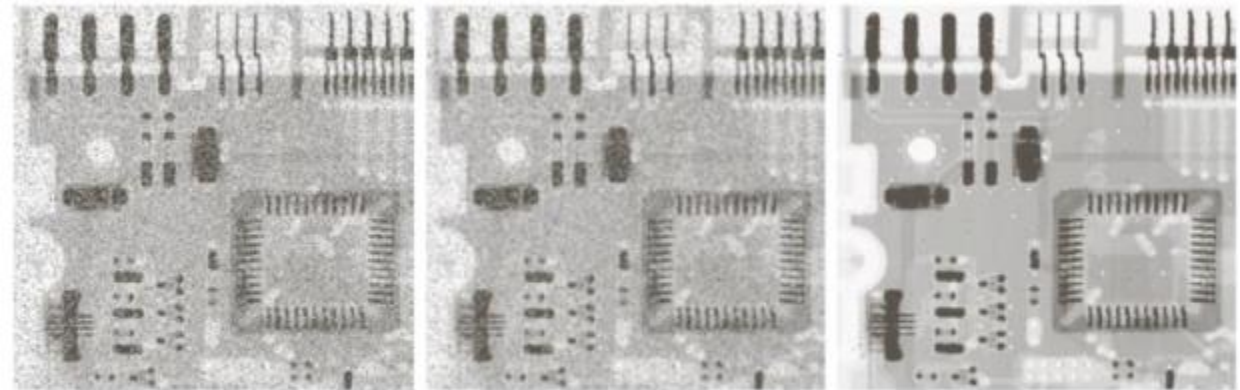
an image from Hubble space telescope



input

output

thresholded

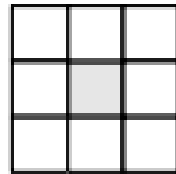


a b c

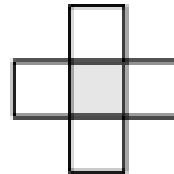
**FIGURE 3.35** (a) X-ray image of circuit board corrupted by salt-and-pepper noise. (b) Noise reduction with a  $3 \times 3$  averaging mask. (c) Noise reduction with a  $3 \times 3$  median filter. (Original image courtesy of Mr. Joseph E. Pascente, Lixi, Inc.)

# Medyan Süzgeçleme

- Gürültü ile bozulmuş görüntüdeki gürültüyü bastırmak için değişik bir yaklaşım *medyan süzgeç* kullanmaktır.
- Alçak geçiren süzgeçlemeden farklı olarak medyan süzgeçlemede; görüntüdeki her bir pikselin sahip olduğu gri seviye değeri, bu pikselin komşuluğundaki piksellerin gri seviye değerlerinin ortalaması yerine **ortancası** ile yer değiştirmektedir.
- Medyan süzgeçleme, görüntünün kenar bilgisine fazla zarar vermeden özellikle **tuz-biber gürültüsü** (salt and pepper noise) ve **benek gürültüsü** (impulsive noise or speckle noise)'nün bastırılmasında etkilidir.
- Diğer taraftan, rasgele Gauss gürültüsü için gürültü süzme başarımları kötü olup görüntüyü bulanıklaştırır ve kenar özelliklerinin kaybolmasına neden olur.



MS1



MS2



MS3



MS4

- Medyan süzgeçlemede, giriş görüntüsünün  $(i, j)$  konumundaki pikseline uygulanan süzgeç kalıbı içerisindeki parlaklık değerleri büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe sıralanır ve sıralama sonucunda parlaklık değerlerinin *ortanca değeri* belirlenir.
- Bu değer, çıkış görüntüsünün ilgili konumundaki pikselinin gri seviye değerini verir. Örneğin 3×3 komşuluktaki ortanca değer 5. en büyük değer iken 5×5 komşuluktaki ortanca değer 13. en büyük değerdir.
- Dikkat edilirse ortanca değeri belirlemek için sıralama işleminin yapılması gerekmektedir. Bu anlamda medyan süzgeçlemeye aynı zamanda *sıra süzgeçlemesi* (rank order filtering) adı da verilir.
- Alçak geçiren süzgeçlemede olduğu gibi medyan süzgeçlemede de kullanılan kalıp büyüklüğü sonucu etkiler – daha büyük süzgeç kalıbının kullanımı bulanıklaşma miktarını artırır.

**imfilter()**

**medfilt2()**

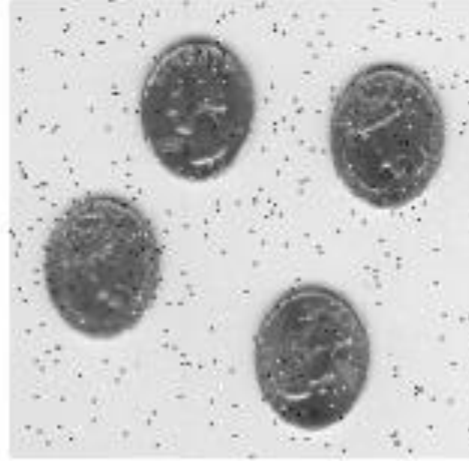
Komutlarına da  
bir bakın!!!

**imnoise(Orj1,'salt & pepper',0.05);**

**Asıl görüntü**



**Tuz-biber gürültülü görüntü**



**MS1 ile süzgeçlenmiş görüntü**



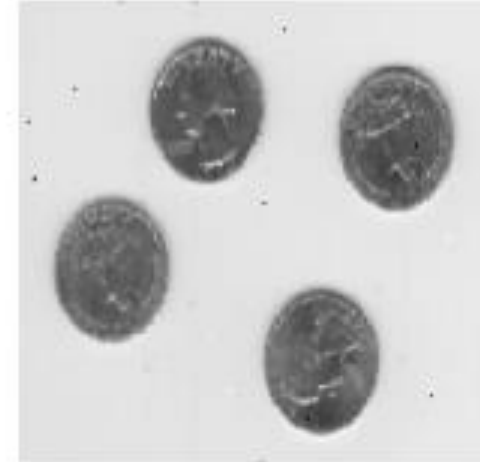
**MS2 ile süzgeçlenmiş görüntü**



**MS3 ile süzgeçlenmiş görüntü**



**MS4 ile süzgeçlenmiş görüntü**

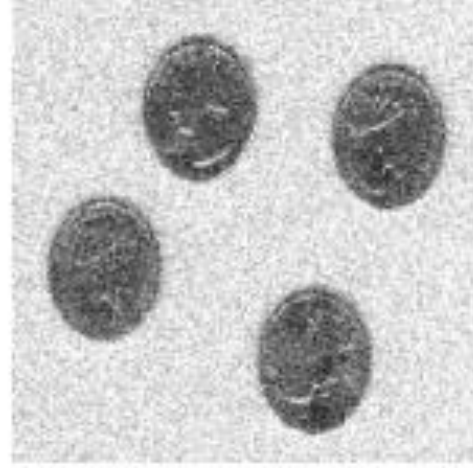


Asıl görüntü piksellerinin yaklaşık %2'sini etkileyecek şekilde tuz-biber gürültüsü ile bozulmuş bir görüntünün MS1, MS2, MS3 ve MS4 süzgeç kalıpları ile medyan süzgeçlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar.

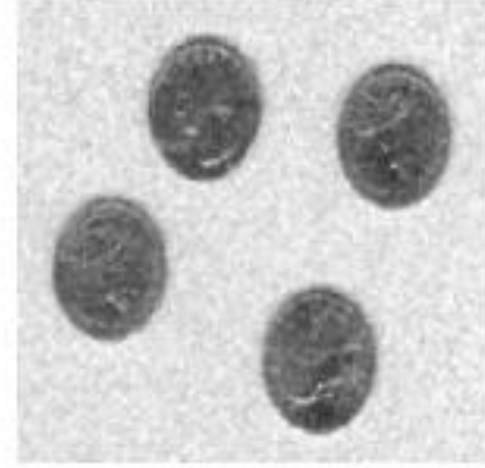
**Asıl görüntü**



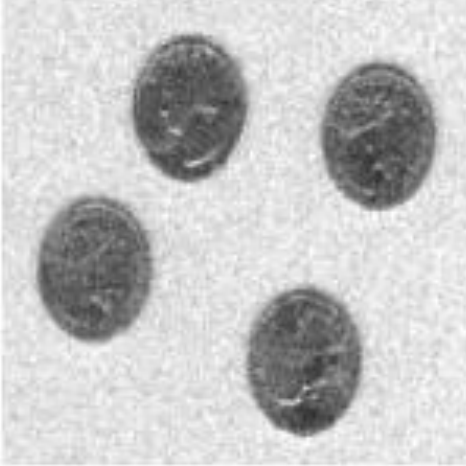
**Gaussian gürültülü görüntü**



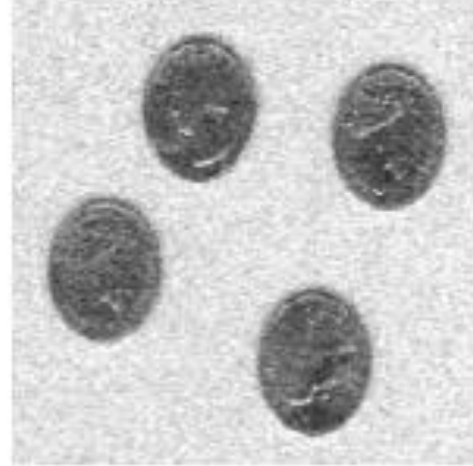
**MS1 ile süzgeçlenmiş görüntü**



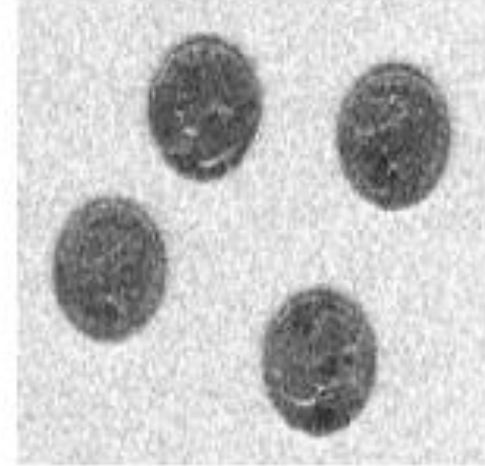
**MS2 ile süzgeçlenmiş görüntü**



**MS3 ile süzgeçlenmiş görüntü**



**MS4 ile süzgeçlenmiş görüntü**



Sıfır ortalamalı 0.01 varyanslı beyaz Gauss gürültüsü ile bozulmuş bir görüntünün MS1, MS2, MS3 ve MS4 süzgeç kalıpları ile medyan süzgeçlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar.