

# Digital Image Processing

المحاضرة الخامسة

Image Enhancement

العمليات على مستوى البكسلات

العمليات على السويات الرمادية (تقليل، تعتیب، تقطيع، توابع التحويل  
النقطية التحويل)

د. عيسى الغنام د. إياد حاتم  
2023 الفصل الصيفي

## العمليات على مستوى البكسلات

- تعديل قيم البكسل (قيم الشدة اللونية للبكسل) دون إحداث تغيير في حجمه أو موقعه أو البنى المحلية في الصورة

— تحسين الصورة باستخدام العمليات الحسابية و المنطقية Enhancement Using Arithmetic/Logic Operations: العمليات الحسابية والمنطقية هي عمليات تجري على العناصر المتقابلة في صورتين عنصراً لعنصر. باستثناء عملية NOT

العمليات الحسابية (+, -, \*, /)

العمليات المنطقية (NOT, AND, OR, XOR)

— العمليات على السويات الرمادية (تقليل، تعتیب، تقطیع، توابع التحويل النقطية التحويل)

Definition: is the conversion of the intensity of the original image into the intensity of the resulting image using the function:

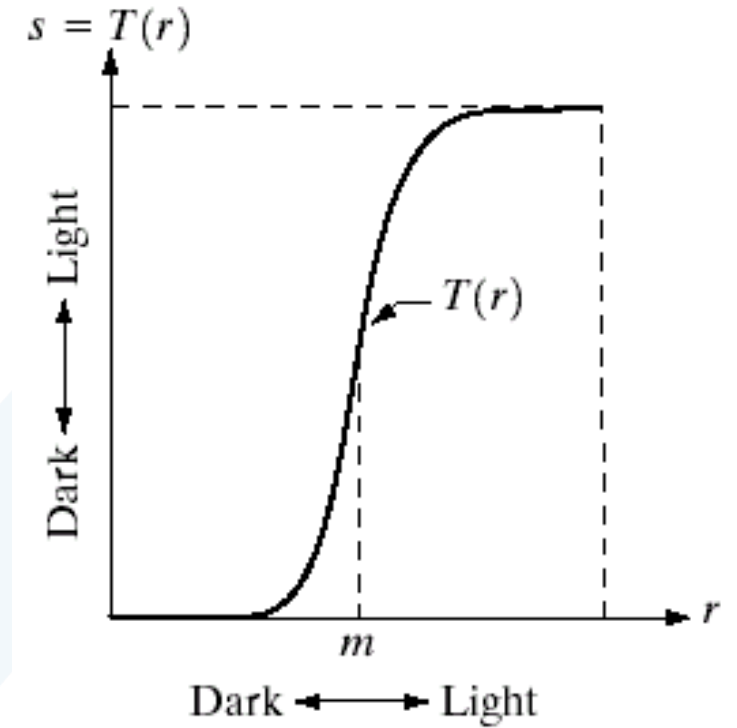
$$g(x,y)=T(f(x,y))$$

f هو الصورة الدخل  
g الصورة المعالجة صورة الخرج  
T هو تابع المعبر عن العملية المطبقة

$$s = T(r)$$

Where r is the input intensity and s is the output intensity

r سوية اللونية لصورة الدخل  
S السوية اللونية في الخرج



Example: Contrast enhancement

# العمليات على السويات الرمادية

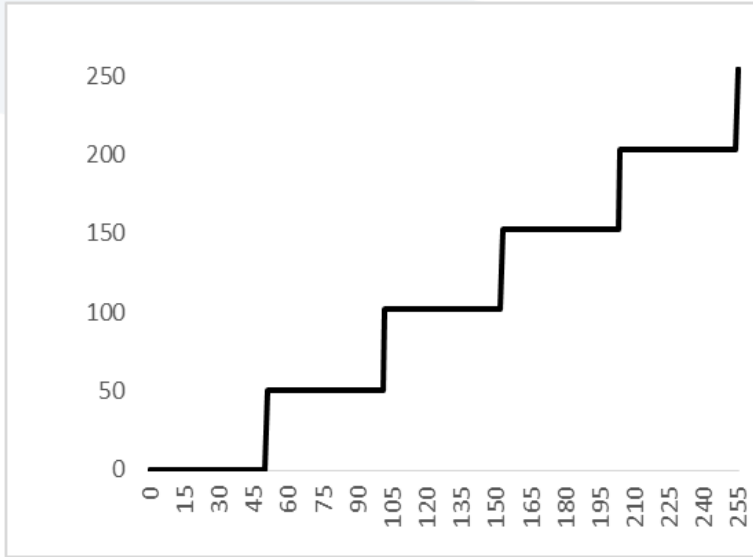
## التقليل من السويات الرمادية

□ تتطلب بعض عمليات التصنيف والتعرف أن تكون الصورة ممثلة بعدد

محدود من السويات اللونية

□ يتم تقسيم مجال السويات اللونية إلى مجموعة من المجالات المتساوية  $M$

□ يكون عدد السويات اللونية التي سيتم جمعها في سوية لونية واحدة مساوٍ لـ



تقسيم السويات الرمادية إلى مجالات متساوية

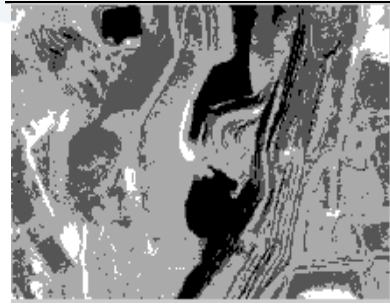
عددها

$M=5$

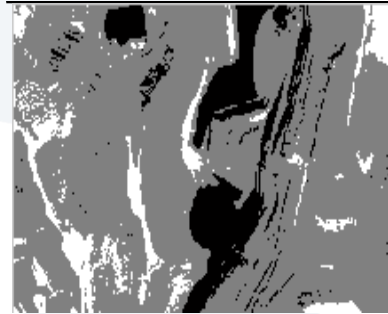
$$N = \frac{L - 1}{M}$$

$$N = (256 - 1) / 5 = 51$$

# تأثير تقليل عدد السويات الرمادية في الصورة



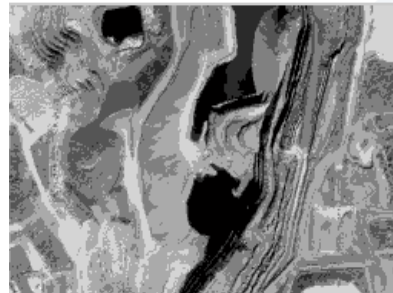
$M = 4$



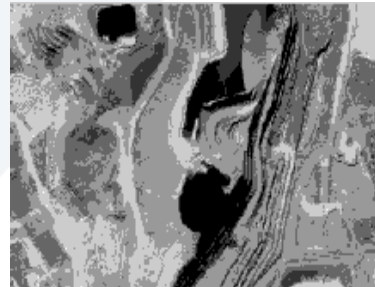
$M = 3$



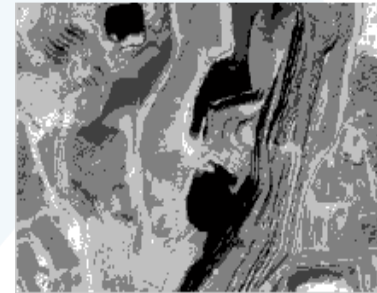
الصورة الأصلية



$M = 7$

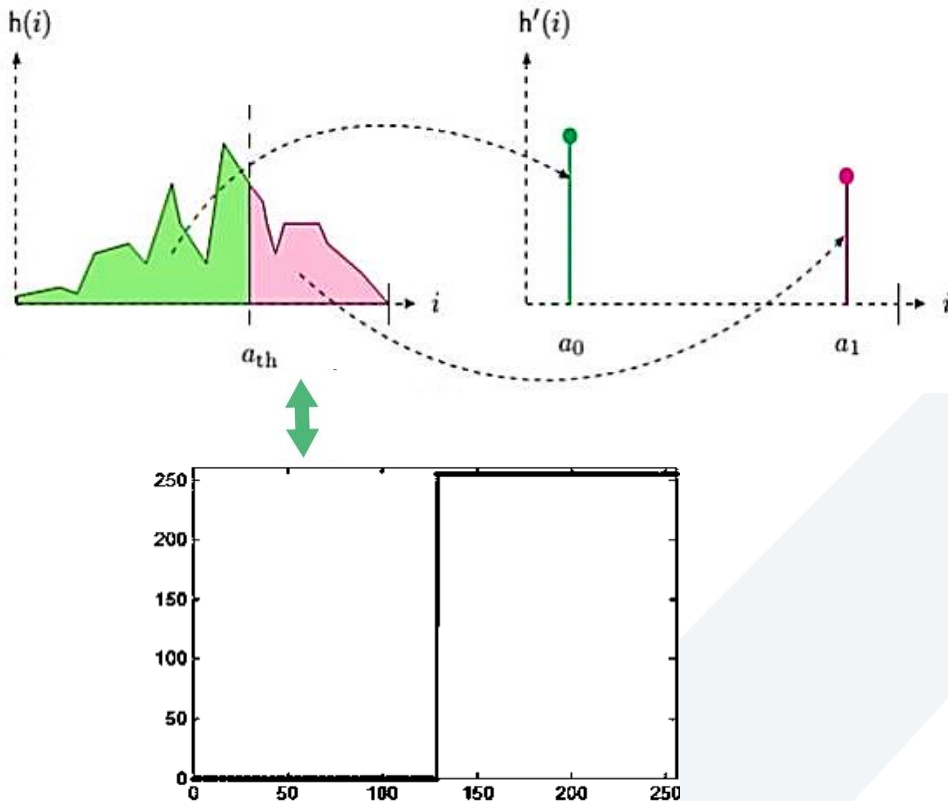


$M = 6$



$M = 5$

حالة خاصة من تقليل السويات الرمادية ( $M=2$ ) وليس بالضرورة بعدد سويات متساو في كل مجال



تستخدم لعزل الكائنات المرغوبة في الصورة اعتماداً على لونها

تستخدم عتبة  $0 < a_{th} \leq a_{max}$

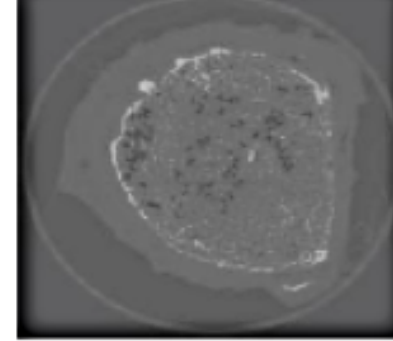
$$B = \begin{cases} a_0 & a < a_{th} \\ a_1 & a \geq a_{th} \end{cases}$$

نحصل على صورة ثنائية عند  $a_0=0, a_1=1$

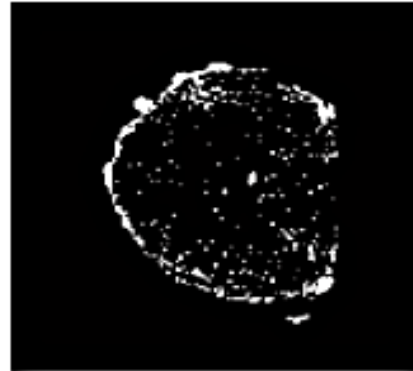
# تأثير تغيير قيمة العتبة في الصور الثنائية الناتجة



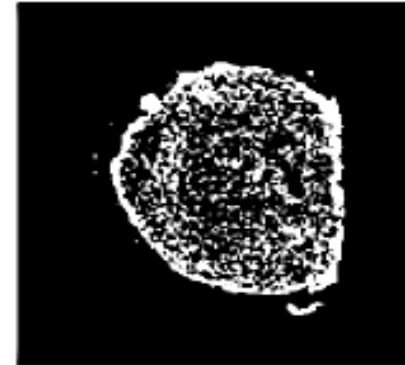
الصورة الثنائية عند عتبة ath-100



الصورة الأصلية



الصورة الثنائية عند عتبة ath-128



الصورة الثنائية عند عتبة ath-115

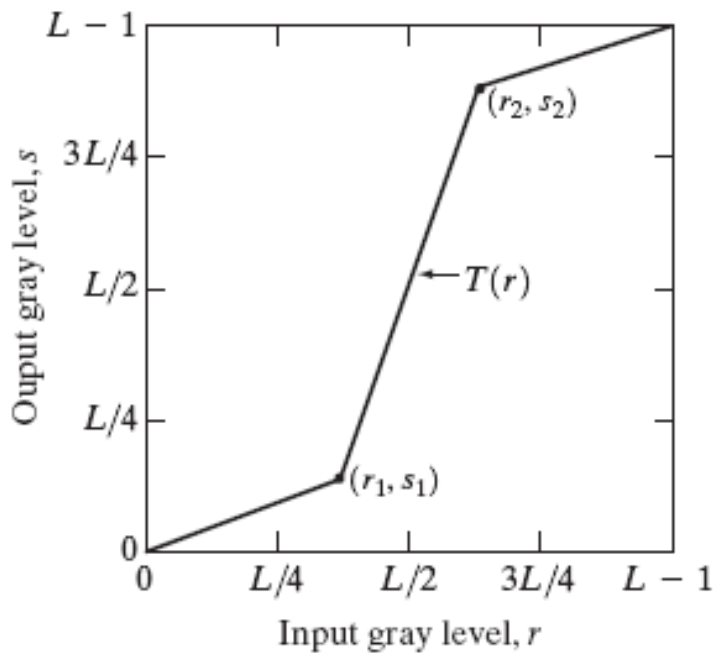
# توابع التحويل الخطي المجزأ

## piecewise – linear transformation functions

- التباين ذو المجال الموسع. contrast stretching.
- تجزئة السويات الرمادية Gray-level slicing.
- تجزئة مستويات الخانة Bit-plane slicing



## التباين ذو المجال الموسع contrast stretching



- وهو من أبسط توابع التحويل الخطي المجزأ التابع المستخدم في تحويل التباين ذو المجال الموسع يكون بالشكل:
- تنتج الإضاءة الضعيفة صوراً ضعيفة التباين من الممكن حل المشكلة باستخدام **contrast stretching**
- الهدف من هذه الطريقة زيادة المدى الديناميكي لقيم السويات الرمادية في الصورة المعالجة.

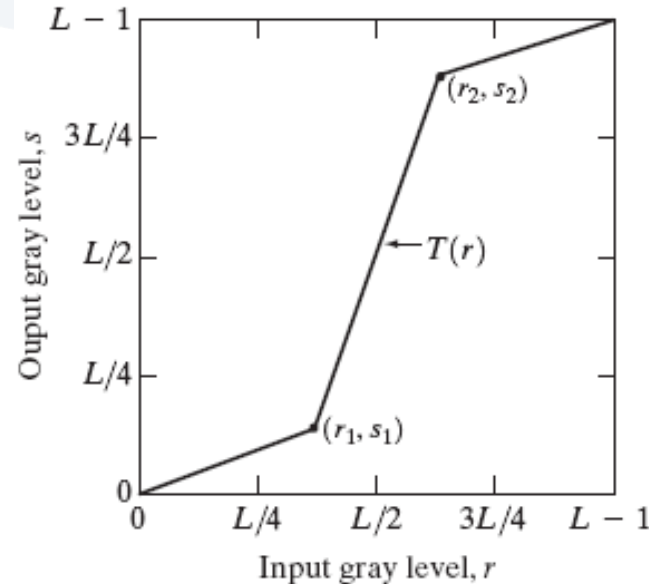
# التباين ذو المجال الموسع contrast stretching

المثال التالي يوضح تأثير تحويل التباين ذو المجال الموسع.

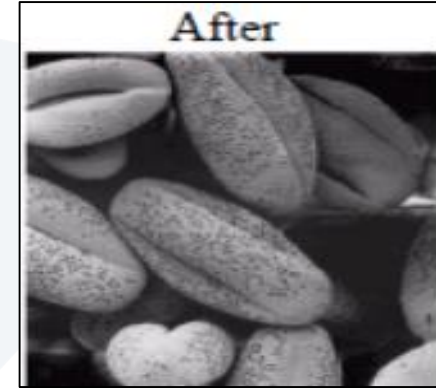
Before contrast enhancement



الصورة الأولى تعبر عن  
صورة ضعيفة التباين.



To increase the dynamic range of the gray levels in the image being processed.



الثانية تعبر عن ناتج التحويل  
باستخدام القيم التالية

$$(r_1, s_1) = (r_{\min}, 0)$$

$$(r_2, s_2) = (r_{\max}, L - 1)$$

حيث قيم  $r_{\min}$  و  $r_{\max}$  تحدد أعلى و  
أدنى قيمة سوية رمادية في الصورة

contrast stretching

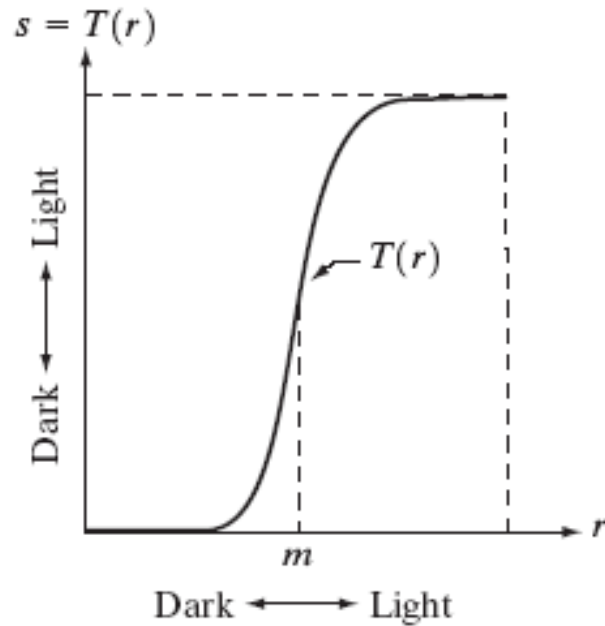


الثالثة تعبر عن ناتج التحويل  
على الصورة السابق باستخدام  
القيم التالية  $r_1=r_2=m$  حيث  $m$   
هي المتوسط لقيم السويات  
الرمادية في الصورة. الأصلية

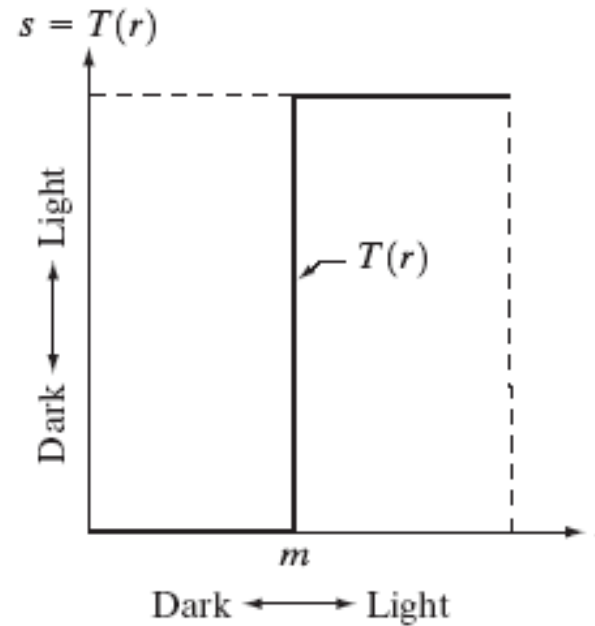
thresholding

# التباين ذو المجال الموسع

## contrast stretching



Contrast Stretching



THRESHOLDING

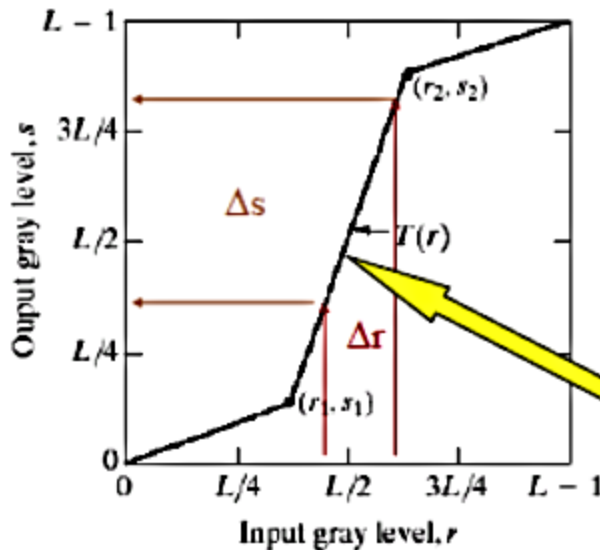
**a b**

**FIGURE 3.2** Gray-level transformation functions for contrast enhancement.

*How to know where the contrast is enhanced ?*

Look at  $T(r)$  Slope.

- if Slope  $> 1 \rightarrow$  Contrast increase
- if Slope  $< 1 \rightarrow$  Contrast decrease
- if Slope  $= 1 \rightarrow$  Contrast same



ناقش الحالات:

$r_2=s_2$  و  $r_1=s_1$

$s_2=L-1$  و  $r_1=r_2$  و  $s_1=0$

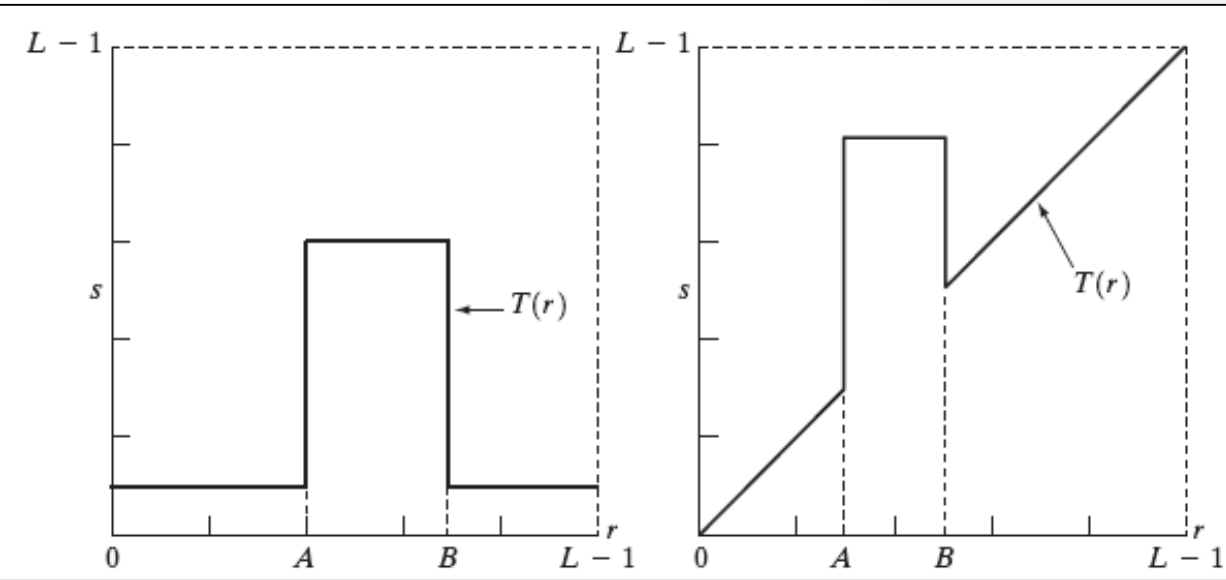
$\Delta r$  is narrow compared to  $\Delta s$  and leads to Contrast increase

- The locations of  $(r_1, s_1)$  and  $(r_2, s_2)$  control the shape of the transformation function.
- If  $r_1 = s_1$  and  $r_2 = s_2$  the transformation is a linear function and produces no changes.
- If  $r_1 = r_2$ ,  $s_1 = 0$  and  $s_2 = L-1$ , the transformation becomes a **thresholding** function that creates a binary image.
- More on function shapes:
  - Intermediate values of  $(r_1, s_1)$  and  $(r_2, s_2)$  produce various degrees of spread in the gray levels of the output image, thus affecting its contrast.
  - Generally,  $r_1 \leq r_2$  and  $s_1 \leq s_2$  is assumed.

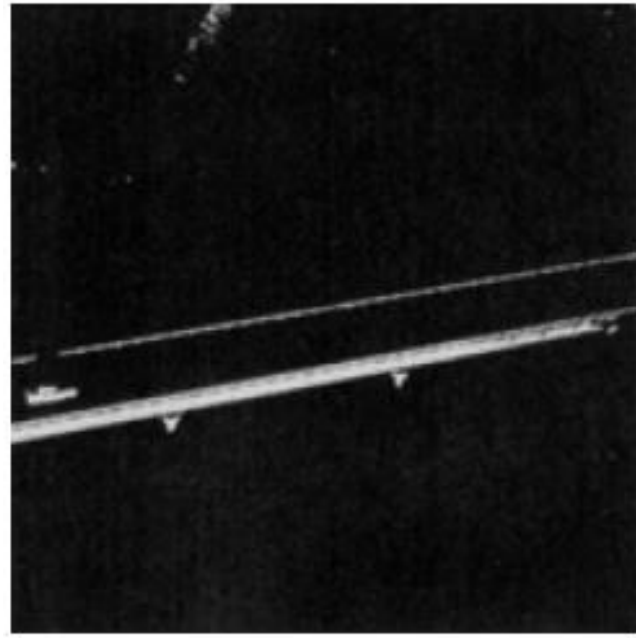
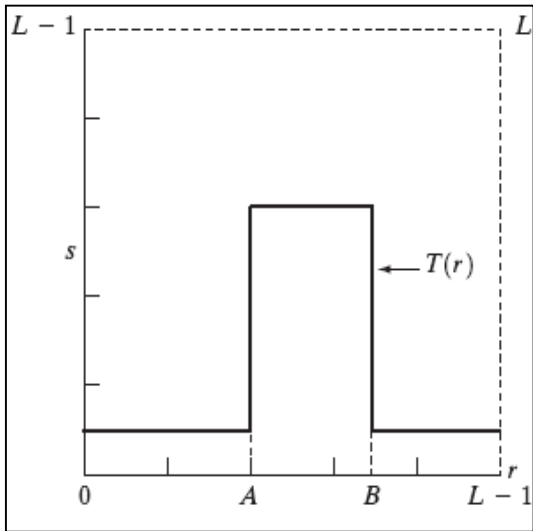
# تجزئة السويات الرمادية

## Gray-level slicing

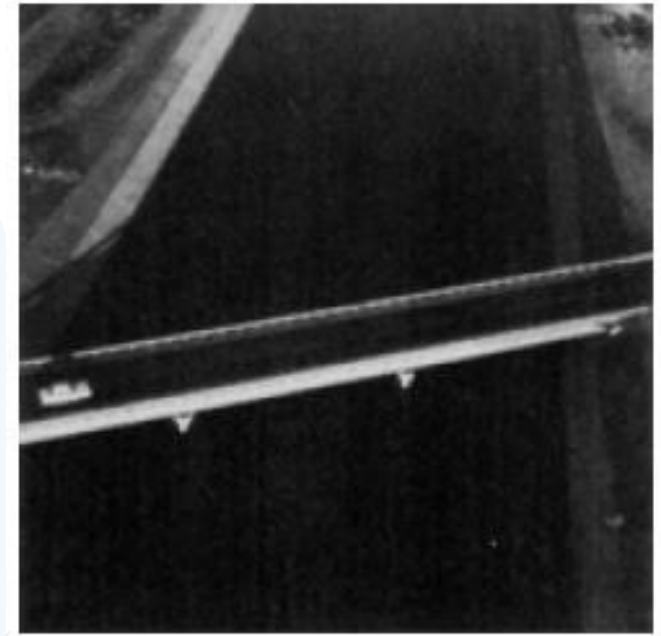
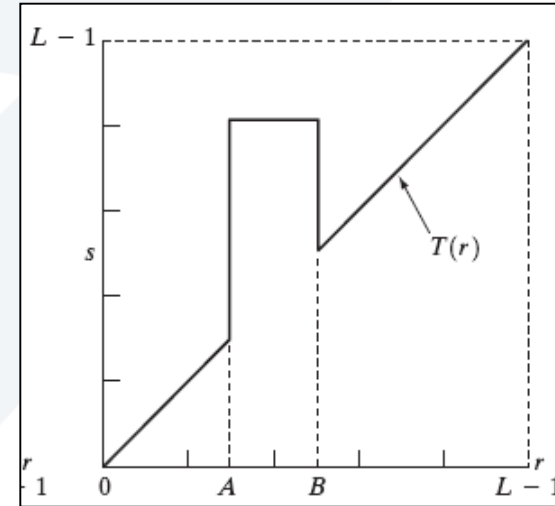
- تعتمد على توضيح مجال معين
- يستخدم هذا التحويل في العديد من التطبيقات كاستخدامه في صور الأقمار الصناعية للكشف عن المياه الجوفية.
- هناك العديد من الطرق المتبعة لانجاز هذا التحويل منها:
  - إظهار قيم كبيرة لجميع مستويات الرماديات ضمن المجال المرغوب و مستويات منخفضة للنقاط الأخرى غير الهامة.
  - إضافة سطوع أعلى للمجال المرغوب من مستويات الرماديات ولكنه يبقى الخلفية وسويات الرمادية الأخرى ضمن الصورة كما هي.



# تجزئة السويات الرمادية Gray-level slicing



السويات أقل من  $a$  و أكثر من  $b$  أصبحت سوداء اللون

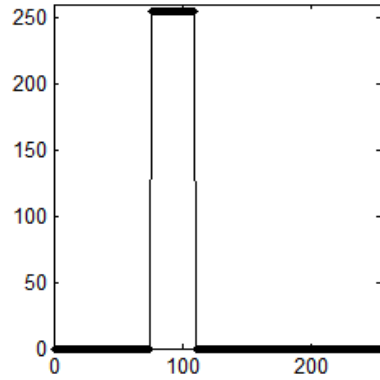


السويات أقل من  $a$  و أكثر من  $b$  حافظت على قيمها

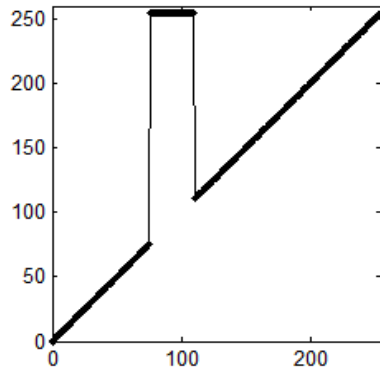
# العمليات على السويات الرمادية تقطيع السويات الرمادية

□ إظهار مجال معين من السويات الرمادية دون غيرها  
في التطبيقات التي تهدف لتحسين عرض ميزات معينة  
في الصورة

Approach 1



التقطيع وفق الطريقة الأولى



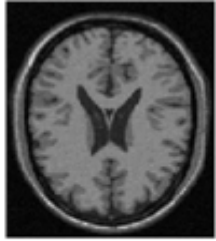
Approach 2



التقطيع وفق الطريقة الثانية

- إعطاء قيمة لونية عالية لكل السويات الرمادية التي تقع ضمن المجال المرغوب في حين تعطى قيمة لونية منخفضة لبقية السويات
- زيادة سطوع مجال السويات الرمادية المرغوب في حين تظل السويات الرمادية الأخرى بلا أي تغيير

□ هناك طريقتان أساسيتان:



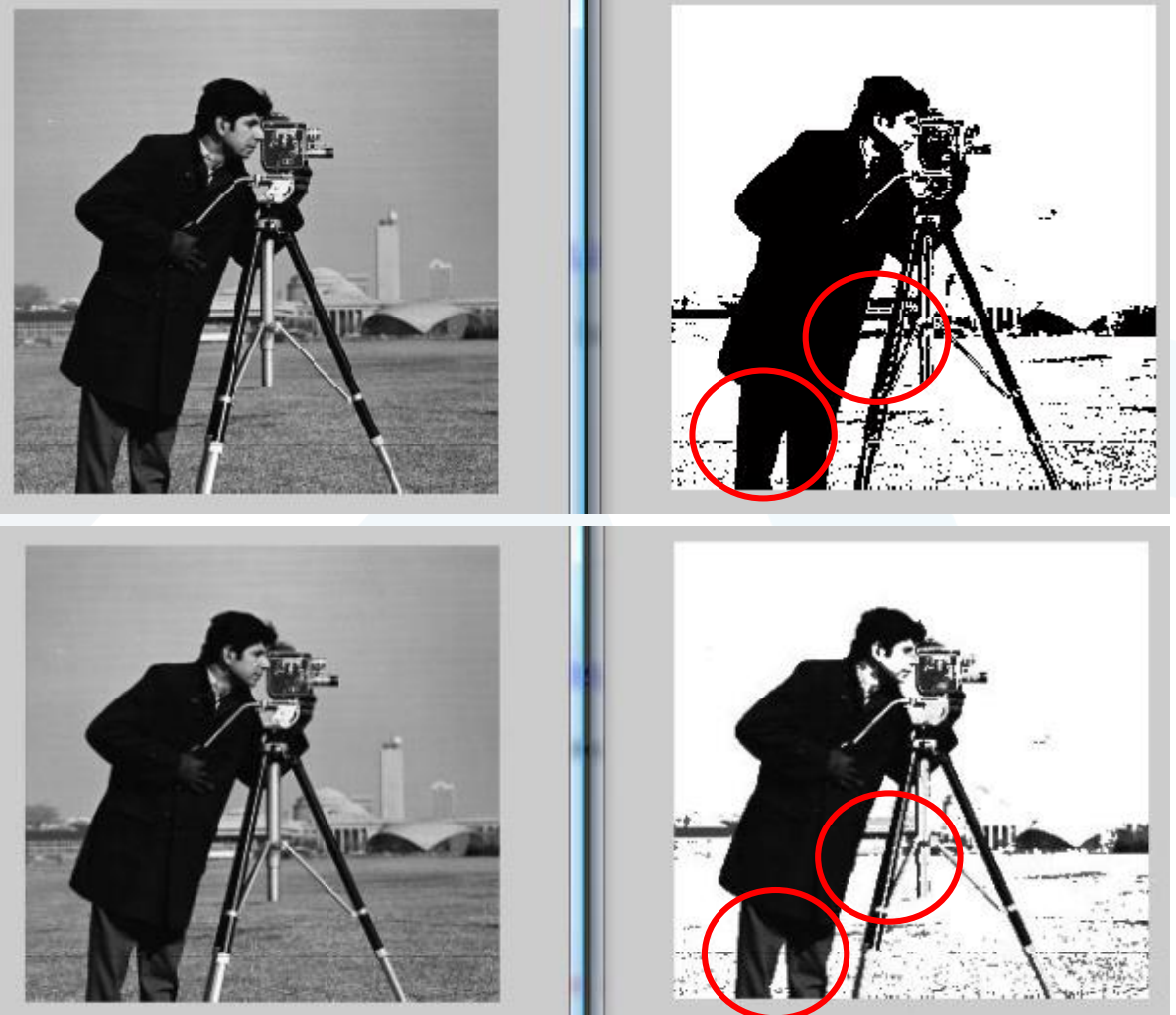
الصورة الأصلية



# العمليات على السويات الرمادية

## تقطيع السويات الرمادية

- example1: apply intensity level slicing in Matlab to read cameraman image, then If the pixel intensity in the old image is between (100 and 200) convert it in the new image into 255(white). Otherwise convert it to 0 (black).
- example2: apply intensity level slicing in Matlab to read cameraman image, then If the pixel intensity in the old image is between (100 and 200) convert it in the new image into 255(white). Otherwise it leaves it the same





Solution1:

```
x=imread('cameraman.tif');
y=x;
[w h]=size(x);
for i=1:w
    for j=1:h
        if x(i,j)>=100 && x(i,j)<=200
            y(i,j)=255;
        else
            y(i,j)=0;
        end
    end
end
figure, imshow(x);
figure, imshow(y);
```

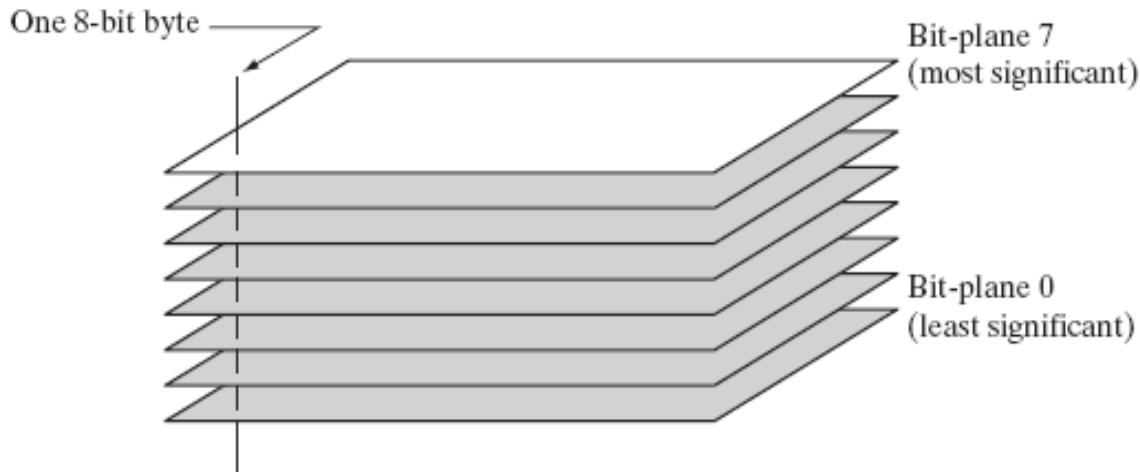
Solution2:

```
x=imread('cameraman.tif');
y=x;
[w h]=size(x);
for i=1:w
    for j=1:h
        if x(i,j)>=100 && x(i,j)<=200
            y(i,j)=255;
        else
            y(i,j)=x(i,j);
        end
    end
end
figure, imshow(x);
figure, imshow(y);
```

## Homework

Example: Apply Intensity Level Slicing (Approch2) In Matlab To Read Moon Image, Then If The Pixel Intensity In The Old Image Is Between (0 And 20) Convert It In The New Image Into 130.

## التقطيع حسب سويات البت Bit- plane slicing



■ بدلاً من توضيح مجال معين من السويات الرمادية قد يكون التركيز على العناصر المساهمة في وضوح الصورة عن طريق اعتبار خانات معينة أكثر فعالية.

■ إنتاج صور تعبّر عن القيم الممثلة لسويات البت المختلفة والتي تدعى بالتقطيع بحسب سويات البت (تقطيع الصورة إلى سويات عدّة تمثل كلّ سوية مستوى بت معيّن في الصورة)

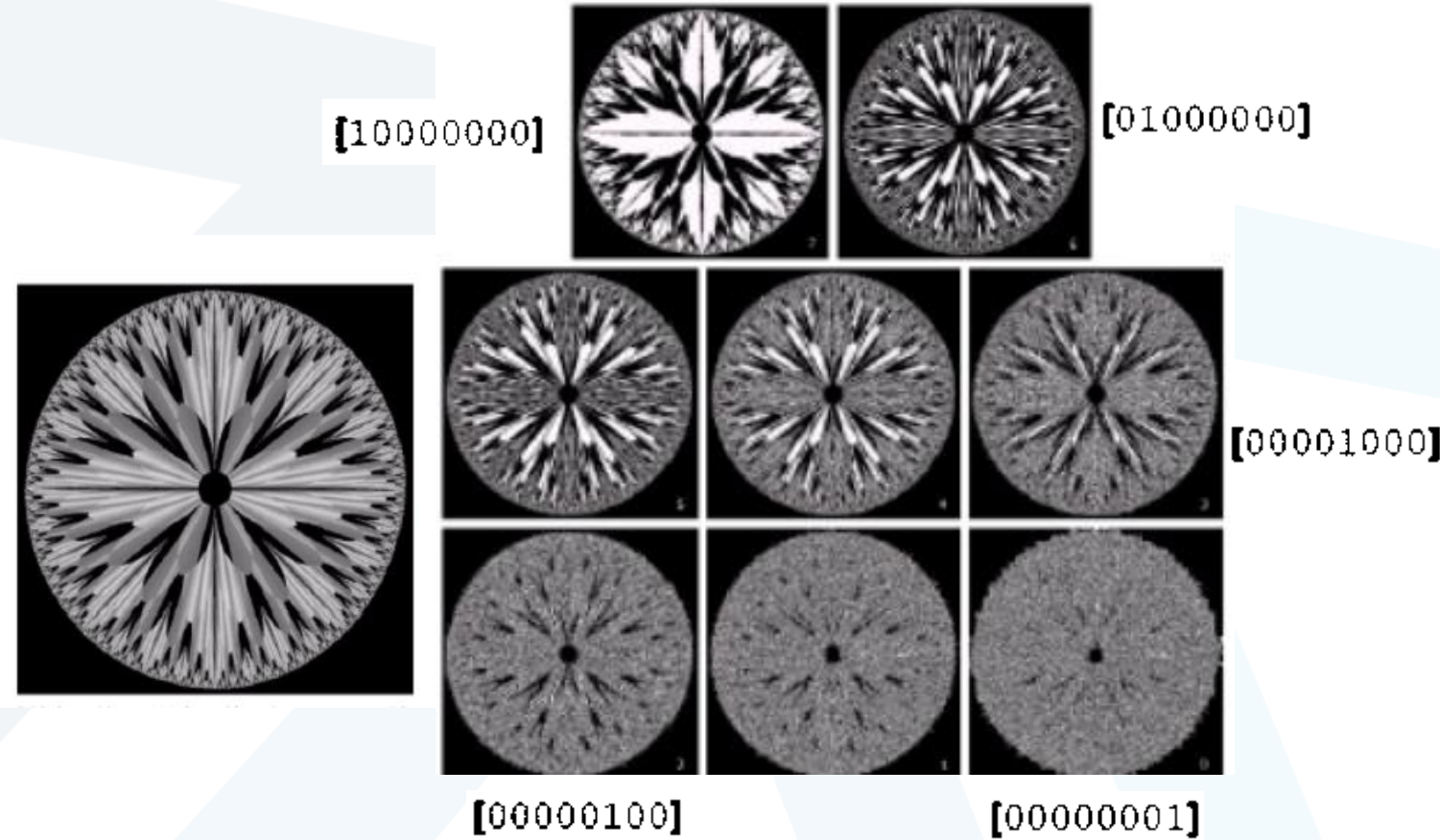
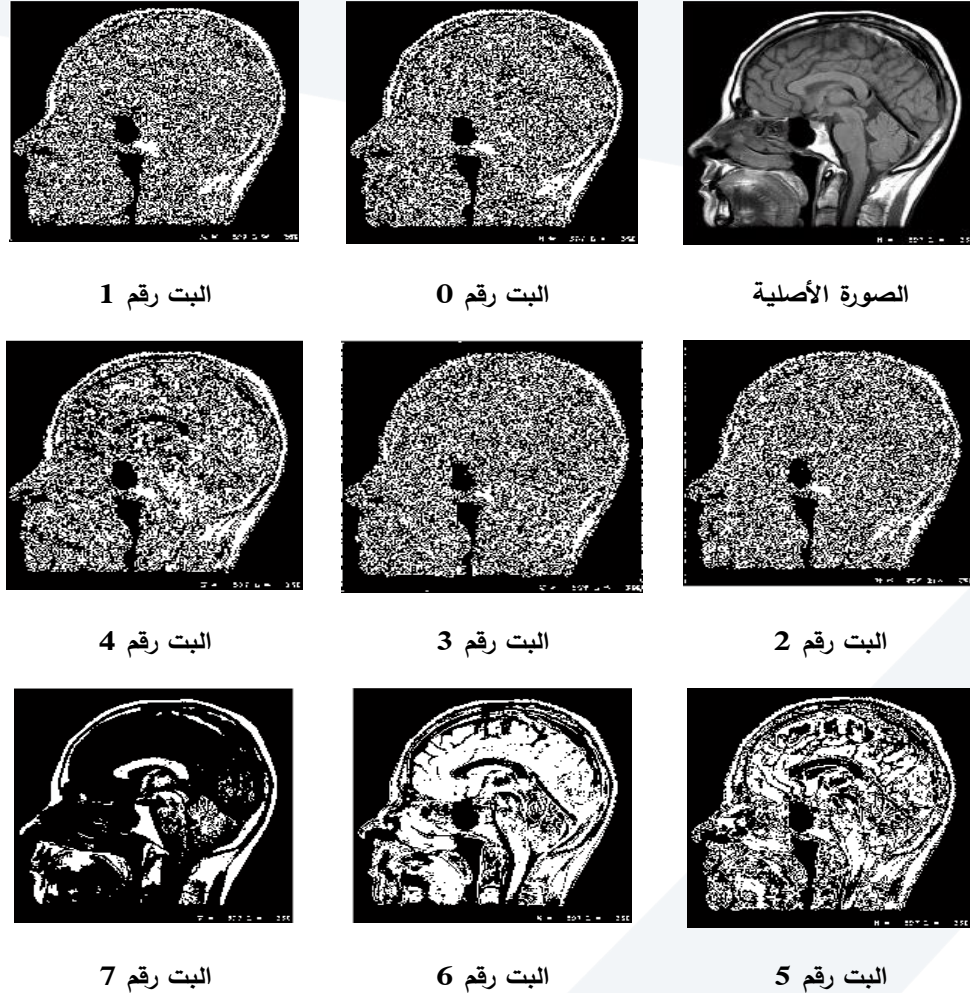
- 8-bit Image composed of 8 1-bit planes.
- Higher-order bits usually contain most of the significant visual information. Most significant bits contain the majority of visually significant data.
- Lower-order bits contain subtle details.

- Remember that pixels are digital numbers composed of bits.
- Pixels are digital numbers, each one composed of bits. Instead of highlighting gray-level range, **we could highlight the contribution made by each bit.**
- This method is useful and used **in image compression.**

# التقطيع حسب سويات البت

## Bit- plane slicing

مثال: الصور الثمانية الناتجة عن التقطيع بحسب سويات البت







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.



Reconstructed image  
using only bit planes 8  
and 7

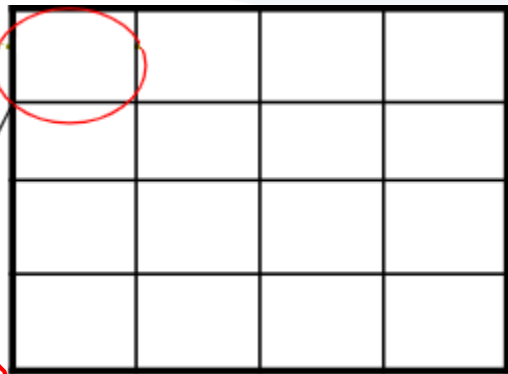


Reconstructed image  
using only bit planes 8, 7  
and 6



Reconstructed image  
using only bit planes 7, 6  
and 5

# التقطيع حسب سويات البت Bit- plane slicing



0 1 1 0 0 1 0 0

Image of bit1:  
0000000**0**

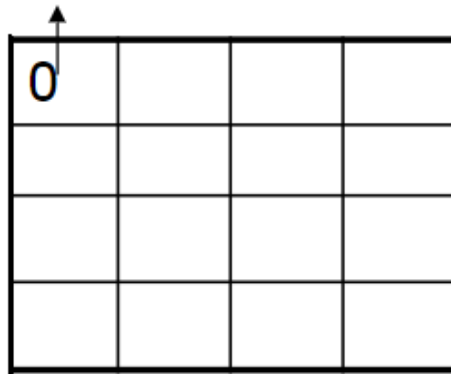


Image of bit2:  
000000**00**

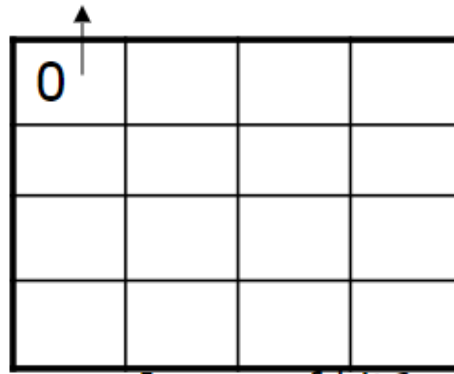


Image of bit3:  
00000**100**

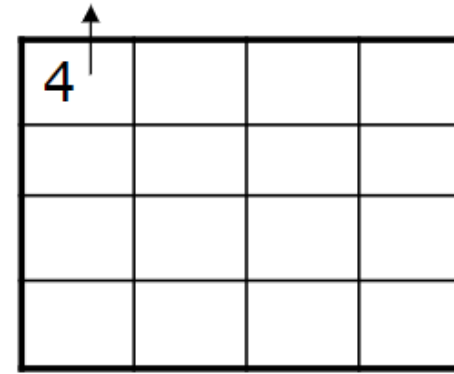


Image of bit4:  
0000**0**000

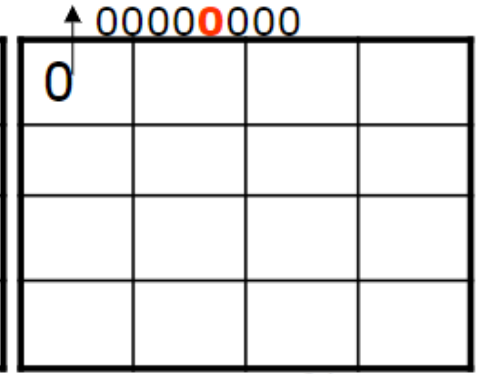


Image of bit5:  
↑000**0**0000

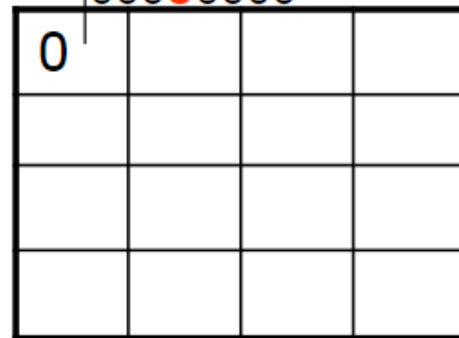


Image of bit6:  
00**1**00000

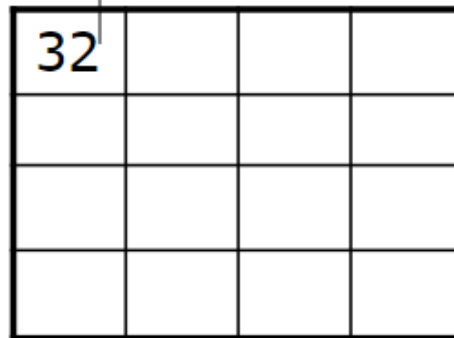


Image of bit7:  
0**1**000000

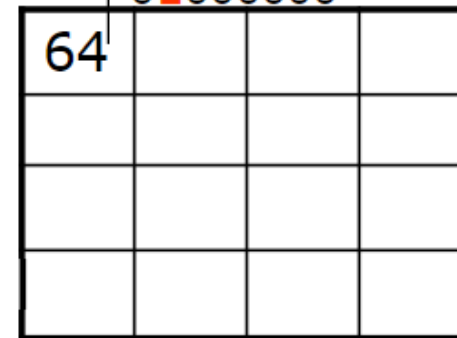
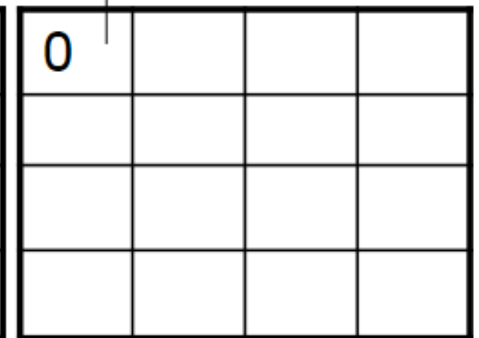


Image of bit8:  
↑**0**0000000



Apply bit-plane slicing in Matlab to read cameramanimage , then extract the image of bit 6.

Solution:

```
x=imread('cameraman.tif');  
y=x*0;  
[w h]=size(x);  
for i=1:w  
    for j=1:h  
        b=bitget(x(i,j),6);  
        y(i,j)=bitset(y(i,j),6,b);  
    end  
end  
figure, imshow(x);  
figure, imshow(y);
```

We have to use bit get and bit set to extract 8 images;



- $D156 = B10011100$
- 1.  $156 \% 2 = 0$
- 2.  $\text{FLOOR}(156/2) \% 2 = 78 \% 2 = 0$
- 3.  $\text{FLOOR}(156/4) \% 2 = 39 \% 4 = 1$
- 4.  $\text{FLOOR}(156/8) \% 2 = 19 \% 2 = 1$
- 5.  $\text{FLOOR}(156/16) \% 2 = 9 \% 2 = 1$
- 6.  $\text{FLOOR}(156/32) \% 2 = 4 \% 2 = 0$
- 7.  $\text{FLOOR}(156/64) \% 2 = 2 \% 2 = 0$
- 8.  $\text{FLOOR}(156/128) \% 2 = 1 \% 2 = 1$

```
c = imread('cameraman.tif');

cd = double(c);

c1 = mod(cd, 2);
c2 = mod(floor(cd/2), 2);
c3 = mod(floor(cd/4), 2);
c4 = mod(floor(cd/8), 2);
c5 = mod(floor(cd/16), 2);
c6 = mod(floor(cd/32), 2);
c7 = mod(floor(cd/64), 2);
c8 = mod(floor(cd/128), 2);

cc = (2 * (2 * (2 * (2 * (2 *
(2 * (2 * c8 + c7) + c6) + c5)
+ c4) + c3) + c2) + c1);

subplot(2, 5, 1);
imshow(c);
title('Original Image');

subplot(2, 5, 2);
imshow(c1);
title('Bit Plane 1');
subplot(2, 5, 3);
imshow(c2);
title('Bit Plane 2');
subplot(2, 5, 4);
imshow(c3);
title('Bit Plane 3');
subplot(2, 5, 5);
imshow(c4);
title('Bit Plane 4');
subplot(2, 5, 6);
imshow(c5);
title('Bit Plane 5');

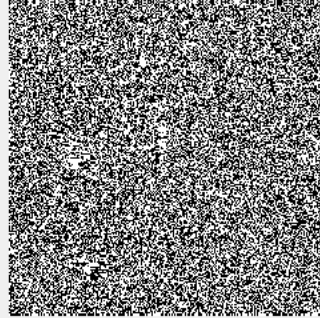
subplot(2, 5, 7);
imshow(c6);
title('Bit Plane 6');
subplot(2, 5, 8);
imshow(c7);
title('Bit Plane 7');
subplot(2, 5, 9);
imshow(c8);
title('Bit Plane 8');

subplot(2, 5, 10);
imshow(uint8(cc));
title('Recombined Image');
```

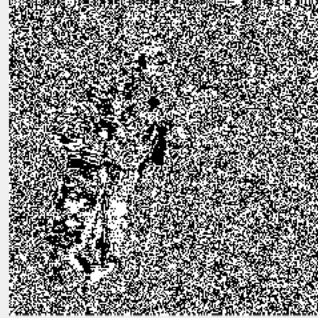
Original Image



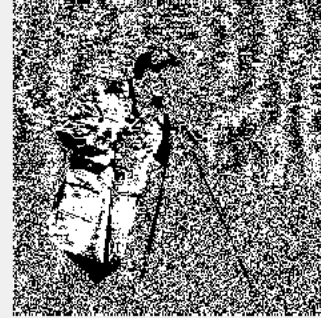
Bit Plane 1



Bit Plane 2



Bit Plane 3



Bit Plane 4



Bit Plane 5



Bit Plane 6



Bit Plane 7



Bit Plane 8



Recombined Image



# العمليات على السويات الرمادية توابع التحويل النقطية

□ تغير توابع التحويل المجال الديناميكي للصورة ليصبح أكثر فاعلية  
 فيتحسن التباين فيها

□ التباين هو الفرق بين أصغر وأكبر قيمة بكسل في الصورة

□ تغير هذه التوابع العلاقة بين المجال الديناميكي ومجال

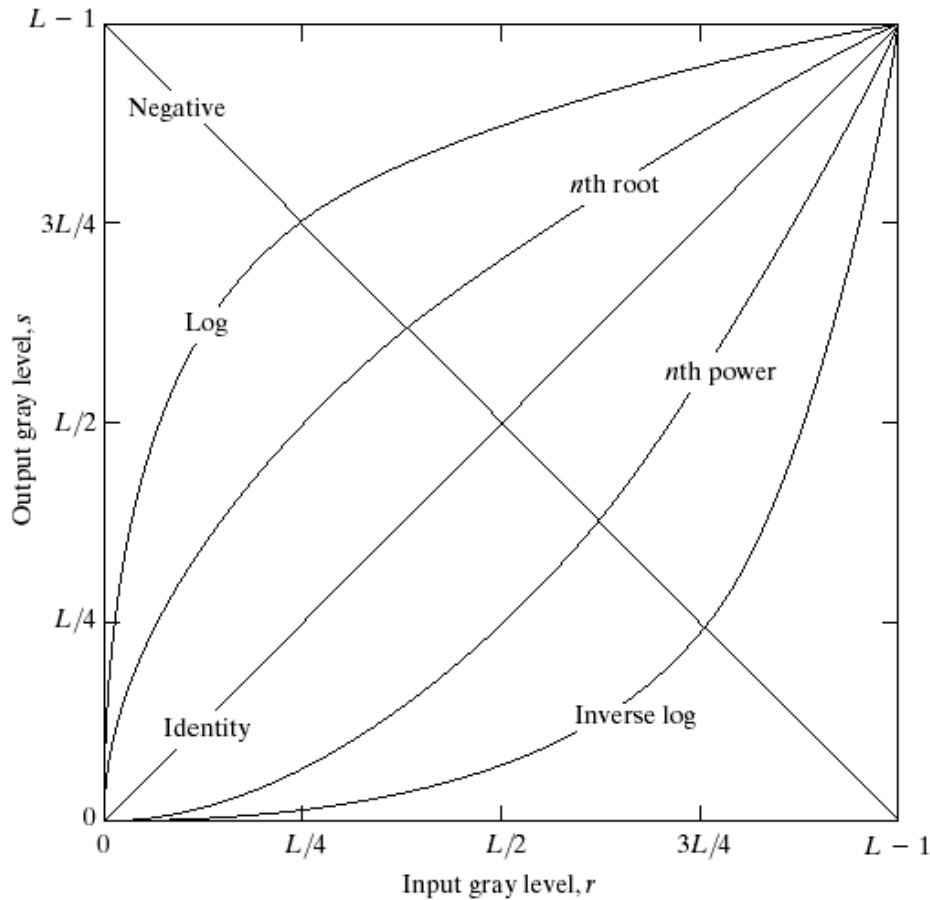
السويات الرمادية الممكنة لتمثيل القيم اللونية في الصورة

■ التابع اللوغاريتمي Logarithm Transform

■ التابع الأسّي Power-Law Transform

■ تابع القوة "جاما"

■ تصحيح غاما



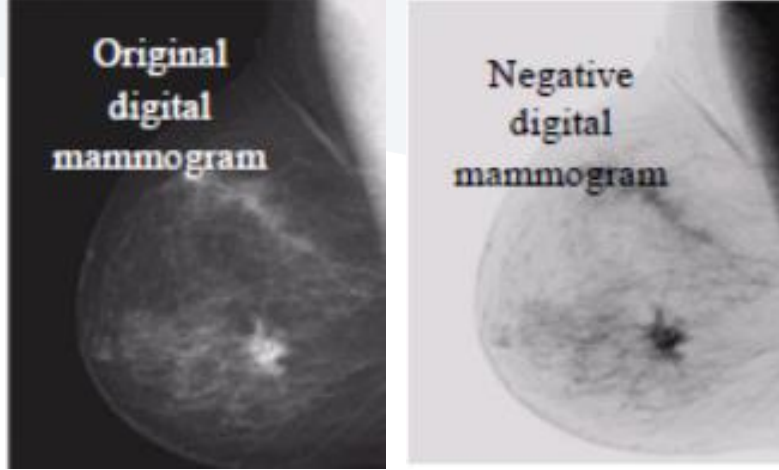
Some basic gray-level  
 transformation functions used  
 for image enhancement

Linear: Negative, Identity

Logarithmic: Log, Inverse Log

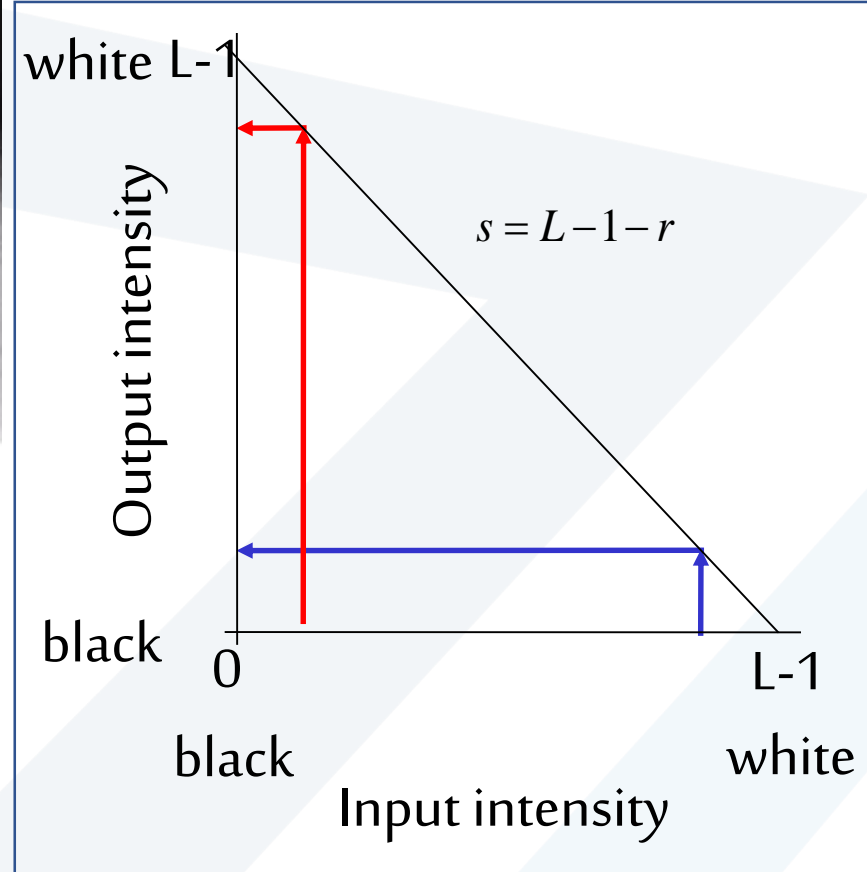
Power-Law:  $n$ th power,  $n$ th root

# توابع التحويل النقطية Image negative معكوس الصورة NOT



في التطبيقات الطبية

ملاحظة: نظرًا لأن العين تستجيب لوغاريتميًا  
 لتغيرات السطوع، فقد يتعذر اكتشاف التغيرات  
 الطفيفة في السطوع في المناطق الساطعة من  
 الصورة. مع العملية not، تتحول تغيرات السطوع  
 الدقيقة هذه إلى مناطق مظلمة بحيث تصبح مرئية  
 بوضوح



$L$  = number of gray levels

- وهي صورة ذات قيم مستويات رمادية محصورة ضمن المجال
- وتستخدم بشكل رئيسي العلاقة:  

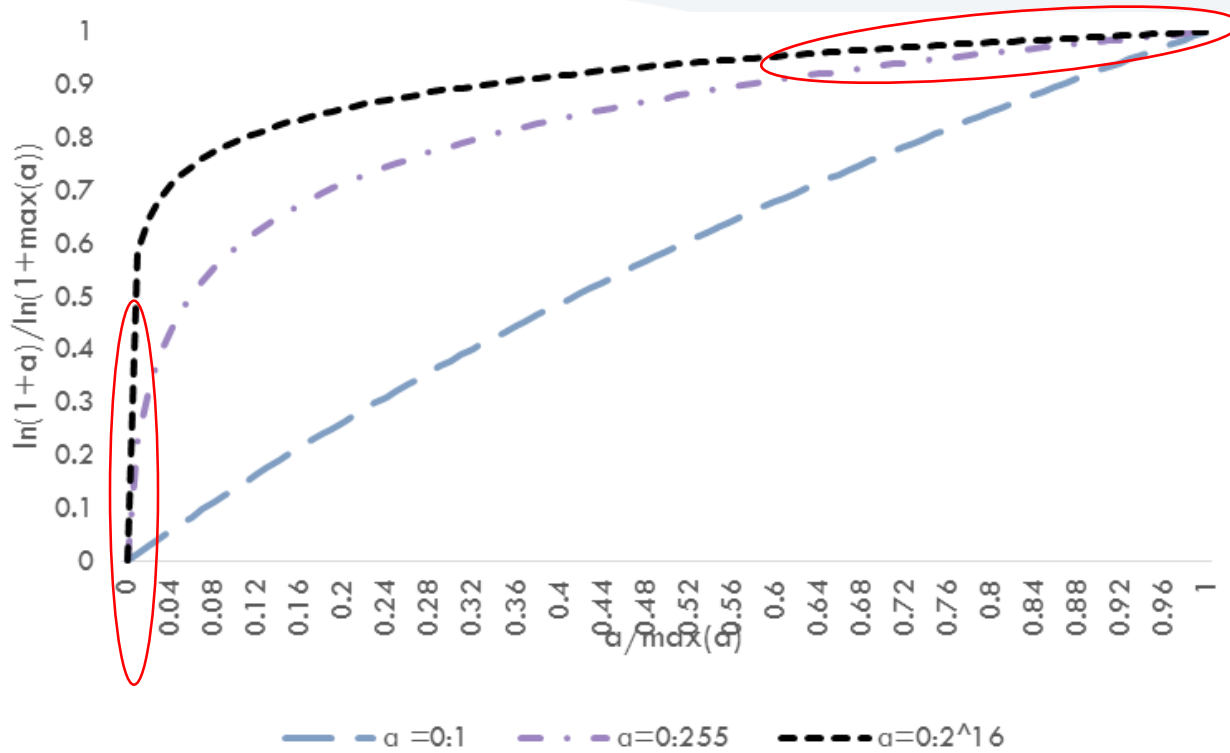
$$s = L - 1 - r.$$
- تستخدم عادة بالصور الطبية لإظهار أكبر قدر ممكن من التمايز ويعتمد بشكل رئيسي على تبديل درجات اللون الأبيض بالأسود و تمايزات الألوان الأخرى بمثيلاتها.

يمكن ضغط المجال الديناميكي  
للصورة باستبدال قيمة كل  
بكسل باللوغاريتم الطبيعي لهذه  
القيمة

# Log Transformations

## التابع اللوغاريتمي

Compresses the dynamic range of images with large variations in pixel values



تغير شكل التابع اللوغاريتمي تبعاً لتغير نوع معطيات الدخل

• يطبق وفقاً للمعادلة التالية:

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

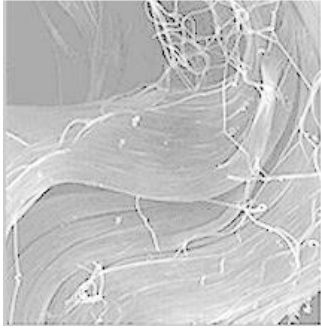
حيث:

- المقدار  $c$  عبارة عن ثابت
- القيمة  $r$  أكبر أو تساوي الصفر.
- يعطي هذا التحويل حالات تمايز لونية أكثر دقة.

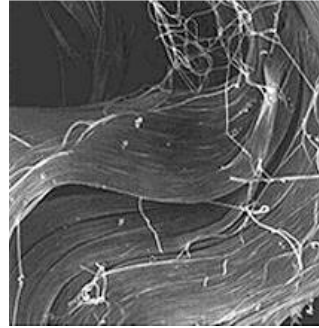
يقوم بزيادة تباين السويات الرمادية المنخفضة في صورة الدخل  
فيخصص لها مجال واسع من السويات الرمادية في صورة الخرج بينما  
يقوم بضغط مجال السويات الرمادية العالية



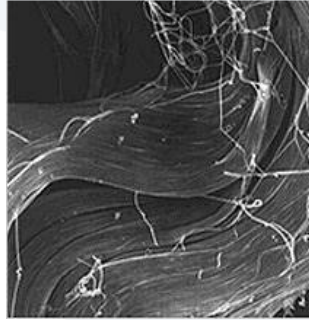
# تطبيق التابع اللوغاريتمي على صور ذات مجالات لونية مختلفة



تابع اللوغاريتم في المجال  
[255 0]



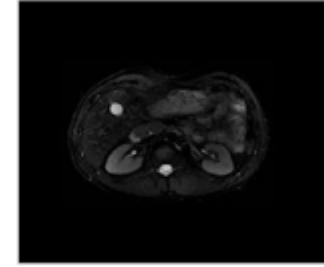
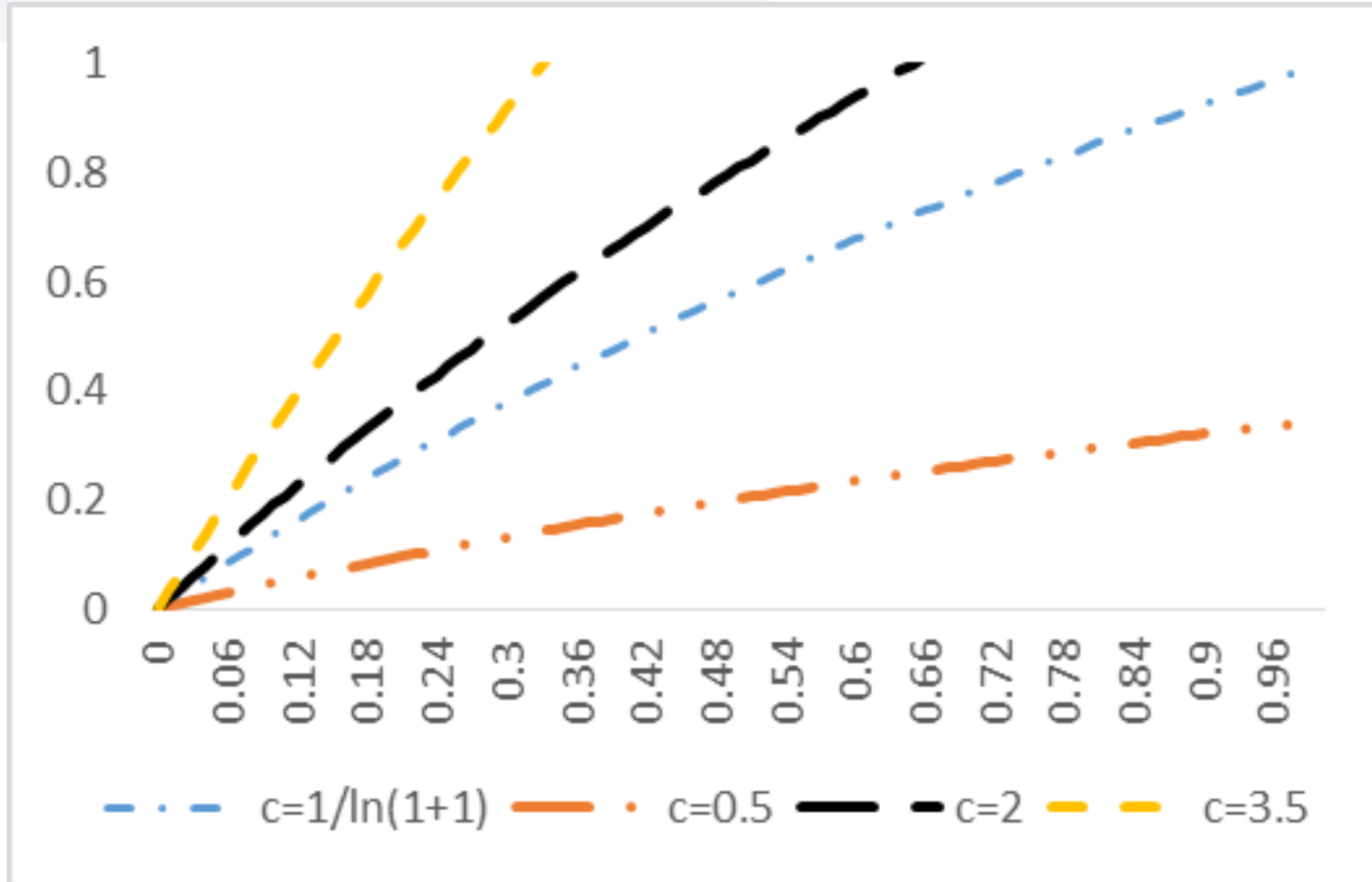
تابع اللوغاريتم في المجال  
[1 0]



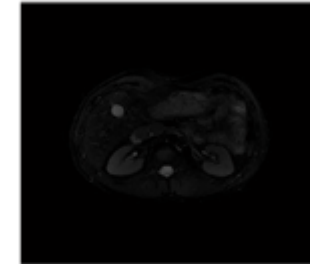
الصورة الأصلية

- يستخدم تابع اللوغاريتم في زيادة سطوع السويات الرمادية المنخفضة وإظهار تفاصيل أكبر في الأماكن الداكنة في الصورة

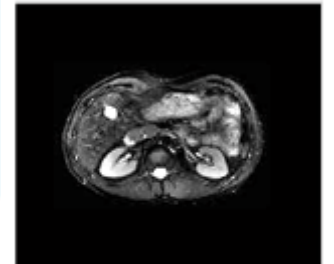
# تأثير تغيير قيمة الثابت $c$ في خواص التابع اللوغاريتمي



الصورة الأصلية



$c=0.5$



$c=3.5$



# Power-Law Transform التابع الأسّي

يقوم بتحسين المناطق ذات السويات الرمادية المرتفعة "الأماكن المشرقة" بزيادة تباين السويات الرمادية المرتفعة في صورة الدخل فيخصص لها مجال واسع من السويات الرمادية في صورة الخرج بينما يقوم بضغط مجال السويات الرمادية المنخفضة أي خفض المجمل الديناميكي للمناطق الداكنة ذات مجال السويات الرمادية المنخفضة

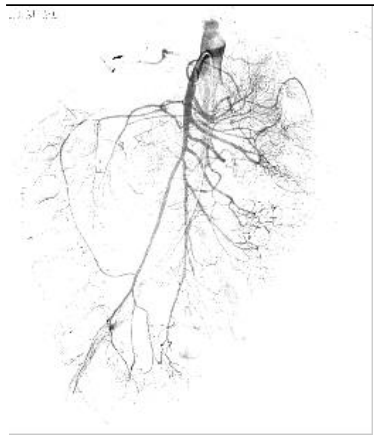
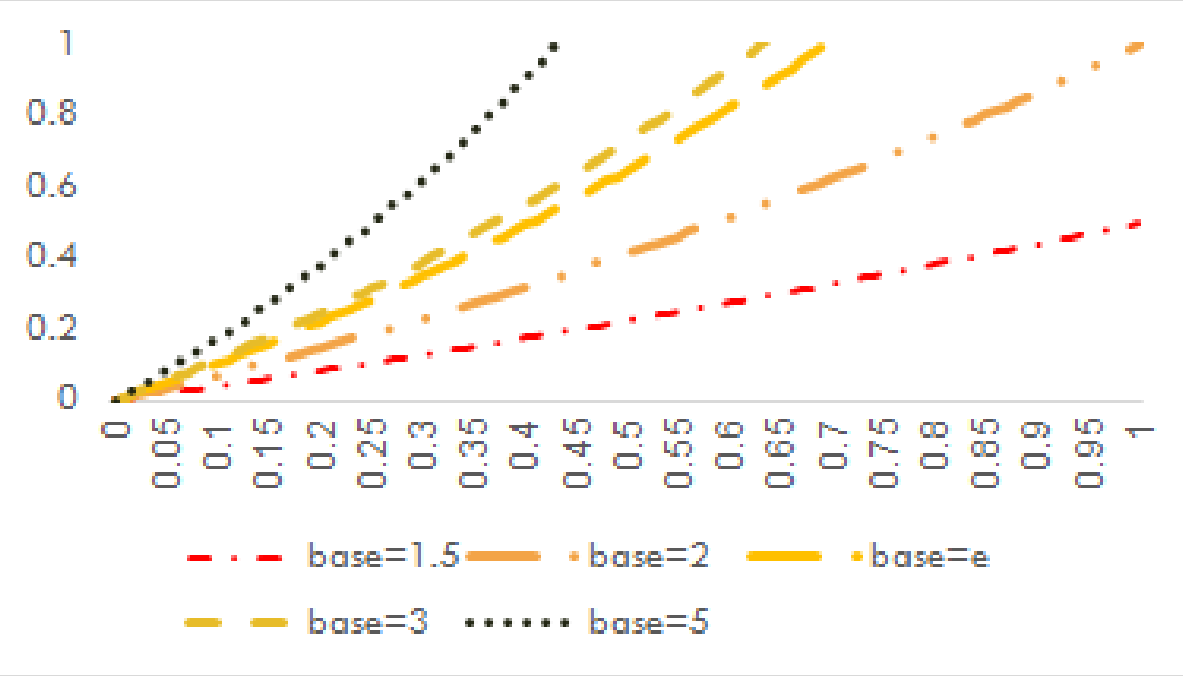
$$B = \alpha^A$$

معكوس التابع اللوغاريتمي

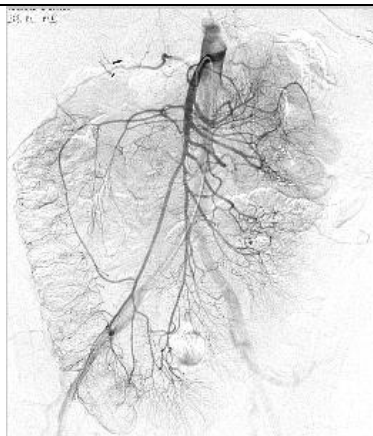
توسيع التابع الأسّي ليشمل أساساً متغيراً

$$B = c(\alpha^A - 1)$$

تحدد  $\alpha$  مستوى ضغط المجال الديناميكي وتوسيعه



$\alpha = 3$



$\alpha = 2.5$

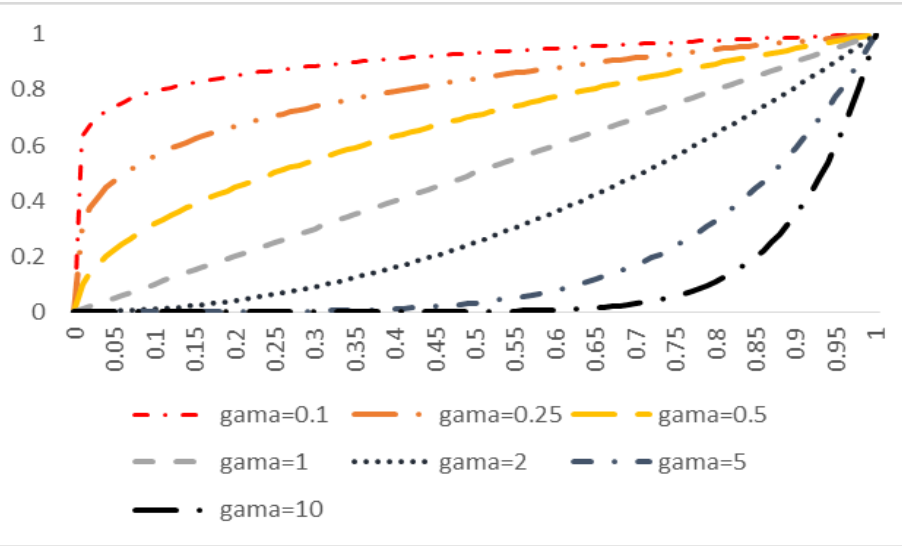


الصورة الأصلية

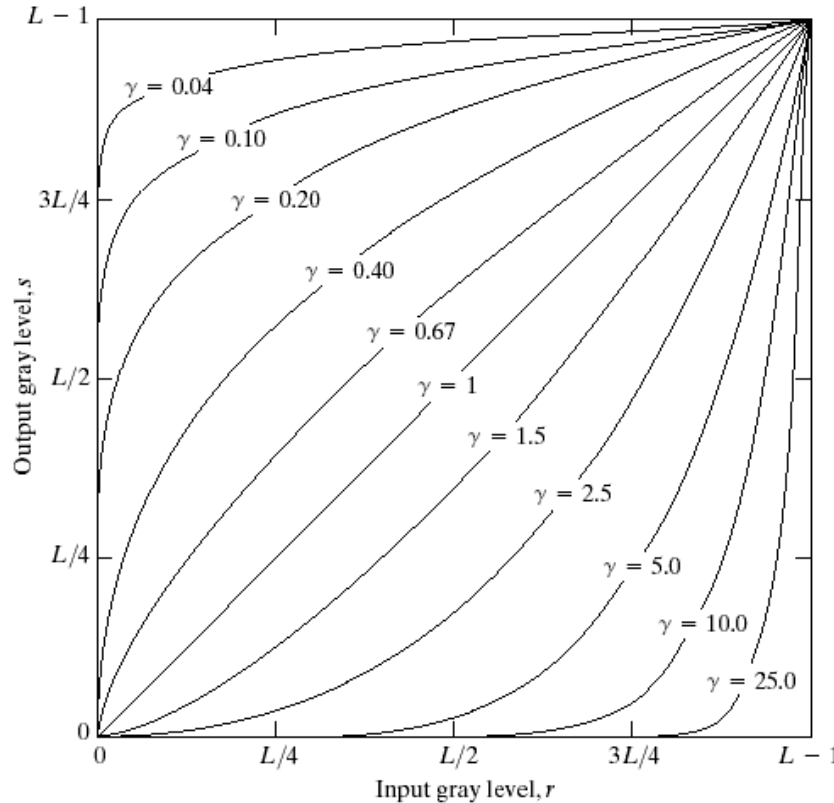
# Power-Law Transform

□ يقوم برفع قيمة كل بكسل في الصورة إلى قوة ثابتة  $s = cr^\gamma$  حيث  $c$  و  $\gamma$  قيماً موجبة أو بالشكل التالي:  $s = c(r + \epsilon)^\gamma$

□ يعطي خصائص مماثلة لكل من التابع اللوغاريتمي والتابع الأسّي تبعاً لـ  $\gamma$  ويعتبر بديلاً عنهما



يمثل المنحني التالي مخططات هذه القيمة:



- تحسين المناطق  $\gamma > 1$  المشرقة في الصورة على حساب المناطق الداكنة
- عكس ذلك  $\gamma < 1$

**FIGURE 3.6** Plots of the equation  $s = cr^\gamma$  for various values of  $\gamma$  ( $c = 1$  in all cases).

$\gamma = c = 1$ : identity

# Power-Law Transform

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.)



$$s = r^4$$

$$s = r^3$$

الشكل التالي يوضح صورة شديدة السطوع و  
تحتاج إلى درجة من التعتيم لزيادة وضوحها

$$s = r^5$$

$$\gamma=0.6$$

$$s = r^{0.6}$$

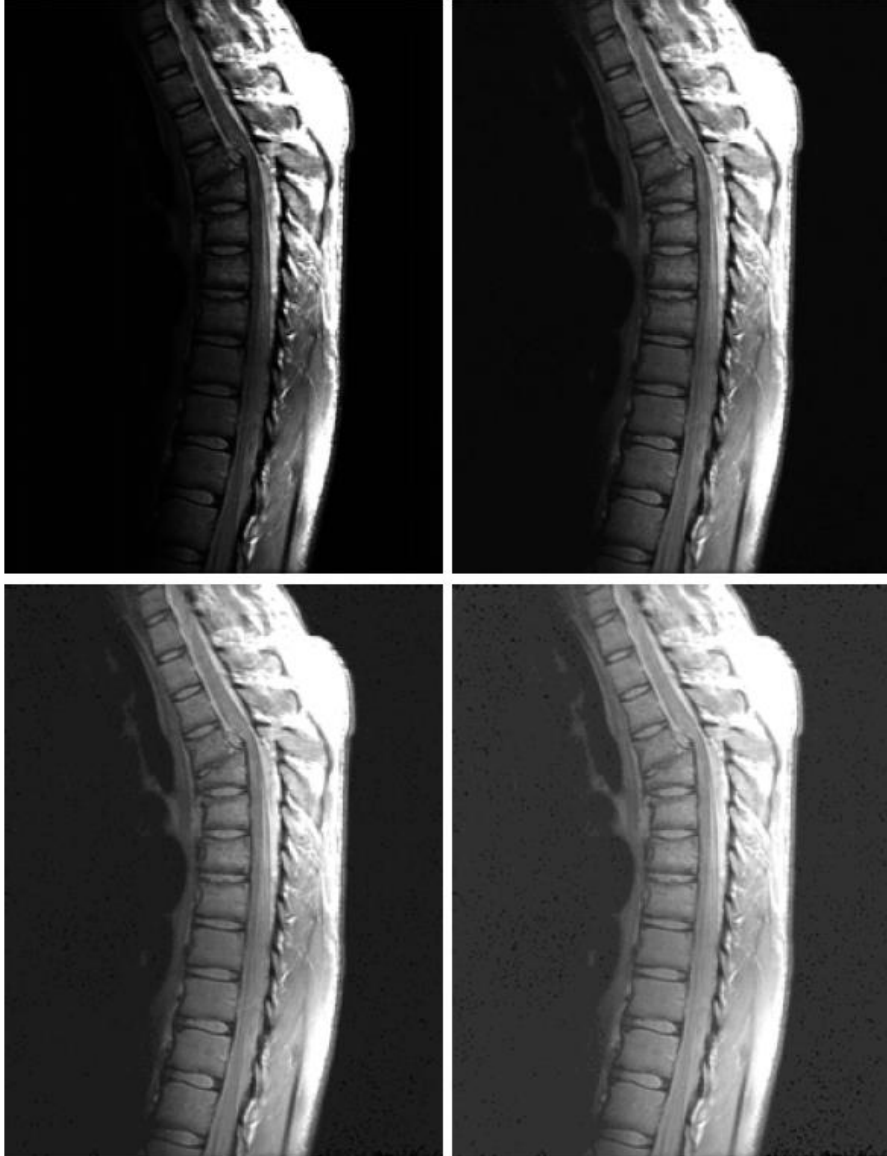
## Power-Law Transformations :

• إن تغيير العامل غاما لا يغير فقط من السطوع و لكن من إشباع الألوان الثلاثة الأساسية، وبعض النظم تمتلك عوامل غاما مختلفة و موزعة جدا في نفس الجهاز، والمثال التالي يوضح عملية التعديل باستخدام المرنان المغناطيسي.

- The images to the right show a magnetic resonance (MR) image of a fractured human spine
- Different curves highlight different detail

a b  
 c d  
**FIGURE 3.8**  
 (a) Magnetic resonance (MR) image 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 for this example courtesy of Dr. David R. Pickens, Department of Radiology and Radiological Sciences, Vanderbilt University Medical Center.)

The MRI images using the Gamma Correction settings.



$$\gamma=0.4$$

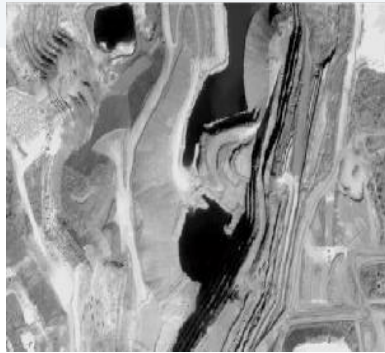
$$s = r^{0.4}$$

$$\gamma=0.3$$

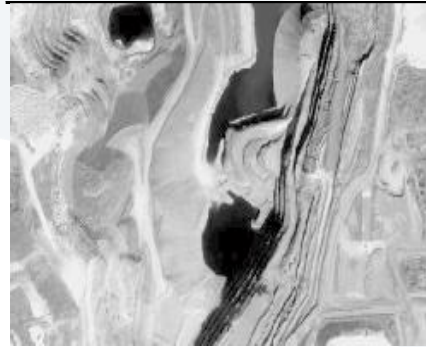
$$s = r^{0.3}$$



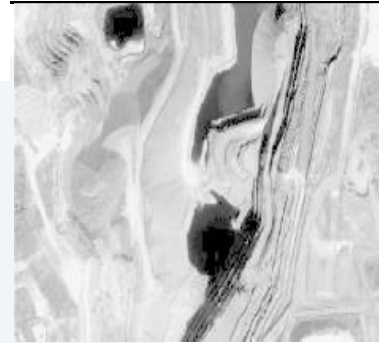
# تأثير تطبيق تابع القوة



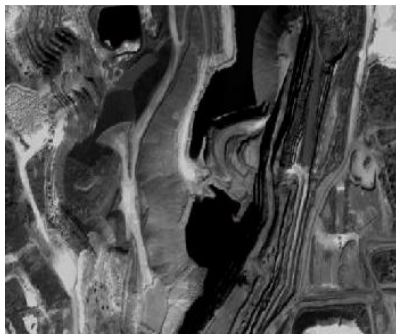
$\gamma = 0.8$



$\gamma = 0.5$



$\gamma = 0.3$



$\gamma = 2$



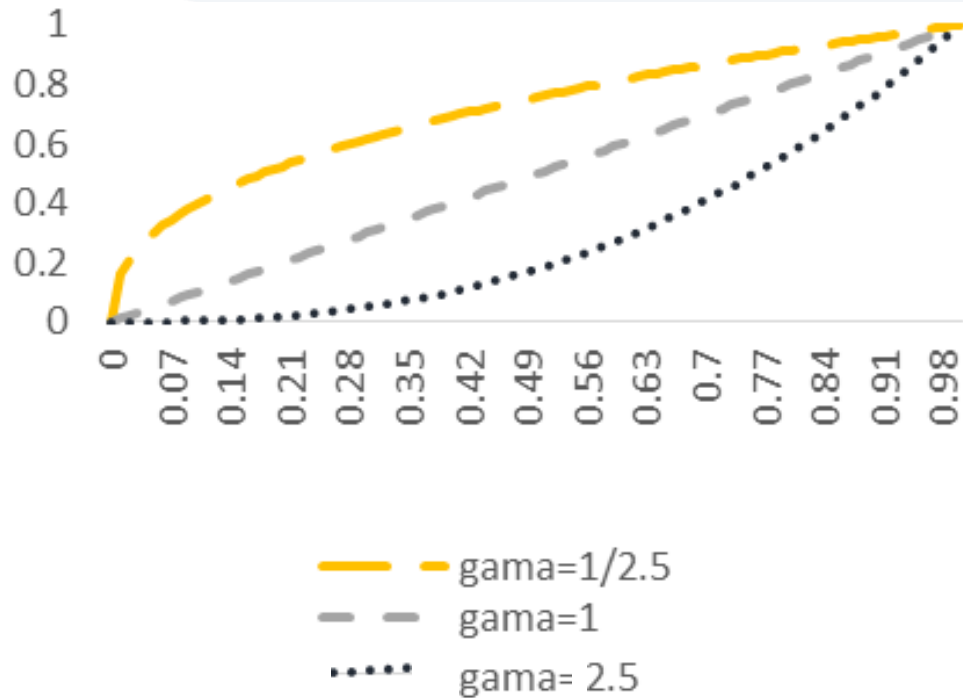
$\gamma = 1.5$

- تحسين المناطق المشرقة في الصورة على حساب المناطق الداكنة  $\gamma > 1$
- عكس ذلك  $\gamma < 1$

# Gamma Correction

□ إن معظم أجهزة العرض تملك علاقة غير خطية بين جهد الدخل والشدة الضوئية، إذ تختلف الشدة الضوئية بمقدار يعادل جهد الدخل مرفوعاً للقوة  $\gamma$

□ تتم معالجة قيم الشدة الضوئية باستخدام تابع القوة بقيمة  $1/\gamma$



$$B = \left( (A)^{\frac{1}{\gamma}} \right)^{\gamma} = A$$

# Gamma Correction

Desired Image

a b  
c d

**FIGURE 3.7**

(a) Linear-wedge gray-scale image.  
(b) Response of monitor to linear wedge.  
(c) Gamma-corrected wedge.  
(d) Output of monitor.

adjusting by  
Gamma correction

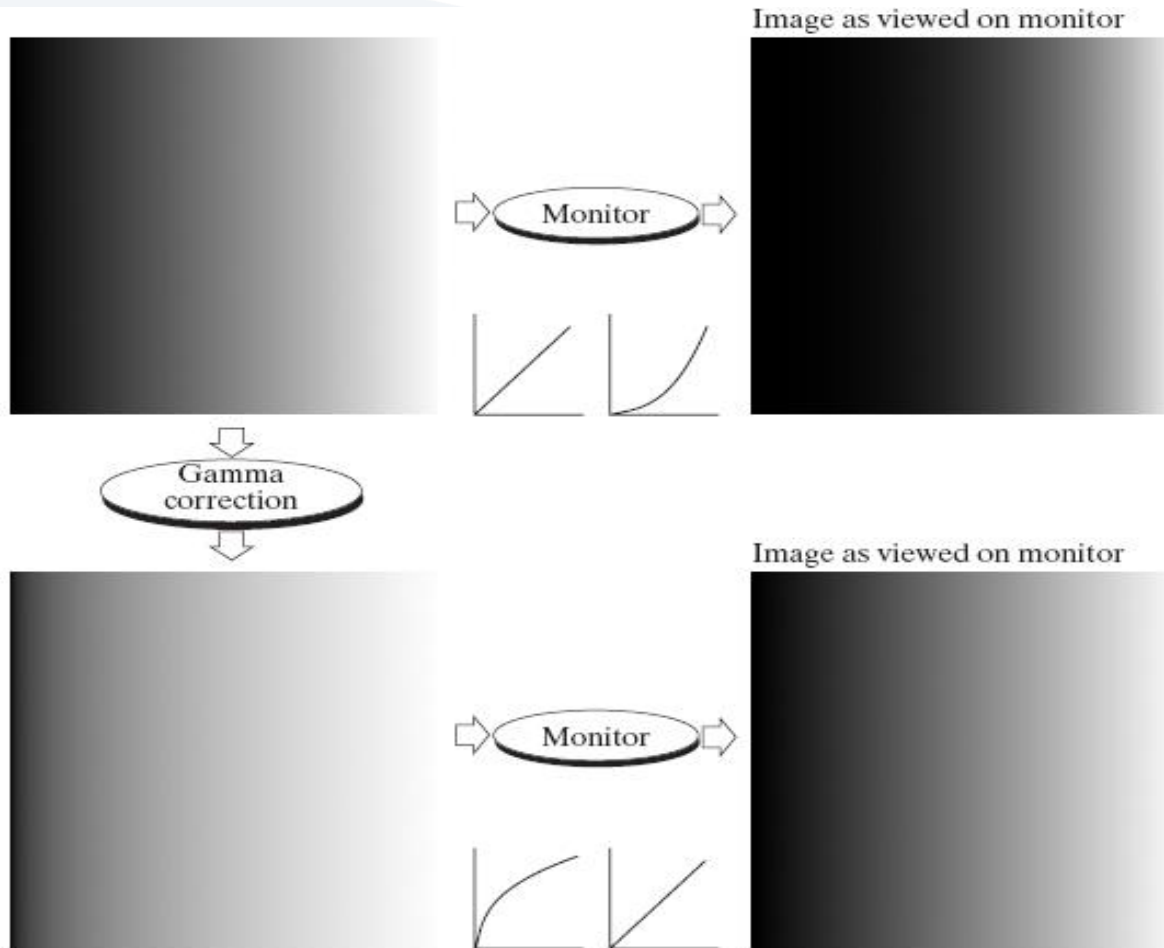
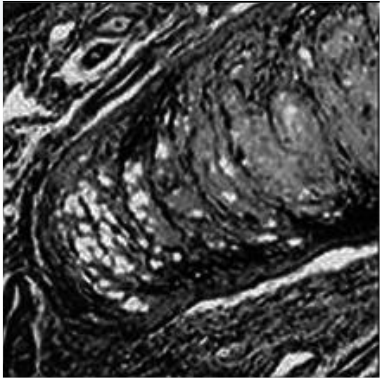


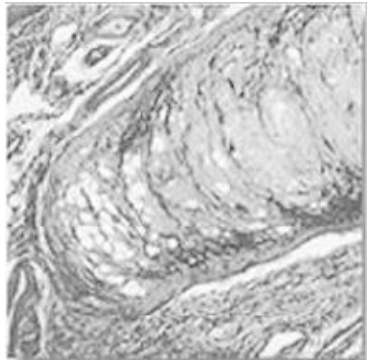
Image shown directly on  
the monitor

Image shown at  
Monitor later

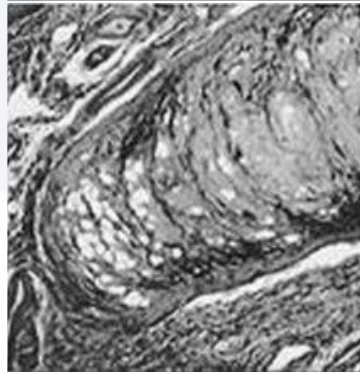
# Gamma Correction



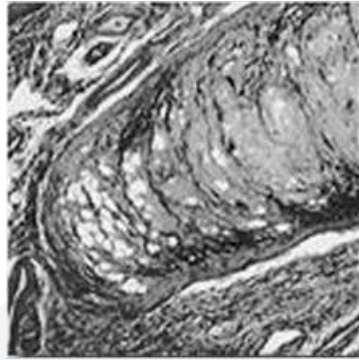
الصورة التي تظهر على أجهزة العرض عند  
 $\gamma = 2.5$



الصورة الناتجة عن تطبيق تابع القوة عند  
 $\gamma = 1/2.5$



الصورة الأصلية



الصورة الناتجة عن تصحيح جاما

## Matlab code

```
a=imread('elastic.jpg');
```

```
b=imadjust(a,[],[],2.5);
```

```
c=imadjust(a,[],[],1/2.5);
```

```
gamma=imadjust(b,[],[],1/2.5);
```

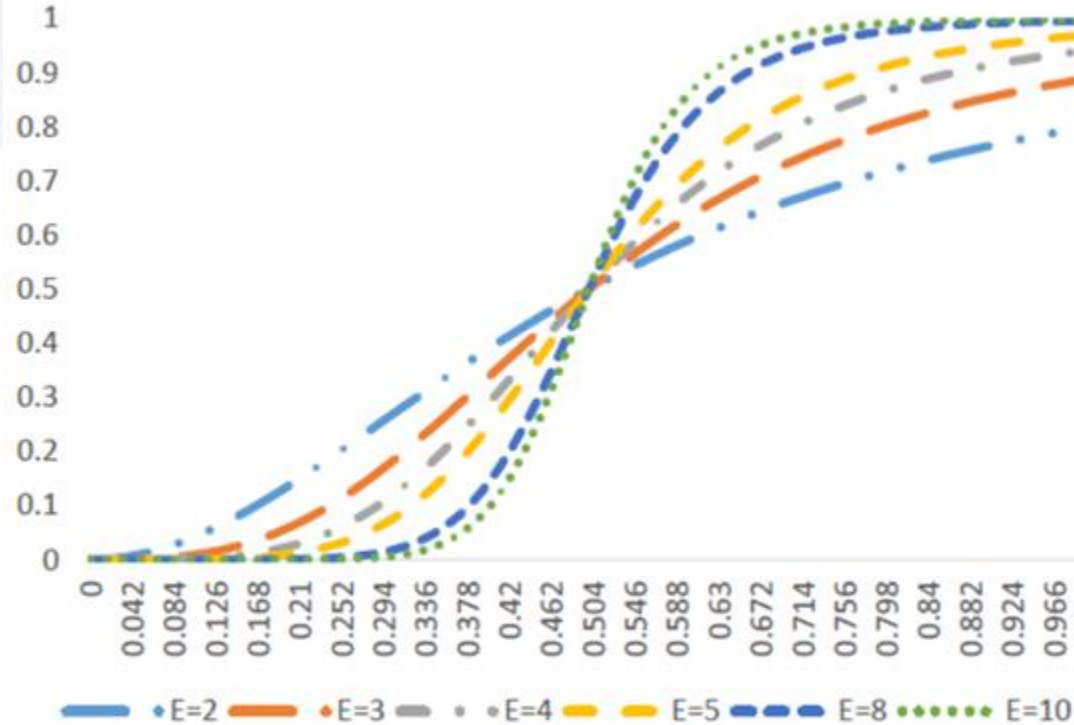
```
J = imadjust(I,[low_in high_in],[low_out high_out],gamma)
```



# تعديل التباين وتابع سيغمويد sigmoid

- يعد أكثر تطبيقات تحويل النقطية شيوعاً
- يوسع السويات الرمادية ويعدل التباين
- يسمى هذا التابع بتابع سيغمويد

$$B = \frac{1}{1 + \frac{m}{A^E}}$$



تأثير تغيير قيمة E في ميل تابع سيغمويد.

تعتبر  $m$  عن القيمة المتوسطة للتابع. تكون الصورة الناتجة أكثر إشراقاً كلما كانت قيمة  $m$  أكبر والعكس صحيح.  
تحدد  $E$  مقدار ميل منحنى التابع وتعد الميزة الأساس والأكثر فائدة في توسعة التباين لكن زيادة قيمة  $E$  بشكل كبير يحول تابع توسعة التباين إلى تعتيب.

## Matlab code

```
I=imread('Nebula.gif');
a=im2double(I);
m=mean2(a);
contrast1=1./(1+(m./(a
+eps)).^2);
contrast2=1./(1+(m./(a
+eps)).^5);
contrast3=1./(1+(m./(a
+eps)).^10);
```



E=2



E=10



الصورة الأصلية



E=5

# نهاية المحاضرة