مقدمه (*Image Histogram*)

هیستوگرام تصویر

- تعداد نقاطی از تصویر که دارای سطح روشنایی یکسان است را نشان میدهد که به صورت زیر تعریف می شود.

$$h(r) = K$$
$$0 \le r \le L - 1$$

- K تعداد پیکسلهای تصویر برای سطح روشنایی r است.
- اگر Ki مقادیر سطح روشنایی پیکسل ها باشد، در صورت تقسیم مقادیر بر اندازه تصویر، تابع توزیع احتمال یک متغیر تصادفی نتیجه می شود.

Image Histogram

- بهترین رویت تصویر زمانی است که هیستوگرام تصویر به سمت توزیع یکنواخت میل کند.

- مقدار پیش فرض b=256
- اگر تصویر در کلاس unit8 باشد، مقدار b میان 0-255 تقسیم می شود.

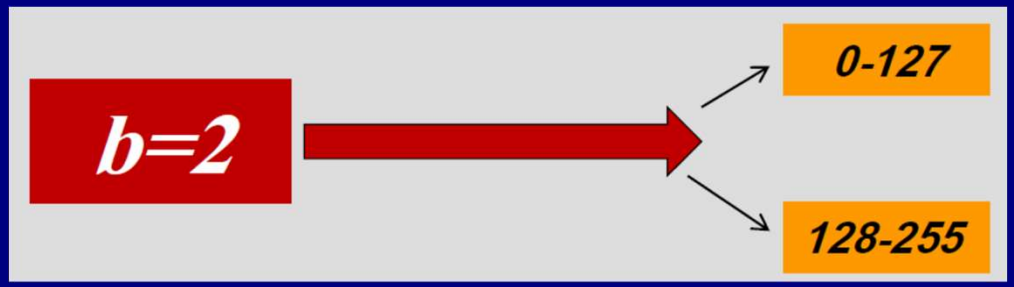


Image Histogram

```
I = imread('airplane.tif');
h=imhist(I);
bar(h);
title('Histogram Bar');
```

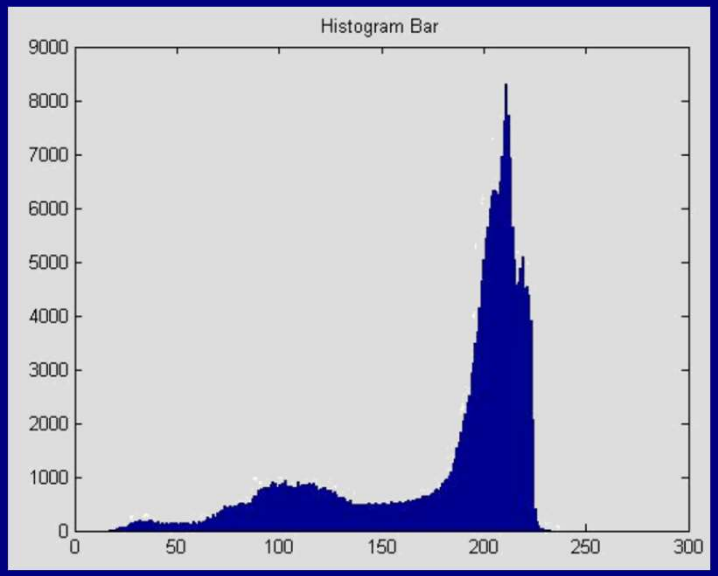


Image Histogram

```
I = imread('airplane.tif');
h=imhist(I);
h1=h(1:10:256);
horz=1:10:256;
bar(horz,h1);
title('Histogram Bar');
```

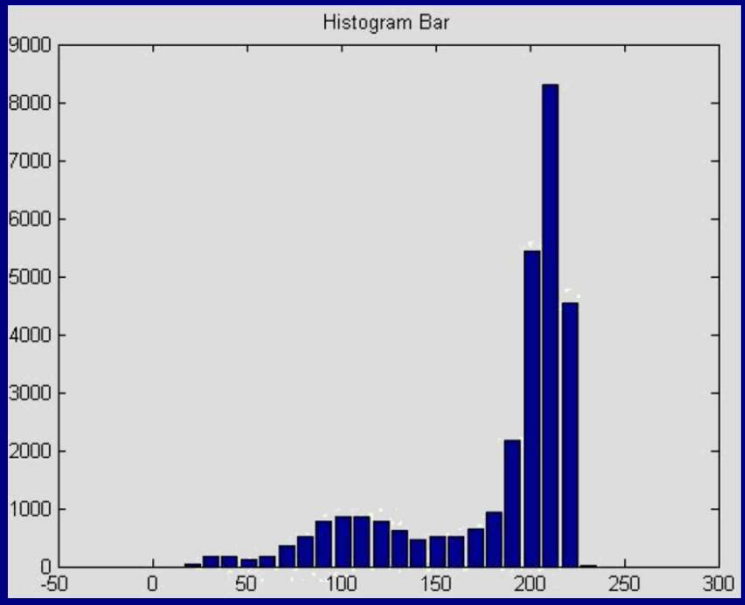


Image Histogram

```
I = imread('airplane.tif');
h=imhist(I);
h1=h(1:10:256);
horz=1:10:256;
stem(horz,h1,'fill');
title('Histogram Stem');
```

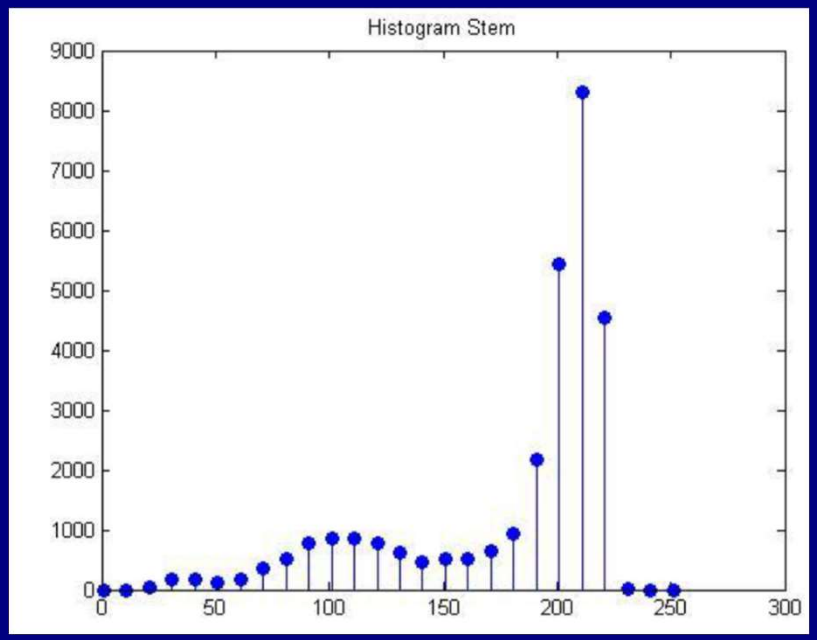


Image Histogram

```
I = imread('airplane.tif');
plot(h);
title('Histogram Plot');
```

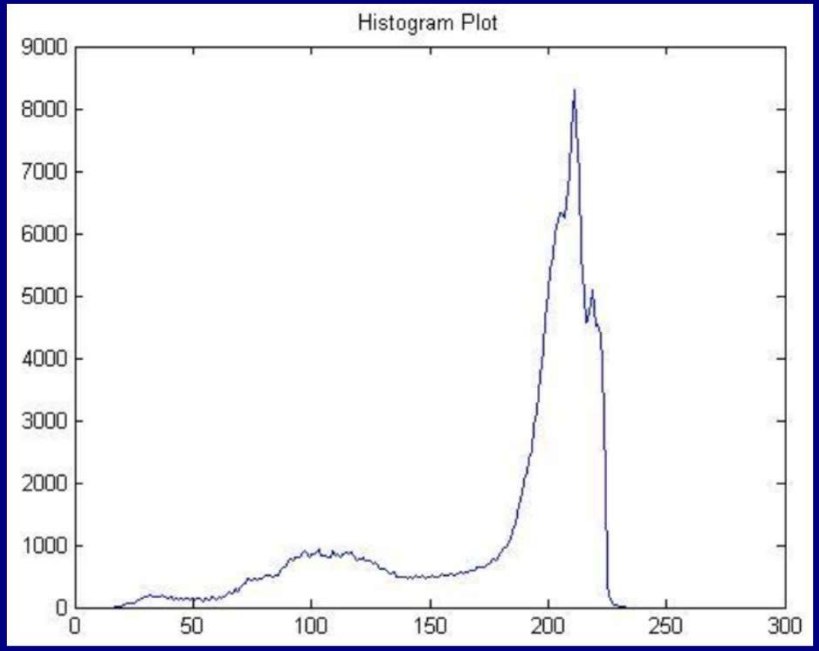
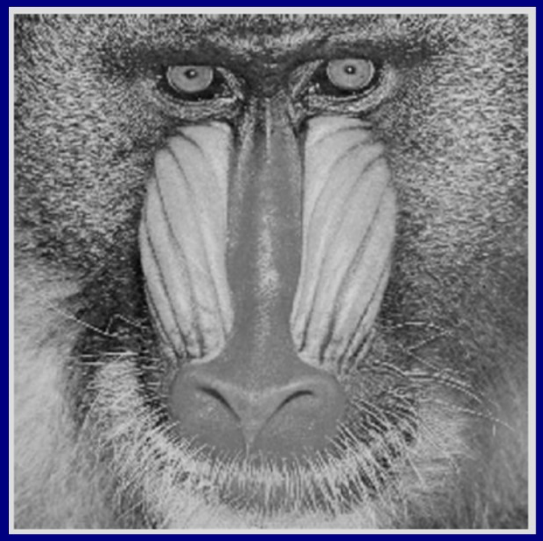
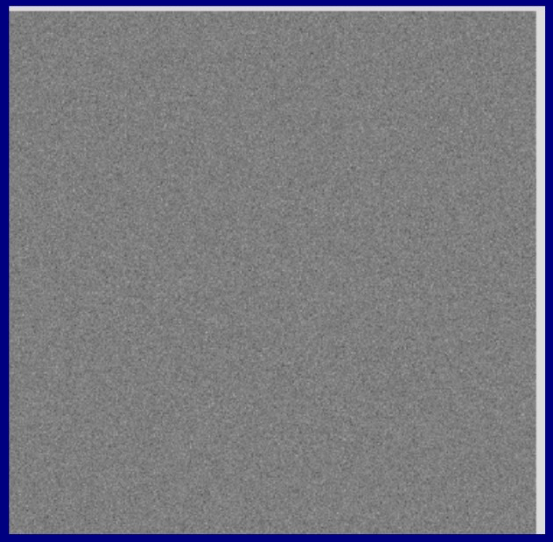
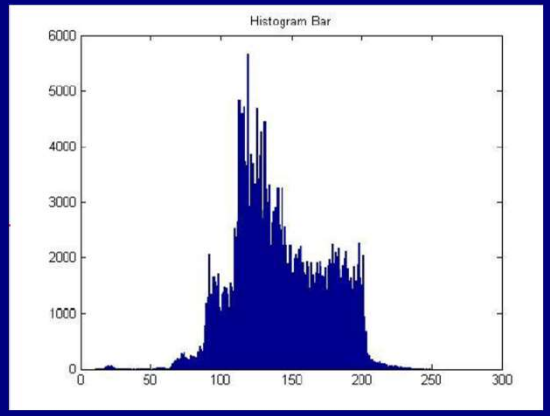
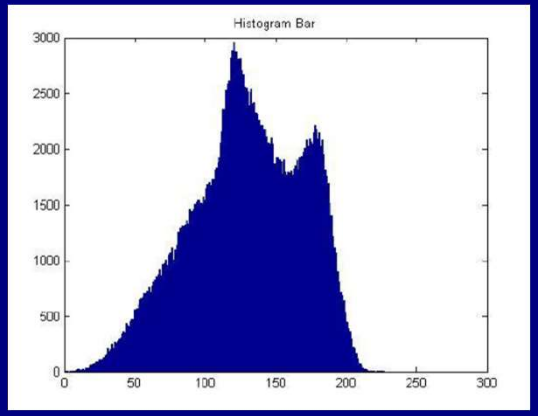


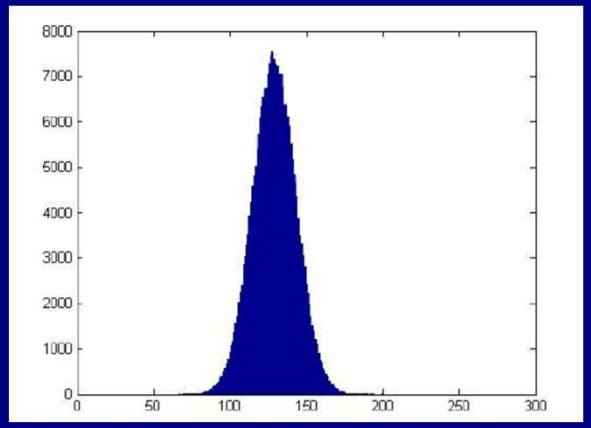
Image Histogram





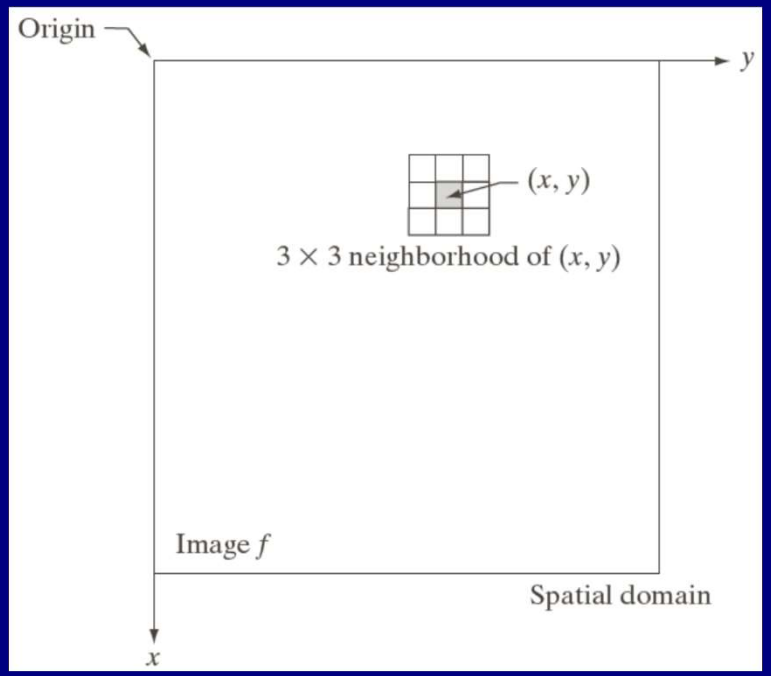






تبدیلات شدت روشنایی و فیلتر گذاری مکانی

- حوزه مکان عبارت است از صفحه در برگیرنده پیکسلهای یک تصویر
- روش های فیلتر گذاری مکانی مستقیما بر روی پیکسل های تصویر اعمال میشوند اما مثلا در حوزه فرکانس، عملیات بر روی تبدیل فوریه یک تصویر اعمال میشود.
- پیاده سازی برخی الگوریتم های مربوط به پردازش تصویر، در حوزه مکان ساده تر و با معنی تر است.
- بطور کلی فرایند های حوزه مکان با عبارت $g(x,y) = T\,[f(x,y)\,]$ قابل بیان است که در آن، $f(x,y)$ تصویر ورودی، $g(x,y)$ تصویر خروجی و T عملگری بر روی f است.



- یک منطقه همسایگی ۳×۳ حول نقطه (x,y) در یک تصویر در حوزه مکان
- منطقه همسایگی، پیکسل به پیکسل در تصویر حرکت می کند تا با اعمال یک الگوریتم مشخص، یک تصویر خروجی را تولید کند.

ارتقاء کیفیت تصویر برای استفاده انسان و یا ماشین
(Image enhancement)

ارتقاء تصویر می تواند از جهات مختلفی مورد بررسی قرار گیرد :

الف) ارتقاء تصویر در حوزه مکان (Spatial Domain Processing)

- ارتقاء تصویر بر مبنای point operation : مقادیر روشنایی هر نقطه از تصویر نتیجه، تنها به روشنایی تصویر مبدا در آن نقطه وابسته است.
- ارتقاء تصویر بر مبنای local operation (با استفاده از پنجره): مقادیر روشنایی هر نقطه از تصویر نتیجه، به روشنایی تصویر مبدا در آن نقطه و پیکسل هایی مجاور وابسته است.
- ارتقاء تصویر بر مبنای Global operation

ب) ارتقاء تصویر در حوزه تبدیل (Frequency Domain)

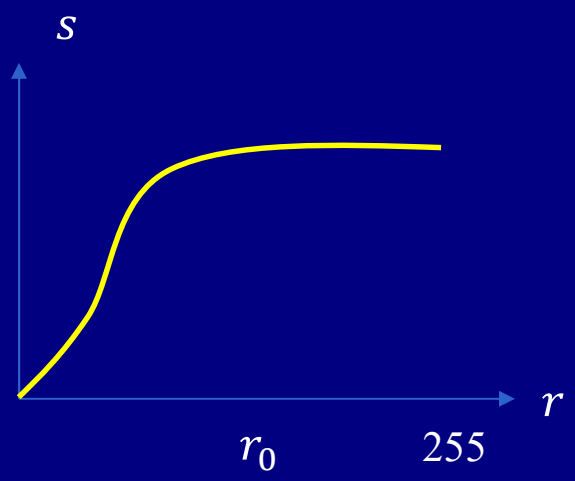
- در این حالت پردازش در حوزه تبدیل صورت می گیرد و سپس با اعمال تبدیل معکوس تصویر نتیجه شده قابل رویت است. فضاهای تبدیل عبارتند از :

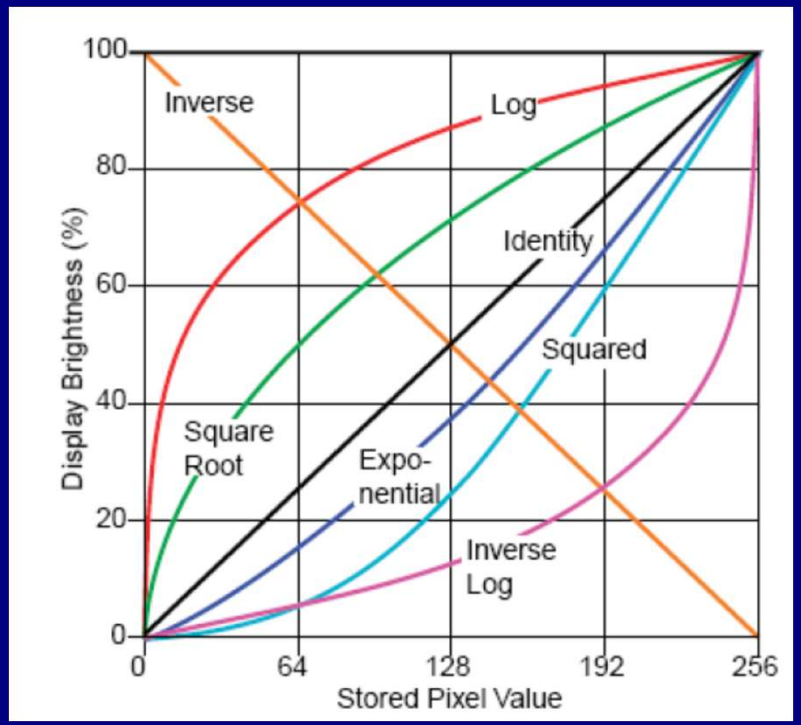
1) DCT
2) DFT
3) Wavelet transform

ارتقاء تصویر در حوزه مکان یا spatial

۱) point operation ، یعنی $s = T(r)$ یا $g(x,y) = T\big(f(x,y)\big)$ که T یک تبدیل در حوزه مکان است.

- تبدیلات شدت روشنایی از جمله ساده ترین روشهای پردازش تصویر هستند.
- مقادیر پیکسلها قبل و بعد از پردازش با r و s نشان داده میشود.





چند تابع تبدیل شدت روشنایی ساده (توابع لگاریتم، ریشه n ام، همانی، توان n ام و لگاریتم معکوس)

تبدیلات لگاریتمی

با این تبدیل، محدوده باریکی از مقادیر با شدت روشنایی کم در ورودی، به محدوده ای گسترده نگاشت می شود.
از تبدیلی به این شکل، جهت گسترش مقادیر پیکسل های تاریک یک تصویر و به طور همزمان فشرده سازی مقادیر بالاتر استفاده می کنیم.
در مورد تبدیل لگاریتمی معکوس، عکس این مطلب صادق است.

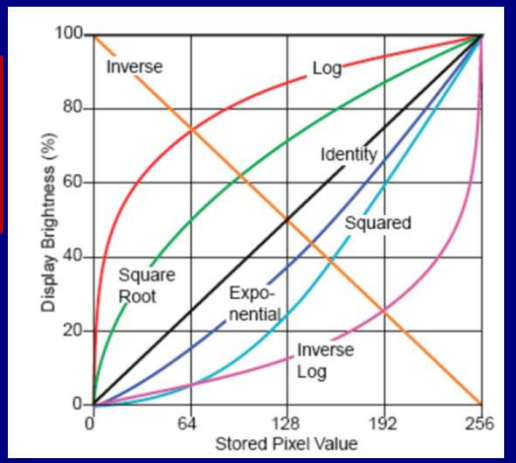
$$S = T(r) = C.\log_{10}^{(r+1)}$$

$$C = \frac{L-1}{\log_{10}^{(1+\max(r))}}$$

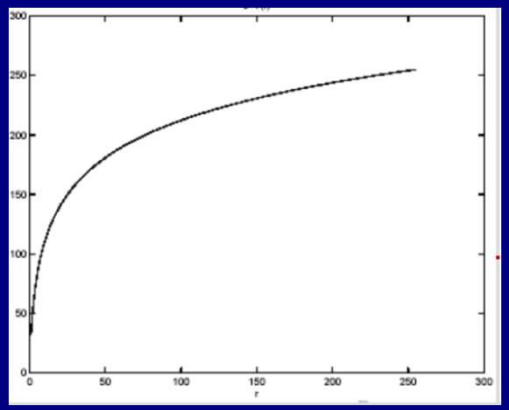
$$0 \le r \le L\text{-}1$$

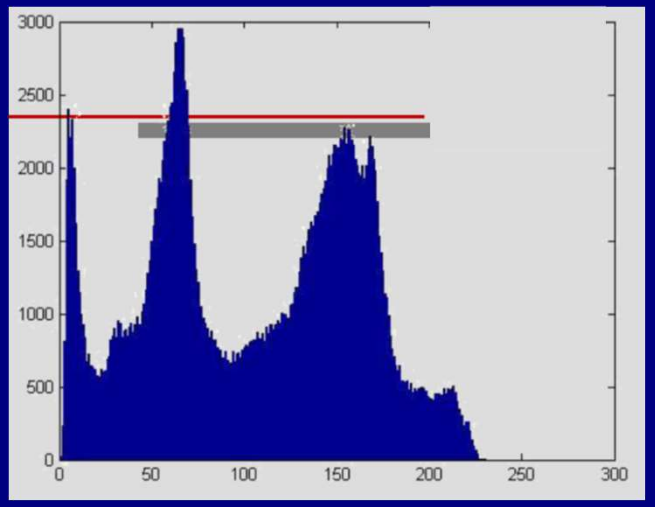
```
g=c*log(1+double(I));
gs=im2uint8(mat2gray(g));
```

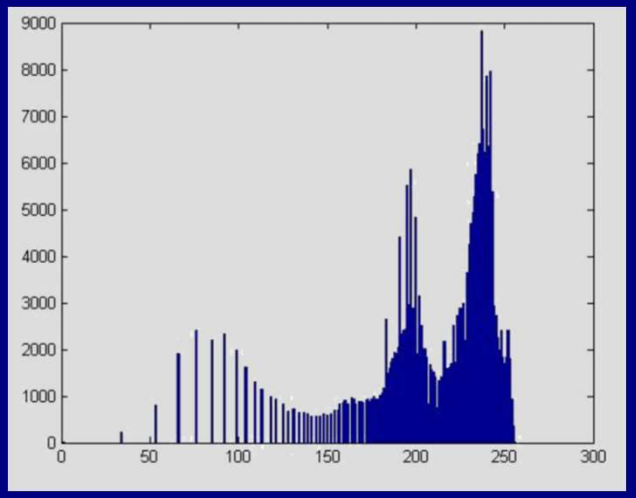
mat2gray: Convert matrix to intensity image



peppers
peppers


0
50
100
150
200
250
300


0
500
1000
1500
2000
2500
3000
0
50
100
150
200
250
300

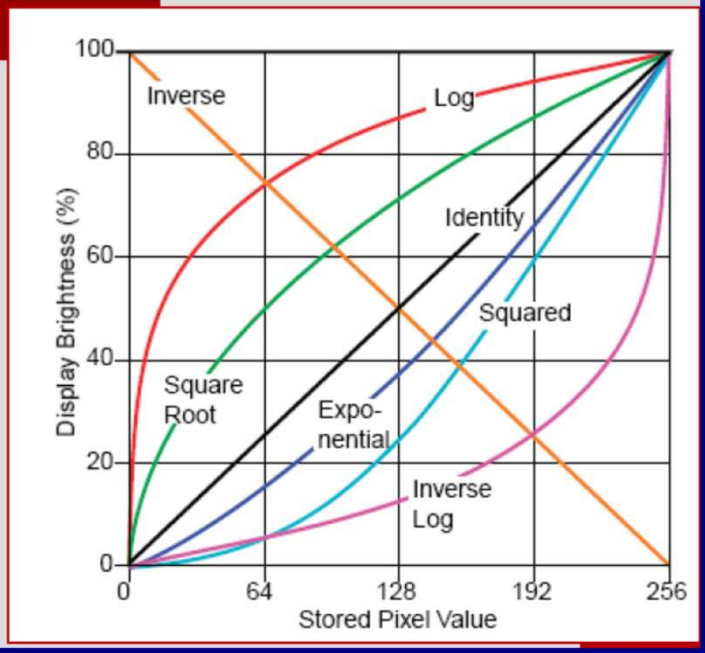

0
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
9000
0
50
100
150
200
250
300

تبدیل عکس لگاریتم

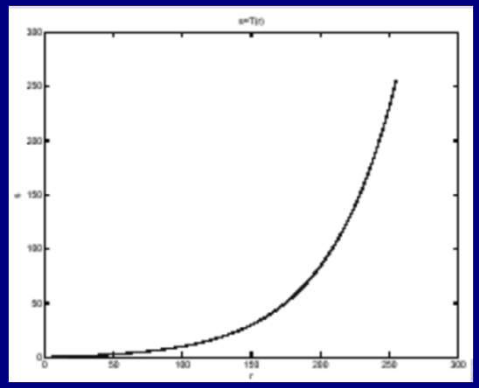
با این تبدیل، مقادیر روشن به سمت سطوح تاریک تر پیش می رود.

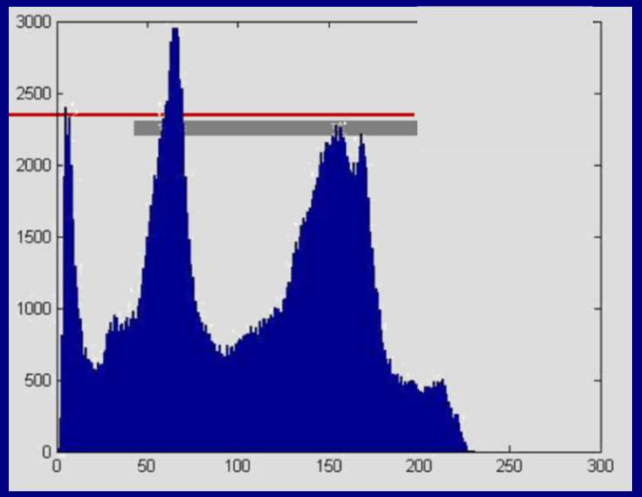
$$S = T(r) = \gamma.(\beta^{r} - 1) \qquad 0 \le r \le L\text{-}1$$

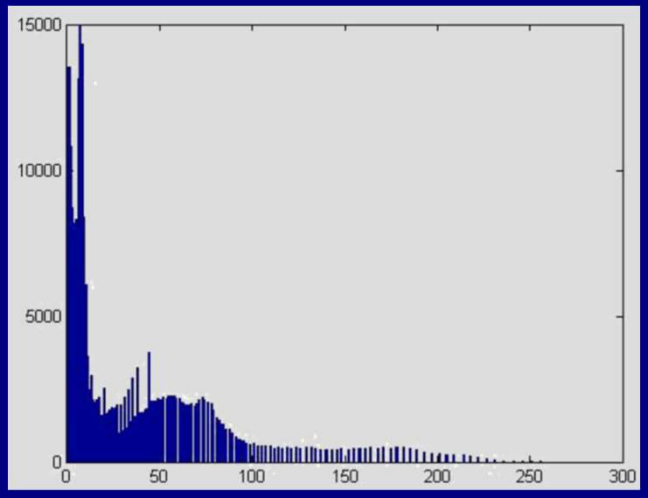
$$\gamma = \frac{L-1}{\beta^{\max(r)} - 1}$$



peppers
peppers



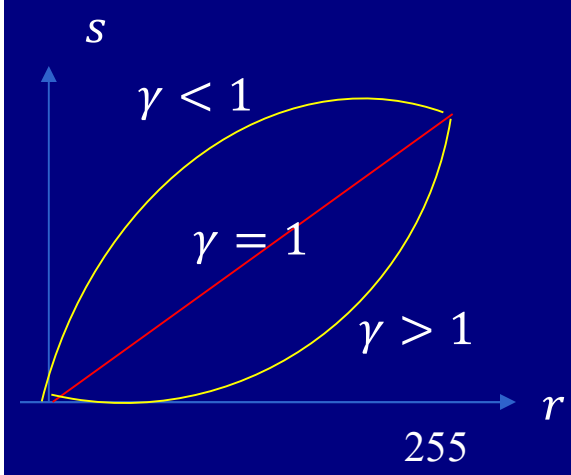

3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
50
100
150
200
250
300


15000
10000
5000
0
0
50
100
150
200
250
300

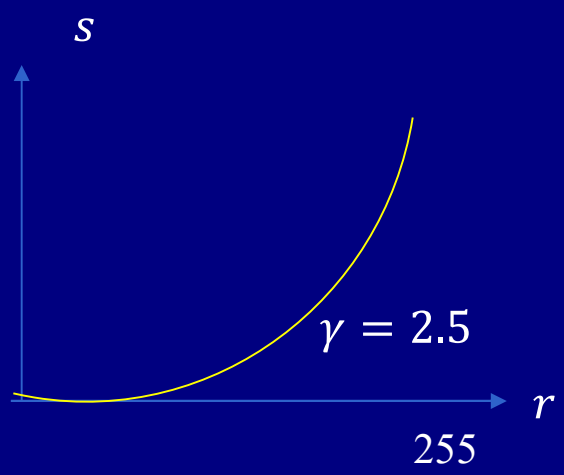
تبدیلات قانون توان ($\gamma - correction$)

$s = k(r)^{\gamma}$

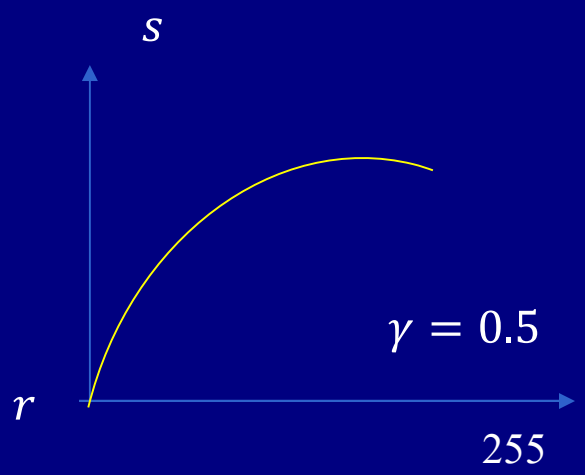
$255 = \mathrm{k}(255)^{\gamma} \rightarrow k = (255)^{1-\gamma} \rightarrow \quad s = (255)^{1-\gamma}.r^{\gamma}$:K برای محاسبه مقدار ثابت



سطوح تاریک از ورودی را
در خروجی روشن تر کن

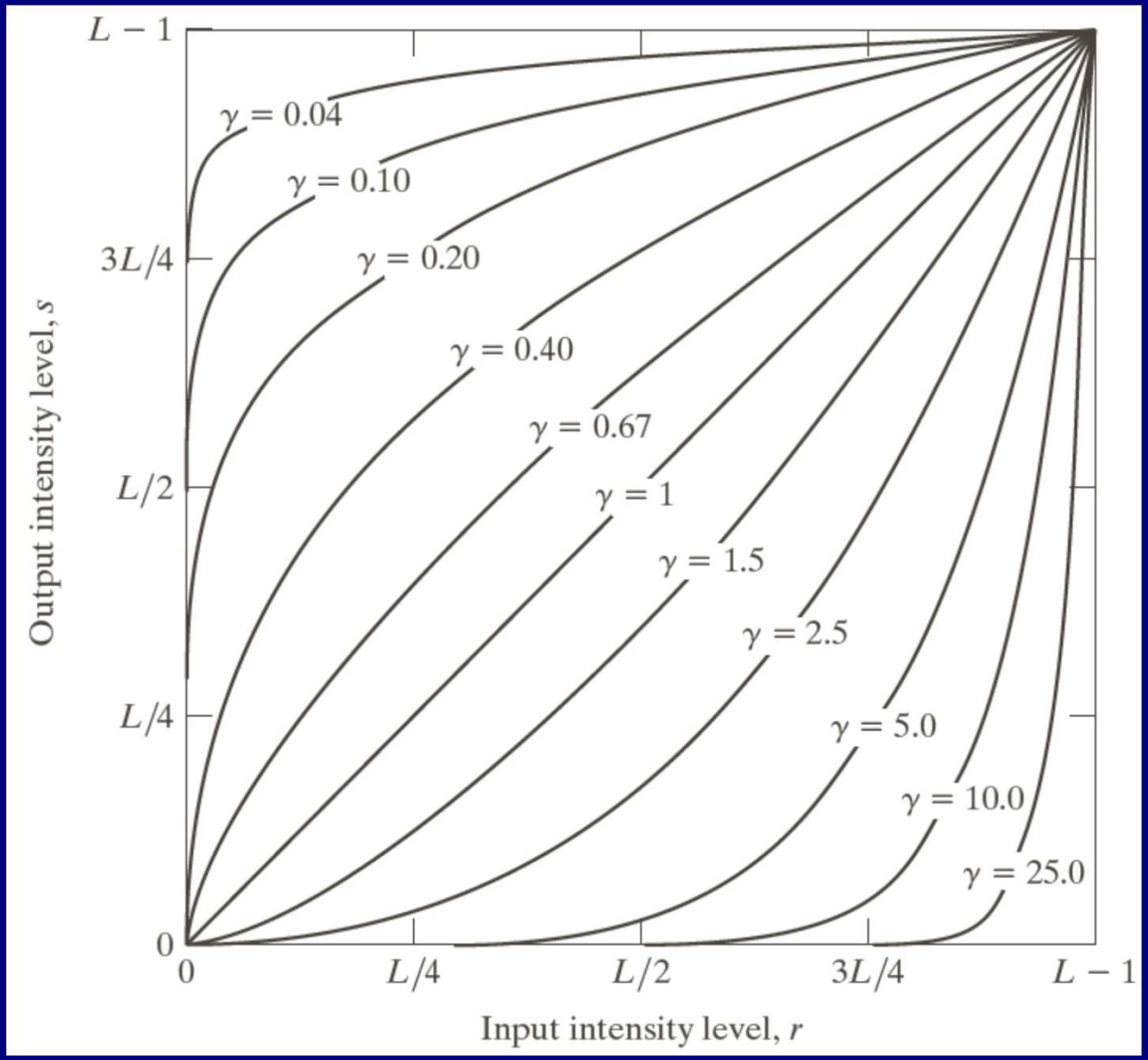


سطوح تاریک تصویر ورودی را
در خروجی تاریک تر کن



$gama = 0.5$
$g = (255) \wedge (1 - gama) * f \wedge gama$
$imshow(g, [\,])$

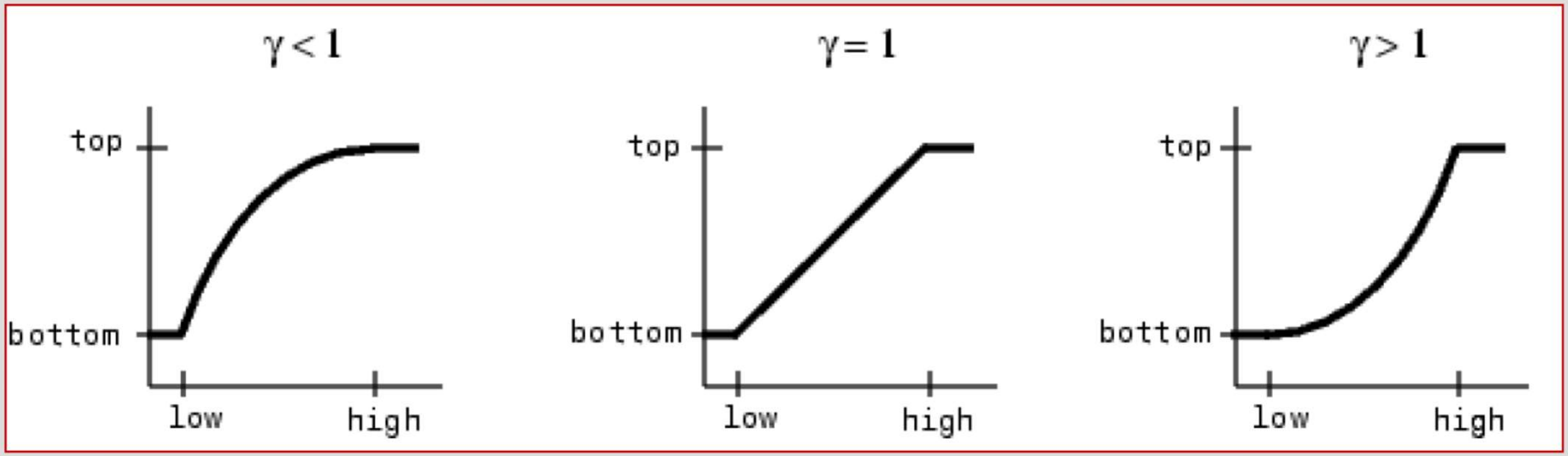
gama correction



Plots of the equation $s = cr^{\gamma}$ for various values of γ ($c = 1$ in all cases). All curves were scaled to fit in the range shown.

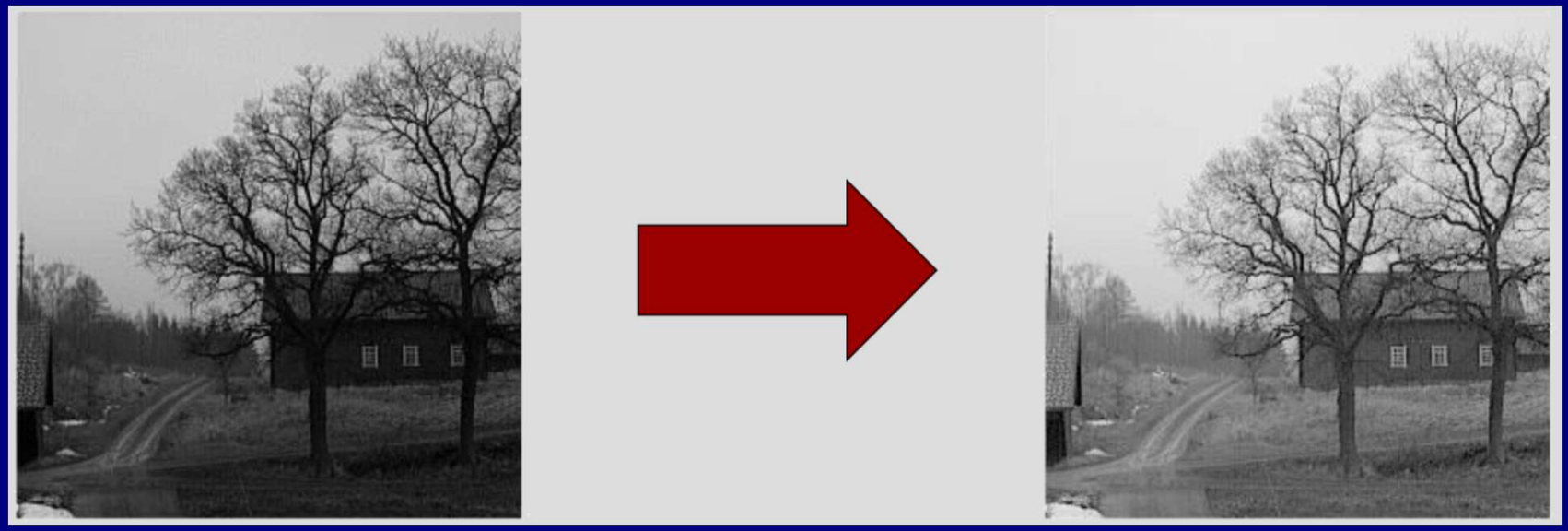
MATLAB Code: imadjust

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



gama correction

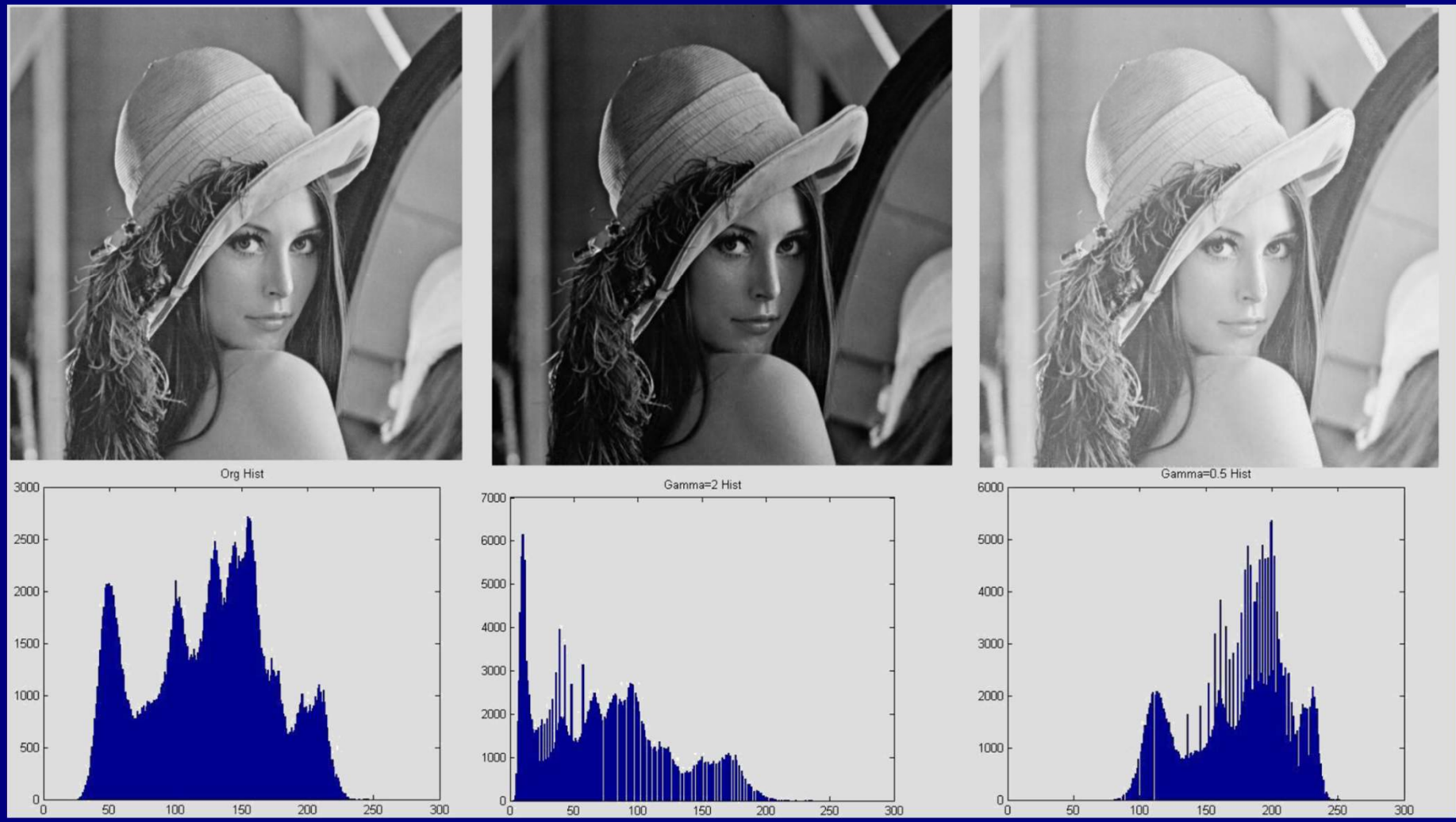
```
I = imread('barng.gif');
J = imadjust(I,[ ],[ ],0.5);
imshow(I)
figure, imshow(J)
```



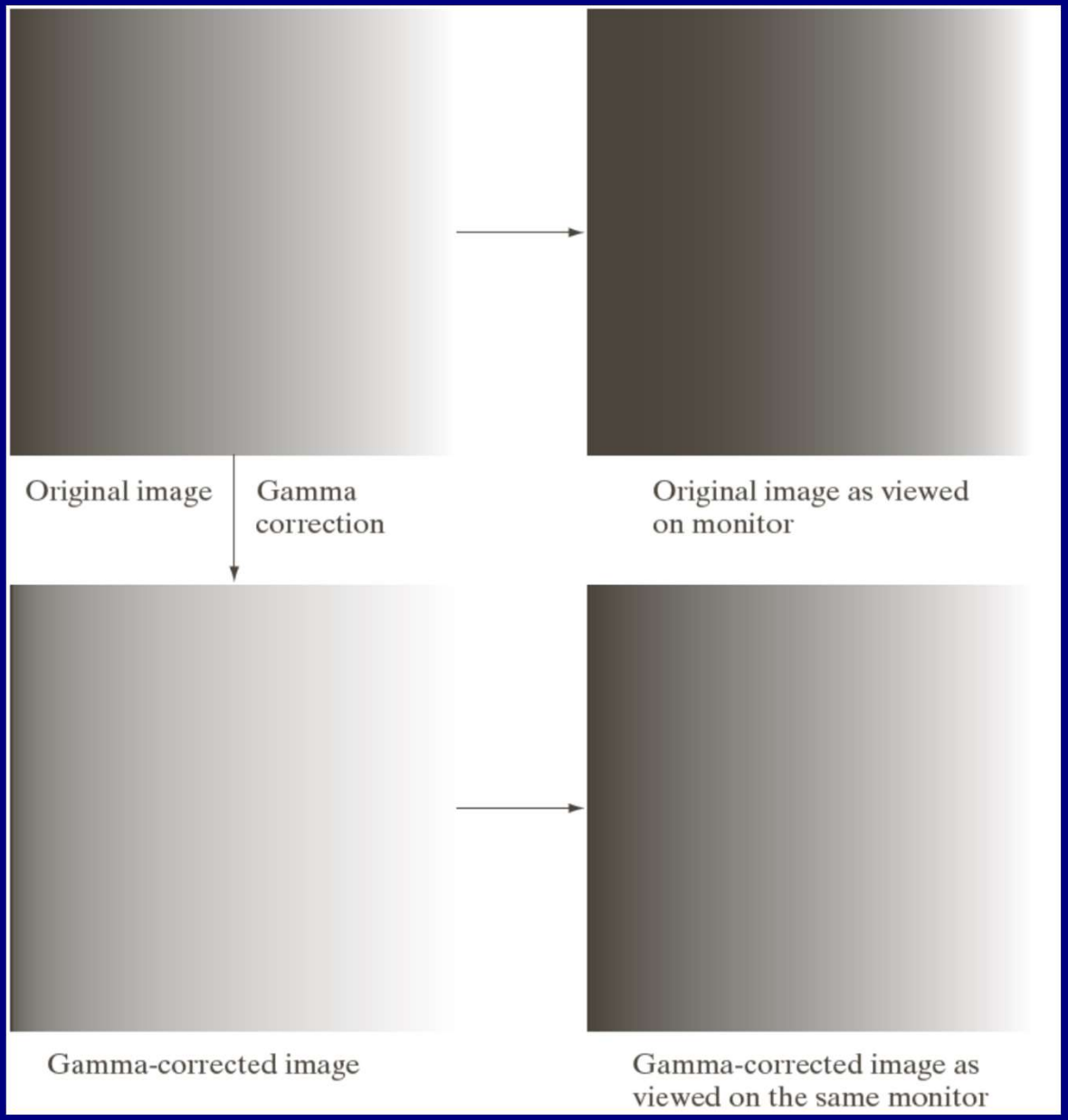
gama correction

```
I = imread('lana.gif');
J = imadjust(I,[ ],[ ],2);
imshow(I)
figure, imshow(J)
```

gama correction



استفاده از gama correction جهت اصلاح اثر مانیتور



a b
c d

(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).

Gamma Correction Example

Tom Ridge left the Pennsylvania governorship last October, when U.S. President George W. Bush appointed him to head the newly created Office of Homeland Security.

$\Gamma = 1.0$; $f(v) = v$

Tom Ridge left the Pennsylvania governorship last October, when U.S. President George W. Bush appointed him to head the newly created Office of Homeland Security.

$\Gamma = 0.5$; $f(v) = v^{1/0.5} = v^2$

Tom Ridge left the Pennsylvania governorship last October, when U.S. President George W. Bush appointed him to head the newly created Office of Homeland Security.

$\Gamma = 2.5$; $f(v) = v^{1/2.5} = v^{0.4}$

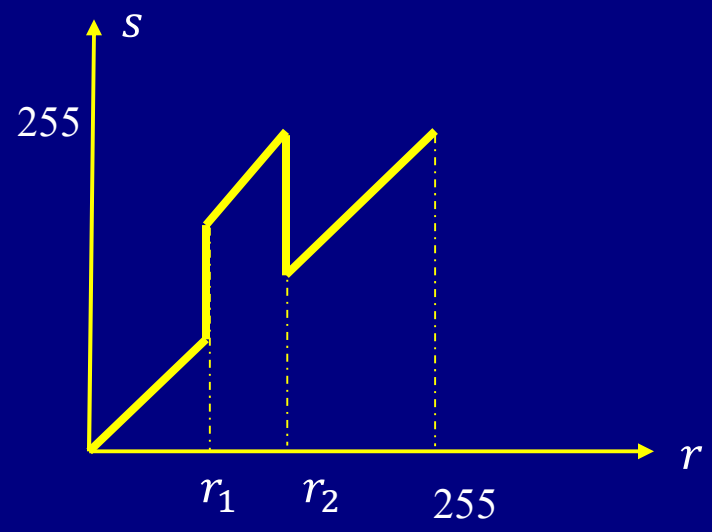
Aerial image, Applying gama correction Gama=3,4,5

برش بندی سطح شدت روشنایی(Slicing Transformation)

برجسته سازی یک محدوده مشخص شدت روشنایی در یک تصویر غالبا مورد علاقه است.
یک اپراتور غیر خطی و برگشت ناپذیر است، چون یک به یک نیست.
Gray slicing که در یک یا چند bit slice عملیات point operation انجام میدهد.

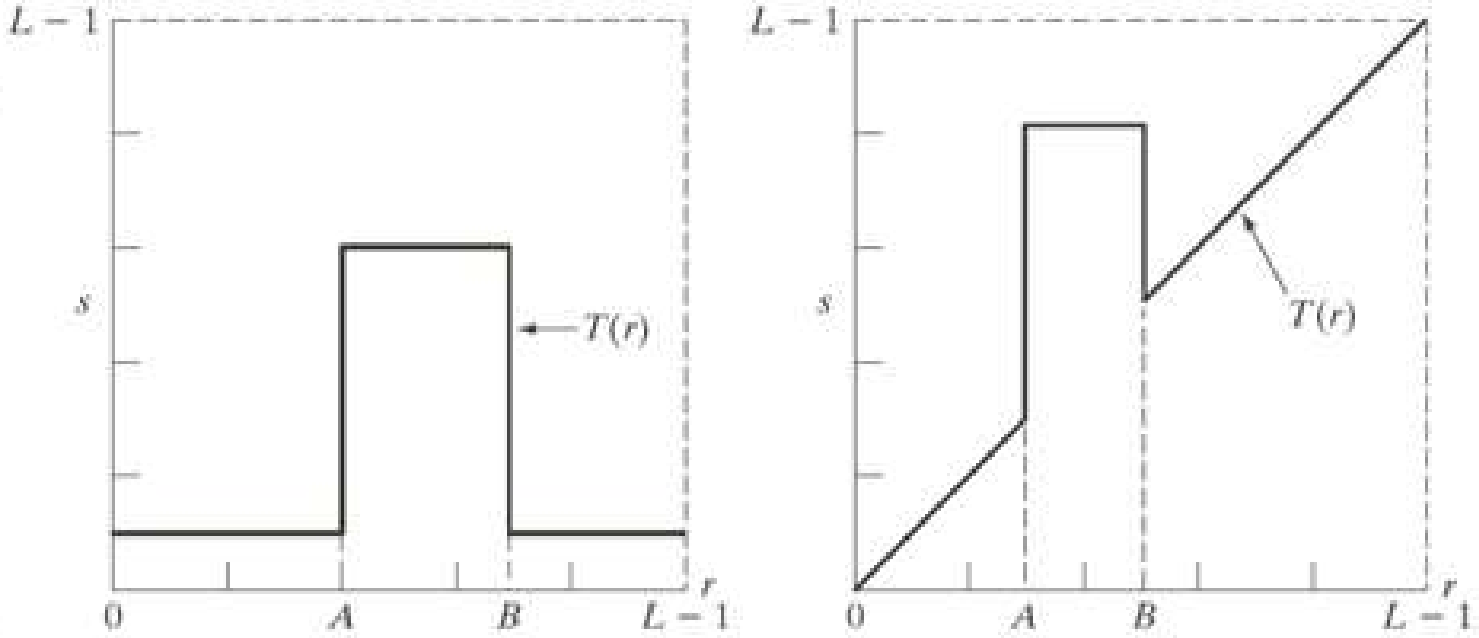
کاربردها:

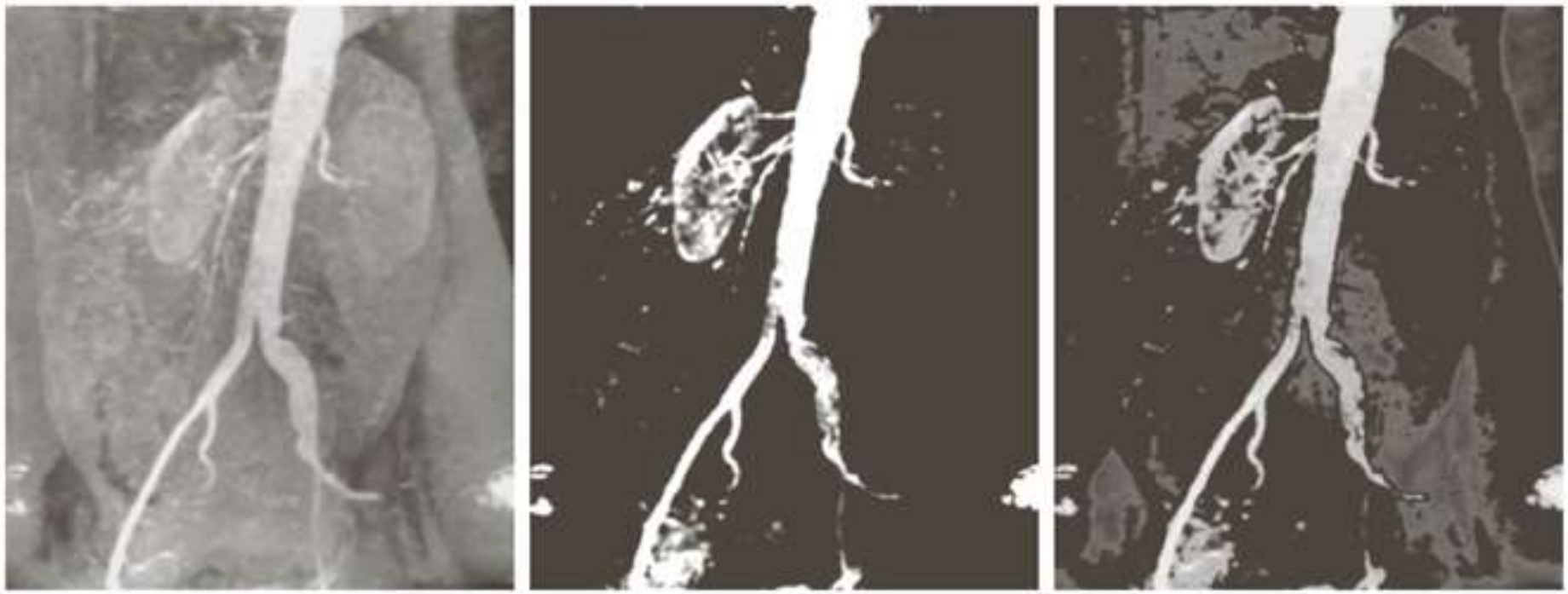
- بهبود دادن جزئیات مربوط به آبهای سطحی در تصاویر ماهواره ای
- بهبود قسمت هایی از تصاویر اشعه X



a b

(a) This transformation highlights intensity range $[A, B]$ and reduces all other intensities to a lower level. (b) This transformation highlights range $[A, B]$ and preserves all other intensity levels.

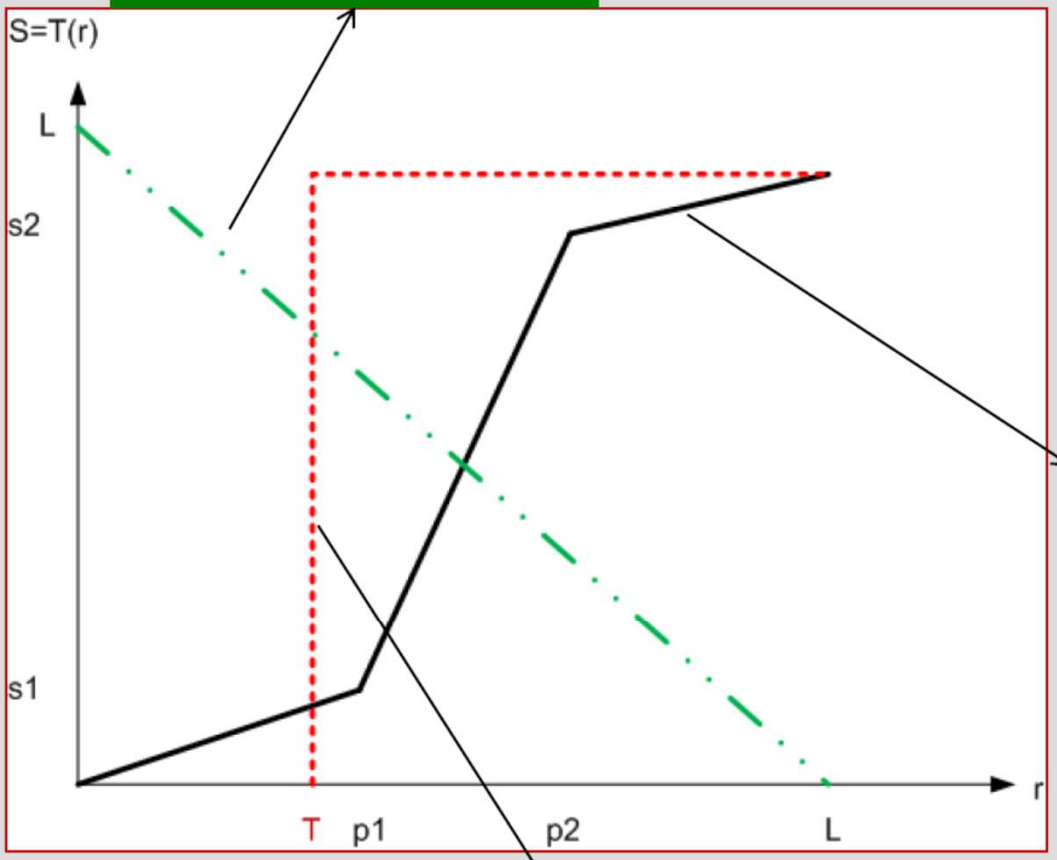




a b c

(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.)

معکوس تصویر



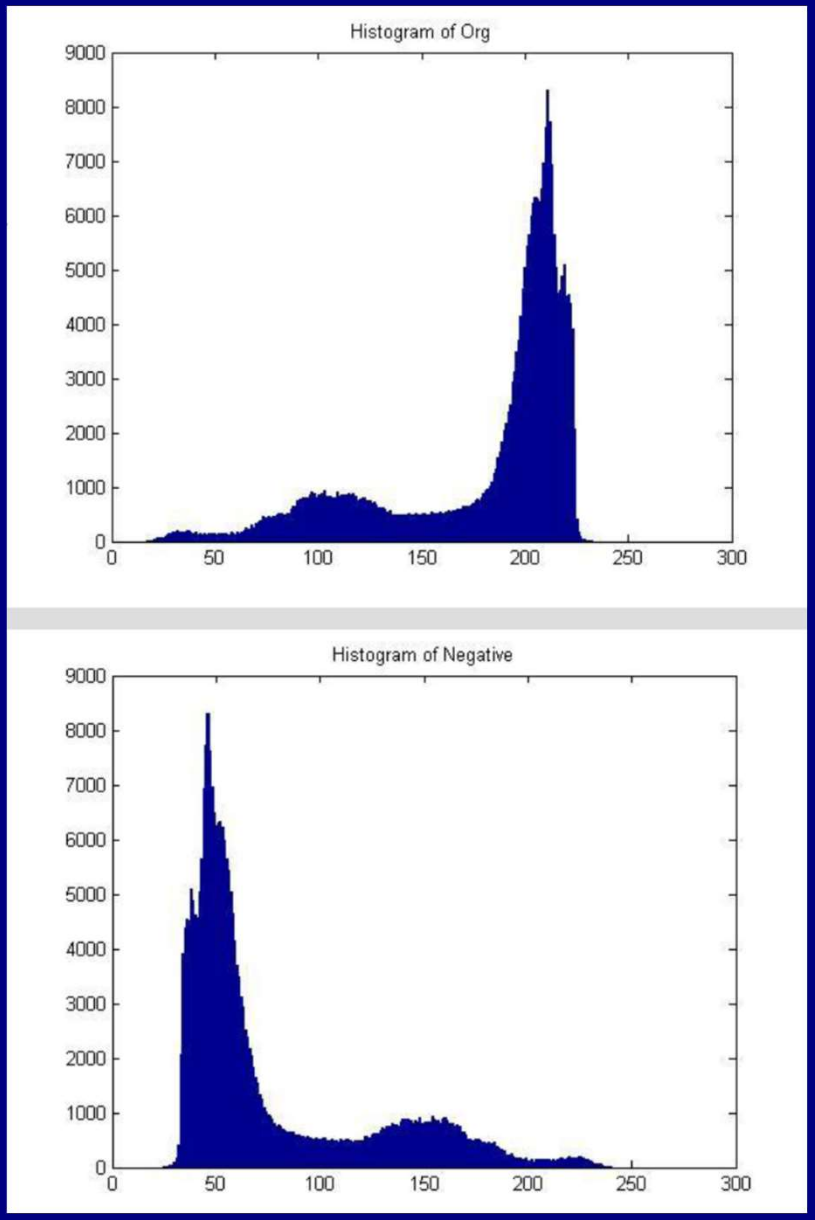
$$s = \begin{cases} \alpha r & \text{if} \quad 0 \le r \le p_1 \\ \beta(r - p_1) + s_1 & \text{if} \quad p_1 \le r \le p_2 \\ \gamma(r - p_2) + s_2 & \text{if} \quad p_2 \le r \le L \end{cases}$$

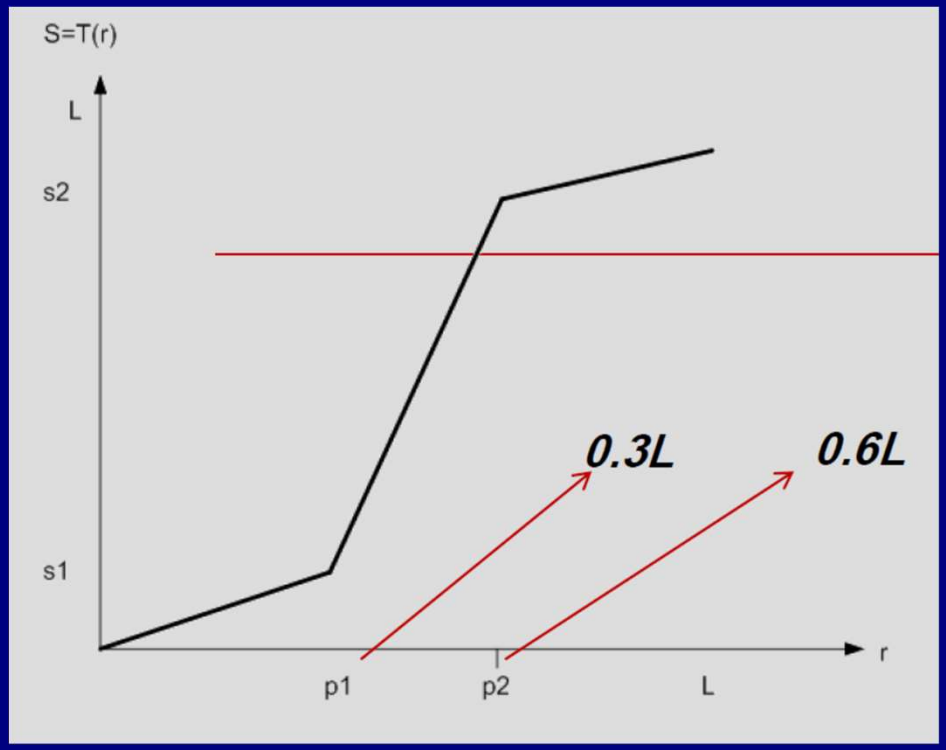
در نظر گرفتن دو سطح روشنایی

Ex. Im. complement

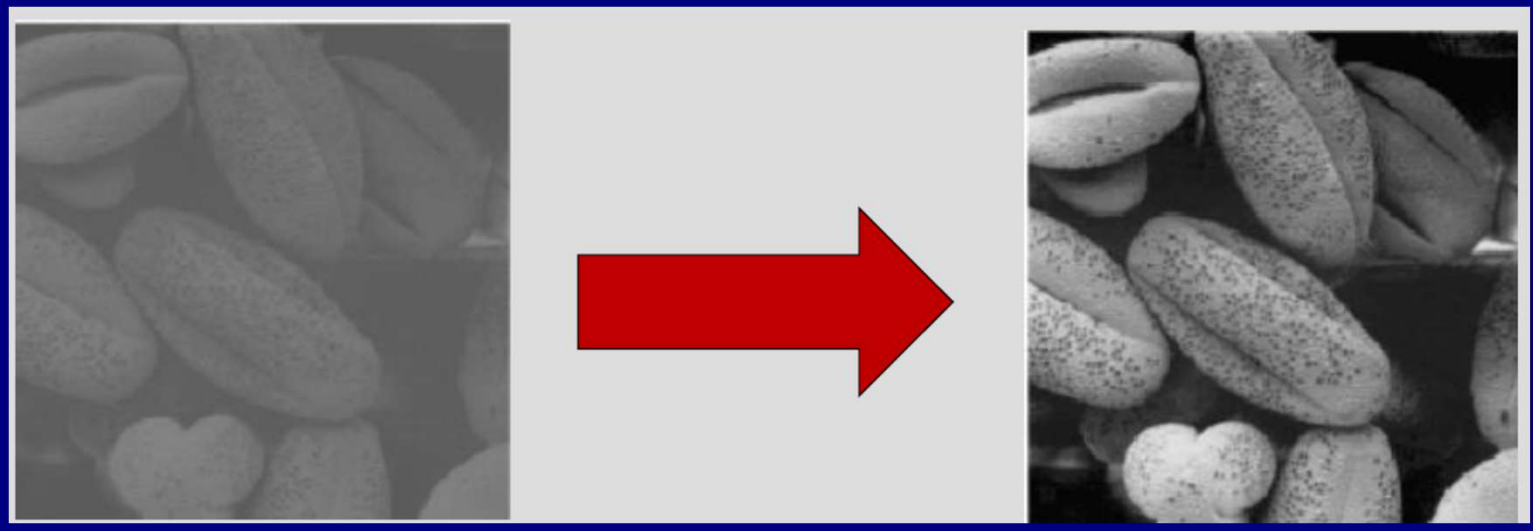
```
I = imread('airplane.tif');
imshow(I);
h=imhist(I);
figure;
bar(h);
title('Histogram of Org');
figure;
c=imcomplement(I);
imshow(c);
h2=imhist(c);
figure;
bar(h2);
title('Histogram of Negative');
```

Ex. Im. complement

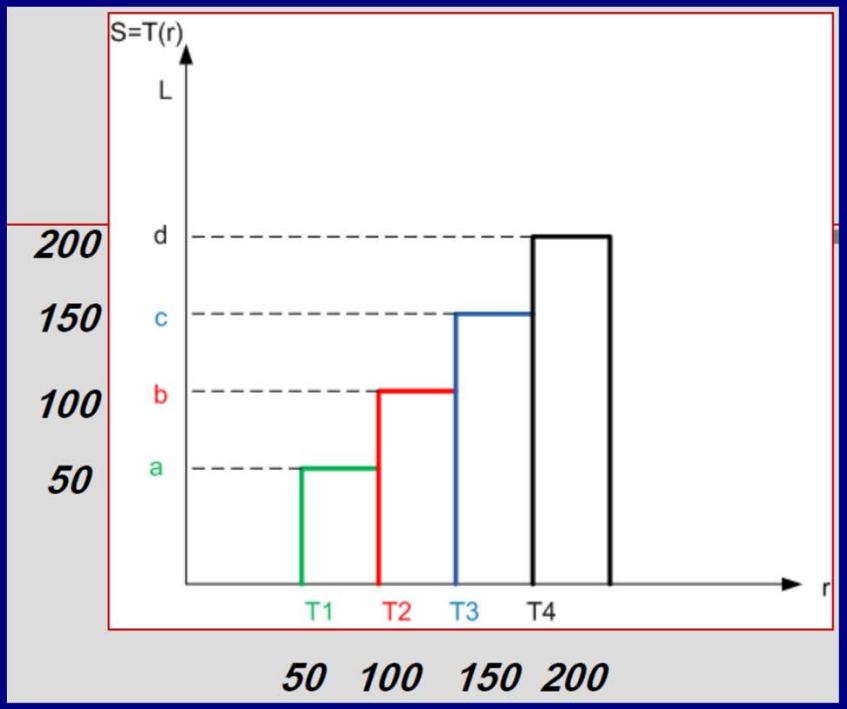


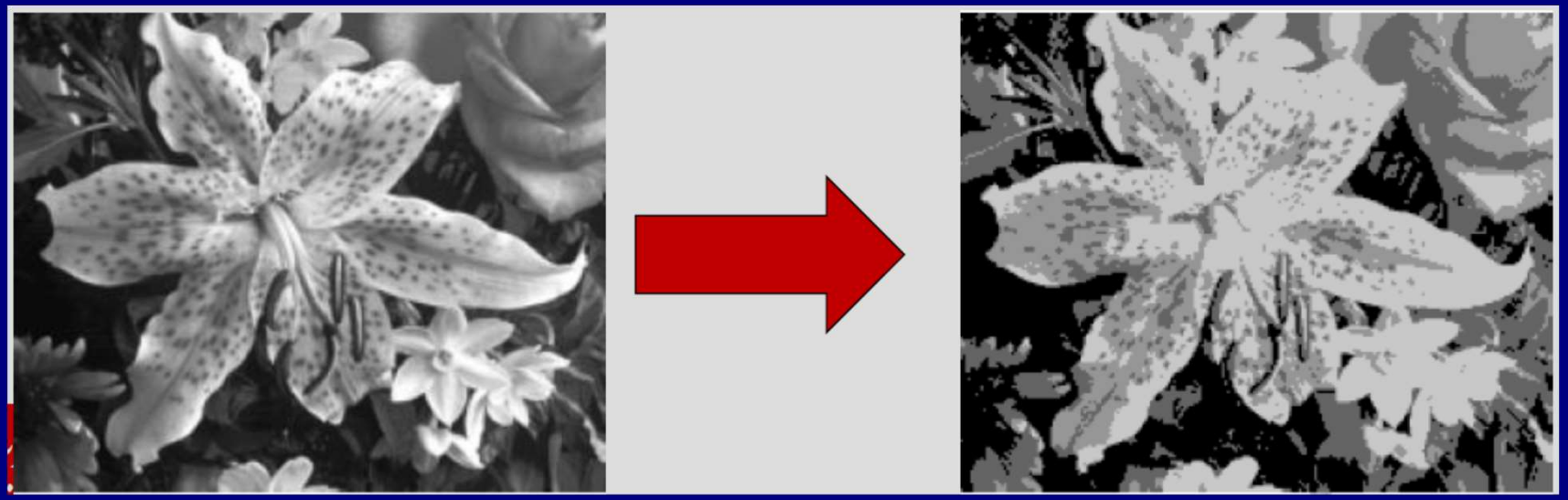


افزایش تباین

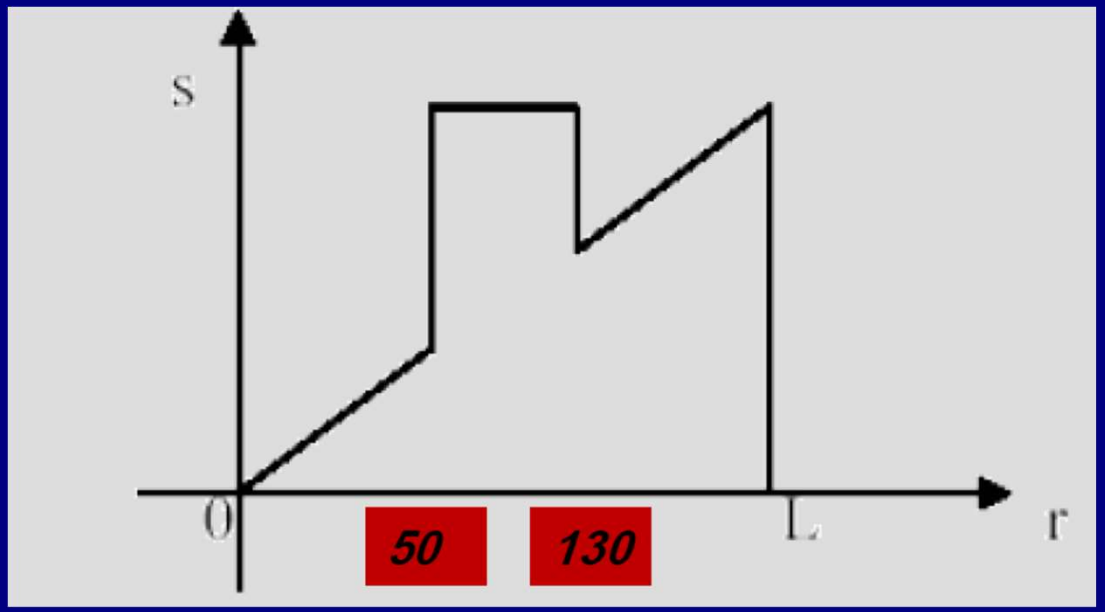


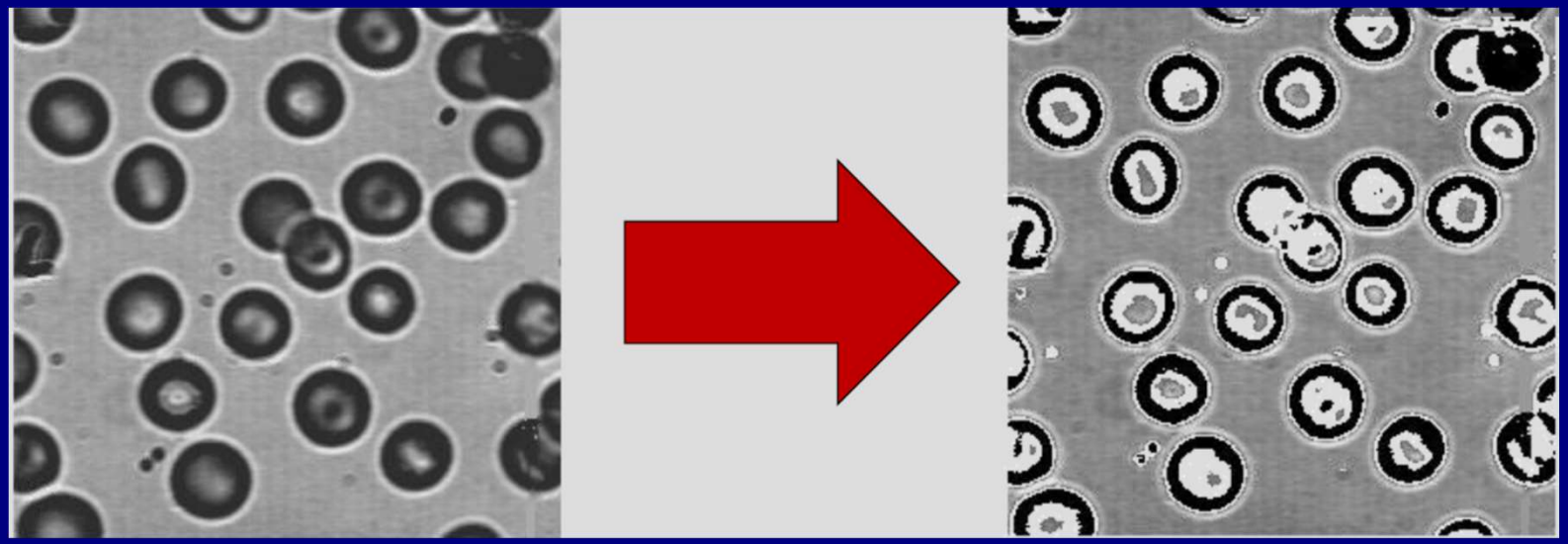
چند سطحی کردن یک تصویر خاکستری





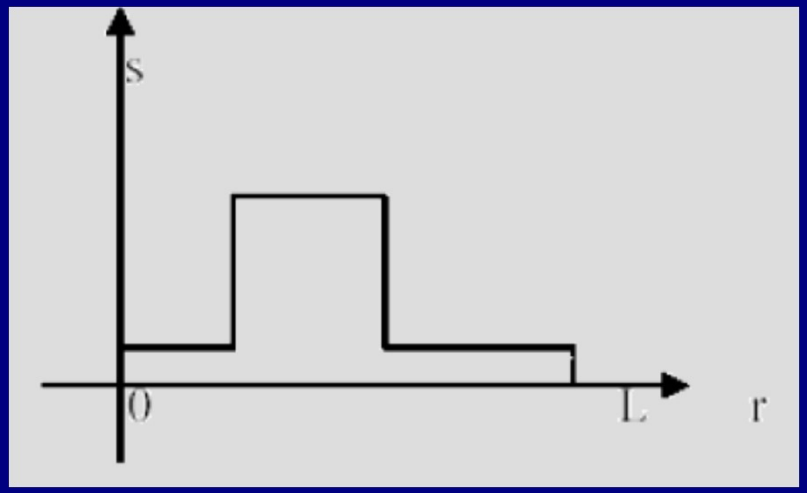
Slicing Transformation

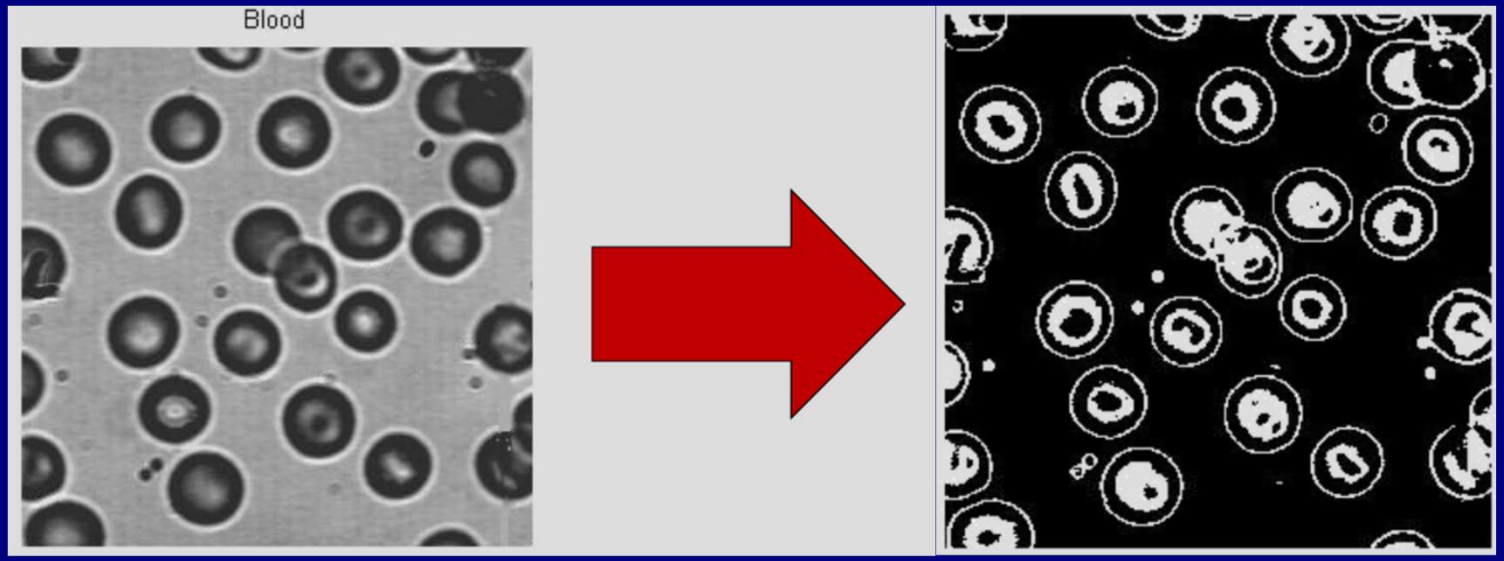




Blood

Slicing Transformation





نمایش بیتی (Bit Extraction)

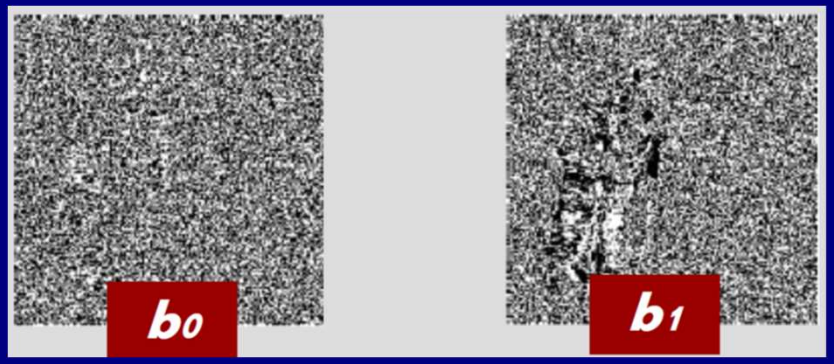
- پیکسل ها اعدادی دیجیتال هستند که از بیتها تشکیل شده اند.
- مثلا هر پیکسل در یک تصویر خاکستری ۲۵۶ سطحی از ۸ بیت تشکیل شده است.
- هدف مشخص کردن اثر بیتهای خاص بر ظاهر کلی تصویر است.

$$r = b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0 = \sum_{i=0}^{7} b_i \, 2^i$$

بیت پر ارزش

متناظر با هر بیت، یک تصویر ساخته میشود.

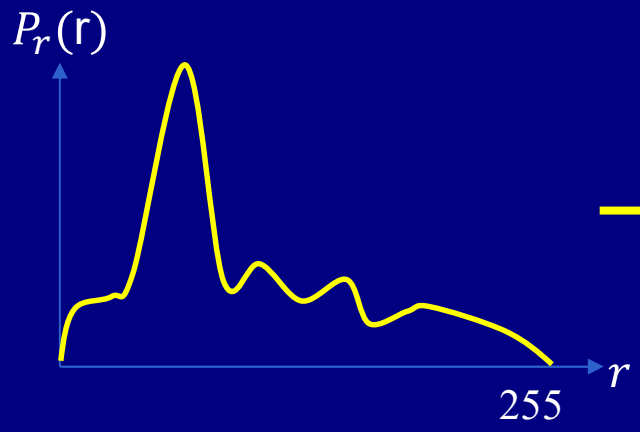
Bit Extraction



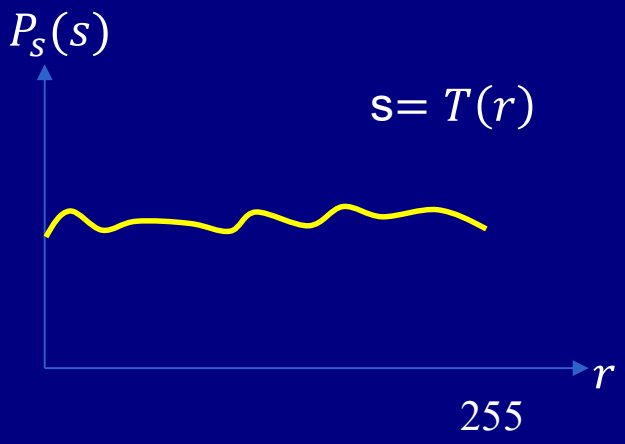
- چهار تصویر مرتبه بالاتر، بخش مهمی از اطلاعات تصویر را در بر می گیرد.
- بیتهای پایینتر مربوطه به جزئیات ظریفتر تصویر هستند.

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization)

برای دید انسان، یک حالت خوب این است که تابع هیستوگرام، یکنواخت باشد.



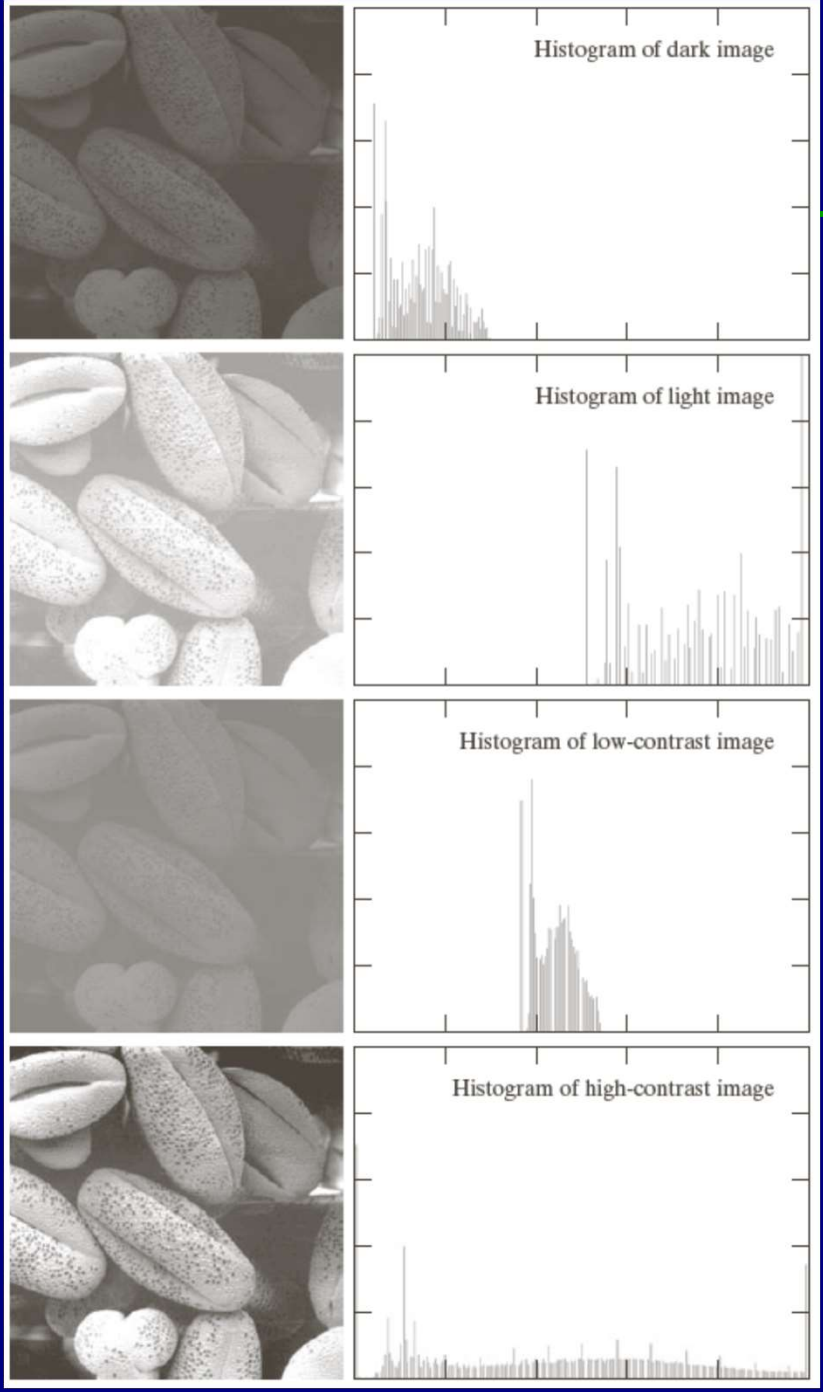
در مورد یک تصویر این هیستوگرام برای دید انسان جالب نیست.



تابع توزیع احتمال (هیستوگرام نرمال شده) مناسب

Histogram equalization : یکنواخت کردن تابع چگالی احتمال یک تصویر توسط یک تابع تبدیل T

همسان سازی هیستوگرام
(Histogram Equlization) (ادامه)



Histogram

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

- هدف، یافتن توابع انتقال مناسب به منظور تغییر هیستوگرام در جهت مطلوب است.
- شروط :

- ثابت ماندن محدوده ی تغییرات روشنایی
- ثابت ماندن ترتیب نقاط

(مقادیر تاریک تر در تصویر اصلی در تصویر نتیجه شده نیز تاریک تر باشد.)

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

تابع انتقال:

$$S=T(r)$$

- رابطه ی انتقال باید خواص تابع را دارا باشد.

-به ازای هر مقدار r تنها و تنها یک مقدار s محاسبه می گردد.

-لازم نیست تابع یک به یک باشد.

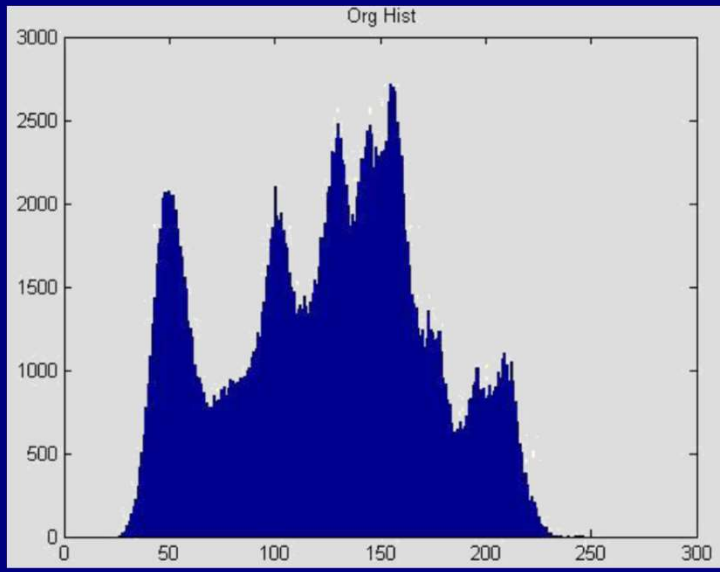
- تابع T(r) در فاصله [L-1 , 0] به صورت یکنوا افزایشی است.

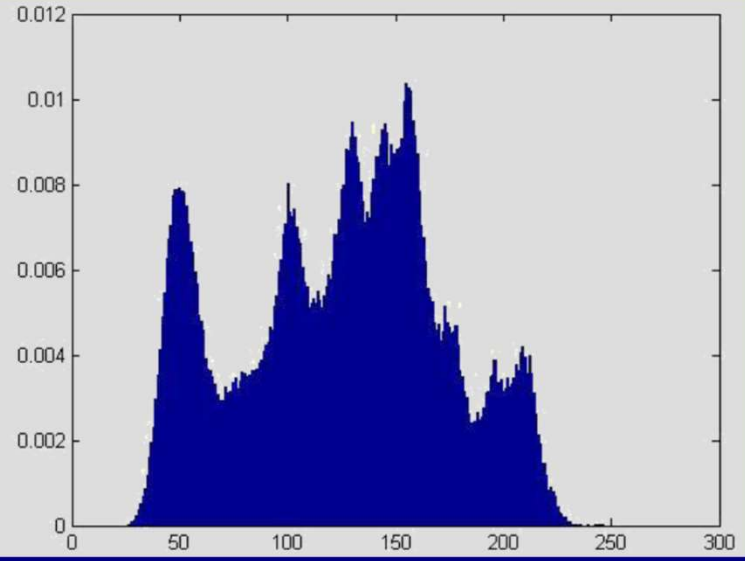
$$r_1 \le r_2 \Leftrightarrow T(r_1) \le T(r_2)$$

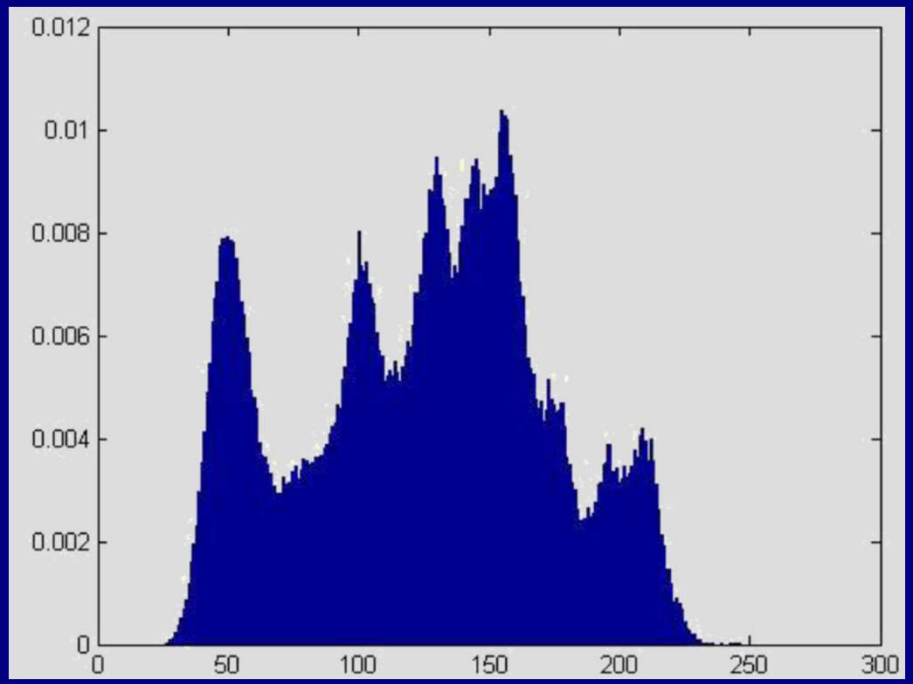
تابع هیستوگرام نرمال شده

تابع توزیع احتمال

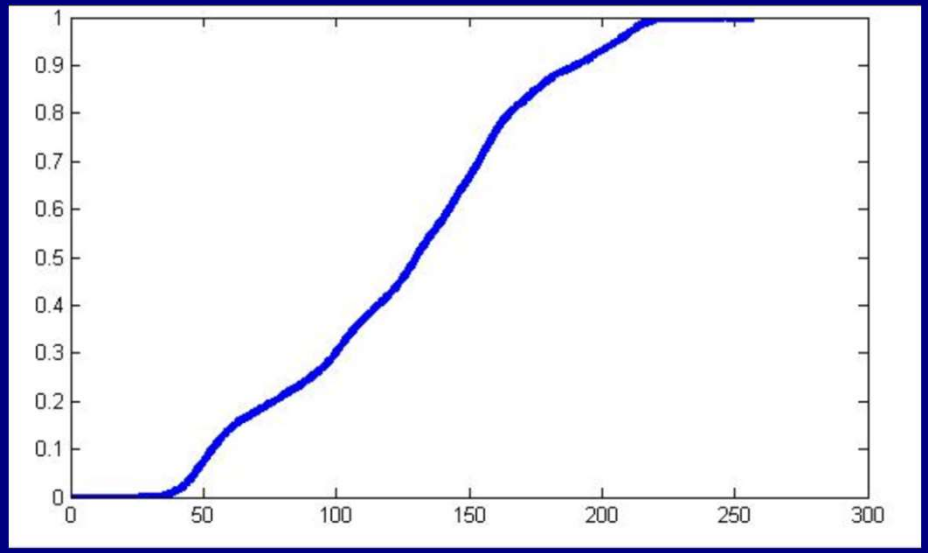
$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{N} \qquad k=0,1,.....,L-1$$







تابع توزیع احتمال



تابع چگالی احتمال (انتگرال
تابع توزیع احتمال)

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

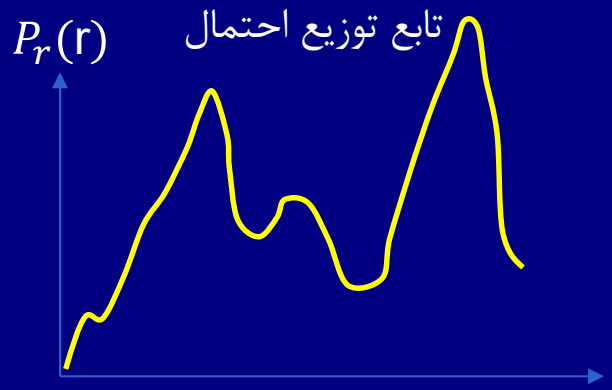
یکی از مهمترین توابع انتقال به صورت زیر تعریف می شود:

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)\,dw$$

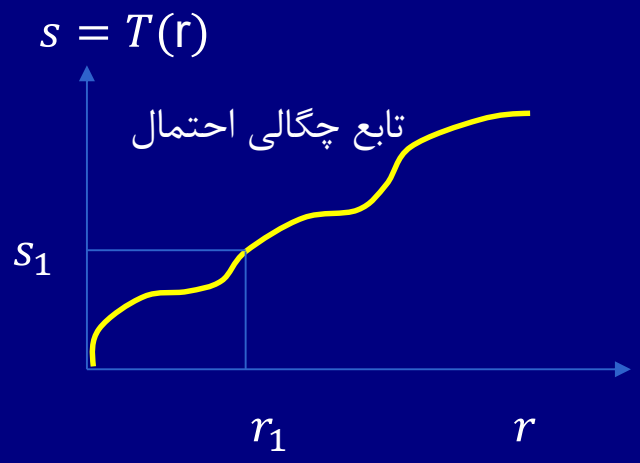
تابع توزیع تجمعی بر حسب r

از آنجا که این تابع (cdf) همواره مثبت است و انتگرال سطح زیر نمودار را نشان می دهد، پس تابع انتقال یکنوا افزایشی است.
چون تابع pdf در فاصله [1 0] است، T نیز در این محدوده باقی می ماند.
نتیجه اینکه تابع تبدیل همان تابع توزیع تجمعی (cdf) خواهد بود.

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)



$$s = T(r)$$



اگر از تابع چگالی احتمال بعنوان تابع تبدیل T استفاده شود، تابع توزیع نهایی (هیستوگرام تابع g(x,y)) یکنواخت میشود. یعنی $P_s(s) = 1$

اثبات:

$$s = T(r) \rightarrow p_s(s)ds = p_r(r)dr$$

$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w)dw$$

$$\frac{ds}{dr} = \frac{dT(r)}{dr} = \frac{d}{dr}\left[\int_0^r p_r(w)dw\right] = p_r(r)$$

Uniform Probability Density Function

تابع چگالی احتمال یکنواخت

$$p_s(s) = p_r(r)\left|\frac{dr}{ds}\right|$$

$$= p_r(r)\left|\frac{1}{p_r(r)}\right|$$

$$= 1$$

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

- برای مقادیر گسسته خواهیم داشت :

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{N} \qquad k=0,1,.....,L-1$$

$$s_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^{k} p_r(r_j)$$

$$= \sum_{j=0}^{k} \frac{n_j}{N} \qquad k=0,1,.....,L-1$$

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

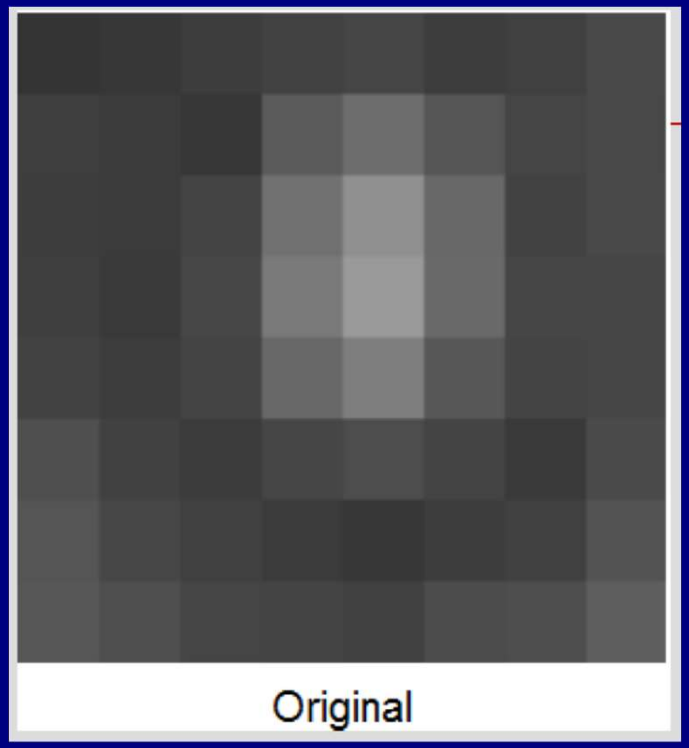
- مثال

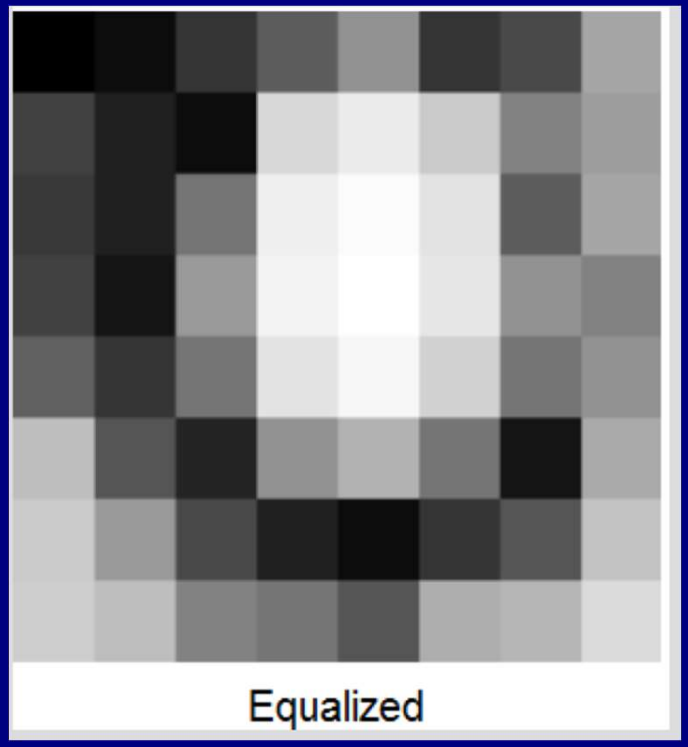
5	10	12	20
12	24	10	20
6	5	12	62
1	5	12	17

	r	k	p_r	s
1	0.0039	1	1/16	1/16=0.0625
5	0.0195	3	3/16	4/16=0.25
6	0.0234	1	1/16	5/16=0.312
10	0.0391	2	2/16	7/16=0.437
12	0.0469	4	4/16	11/16=0.687
17	0.0664	1	1/16	12/16=0.75
20	0.0781	2	2/16	14/16=0.875
24	0.0938	1	1/16	15/16=0.937
62	0.2422	1	1/16	16/16=1

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

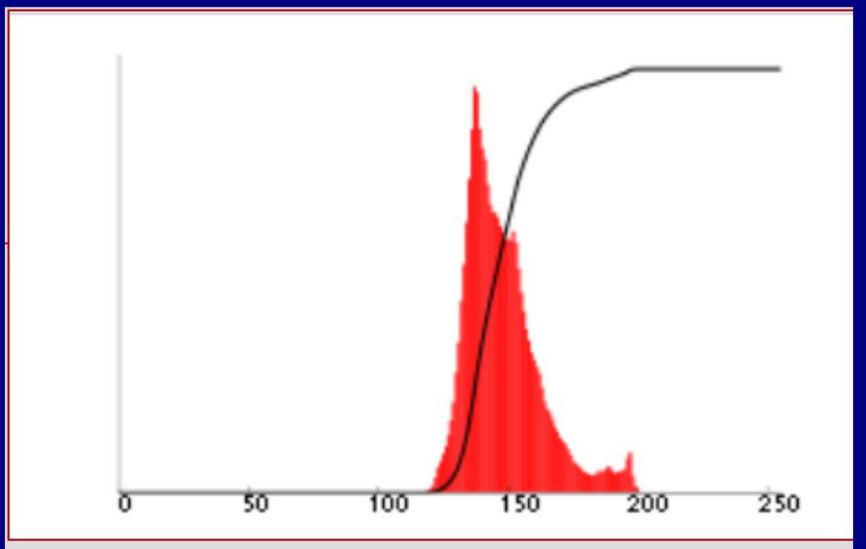
- مثال



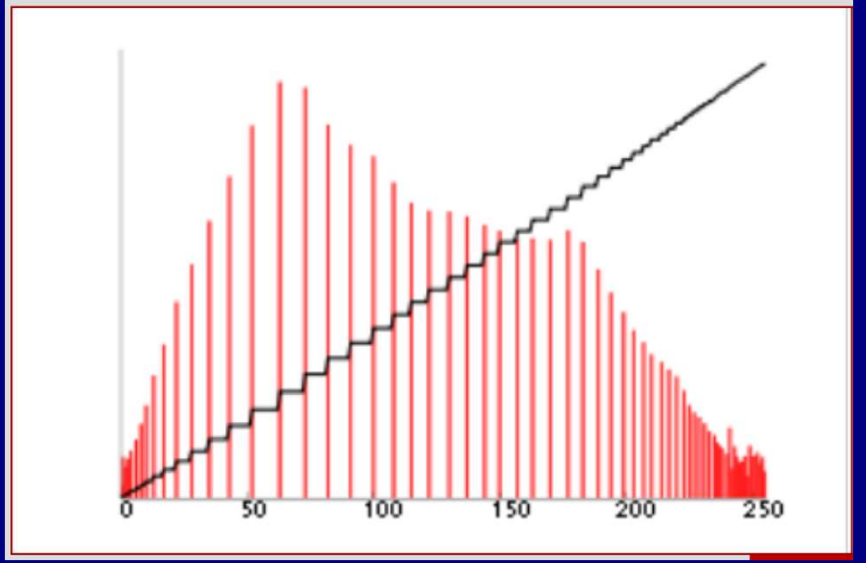


تصویر اصلی

تصویر همسان‌سازی شده



هیستوگرام و cdf متناظر



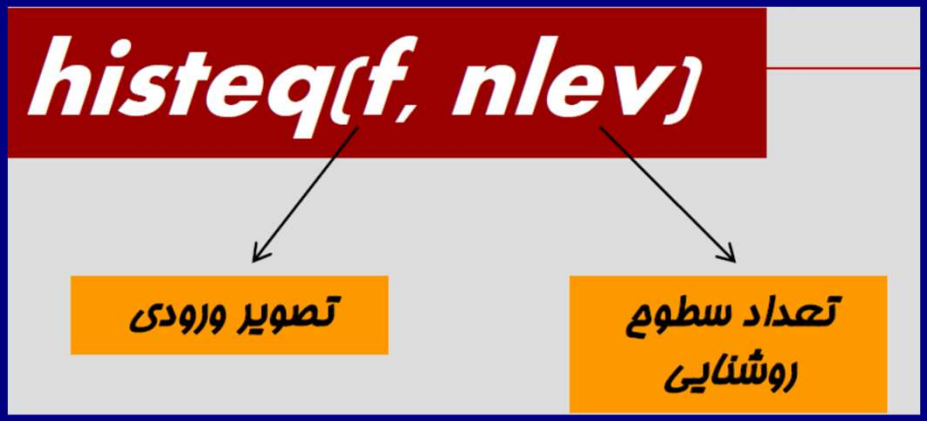
برنامه متلب Histogram equalization

```
[M,N]=size(f);
h=zeros(1,256);
for m=1:M
for n=1:N
r=f(m,n);
h(r+1)=h(r+1)+1;% چون ممکن است سطح روشنایی ۰ باشد.
 end;end;
h=h/sum(h);  % تا اینجا هیستوگرام ساخته شده
F=zeros(1,256);
for m=1:256
F(m)=sum(h(1:m));  %تابع چگالی احتمال مربوط به هیستوگرام تصویر
end
for m=1:M
for n=1:N
r=f(m,n);
g(m,n)=F(r);
end
end
```

تابع g در واقع Histogram equalized شده است.

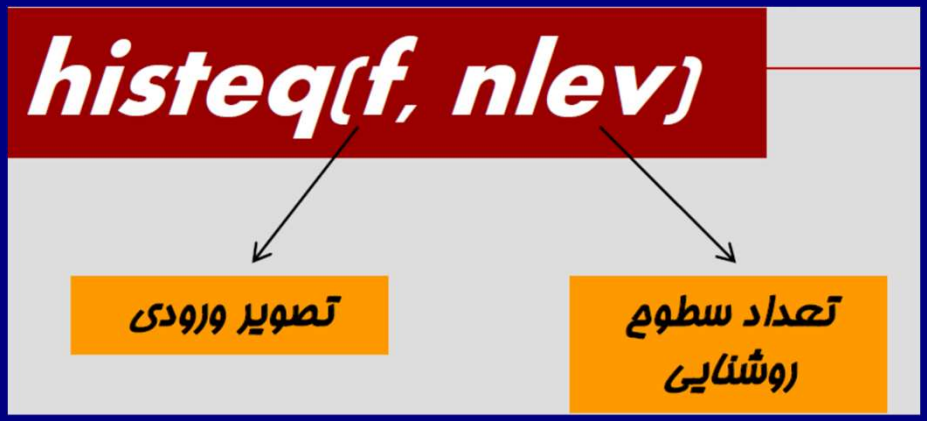
Note: باید مواظب بود در مورد تصاویر علمی مانند تصاویر پزشکی، الزاما His. Eq. در بهبود رویت و یا تفسیر، کمک نمیکند و می تواند به راحتی موجب خراب شدن درک از تصویر باشد.

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)



- اگر تعداد سطوح از L (تمامی سطوح روشنایی) کمتر باشد، تابع سعی بر این دارد که سطوح مورد نظر را در بازه ی مذکور منتشر نماید.
- هدف به دست آوردن هیستوگرامی یک دست خواهد بود.
- مقدار پیش فرض nlev برابر ۶۴ است.

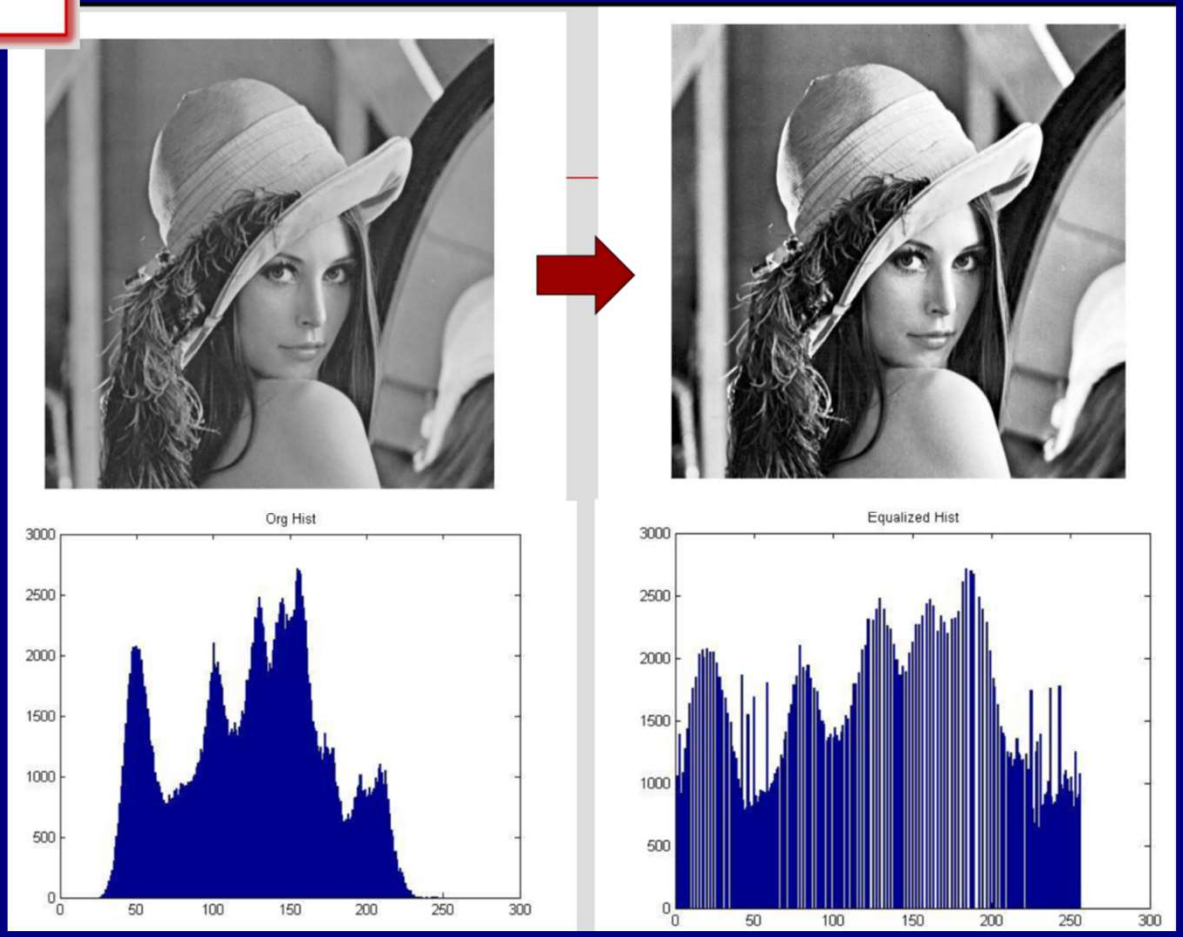
همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)



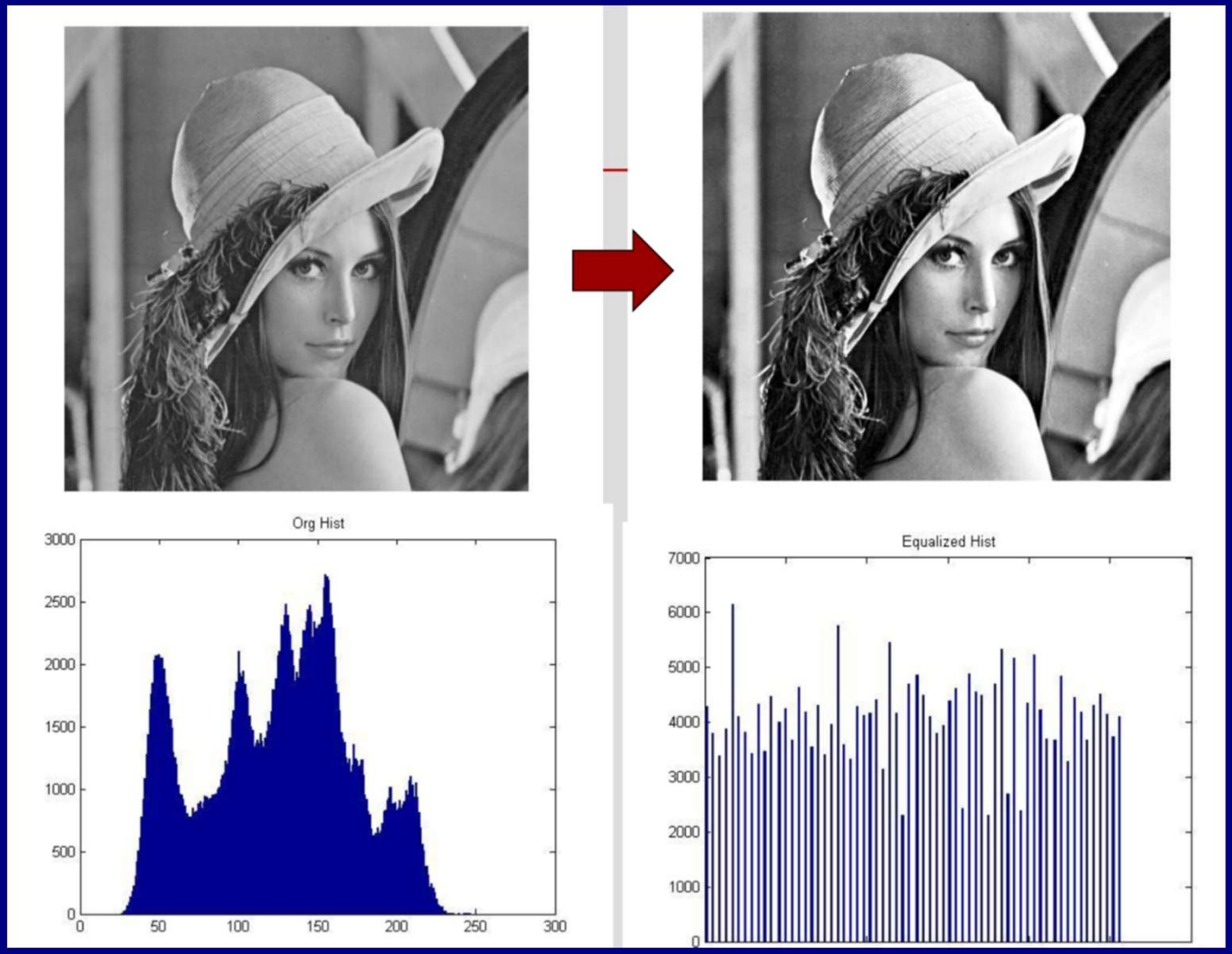

```
I = imread('lena.gif');
imshow(I);
h1=imhist(I);
g=histeq(I,256);
h2=imhist(g);
figure;bar(h1);title(' Org Hist');
figure;bar(h2);title(' Equalized
Hist');
figure, imshow(g);
```

همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

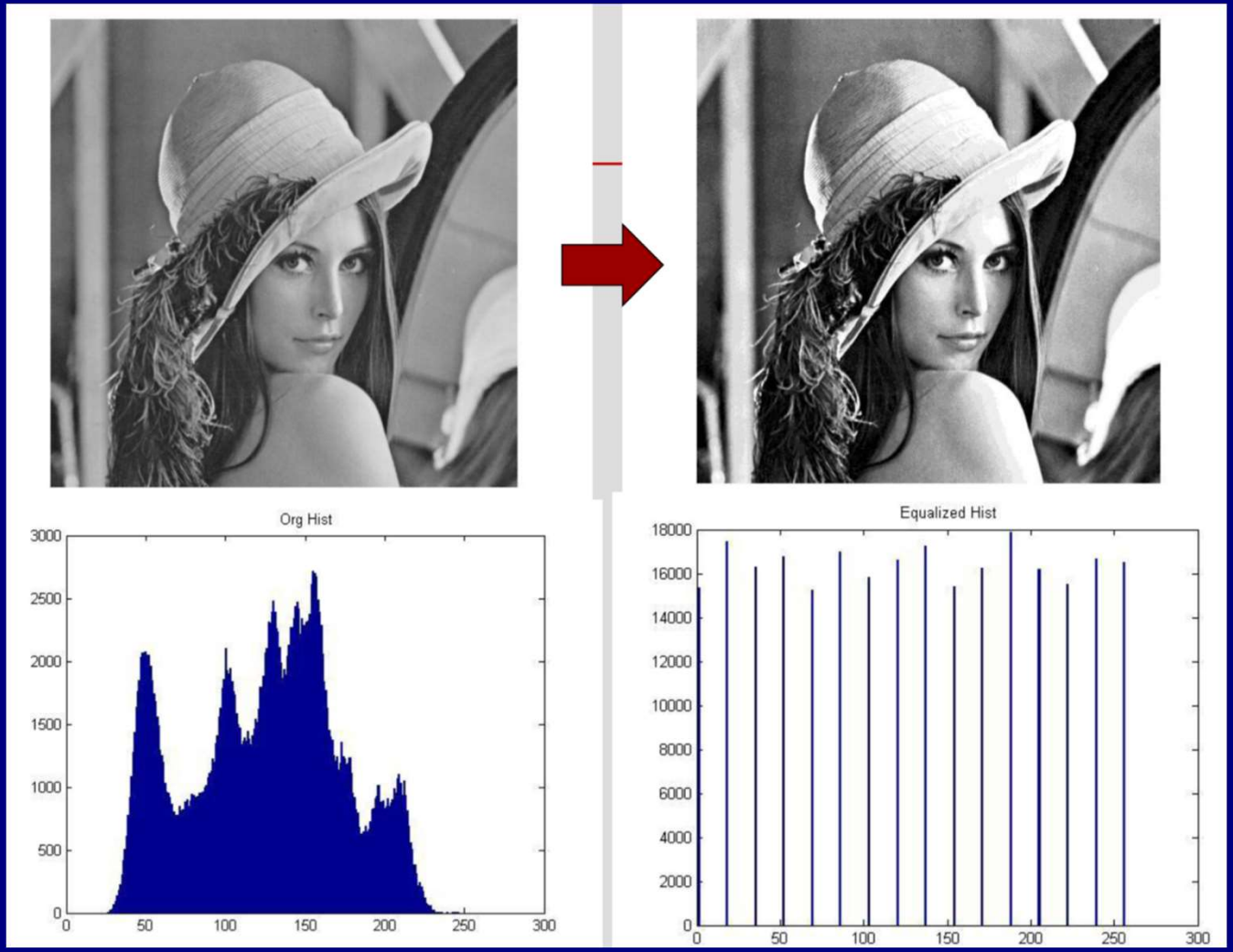
```
I = imread('lena.gif');
imshow(I);
h1=imhist(I);
g=histeq(I,256);
h2=imhist(g);
figure;bar(h1);title(' Org Hist');
figure;bar(h2);title(' Equalized
Hist');
figure, imshow(g);
```



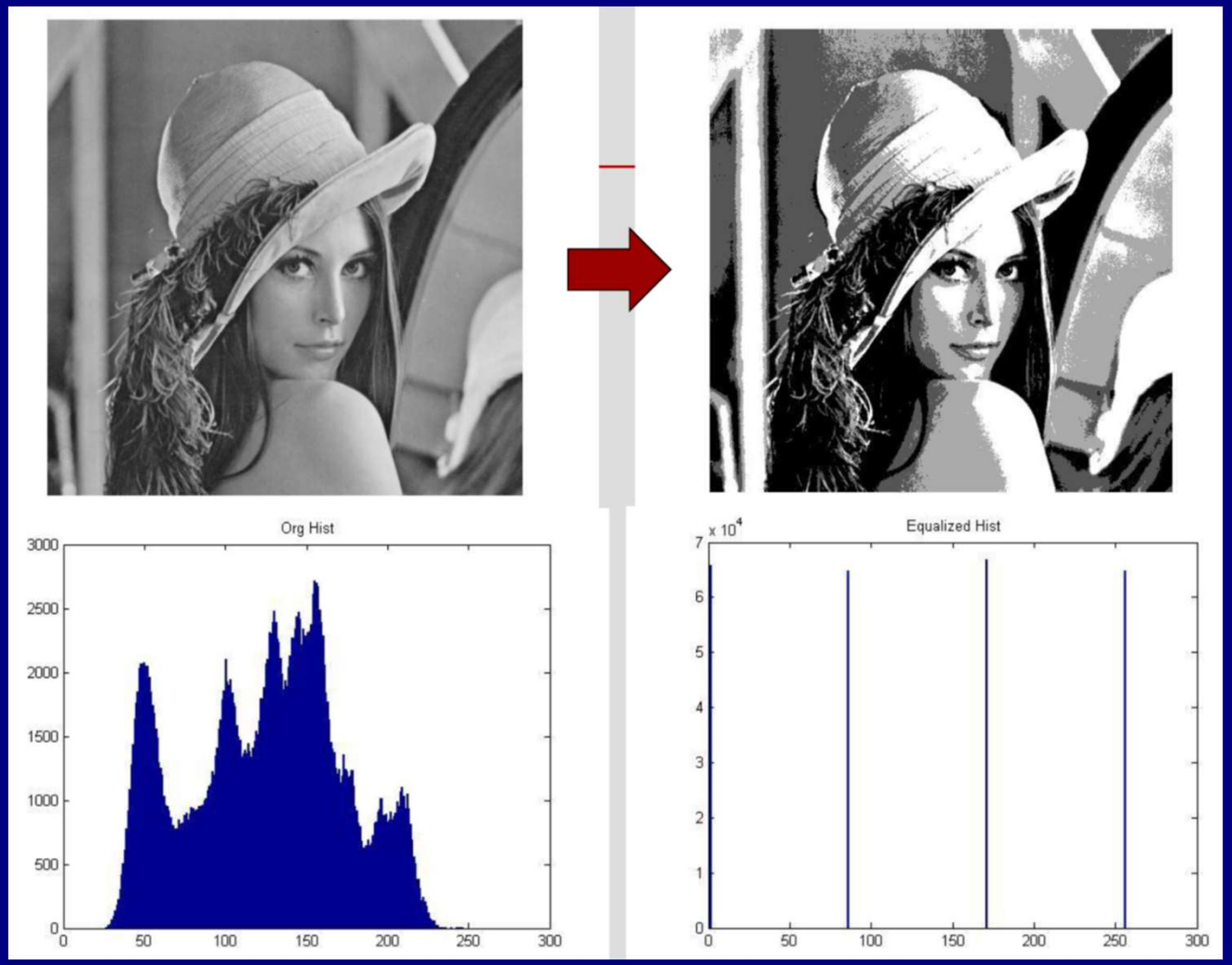
همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)



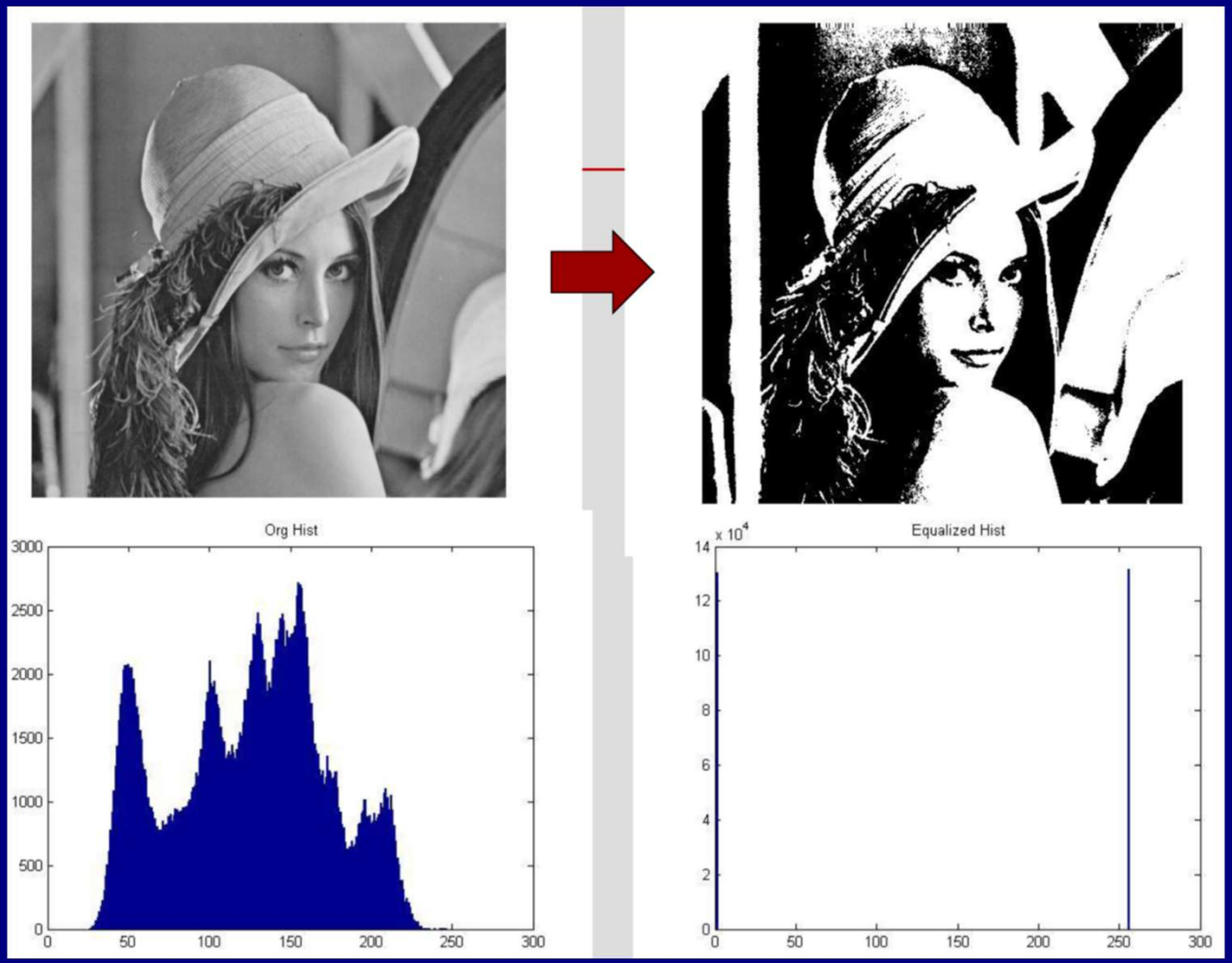
همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)



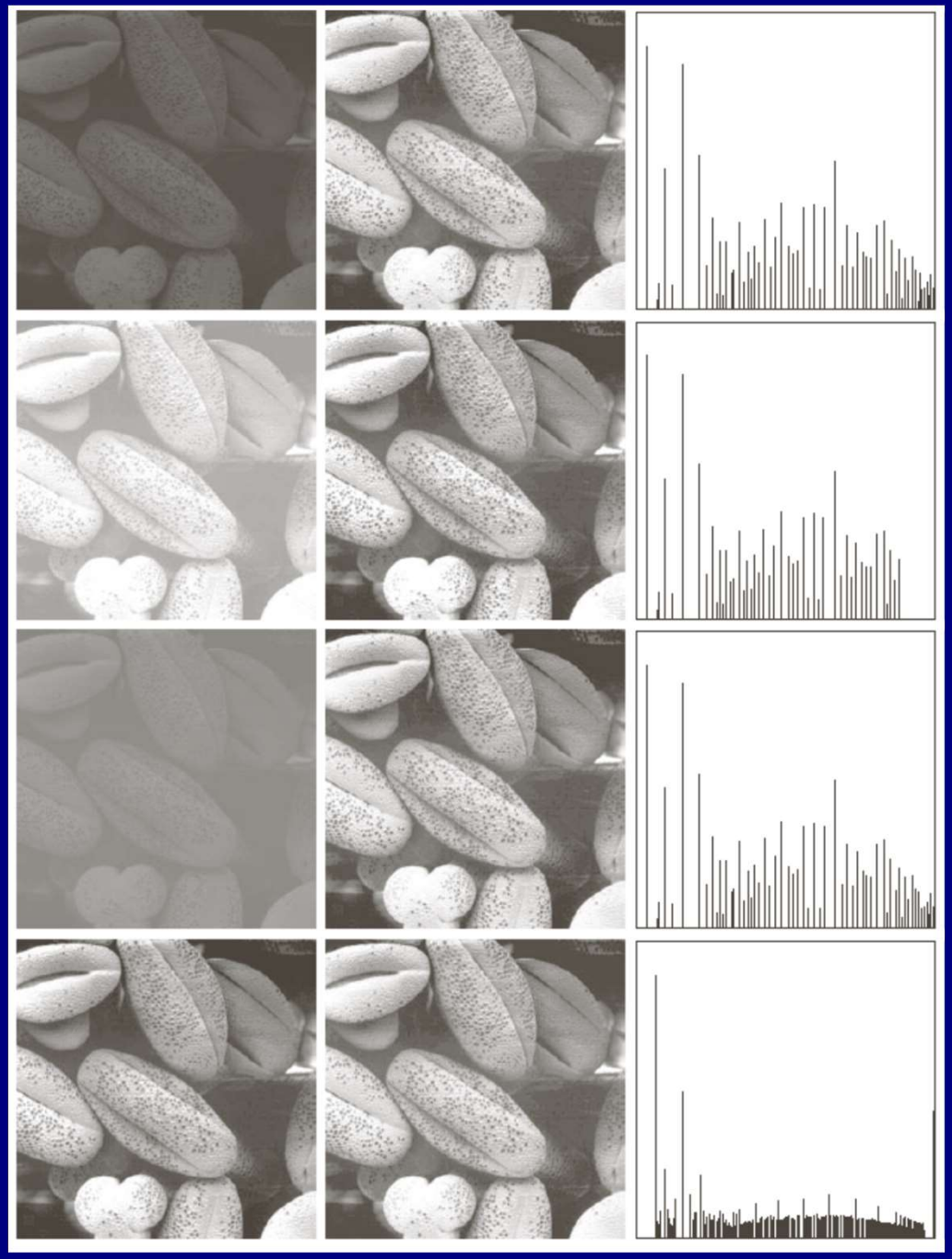
همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)



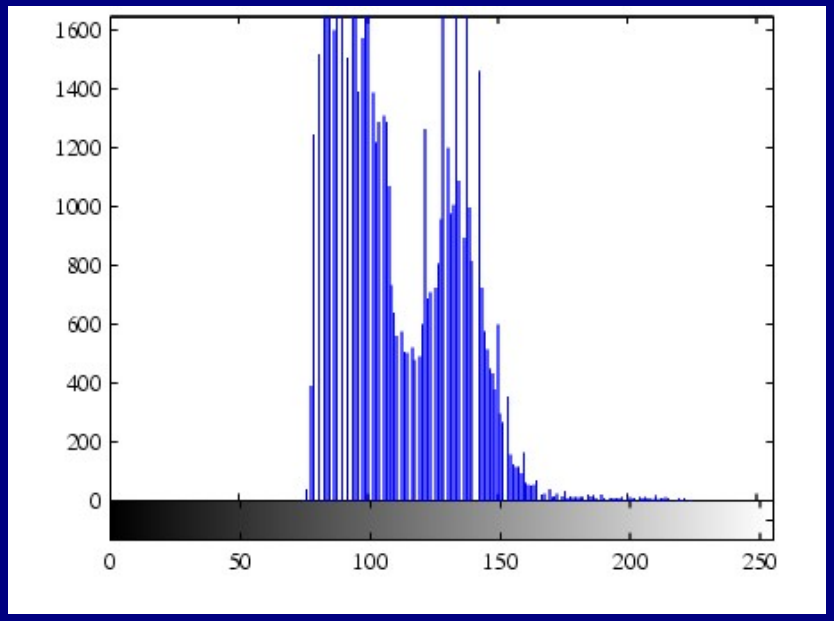
همسان سازی هیستوگرام (Histogram Equlization) (ادامه)

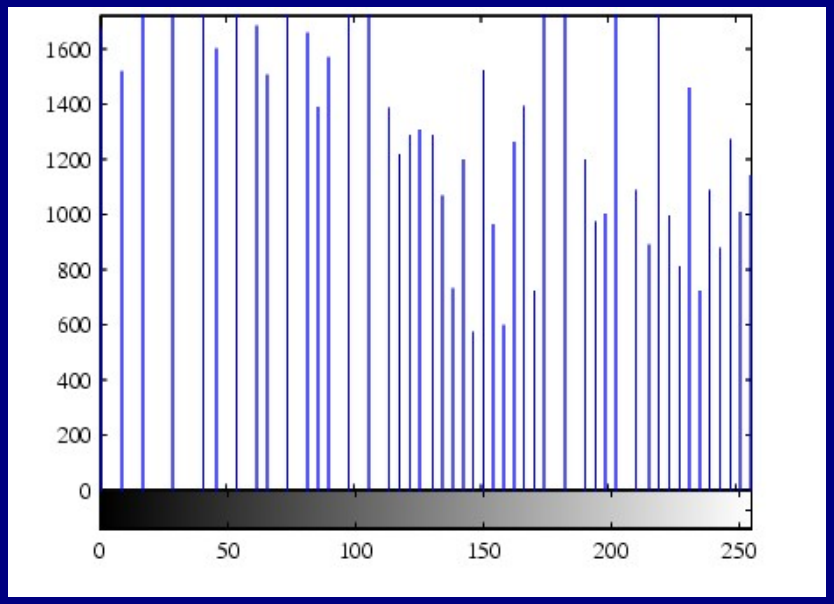


Global Histogram Equlization

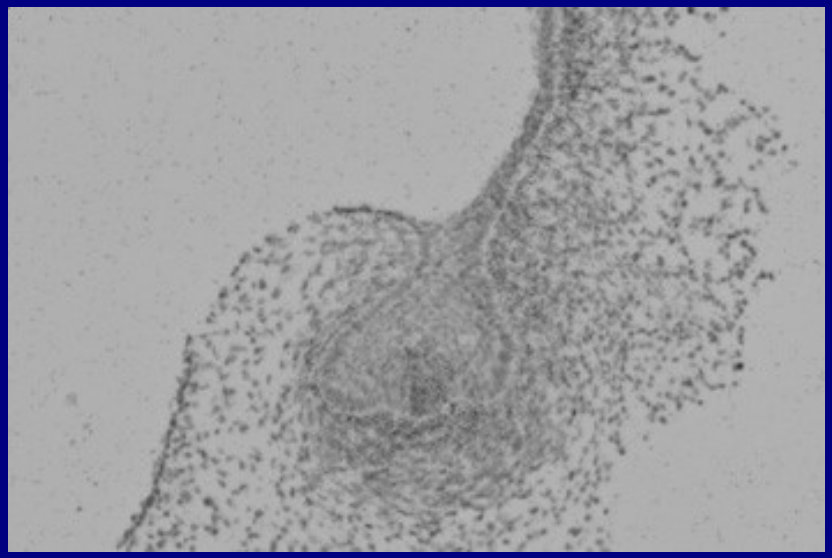


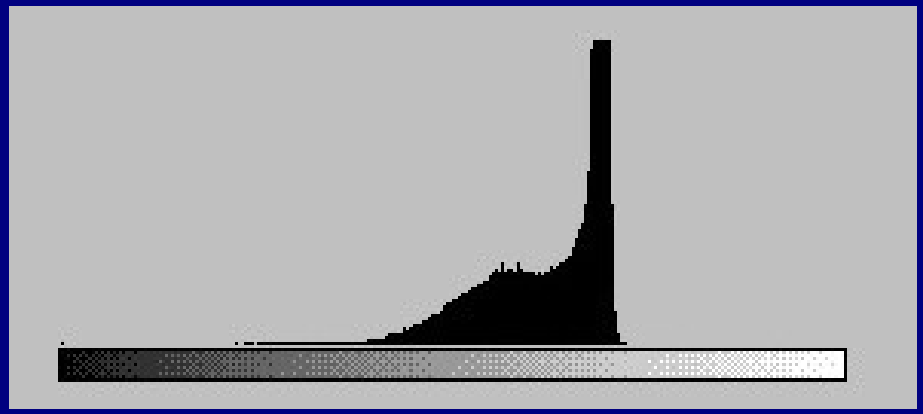
Global Histogram Equlization

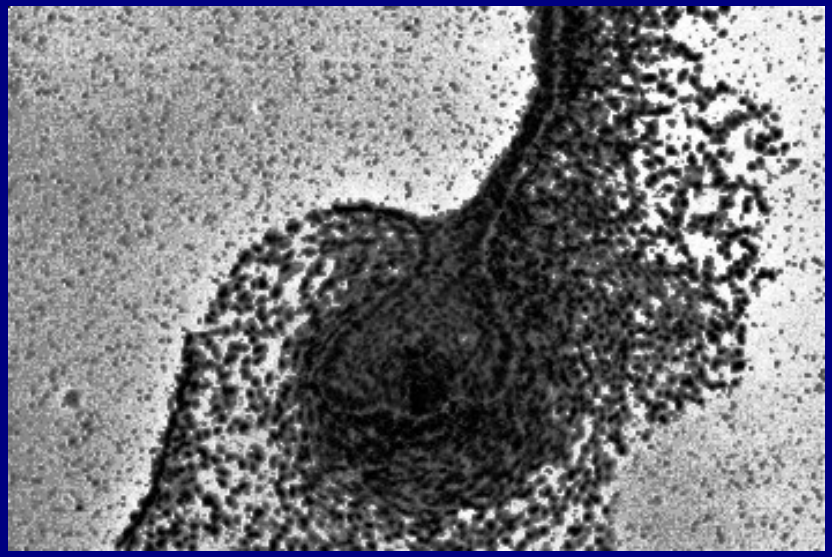


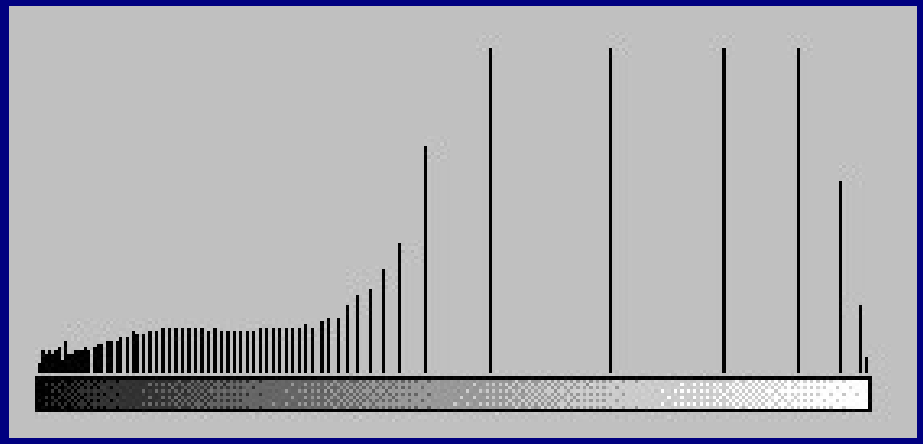


Global Histogram Equlization

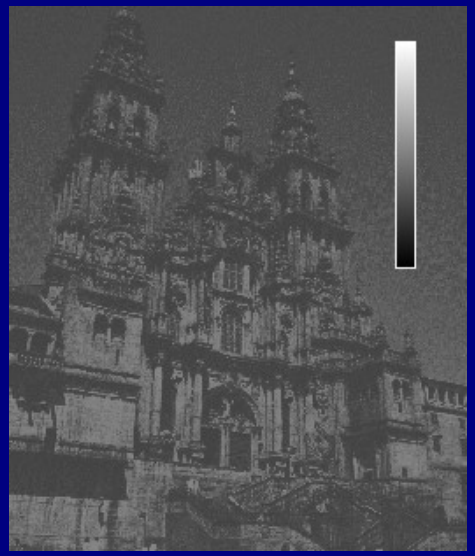


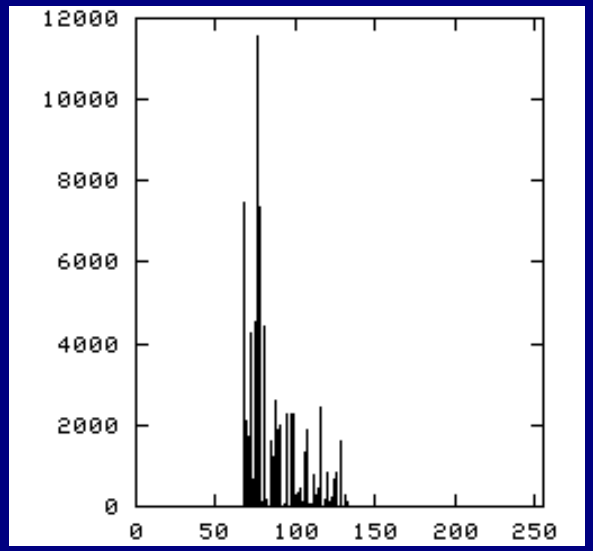


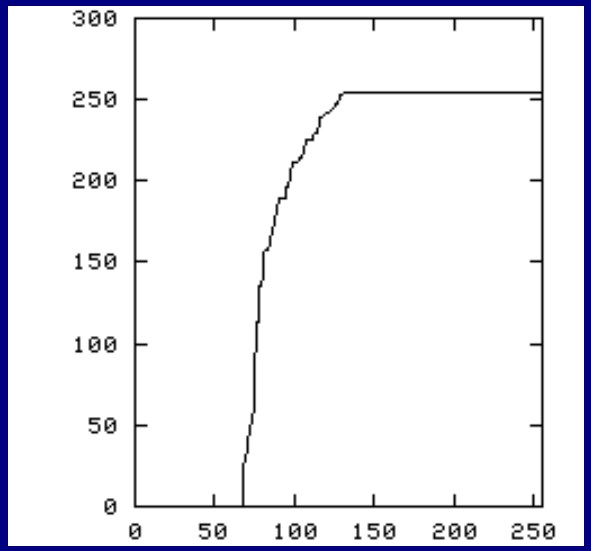


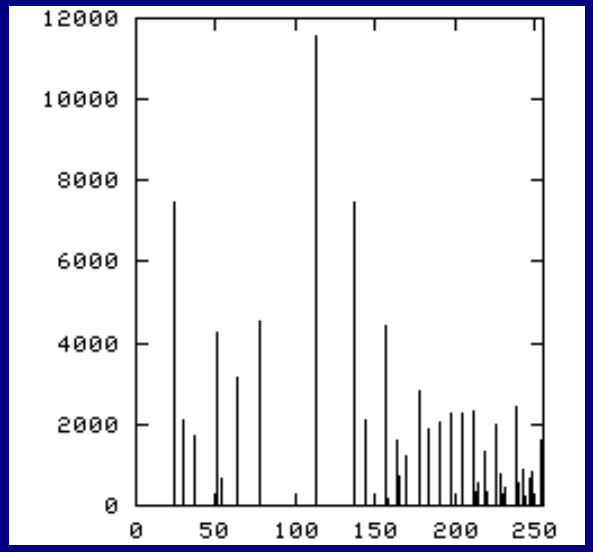


Global Histogram Equlization

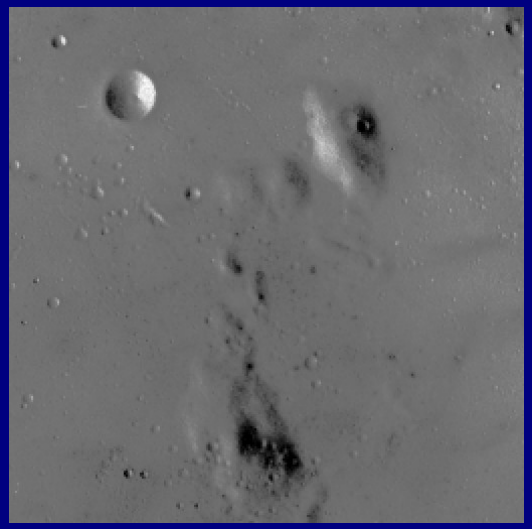


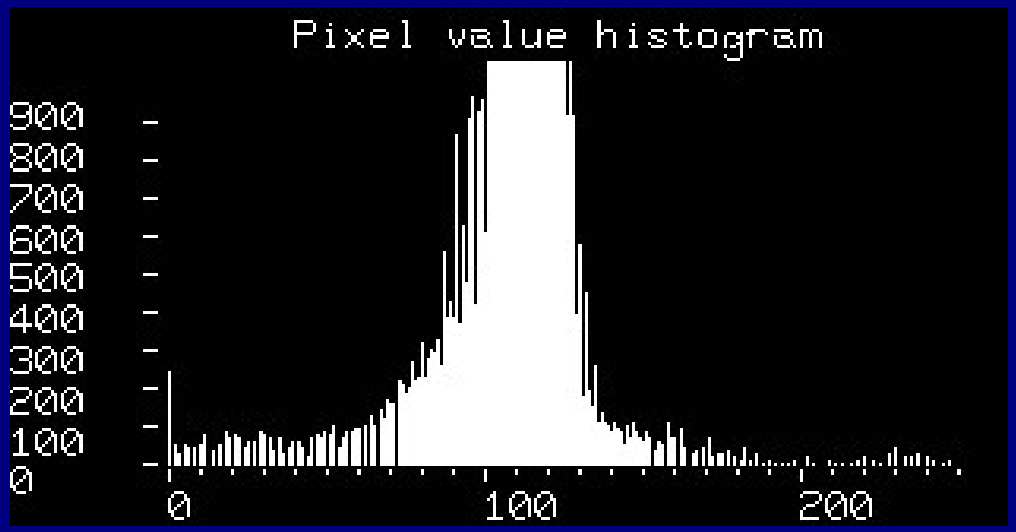


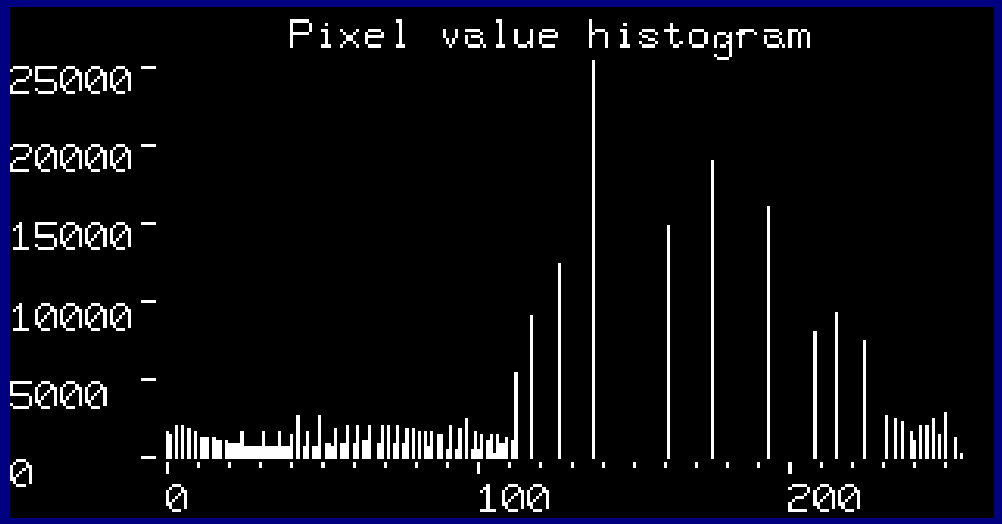




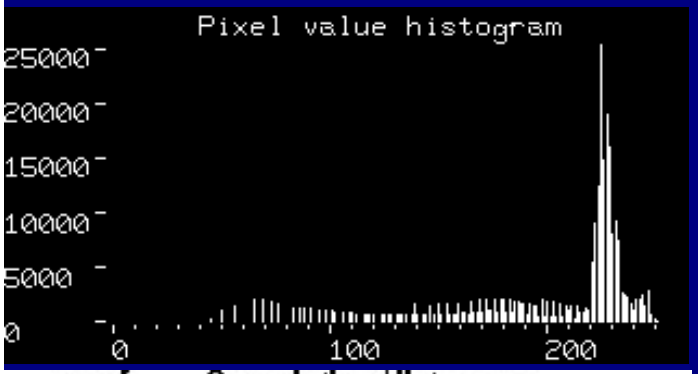
Global Histogram Equlization

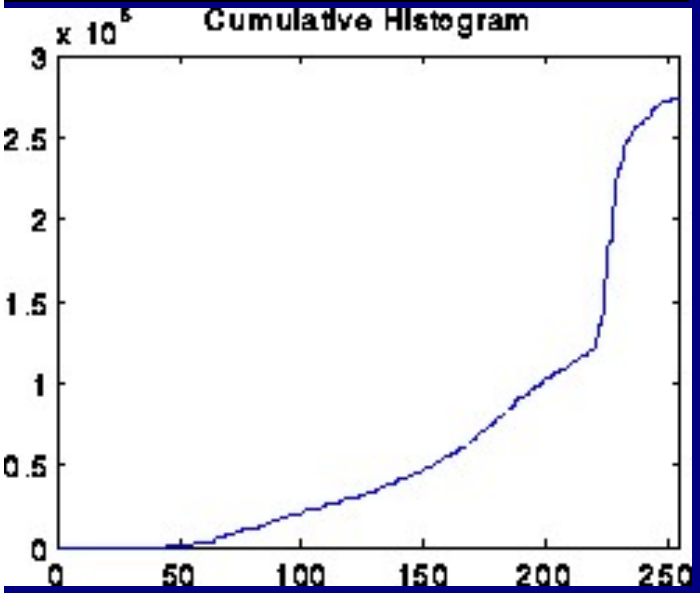






Global Histogram Equlization





HE

Global Histogram Equlization

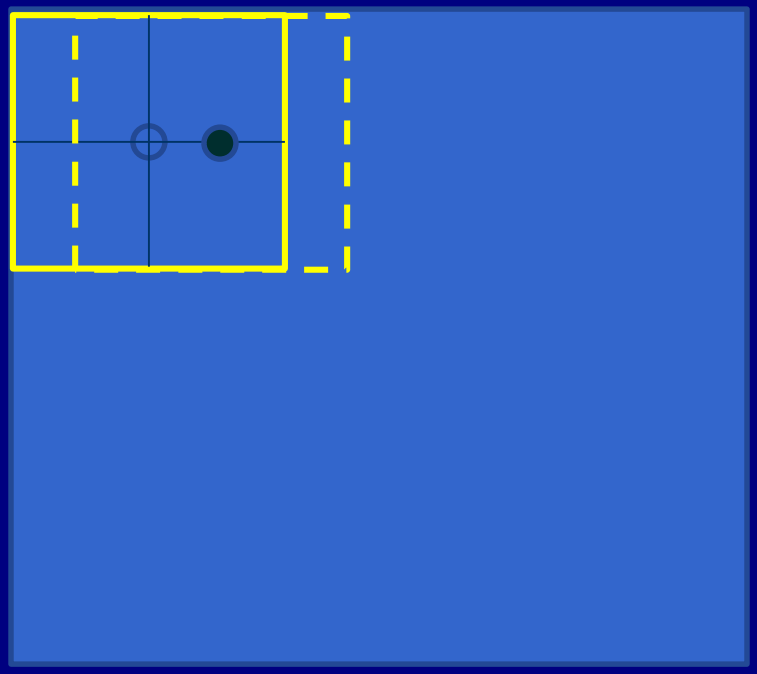
Local Histogram Equalization (Adaptive Histogram Equalization)

- در Hist. Eq. هر پیکسل تحت تاثیر همه پیکسهاست و تغییرات روشنایی یک پیکسل می تواند تحت تاثیر روشنایی پیکسل های خیلی دور هم باشد.
- اگر نخواهیم سطح روشنایی یک پیکسل، متاثر از سطح روشنایی پیکسل های دور باشد، این الگوریتم را بصورت local انجام می دهیم.
- در حالت local، روشنایی هر پیکسل را بر حسب همسایگی آن تغییر میدهد.
- در این روش حجم محاسبات بالاست. چون به ازاء هر پیکسل ، باید محاسبات انجام شود. و سپس برای پیکسل بعدی پنجره را لغزانده و دوباره همه محاسبات برای این پیکسل انجام میشود.

Local Histogram Equalization (Adaptive Histogram Equalization)

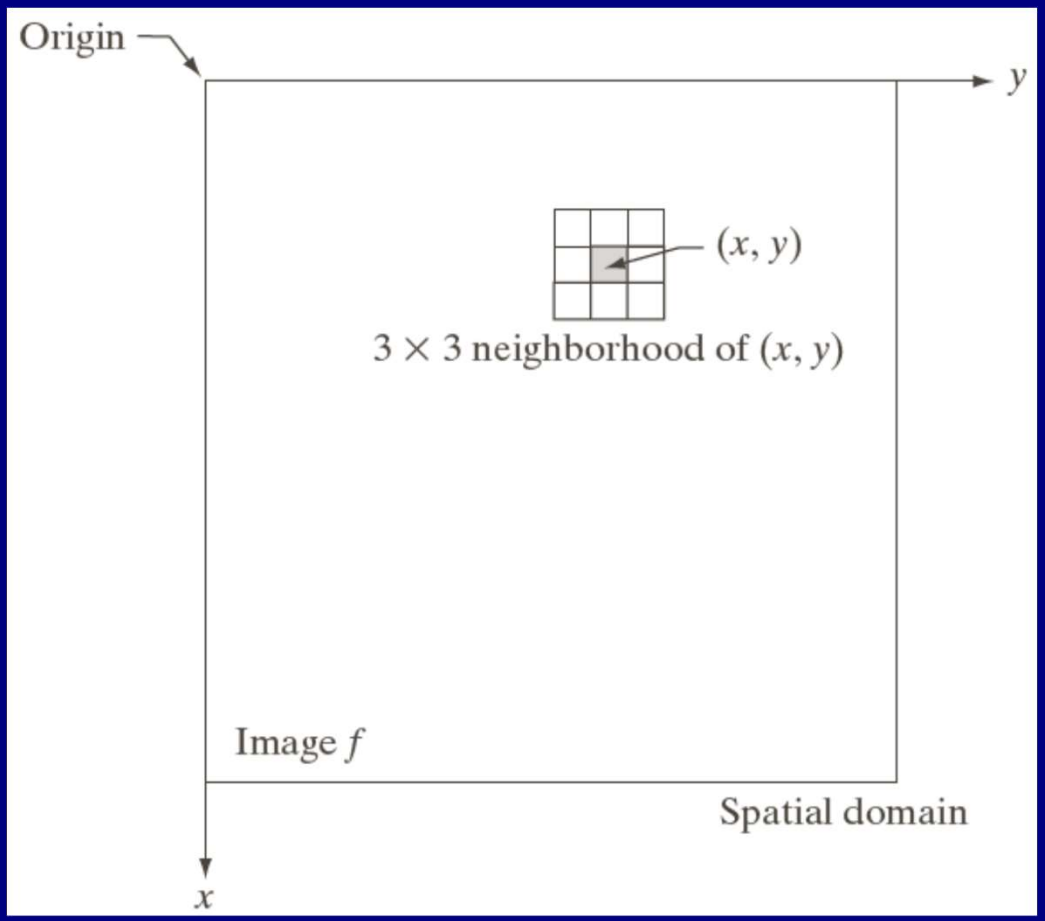
- یک پارامتر مهم، ابعاد پنجره است.
- در این الگوریتم، یک پنجره بر روی پیکسل مورد نظر با روشنایی r در محل (x,y) قرار داده میشود. هیستوگرام آن پنجره پیدا میشود و الگوریتم Hist.Eq را برای آن پنجره پیدا می کنیم.
- نکته مهم: این الگوریتم (Adaptive Hist. Eq) تابعی از ابعاد پنجره و وضعیت آماری پیکسل های تصویر است و در نتیجه اگر ابعاد پنجره درست انتخاب نشود نتیجه فاجعه باری بوجود می آید.

$F_r(r)$



- این الگوریتم را نباید برای تصاویر پزشکی استفاده کنیم، چون معمولا خراب میشود. و اگر بدون همپوشانی کار کنیم اصلا خوب نیست

مفهوم همسایگی



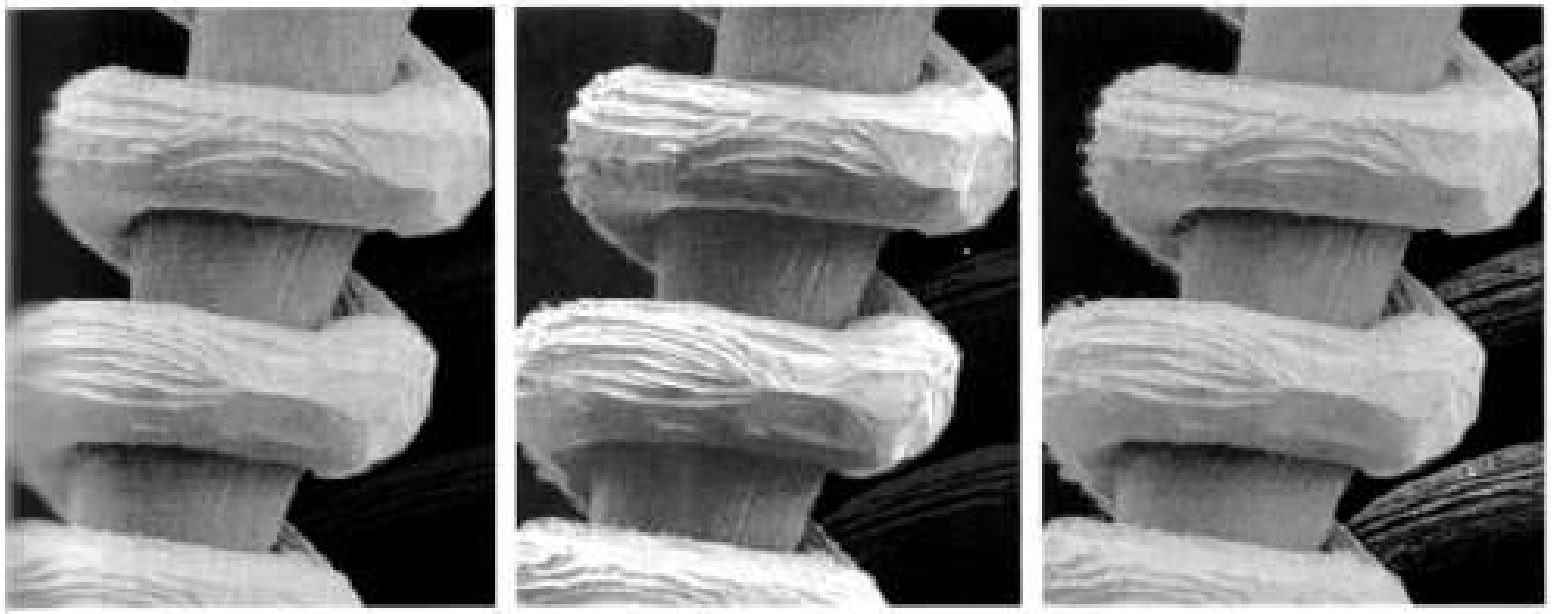
A 3×3 neighborhood about a point (x, y) in an image in the spatial domain. The neighborhood is moved from pixel to pixel in the image to generate an output image.

local Histogram equalization

a b c

Original image. (b) Result of global histogram equalization. (c) Result of local histogram equalization applied to (a), using a neighborhood of size 3 × 3.

local Histogram equalization



Original image

Result of global histogram equalization

Result of local histogram equalization

Homework 2

1) تصویر Fig0241.tif را با روش $\gamma - correction$ بهبود داده و نتایج را بطور کامل تحلیل کنید. (این تمرین را یکبار با نوشتن مستقیم کد متلب برای الگوریتم $\gamma - correction$ و بار دیگر با استفاده از کد آماده متلب انجام دهید. نتایج را با هم مقایسه کنید.) در هر حالت، حداقل برای ۴ ضریب مختلف γ، الگوریتم را اجرا کنید. در هر حالت هیستوگرام مربوطه را نیز قرار داده و مقایسه کنید.

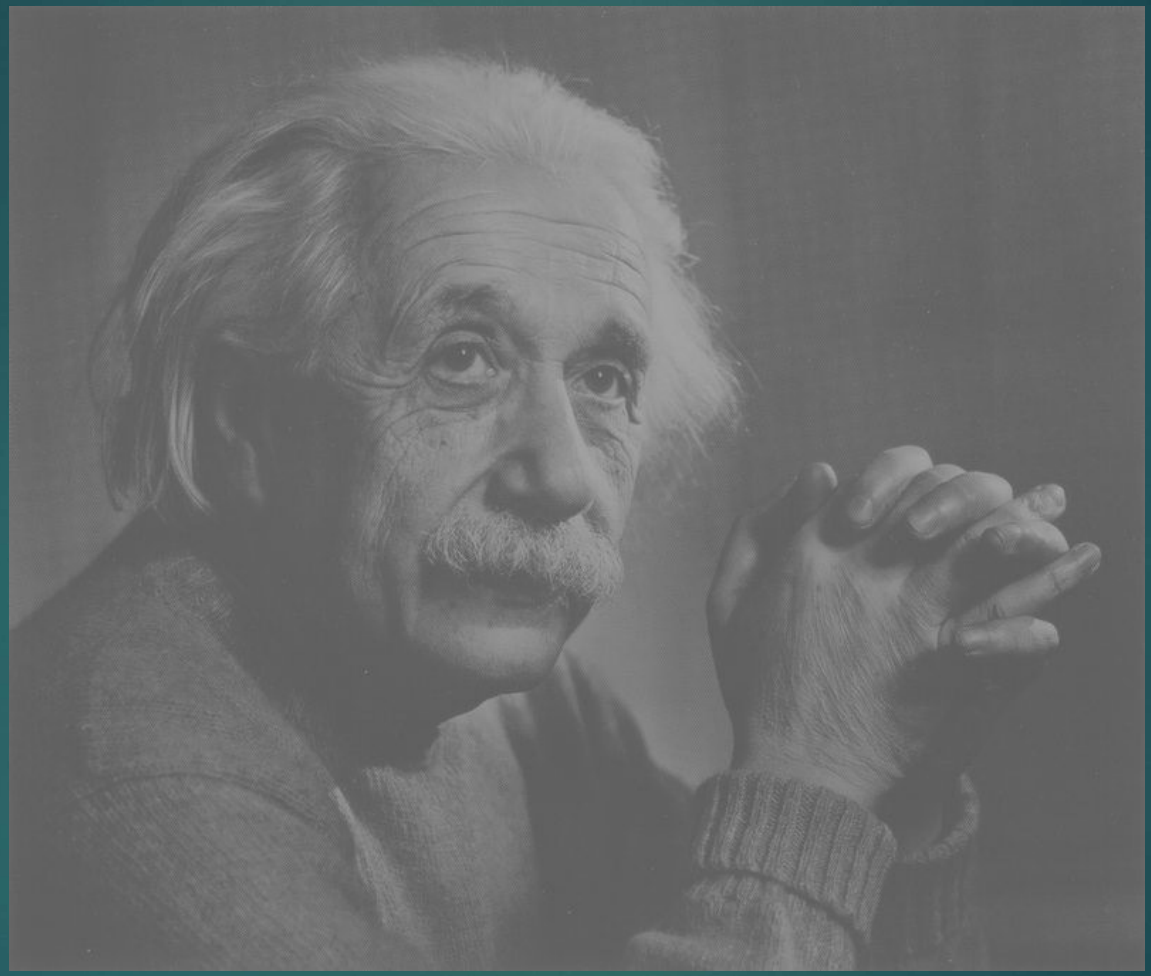
2) تصویر ches.jpg را با استفاده از الگوریتم Global Histogram equalization اصلاح کرده مجددا نمایش دهید. (این تمرین را یکبار با نوشتن مستقیم کد متلب برای الگوریتم Histogram Equalization و بار دیگر با استفاده از کد آماده متلب انجام دهید. نتایج را با هم مقایسه کنید.)

سپس از الگوریتم Local Histogram Equalization استفاده کرده و سعی کنید با تغییر ابعاد پنجره، تا حد امکان نتایج را بهبود دهید. نتایج را تحلیل کنید. کدام روش برای بهبود این عکس بهتر عمل می کند. در هر حالت هیستوگرام مربوطه را نیز قرار داده و مقایسه کنید.

1) تصویر fractured_spine.tif را با الگوریتم هایی که تا کنون خوانده اید به بهترین نحو پردازش کرده و سعی کنید تا حد امکان جزئیات بیشتری را از آن نشان دهید. این تمرین بصورت مقایسه ای تصحیح خواهد شد. هر گروهی که نتایج بهتری بدست آورند، نمره بالاتری خواهند داشت.

ches.jpg

Fig0241.tif



fractured_spine.tif