



# CS231. Nhập môn Thị giác máy tính

## Bài 02. Đặc trưng màu sắc (1)



# An introduction to color and the human eye

---



[https://www.youtube.com/watch?v=\\_hUB7VeaYnE](https://www.youtube.com/watch?v=_hUB7VeaYnE)



# Color



Color is life; for a world without color appears to us as dead. Colors are primordial ideas, the children of light.

— Johannes Itten —

Màu sắc là cuộc sống; vì một thế giới không có màu sắc dường như đã chết đối với chúng ta.  
Màu sắc là những ý tưởng nguyên thủy, là đứa con của ánh sáng.

<https://www.azquotes.com/quote/654530>



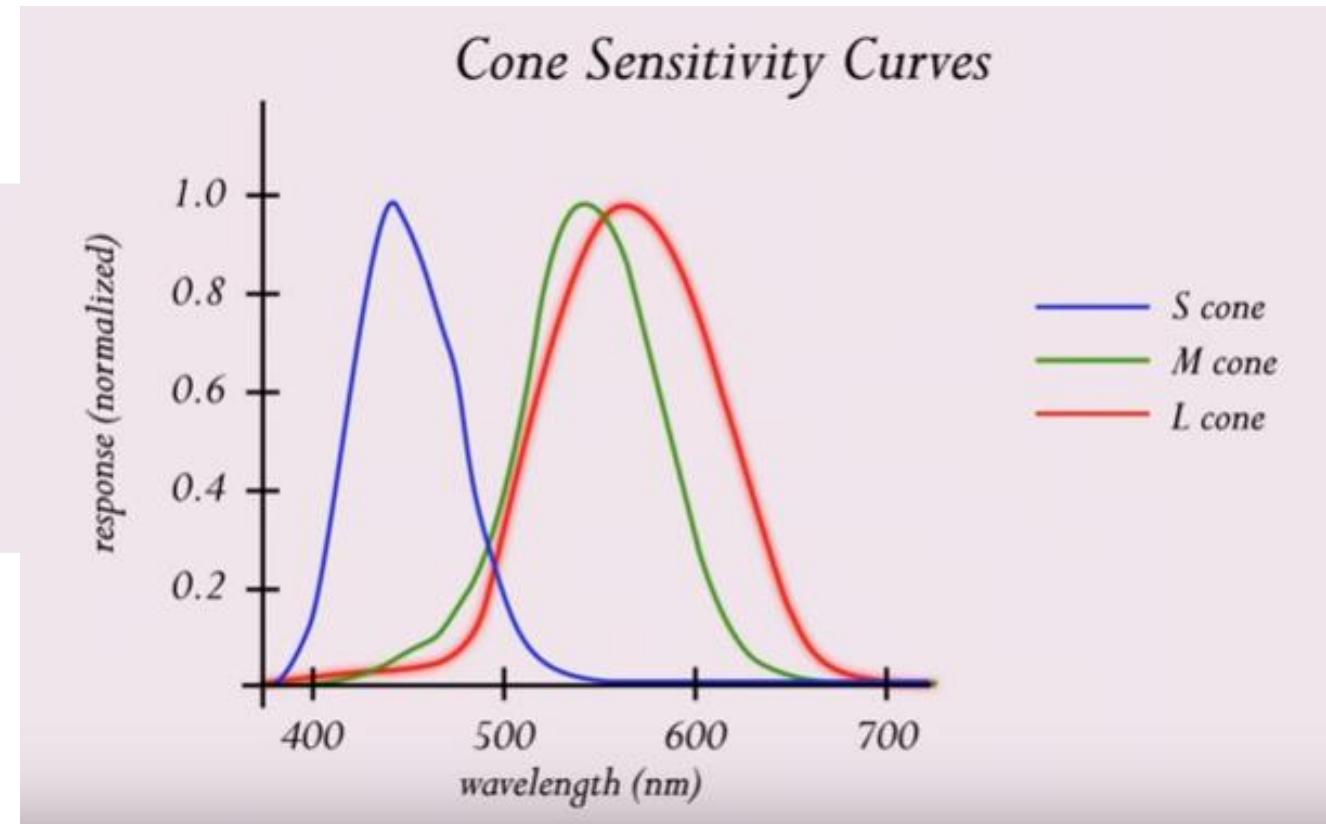
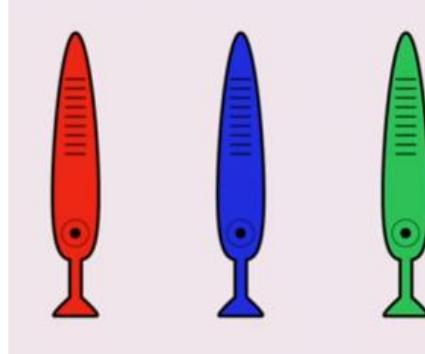
# An introduction to color and the human eye



- [https://www.youtube.com/watch?v=l8\\_fZPHasdo](https://www.youtube.com/watch?v=l8_fZPHasdo)

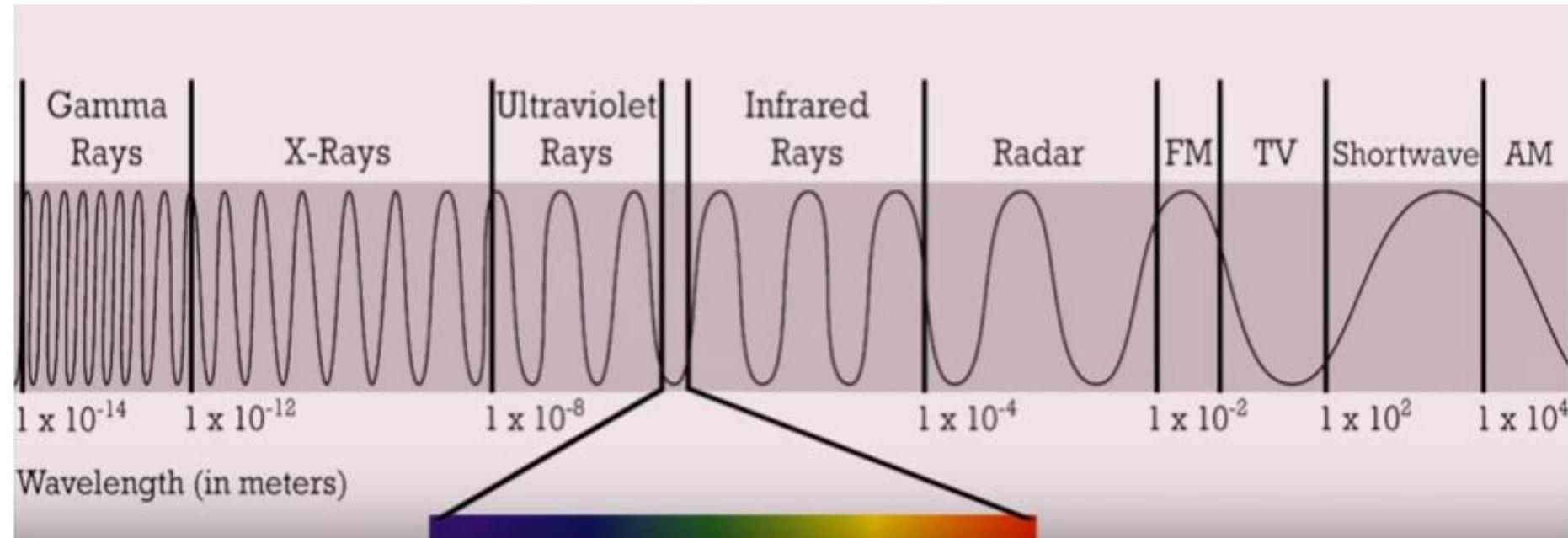


# An introduction to color and the human eye



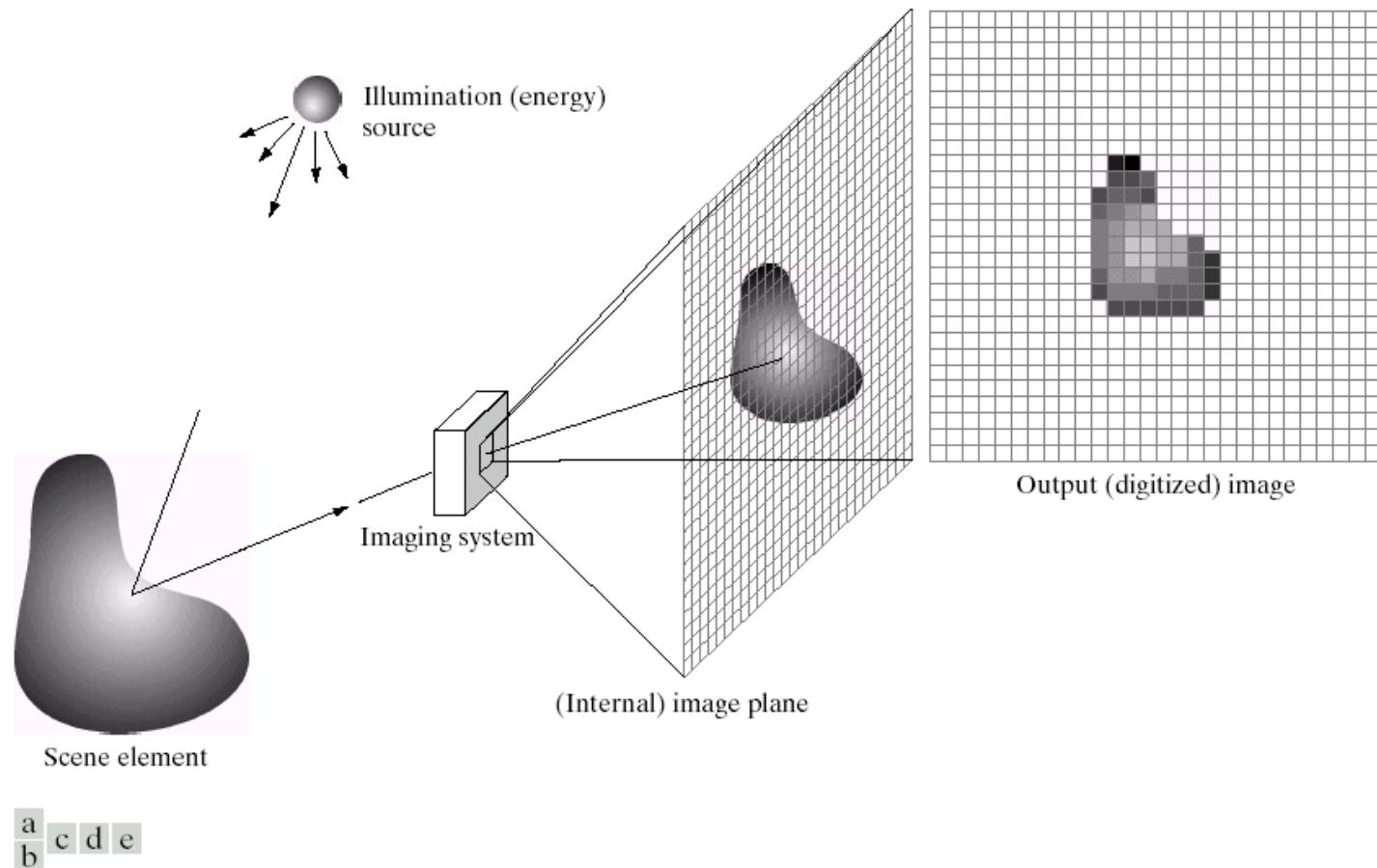


# An introduction to color and the human eye





# An example of the digital image acquisition process



**FIGURE 2.15** An example of the digital image acquisition process. (a) Energy (“illumination”) source. (b) An element of a scene. (c) Imaging system. (d) Projection of the scene onto the image plane. (e) Digitized image.



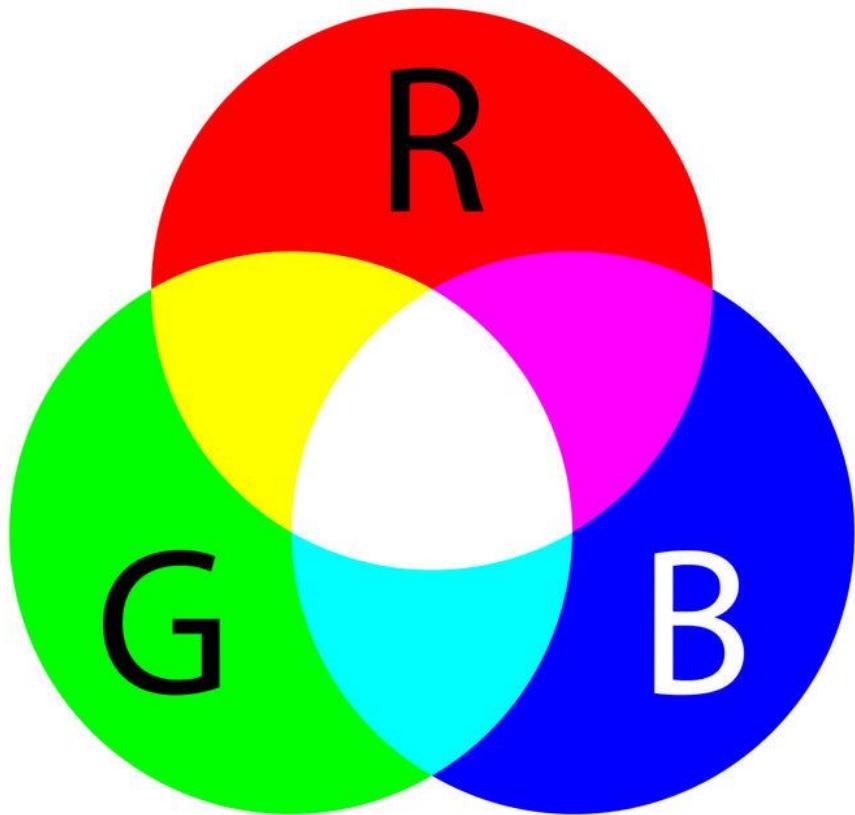
# Ảnh grayscale



34	34	37	35	38	40	34
29	30	48	38	42	50	43
42	43	28	31	62	128	104
46	36	56	48	104	167	165
40	46	71	100	130	173	165
60	42	42	72	124	181	163
65	37	40	26	91	171	164



# Ảnh RGB





# Ành RGB

CSS1 / HTML3–4 / VGA color names

	Name	Hex triplet	Red Green Blue			Hue	Satur	Light	Satur Value	
			■	■	■				■	■
	White	#FFFFFF	100%	100%	100%	0°	0%	100%	0%	100%
	Silver	#C0C0C0	75%	75%	75%	0°	0%	75%	0%	75%
	Gray	#808080	50%	50%	50%	0°	0%	50%	0%	50%
	Black	#000000	0%	0%	0%	0°	0%	0%	0%	0%
	Red	#FF0000	100%	0%	0%	0°	100%	50%	100%	100%
	Maroon	#800000	50%	0%	0%	0°	100%	25%	100%	50%
	Yellow	#FFFF00	100%	100%	0%	60°	100%	50%	100%	100%
	Olive	#808000	50%	50%	0%	60°	100%	25%	100%	50%
	Lime	#00FF00	0%	100%	0%	120°	100%	50%	100%	100%
	Green	#008000	0%	50%	0%	120°	100%	25%	100%	50%
	Aqua	#00FFFF	0%	100%	100%	180°	100%	50%	100%	100%
	Teal	#008080	0%	50%	50%	180°	100%	25%	100%	50%
	Blue	#0000FF	0%	0%	100%	240°	100%	50%	100%	100%
	Navy	#000080	0%	0%	50%	240°	100%	25%	100%	50%
	Fuchsia	#FF00FF	100%	0%	100%	300°	100%	50%	100%	100%
	Purple	#800080	50%	0%	50%	300°	100%	25%	100%	50%

<http://www.moneymentor.com/MS16Colors.html>



image\_0001.jpg



image\_0002.jpg



image\_0003.jpg



image\_0004.jpg







image\_0813.jpg



image\_0814.jpg



image\_0815.jpg



image\_0816.jpg



image\_0817.jpg



image\_0818.jpg



image\_0819.jpg



image\_0820.jpg



sunrise - Google Search

google.com/search?q=sunrise&source=lnms&tbo=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiHivTP8\_3yAhW7q5UCHT6KCWIQ\_AUoAXoECAIQAw&biw=1366&bih=657

sunrise

All Images Maps Videos News More Tools Collections SafeSearch

morning wallpaper beach beautiful mountain ocean sunset nature good morning >

 Sydney - Sunrise Over the South Pacific  
heygo.com

 20 Sunrise Quotes - Sayings About the ...  
countryliving.com

 The Science Of Sunrises: 4 Fun Facts  
forbes.com

 Sunrise in Vietnam ...  
itourvn.com

 Beautiful Sunrise  
snapshot.canon-asia.com

 SUNRISE IN VIET NAM

 SUNRISE - National Day Cal...

 June 14th: The Earliest Sunrise of 2021 ...

 20000+ Sunrise & ảnh Bình Minh miễn phí

 Sunrise Wallpaper cho Android - Tải về APK



hoa phượng - Google Search

google.com/search?q=hoa+phượng&tbo=isch&ved=2ahUKEwikt5DR8\_3yAhXNeX0KHVtfBYsQ2-cCegQIABAA&oq=hoa+phượng&gs\_lcp=CgNpbWcQAzIFCAAQ...

Google

hoa phượng

All Images Maps Videos News More Tools Collections SafeSearch

học trò mùa hè thơ sân trường hải phòng cây bàng lăng vàng hình ảnh trời >

Hoa Phượng đỏ - Loài Hoa Của Tuổi... baokhuyennong.com

stt hay ... meta.vn

Hoa phượng khoe sắc sớm congan.com.vn

Mùa hạ, đỏ rực trời hoa phượng – Tiến... rfa.org

Hoa phượng | Hoa, Phượng vĩ, Hình ảnh pinterest.com

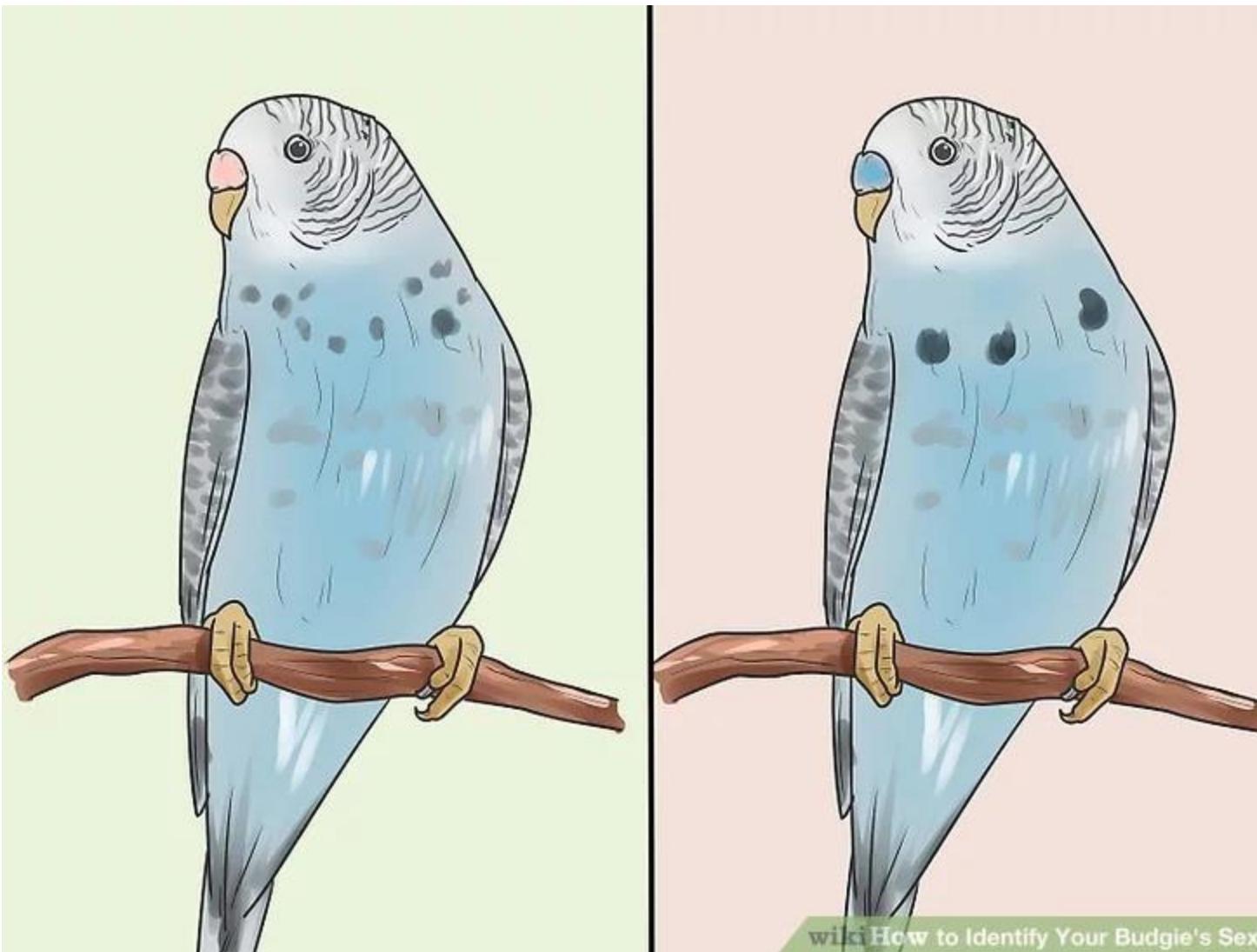
stt hay ...

Ý Nghĩa Hoa Phượng - Cánh Phượng T...

Hoa phượng về trời | Văn Thơ Công Giáo

Ý nghĩa hoa phượng (hoa phượng vỹ)

Phượng đỏ-Một sắc duyên Hải Phòng





Male



Female





# Xác định sự giống nhau giữa 2 ảnh ?



# Bài toán

- Hai ảnh x và y là ảnh của một loài hoa nào đó.
- Hãy xác định x và y có **cùng thuộc 1 loài hoa** ?
- Ví dụ: các ảnh sau là thuộc cùng một loài





# Bài toán

- Hai ảnh x và y là ảnh của một loài hoa nào đó.
- Hãy xác định x và y có **cùng thuộc 1 loài hoa** ?
- Ví dụ:



ảnh x



ảnh y

# Xác định độ đo



x



y

	Hàm khoảng cách: $dist(x,y)$	Hàm đo sự tương đồng: $sim(x,y)$
Giống nhau		
Khác nhau hoàn toàn		



# Xác định độ đo

[https://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean\\_distance](https://en.wikipedia.org/wiki/Euclidean_distance) ::

## Euclidean distance - Wikipedia

In mathematics, the **Euclidean distance** between two points in Euclidean space is the length of a line segment between the two points.

[Distance formulas](#) · [Two dimensions](#) · [Properties](#) · [Squared Euclidean distance](#)

[https://vi.wikipedia.org/wiki/Kho%C3%A1ng\\_c%C3%A1ch\\_Euclid](https://vi.wikipedia.org/wiki/Kho%C3%A1ng_c%C3%A1ch_Euclid) · [Translate this page](#) ::

## Khoảng cách Euclid – Wikipedia tiếng Việt

Trong toán học, khoảng cách Euclid (tiếng Anh: **Euclidean distance**) giữa hai điểm trong không gian Euclid là độ dài của đoạn thẳng nối hai điểm đó.

[Các công thức khoảng cách](#) · [Hai chiều](#) · [Nhiều chiều](#) · [Tính chất](#)

### Formula

$$d(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}$$

$\mathbf{p}, \mathbf{q}$  = two points in Euclidean n-space

$q_i, p_i$  = Euclidean vectors, starting from the origin of the space (initial point)

$n$  = n-space



# Xác định độ đo

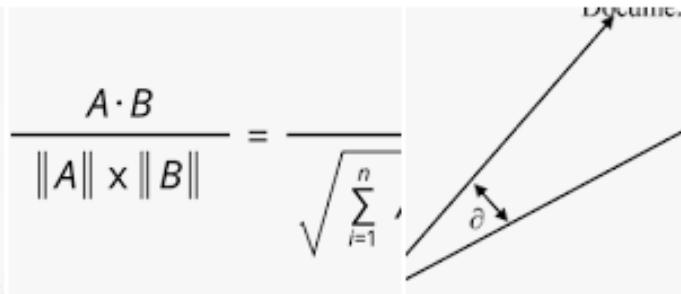
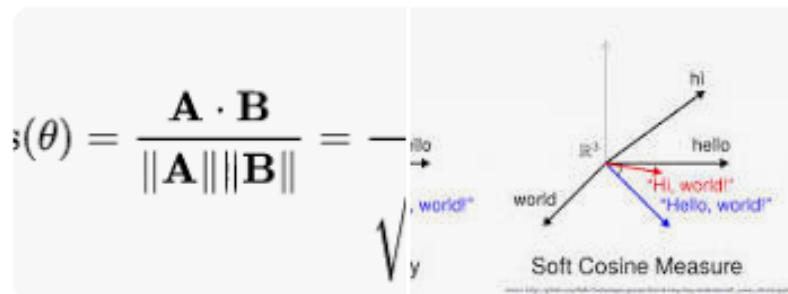
cosine similarity



All Images Videos Books News More

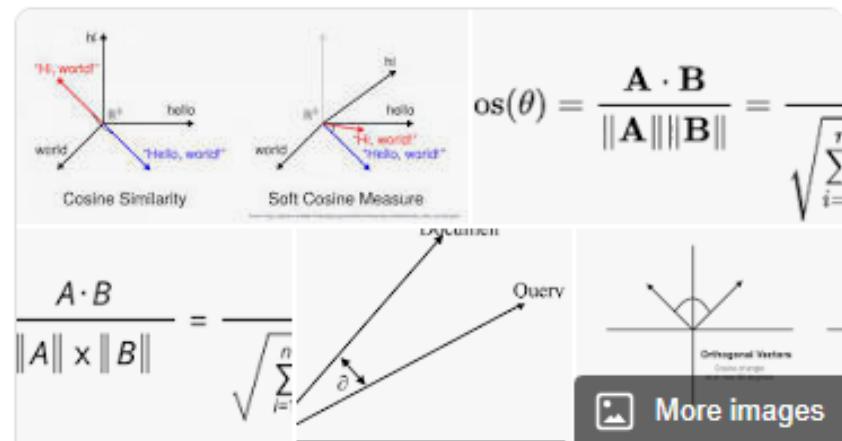
Tools

About 8,550,000 results (0.55 seconds)



Cosine similarity measures **the similarity between two vectors of an inner product space**. It is measured by the cosine of the angle between two vectors and determines whether two vectors are pointing in roughly the same direction. It is often used to measure document similarity in text analysis.

<https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science> ::



## Cosine similarity

Cosine similarity is a measure of similarity between





# Xác định độ đo

- <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.spatial.distance.euclidean.html>

```
>>> from scipy.spatial import distance  
>>> distance.euclidean([1, 0, 0], [0, 1, 0])  
1.4142135623730951  
>>> distance.euclidean([1, 1, 0], [0, 1, 0])  
1.0
```

# Biểu diễn ảnh



x



y

	Hàm khoảng cách: $dist(x,y)$	Hàm đo sự tương đồng: $sim(x,y)$
?		
?		

# Biểu diễn ảnh



x



y

	Hàm khoảng cách: $dist(x,y)$	Hàm đo sự tương đồng: $sim(x,y)$
?		
?		

# Biểu diễn ảnh



x

	Hàm khoảng cách $dist(x,y)$
?	
?	





# Biểu diễn ảnh



x



y

	Hàm khoảng cách: $dist(x,y)$	Hàm đo sự tương đồng: $sim(x,y)$
?		
?		

# Biểu diễn ảnh



x

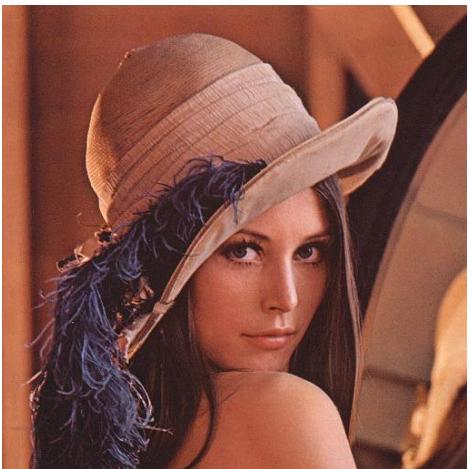


y

	Hàm khoảng cách: $dist(x,y)$	Hàm đo sự tương đồng: $sim(x,y)$
?		
?		



# Biểu diễn ảnh



x



y

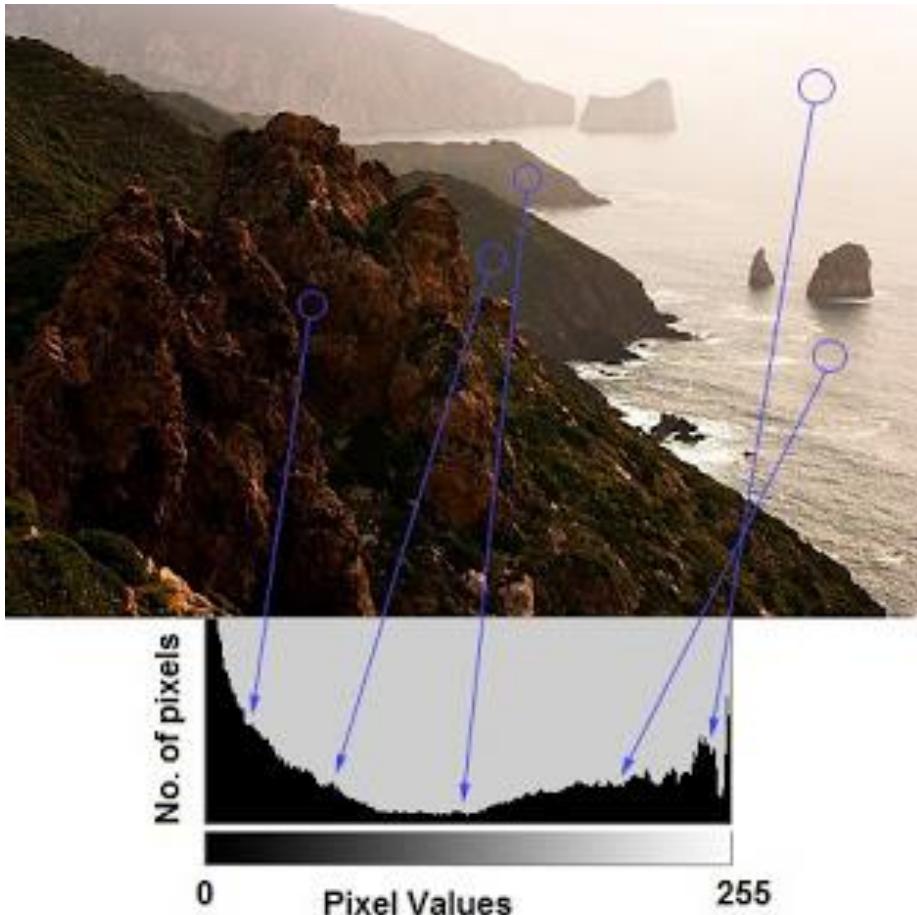
	Hàm khoảng cách: $dist(x,y)$	Hàm đo sự tương đồng: $sim(x,y)$
?		
?		



# Histogram



# Định nghĩa Histogram



[https://docs.opencv.org/4.5.1/d1/db7/tutorial\\_py\\_histogram\\_begins.html](https://docs.opencv.org/4.5.1/d1/db7/tutorial_py_histogram_begins.html)

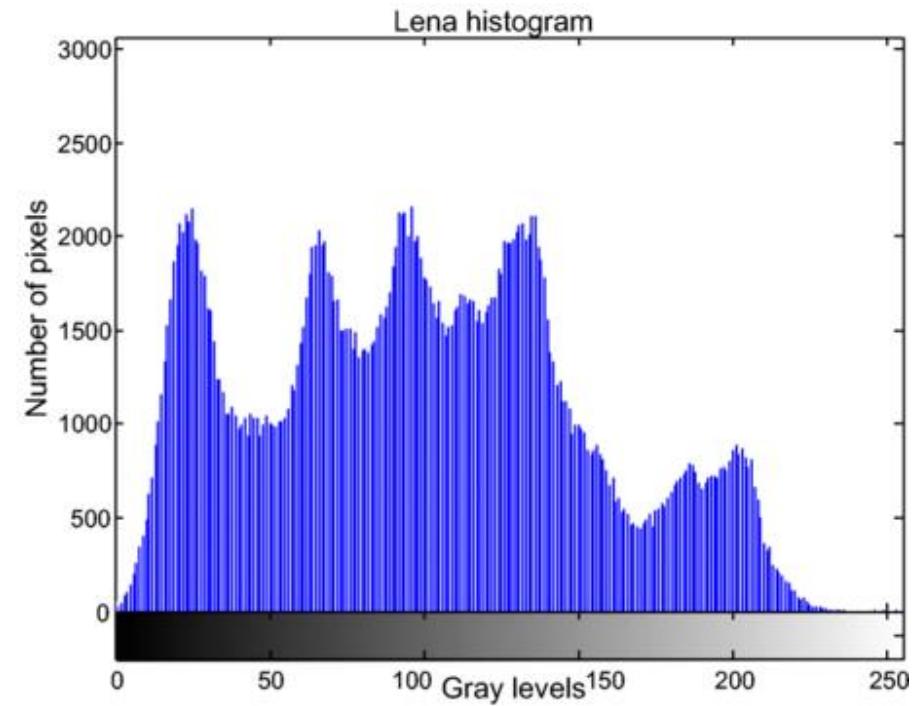


# Định nghĩa Histogram

- Histogram



(a)



(b)

[https://www.researchgate.net/figure/a-Original-lena-image-b-Histogram-of-lena-image\\_fig1\\_335591569](https://www.researchgate.net/figure/a-Original-lena-image-b-Histogram-of-lena-image_fig1_335591569)



# Định nghĩa Histogram

- Histogram (còn gọi là đồ thị cột hay lược đồ xám) của một ảnh số với L mức xám trong miền  $[0, L-1]$  là một hàm rời rạc:

$$p(m) = \frac{n_m}{n} \quad (1)$$

- Trong đó: m là giá trị mức xám,  $m \in [0, L-1]$
- $n_m$  là số pixel có mức xám m
- n là tổng số pixel trong ảnh



# Histogram of color images

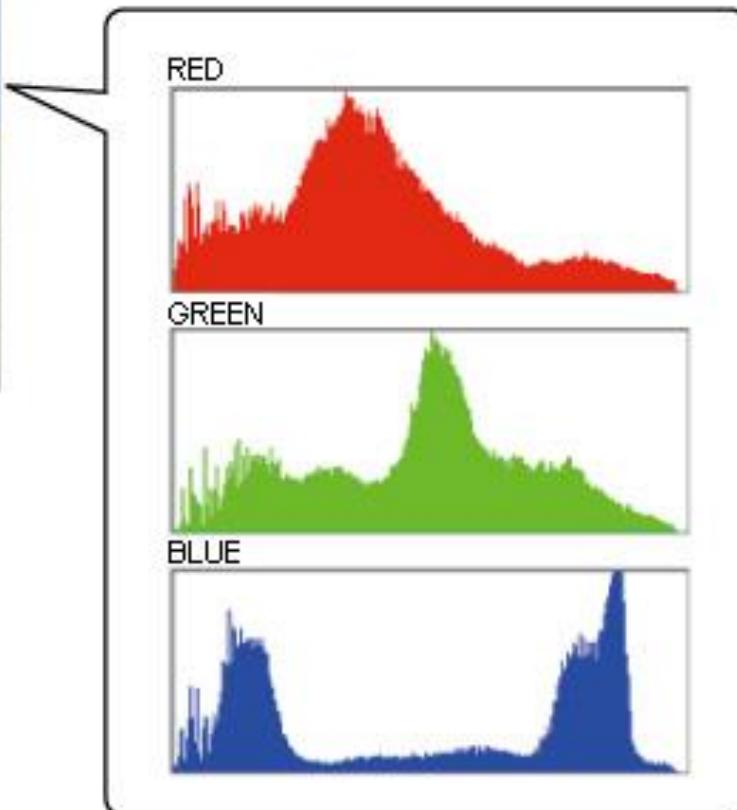
- RGB color can be converted to a gray scale value by

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

- Y: the grayscale component in the YIQ color space used in NTSC television.
- The weights reflect the eye's brightness sensitivity to the color primaries.



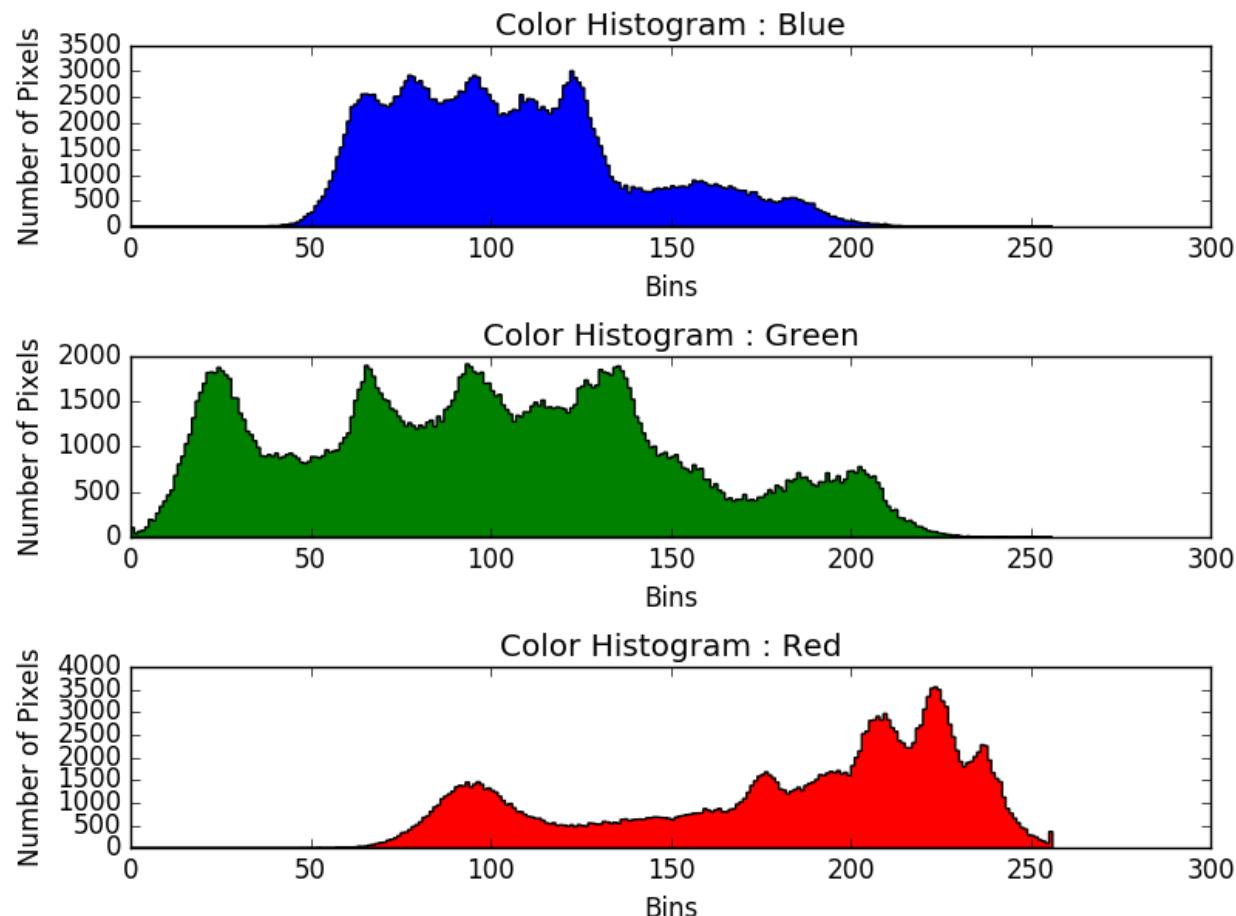
# Histogram of color images



<https://vn.canon/vi/support/8200098700>



# Histogram of color images



[https://www.researchgate.net/figure/Global-feature-Color-histogram-of-RGB-image\\_fig2\\_342367884](https://www.researchgate.net/figure/Global-feature-Color-histogram-of-RGB-image_fig2_342367884)



# Ví dụ

- Tính histogram của ảnh sau

255	○	137	137	137	137	○
○	128	255	128	137	255	137
128	○	○	64	128	64	64
128	128	○	255	137	255	○
○	255	128	137	137	137	○
128	137	137	137	○	255	64
255	128	128	128	128	64	64



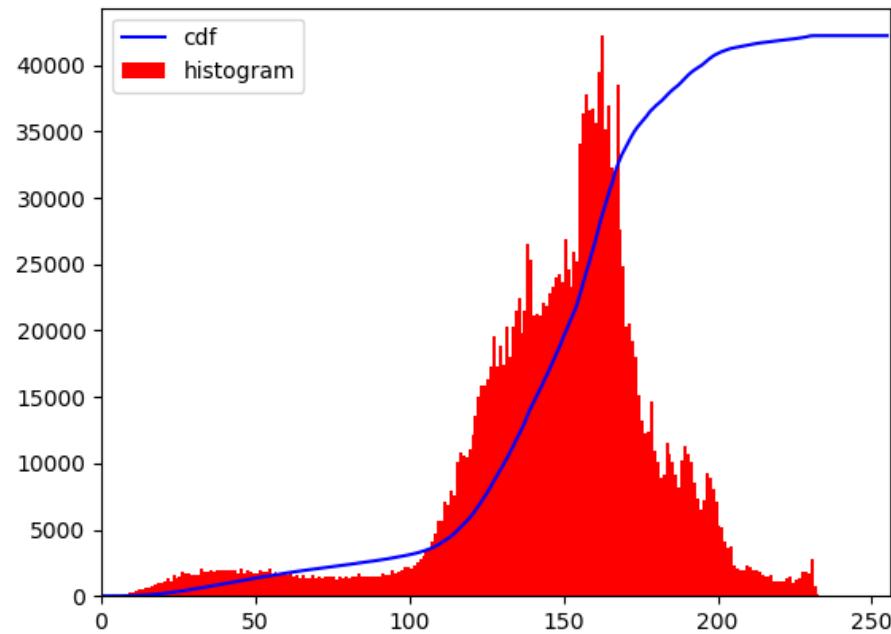
```
import cv2  
import numpy as np  
from matplotlib import pyplot as plt  
  
img = cv2.imread('empire',0)  
plt.hist(img.ravel(),256,[0,256])  
plt.show()
```



```
import numpy as np
import cv2 as cv
from matplotlib import pyplot as plt
img = cv.imread('empire.jpg',0)

hist,bins = np.histogram(img.flatten(),256,[0,256])
cdf = hist.cumsum()
cdf_normalized = cdf*float(hist.max())/cdf.max()

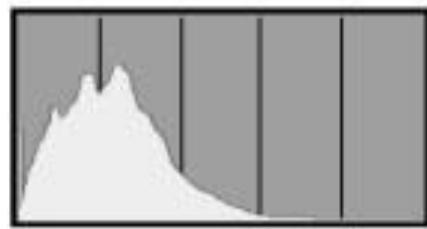
plt.plot(cdf_normalized, color = 'b')
plt.hist(img.flatten(),256,[0,256],color = 'r')
plt.xlim([0,256])
plt.legend(['cdf','histogram'], loc = 'upper left')
plt.show()
```



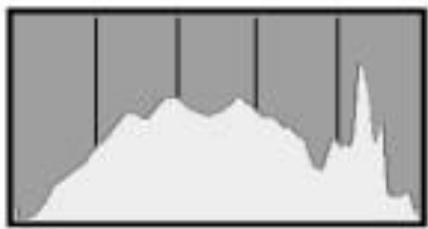


# Why histogram ?

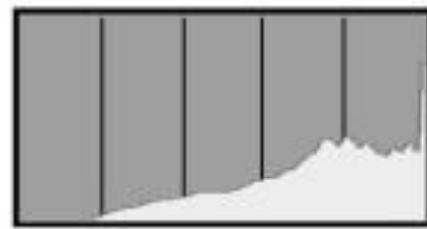
- By looking at an image and its histogram, you can check the exposure level and the overall gradation in the image.



Dark image



Normal brightness

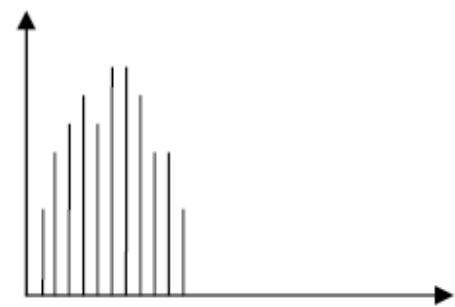


Bright image

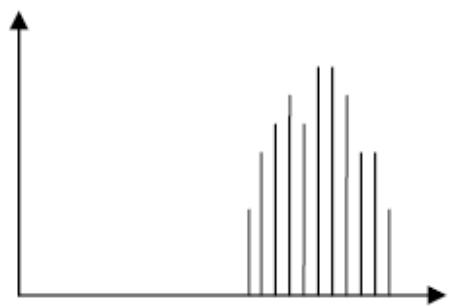


# Why histogram ?

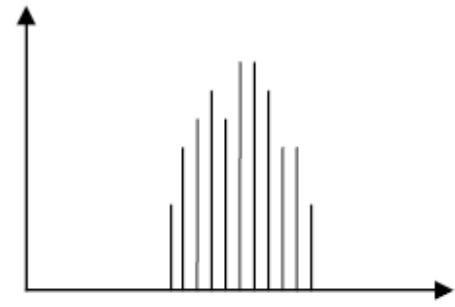
- Lưu ý: Đồ thị cột của  $p(m)$ ,  $\forall m$  cho ta biết tính chất toàn cục của ảnh. Tính chất này có thể được sử dụng để nâng cao độ tương phản.
- Ví dụ:



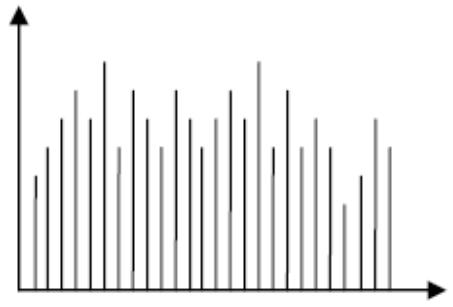
Ảnh bị tối



Ảnh dư sáng



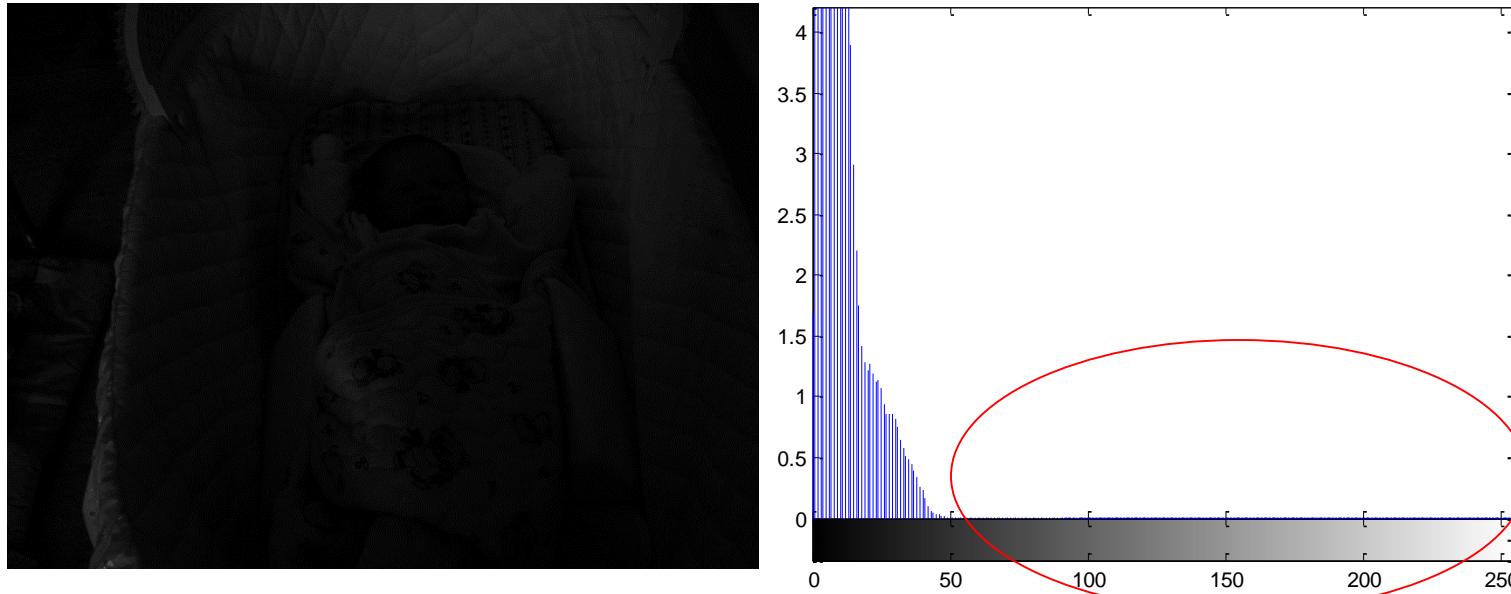
Ảnh có độ tương phản thấp



Ảnh có độ tương phản tốt



# Why Histogram?

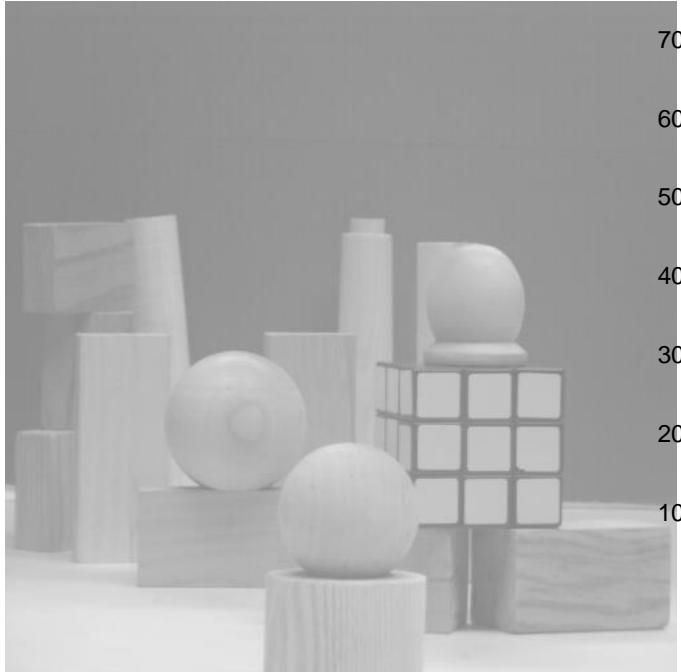


It is a baby in the cradle!

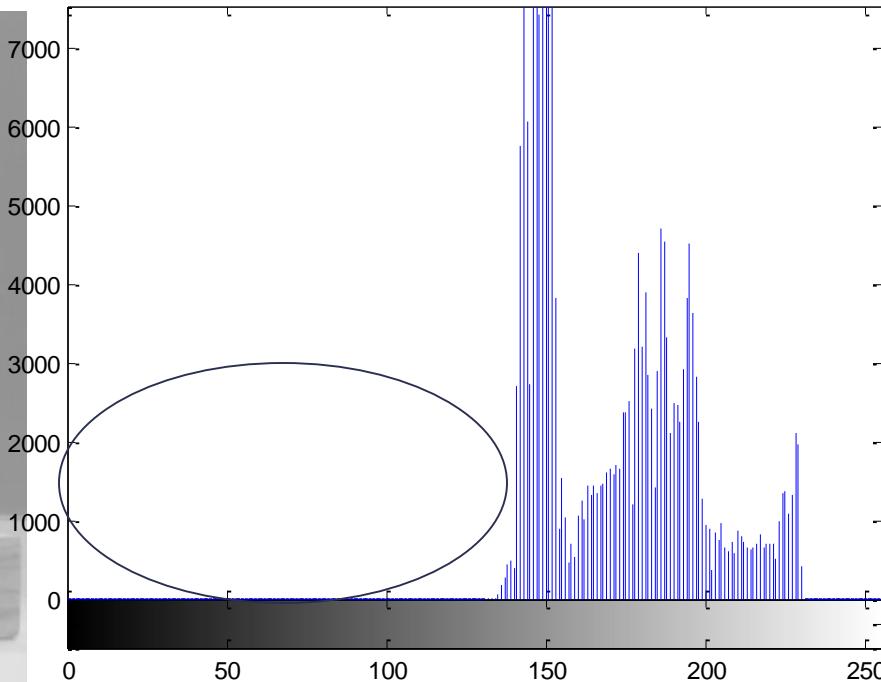
Histogram information reveals that image is under-exposed



# Another Example

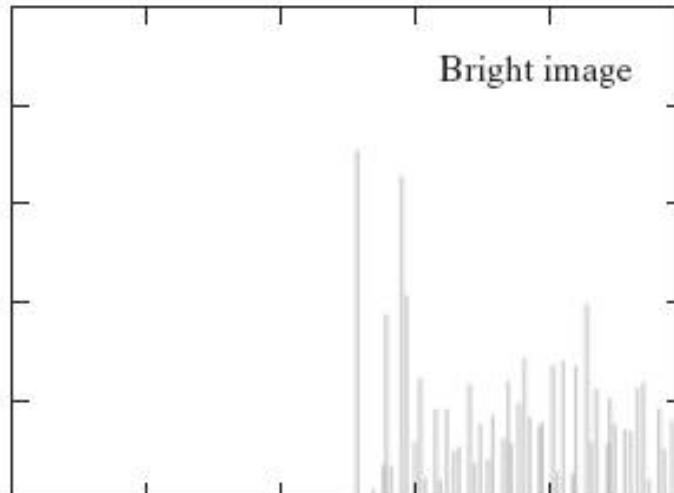
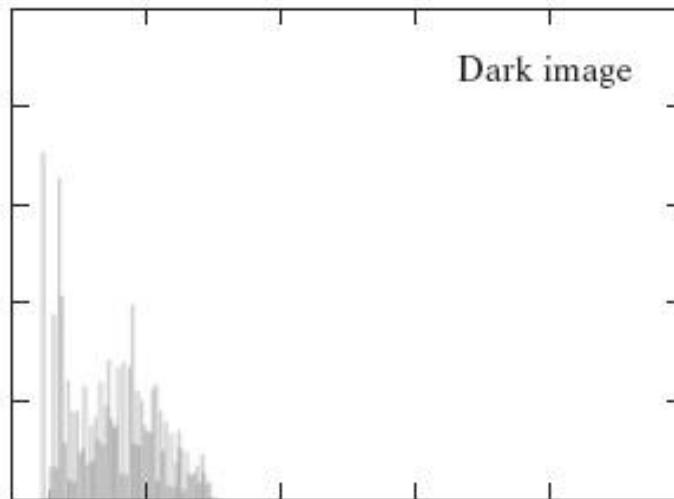
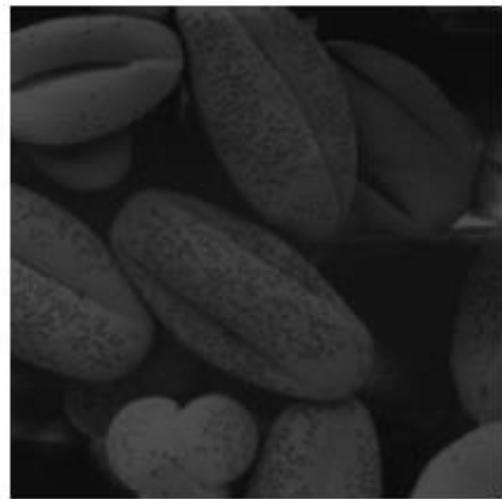


Over-exposed image

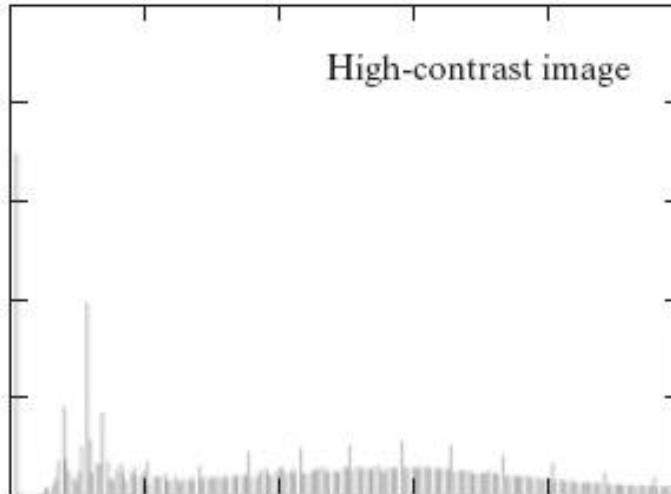
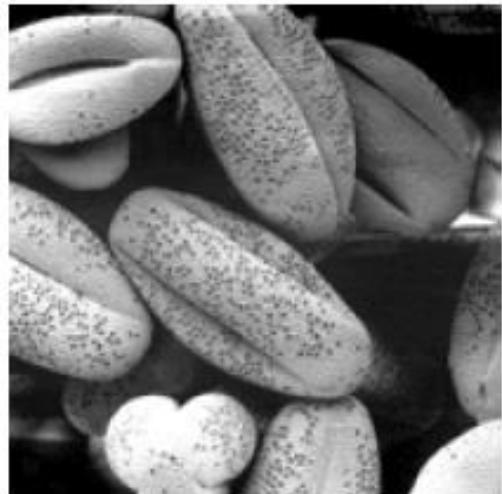
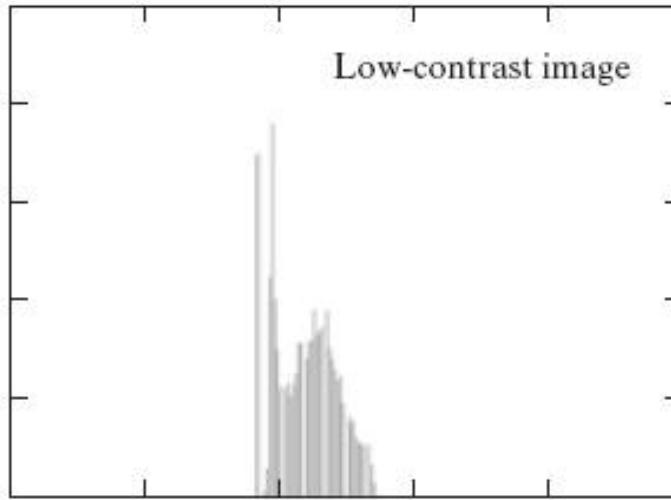
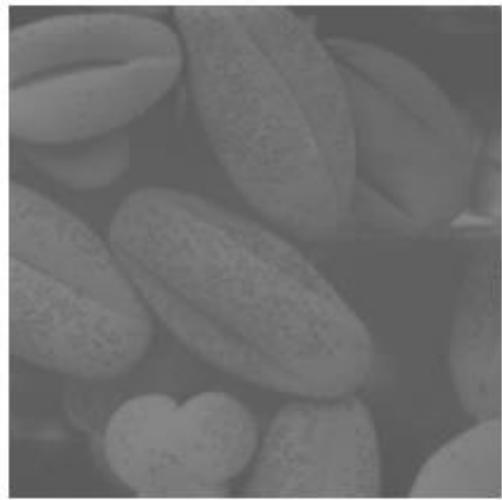




# Tính histogram không chuẩn hóa (3)



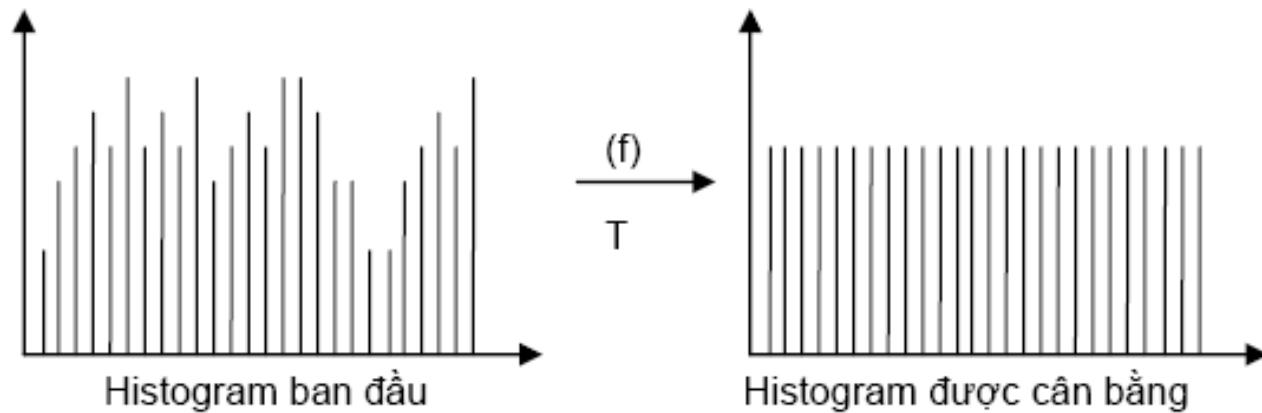
# Tính histogram không chuẩn hóa (4)





# Cân bằng histogram (1)

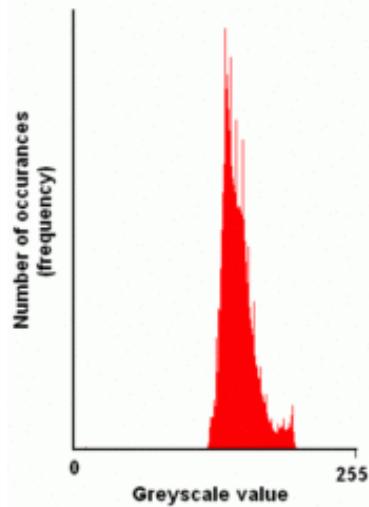
- Phương pháp cân bằng histogram sẽ làm cho ảnh đích có 1 histogram phẳng, khi đó mọi mức xám trong ảnh đích có cùng xác suất xuất hiện như sau.



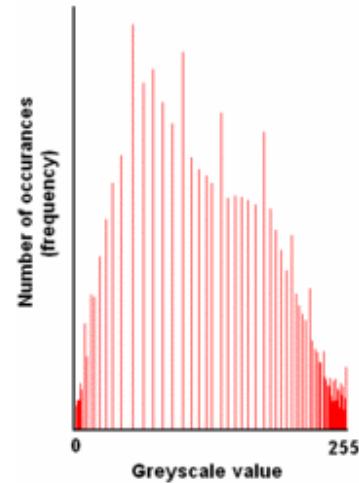
- Nhận xét: Cân bằng histogram là một thao tác điểm thông qua một hàm ánh xạ (bảng tra cứu)



# Cân bằng histogram (2)

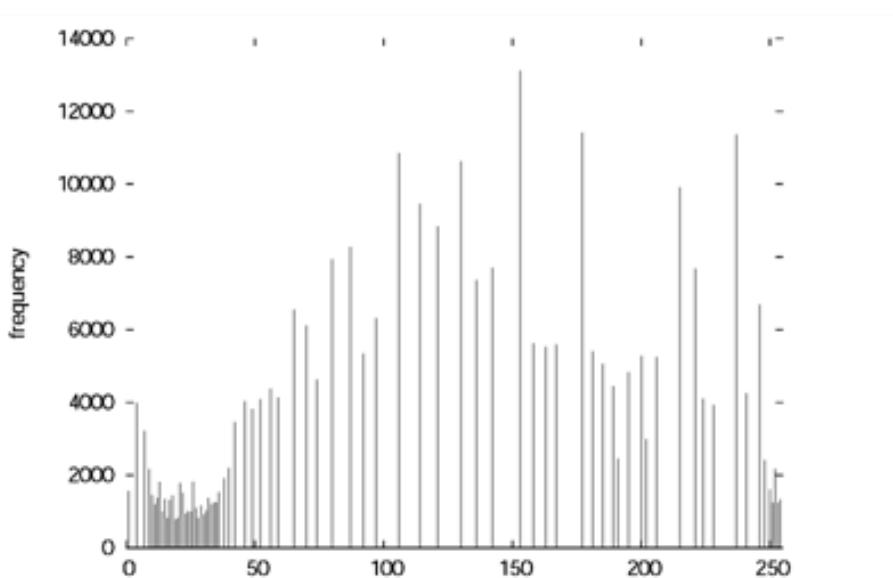
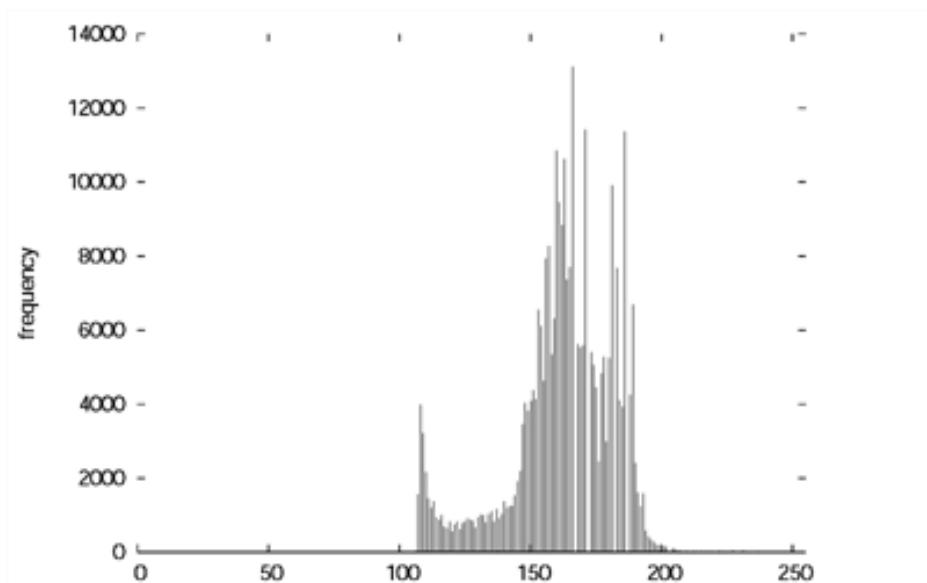


$T$





# Cân bằng histogram (3)





# Cân bằng histogram (4)

- Ý tưởng:
- Tìm một hàm biến đổi phi tuyến  $T$ :  
$$d = T(s)$$
- để áp dụng lên từng pixel của ảnh  $s(x,y)$  sao cho phân bố của các mức xám trong ảnh kết quả  $d(x,y)$  là đồng nhất.



# Cân bằng histogram (5)

## Xác định hàm ánh xạ

- Một cách tổng quát, ta xét tín hiệu liên tục (analog), sau đó sẽ xét đến tín hiệu không liên tục (digital).
- + Gọi  $s$  là các mức xám trong ảnh cần được cải thiện. Giả thuyết rằng  $s$  liên tục và thuộc  $[0,1]$  với:
  - $s=0$ : màu đen (hoàn toàn )
  - $s=1$ : màu trắng (hoàn toàn)
- + Gọi  $S$ : ảnh nguồn;  $p_S(s)$ : hàm mật độ xác suất của  $S$   
 $D$ : ảnh đích;  $p_D(d)$ : hàm mật độ xác suất của  $D$   
 $T$ : là hàm ánh xạ từ  $s$  sang  $d$ , ta có  $T(s)=d$
- Để được histogram phẳng, ta có thể tìm hàm  $T$  sao cho  
$$p_D(d) = 1, \forall d \in [0,1]$$



# Cân bằng histogram (6)

- Xét hàm biến đổi sau:

$$d = T(s) = \int_0^s p_s(w) dw, \quad 0 \leq s \leq 1 \quad (2)$$

Đây chính là hàm phân bố xác suất tích lũy của ảnh nguồn.

Ta sẽ chứng minh với  $T$  như trên thì  $p_D(d) = 1, \forall d \in [0,1]$

- Từ lý thuyết xác suất, ta có:

$$p_D(d) = \left[ p_s(s) \frac{ds}{dd} \right]_{s=T^{-1}(d)} \quad (3)$$

- Từ (2) lấy đạo hàm  $d$  theo  $s$ :

$$\frac{dd}{ds} = p_s(s) \Leftrightarrow \frac{ds}{dd} = \frac{1}{p_s(s)} \quad (4)$$

- Thay (4) vào (3) ta được:

$$p_D(d) = 1, \forall d \in [0,1] \quad (\text{đpcm})$$



# Cân bằng histogram (7)

Đối với tín hiệu rời rạc (không liên tục)

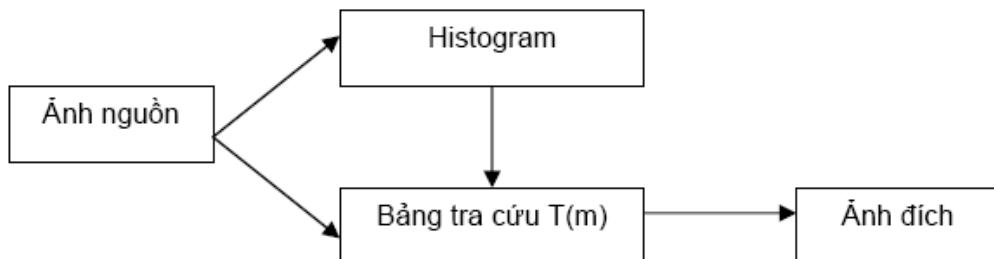
- Ta có:  $p_0=n_0/n, p_1=n_1/n, \dots, p_{L-1}=n_{L-1}/n$ ,
- Đối với tín hiệu rời rạc (không liên tục), thì  $\sum_{i=0}^k P_i$  ên đổi  $T(s)$  ở (2) có thể được viết lại:

$$T(k)=$$

- Lưu ý:
  - Do giá trị của  $T(k) \in [0,1] \rightarrow$  cần phải chuẩn hóa lại giá trị

$$T(k)=T(k)*(L-1)$$

- Khi chuyển từ  $r$  do lỗi lượng hóa



Ảnh đích không thực sự phẳng



# Cân bằng histogram (8)

- Ví dụ 1

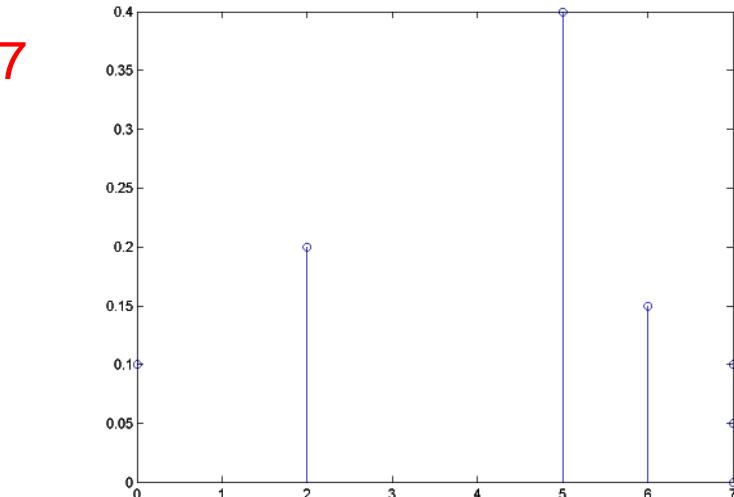
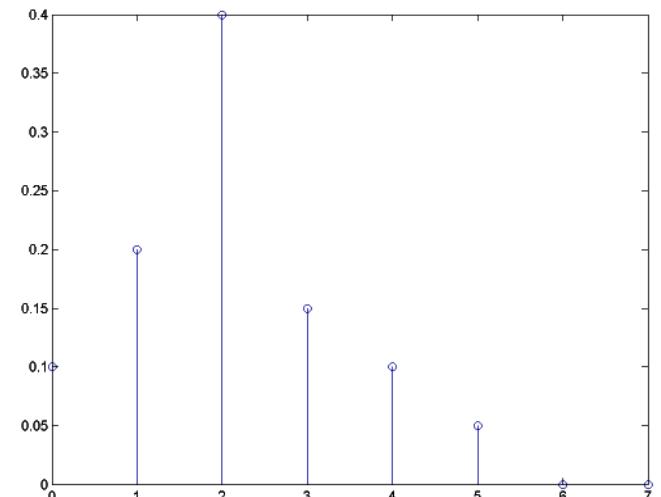
- $m$                     0      1      2      3      4      5      6      7      ( $L=8$ )

- $p(m)$                 0.1     0.2     0.4     0.15     0.1     0.05     0      0

- $T(m)$                 0.1     0.3     0.7     0.85     0.95     1.0     1.0     1.0

- Chuẩn hóa

$T(m)$





# Ví dụ 2

2	3	2	1	2
1	2	0	2	3
0	1	1	3	1
2	3	0	1	2
0	1	2	2	0

Sample Image

Pixel Value	Number of Pixels
0	5
1	7
2	9
3	4

Intensity distribution of the above image

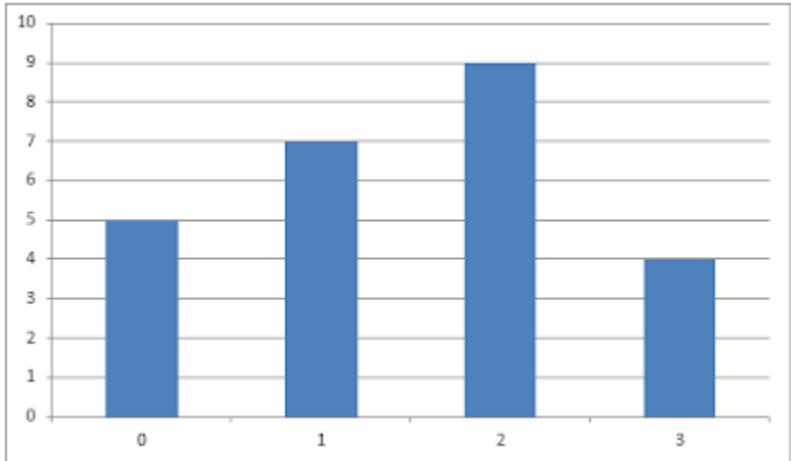
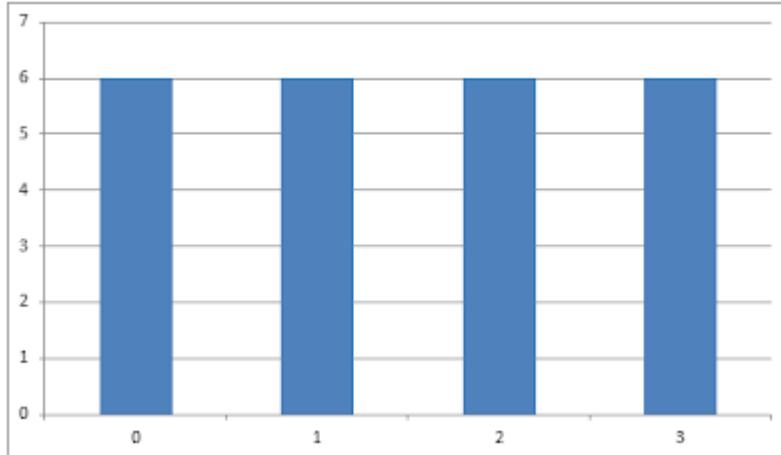


Image Histogram



Ideal histogram of the image after the equalization



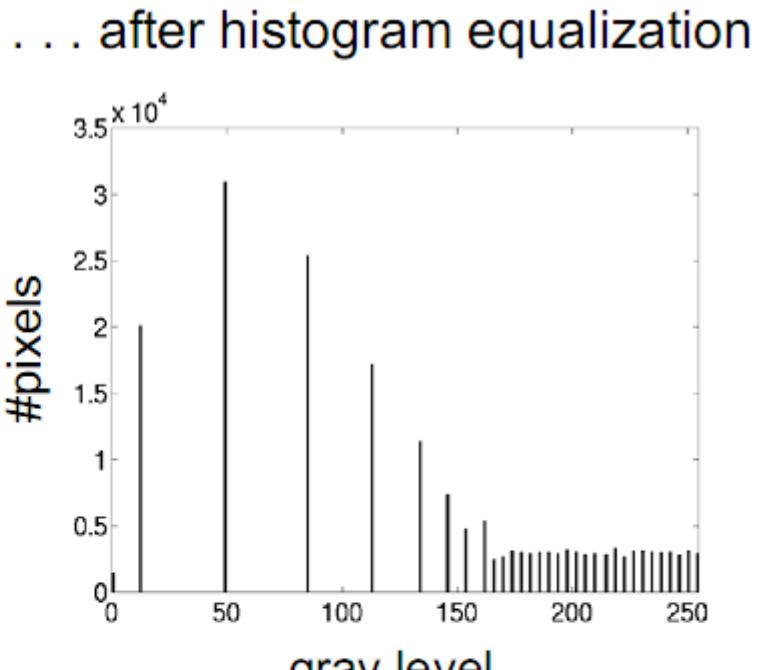
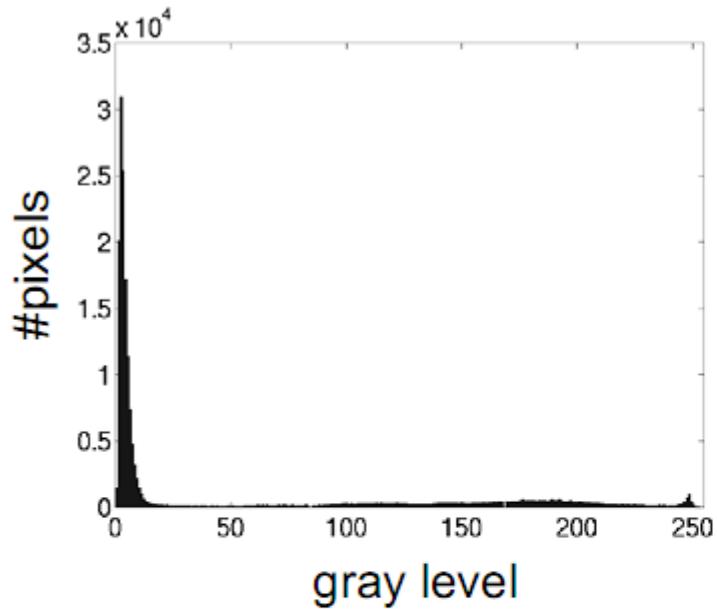
# Cân bằng histogram

- Nhận xét: Cân bằng histogram là một thao tác điểm thông qua một hàm ánh xạ (bảng tra cứu)
- Lưu ý: Đối với ảnh mà phần nền hay phần đối tượng chiếm tỉ lệ đa số trong toàn bộ diện tích ảnh thì không nên dùng cân bằng histogram.



# Cân bằng histogram

Original image *Moon*





# Adaptive Histogram Equalization

- Là thao tác cân bằng histogram trên các vùng nhỏ (được gọi là tiles) trong ảnh.
- Dùng để nâng cao độ tương phản cục bộ trong ảnh.



Sliding window approach:  
different histogram (and mapping)  
for every pixel



Tiling approach:  
subdivide into overlapping regions,  
mitigate blocking effect by smooth blending  
between neighboring tiles

- adaptive histogram equalization (CLAHE), được phát triển trong bài toán khuếch đại nhiễu.

adaptive histogram



# Adaptive Histogram Equalization



Original

Global histogram

Tiling  
8x8 histograms

Tiling  
32x32 histograms



Original image *Tire*



*Tire* after  
equalization of  
global histogram



*Tire* after  
adaptive histogram equalization  
8x8 tiles