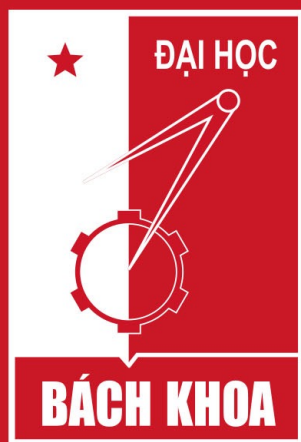




25 YEARS ANNIVERSARY
SOICT

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG



ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Nhập môn Khoa học dữ liệu (IT4142)

Nội dung môn học

- Lecture 1: Tổng quan về Khoa học dữ liệu
- Lecture 2: Thu thập và tiền xử lý dữ liệu
- Lecture 3: Làm sạch và tích hợp dữ liệu
- Lecture 4: Phân tích và khám phá dữ liệu
- Lecture 5: Trực quan hoá dữ liệu
- Lecture 6: Trực quan hoá dữ liệu đa biến
- Lecture 7: Học máy
- Lecture 8: Phân tích dữ liệu lớn
- Lecture 9: Báo cáo tiến độ bài tập lớn và hướng dẫn
- **Lecture 10+11: Phân tích một số kiểu dữ liệu**
- Lecture 12: Đánh giá kết quả phân tích

Nội dung

- Thị giác máy tính và một số ứng dụng
- Khái niệm cơ bản về ảnh số
 - Ảnh số, lược đồ xám, độ sáng độ tương phản, màu,...
 - Thư viện : Opencv
- Nhận diện và một số bộ lọc cơ bản
 - lọc nhiễu
 - phát hiện biên
- Biểu diễn nội dung ảnh / trích chọn đặc trưng: đặc trưng cục bộ và đặc trưng toàn cục

Thị giác máy tính ?

- Xử lý ảnh
 - Làm việc trên ảnh như một ma trận số
 - Đầu vào: ảnh số → đầu ra: ảnh số (ma trận)
 - Hỗ trợ kiểm tra và sửa đổi ảnh
- Thị giác máy tính
 - Làm máy tính hiểu nội dung ảnh số và video số
 - Ảnh và video coi như dữ liệu đầu vào
 - Đầu ra: thông tin ngữ nghĩa, thông tin 3D

What kind of scene?

Where are the cars?

How far is the building?



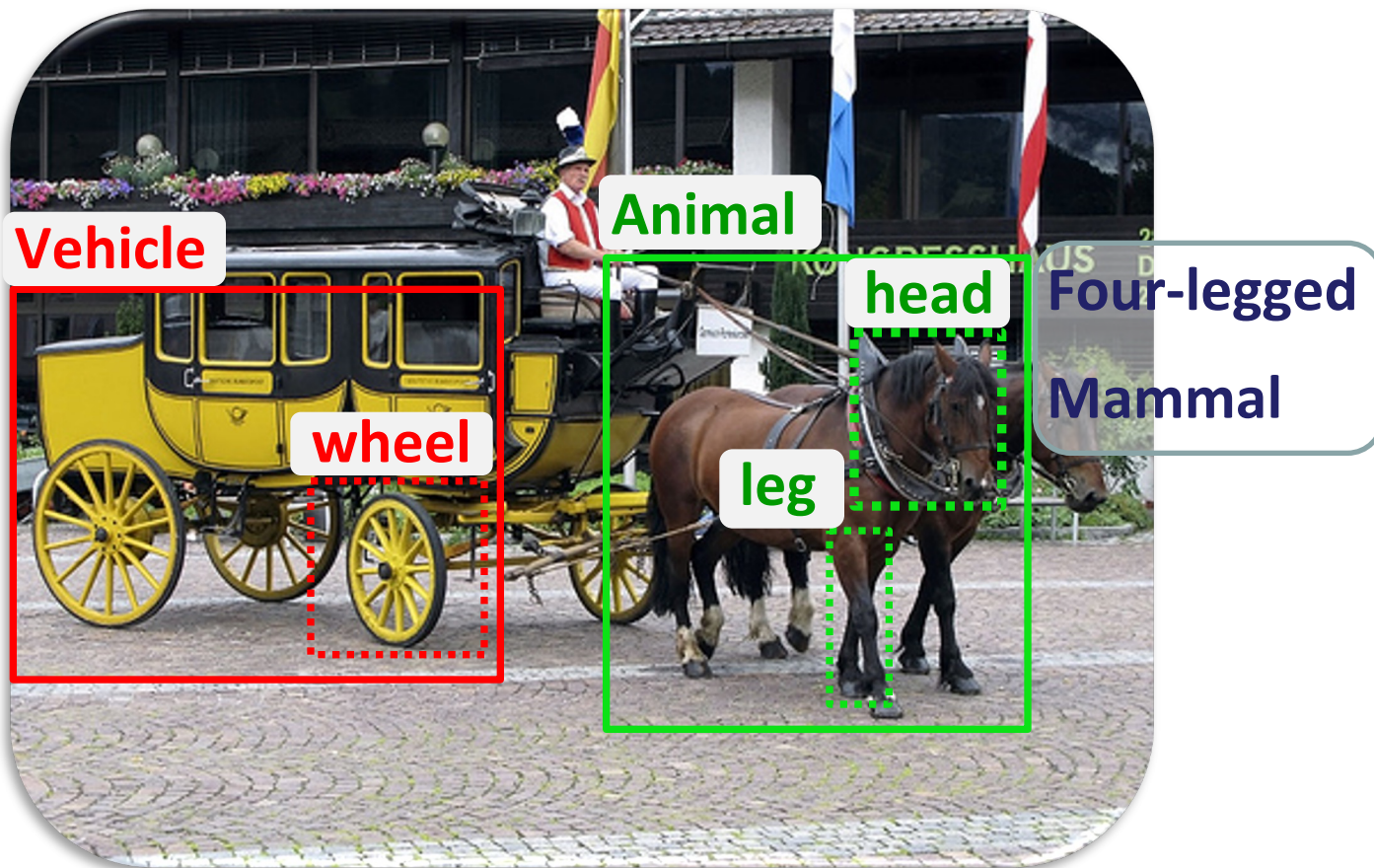
Ứng dụng của thị giác máy tính

- Ảnh, video:
 - Nguồn dữ liệu dồi dào, môi trường đa dạng
 - Giàu thông tin
- ➔ Lĩnh vực thu hút nhiều quan tâm đặc biệt trong kỷ nguyên mới ..



Ứng dụng của thị giác máy tính

- Hiểu nội dung ảnh



Ứng dụng của thị giác máy tính

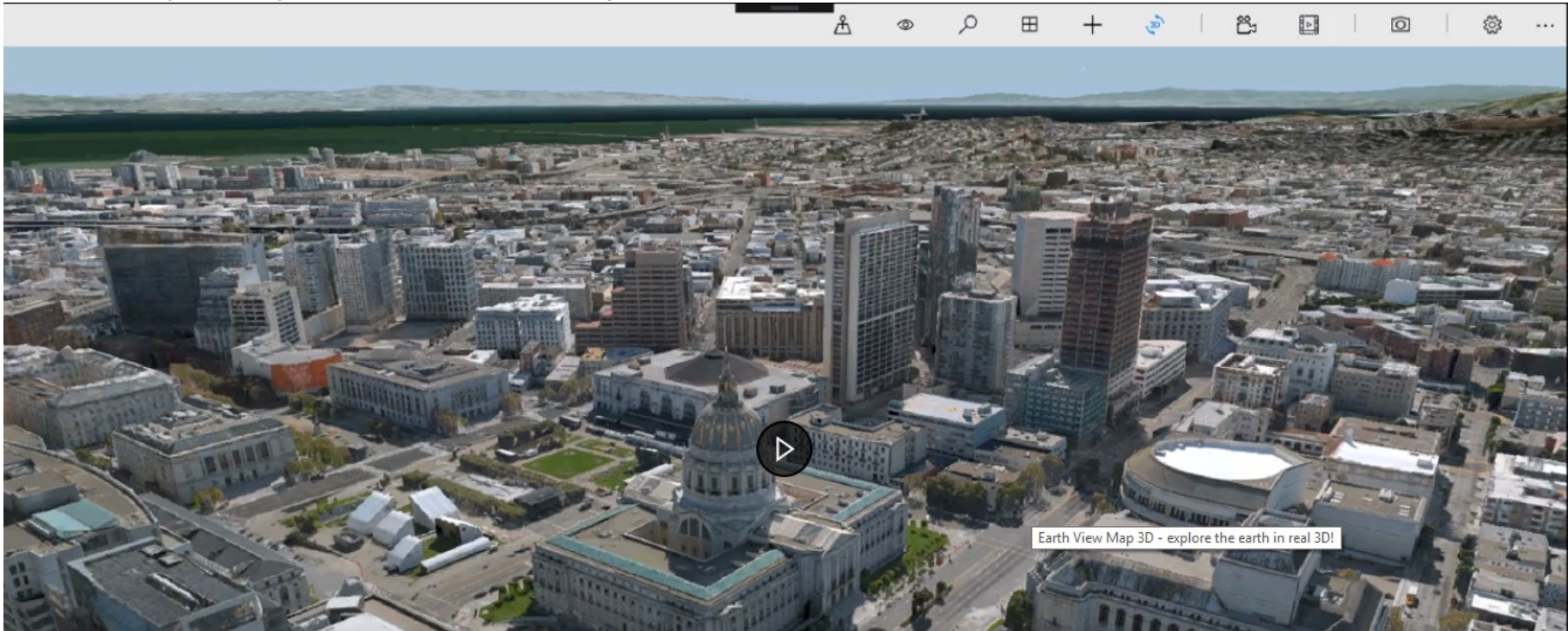
- Hiểu nội dung bức ảnh



Facebook's suggestion

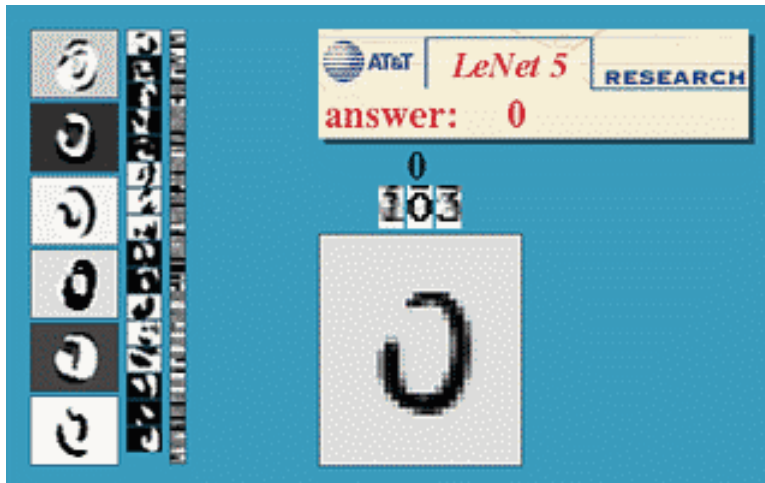
Ứng dụng của thị giác máy tính

- Earth View, Google earth (mô hình 3D từ nhiều ảnh 2D): mô hình được sinh tự động + các công trình tiêu biểu cần chi tiết: mô hình được thiết kế thủ công (Golden Gate bridge or Sydney Opera house)



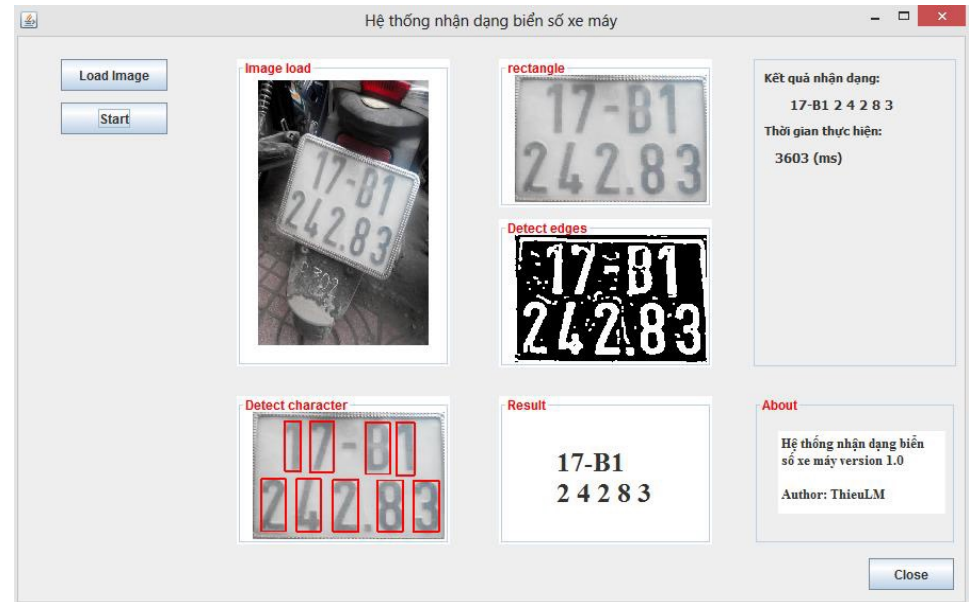
Ứng dụng của thị giác máy tính

- OCR (Optical character recognition)
 - Technology to convert scanned docs to text: each scanner came with an OCR software



Digit recognition, AT&T labs

<http://yann.lecun.com/exdb/lenet/>



Licence plate detection
and character recognition

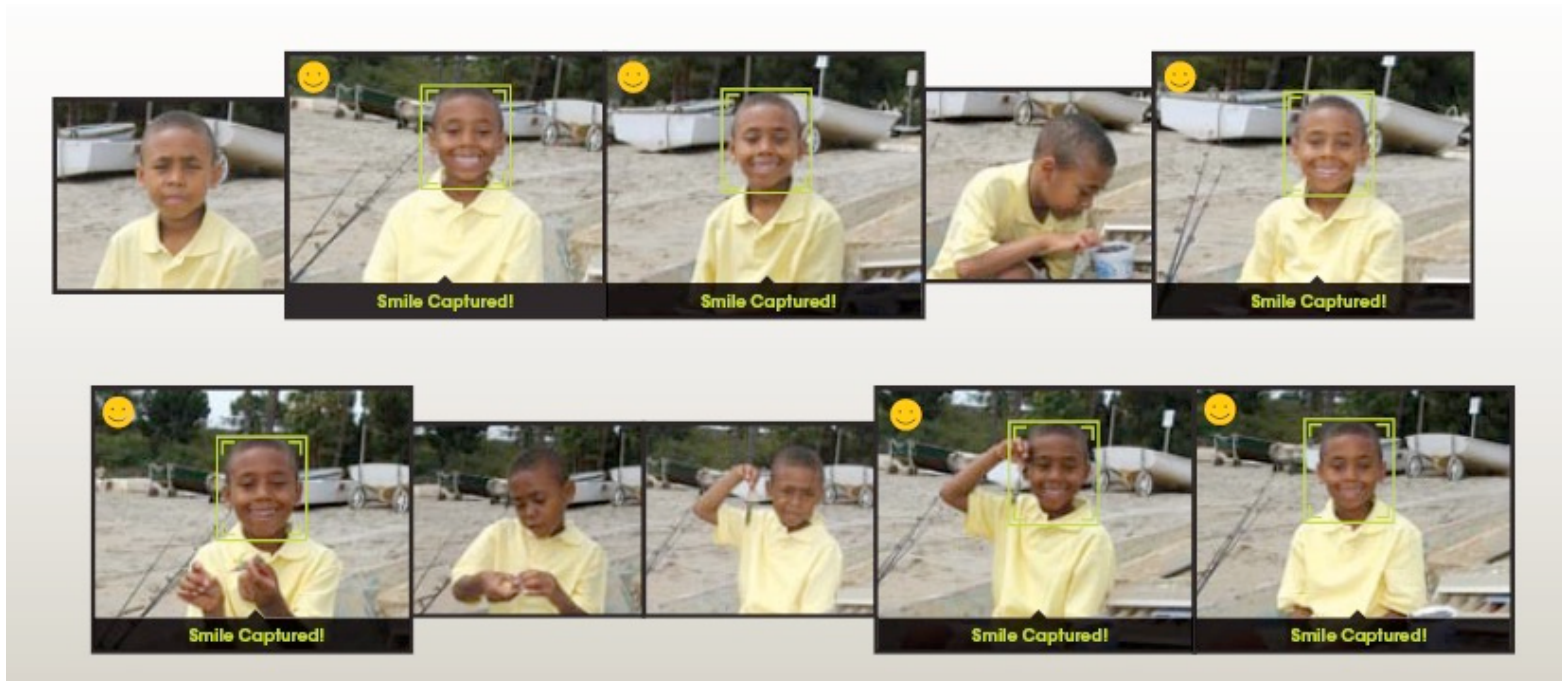
Ứng dụng của thị giác máy tính

- Phát hiện mặt người: được tích hợp trong hầu hết các camera để focus tự động, cho phép có các bức ảnh đẹp



Ứng dụng của thị giác máy tính

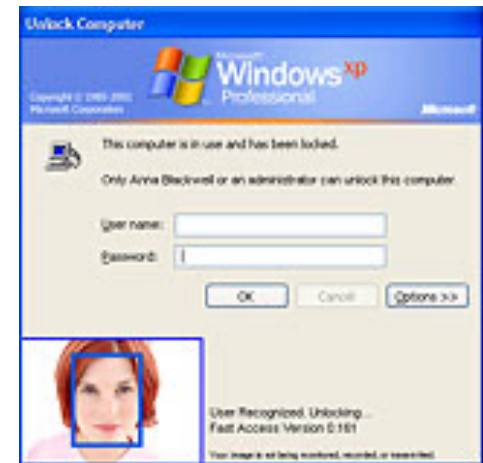
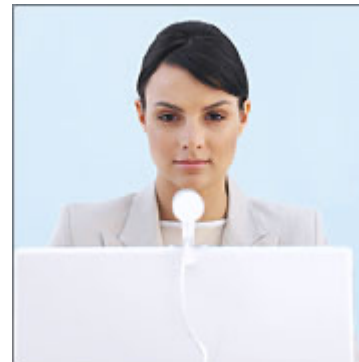
- Phát hiện mặt cười: smart camera
 - Camera có thể tự động chọn thời điểm chụp để có bức ảnh có biểu cảm hoàn hảo



Source: Derek Hoiem, Computer vision, CS 543 / ECE 549, University of Illinois

Ứng dụng của thị giác máy tính

- Đăng nhập với thông tin sinh trắc học (vân tay, mống mắt, mặt,...)



Bộ quét vân tay được trang bị trên nhiều máy tính cũng như các thiết bị khác

Nhận dạng mặt được xuất hiện rộng rãi hơn

<http://www.sensiblevision.com/>

Source: Derek Hoiem, Computer vision, CS 543 / ECE 549, University of Illinois

Ứng dụng của thị giác máy tính

- Phát hiện đối tượng (trên mobiles)



[Point & Find, Nokia](#)

[Google Goggles](#)

Ứng dụng của thị giác máy tính

TinEye
Reverse Image Search



- Truy vấn ảnh dựa trên nội dung



22 Results

Searched over [2,1809 billion](#) images in 1.116 seconds.

for file: test_st_2133673b.jpg

- These results expire in **72 hours**. [Why?](#)
- [Share a success story!](#)
- TinEye is [free](#) to use for non-commercial purposes.

Image Collection Results (info...)



[pa.photoshelter.com](#)
[pa.photoshelter.com/image/l...](#)

[Compare](#) | [Link](#)
JPEG Image
0x672, 393.8 KB

[view 1 more collection result](#)



[blogs.telegraph.co.uk](#)
[steve_jobs.jpg](#)
[blogs.telegraph.co.uk/technology/tech...](#)
[blogs.telegraph.co.uk/technology/tech...](#)

[Compare](#) | [Link](#)
JPEG Image
10x200, 78.1 KB

[tecnologia.ig.com.br](#)
[7571361.steve_jobs_225_300.jpg](#)
[tecnologia.ig.com.br/noticia/2010/04/...](#)



Google



test_...33673b.jpg x steve jobs iphone



Search

About 490 results (0.51 seconds)

Web

Images

Maps

Videos

News

Shopping

More



Image size:
620 x 388

Find other sizes of this image:
[All sizes](#) - [Small](#) - [Medium](#)

Best guess for this image: [steve jobs iphone](#)

[The iPhone 5 Suggests That Without Steve Jobs, Apple Is Becomin...](#)

[www.forbes.com/sites/.../the-iphone-5-and-the-post-steve-jobs-apple/](#)

3 days ago – see photosClick for full photo gallery: Apple iPhone 5 Event Tim Cook has just wrapped up his introduction of the iPhone 5. On paper, the ...

['Boring' iPhone 5 Is Not A Steve Jobs 'Legacy Device' But Cements ...](#)

[www.forbes.com/.../boring-iphone-5-is-not-a-steve-jobs-legacy-devi...](#)

2 days ago – see photosGetty ImagesClick for full photo gallery: Apple Introduces The iPhone 5 Wired called the iPhone 5 "utterly boring". The BBC ran a ...

[Visually similar images](#) - [Report images](#)



Ứng dụng của thị giác máy tính

- Smart cars → autonomous vehicles



Mobileye: vision systems currently in many cars

“In mid 2010 Mobileye will launch a world's first application of full emergency braking for collision mitigation for pedestrians where vision is the key technology for detecting pedestrians

Source: Derek Hoiem, Computer vision, CS 543 / ECE 549, University of Illinois

Ứng dụng của thị giác máy tính

- Ghép ảnh toàn cảnh:



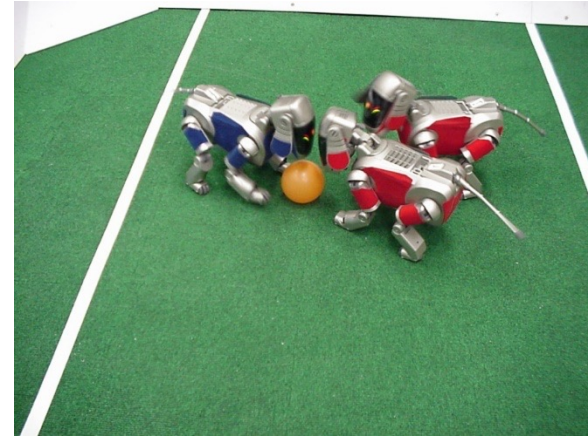
Source: http://miseaupoint.org/blog/en/wp-content/uploads/2014/01/photo_stitching.jpg

Ứng dụng của thị giác máy tính

- Games / robots:



Vision-based interaction game
(Microsoft's Kinect)



<http://www.robocup.org/>



Robot vacuum cleaner

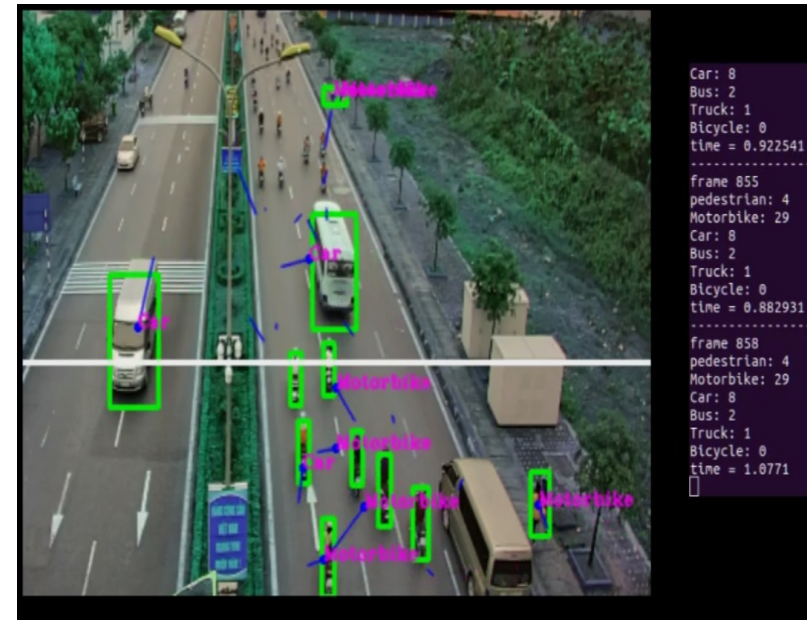
Ứng dụng của thị giác máy tính

- Tìm hiểu thêm về các ứng dụng và công ty trong lĩnh vực thị giác máy tính, tham khảo trang của D.Lowe:

<https://www.cs.ubc.ca/~lowe/vision.html>

Một số topics trong CV

- Camera giám sát:
 - Đếm số lượng khách hàng trong cửa hàng
 - Phát hiện hành động bất thường
 - Đo mức độ hải long của khách hàng
 - Object tracking: Someone ran a red light?
- Phát hiện và nhận dạng đối tượng
 - Phát hiện mặt/mắt/người
 - Nhận dạng hoạt động
 - Phát hiện lỗi
- Gán nhãn ảnh số
- Phát hiện nhận dạng ký tự
 - Đọc card visite, CMT, biển số, ...
- Xây dựng đối tượng 3D từ ảnh 2D



Nội dung chính sẽ đề cập

- 2 kiểu thông tin chúng ta trích chọn từ ảnh:
 - Thông tin 3D
 - Thông tin ngữ nghĩa



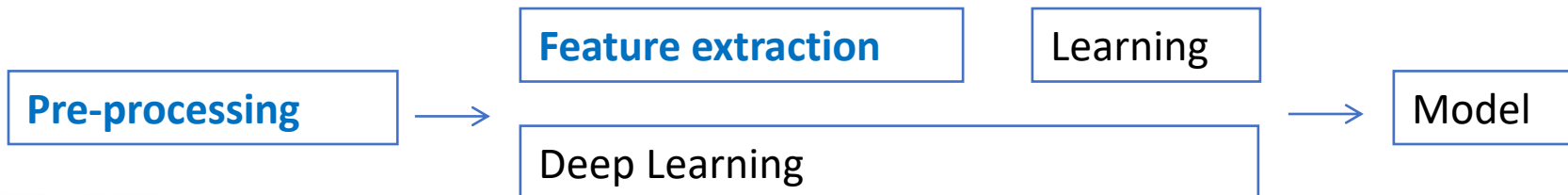
How to represent
the content of images ?

3D building?

Where is it?

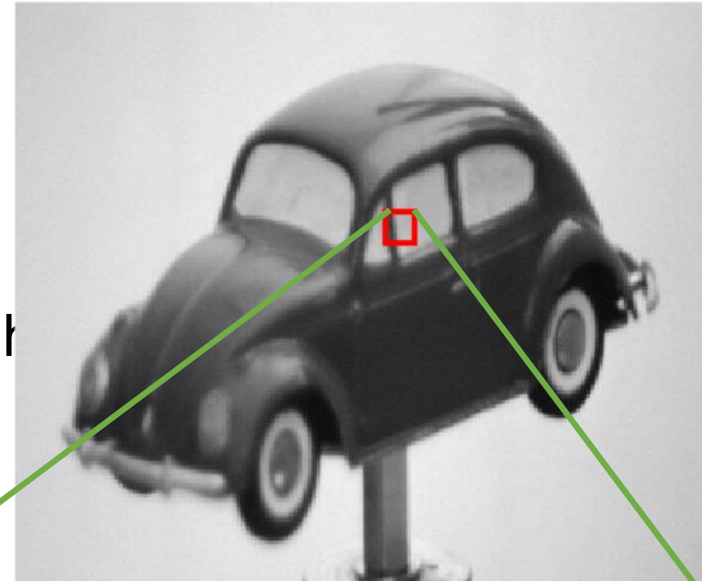
Text in the picture,
what does it means?

Are there person
in the picture?



Ảnh số ?

- Con người nhìn thấy gì trong ảnh?
 - Một chiếc oto?
- Máy tính có thể thấy gì?
 - Ảnh là một ma trận các điểm ảnh
 - Ảnh $N \times M$: ma trận $N \times M$
 - 1 điểm ảnh (gray levels):
 - Giá trị cường độ sáng
 - 0-255
 - Đen: 0
 - Trắng: 255



64	60	69	100	149	151	176	182	179
65	62	68	97	145	148	175	183	181
65	66	70	95	142	146	176	185	184
66	66	68	90	135	140	172	184	184
66	64	64	84	129	134	168	181	182
59	63	62	88	130	128	166	185	180
60	62	60	85	127	125	163	183	178
62	62	58	81	122	120	160	181	176
63	64	58	78	118	117	159	180	176

Ảnh số ?

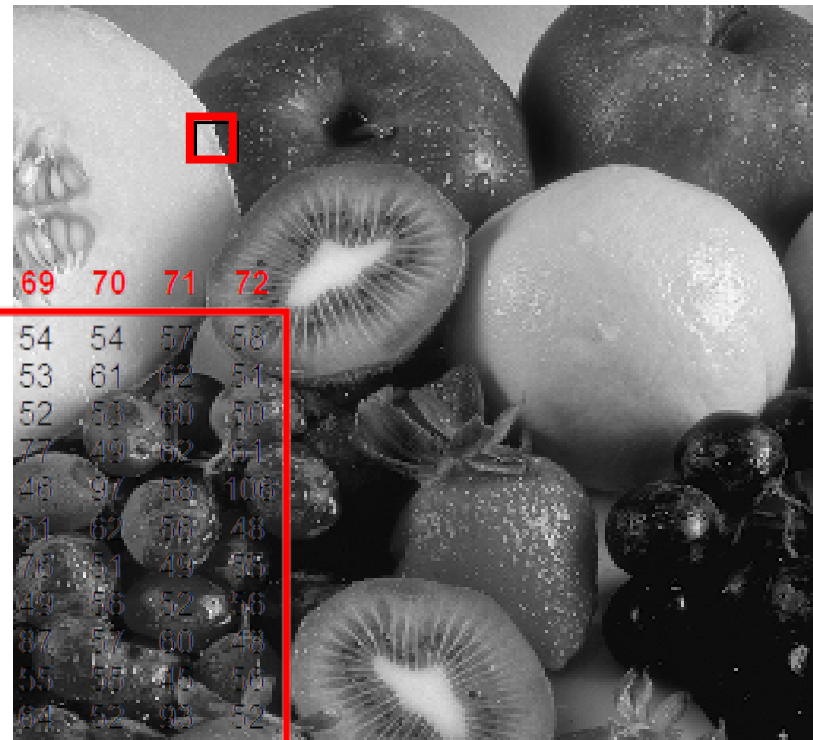
- Ảnh I:

- Chỉ số (0,0): góc trái trên
- $I(x,y)$: cường độ sáng ở vị trí (x,y)

$x \rightarrow$

$y \downarrow$

	$x =$	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
$y =$ 41	210	209	204	202	197	247	143	71	64	80	84	54	54	57	58	58
42	206	196	203	197	195	210	207	56	63	58	53	53	61	62	51	51
43	201	207	192	201	198	213	156	69	65	57	55	52	53	60	50	50
44	216	206	211	193	202	207	208	57	69	60	55	77	49	52	61	61
45	221	206	211	194	196	197	220	56	63	60	55	48	97	58	106	106
46	209	214	224	199	194	193	204	173	64	60	59	51	62	58	48	48
47	204	212	213	208	191	190	191	214	60	62	66	78	51	49	58	58
48	214	215	215	207	208	180	172	188	69	72	55	49	56	52	56	56
49	209	205	214	205	204	196	187	196	86	62	66	87	57	60	48	48
50	208	209	205	203	202	186	174	185	149	71	63	55	55	46	56	56
51	207	210	211	199	217	194	183	177	209	90	62	64	52	43	52	52
52	208	205	209	209	197	194	183	187	187	239	58	68	61	51	56	56
53	204	206	203	209	195	203	188	185	183	221	75	61	58	60	60	60
54	200	203	199	236	188	197	183	190	183	196	122	63	58	64	66	66
55	205	210	202	203	199	197	196	181	173	186	105	62	57	64	63	63



Ảnh số ?

- Loại ảnh chính

- Ảnh nhị phân:

- $I(x,y) \in \{0, 1\}$
 - 1 pixel: 1 bit

- Ảnh đa mức xám:

- $I(x,y) \in [0..255]$
 - 1 pixel: 8 bits (1 byte)

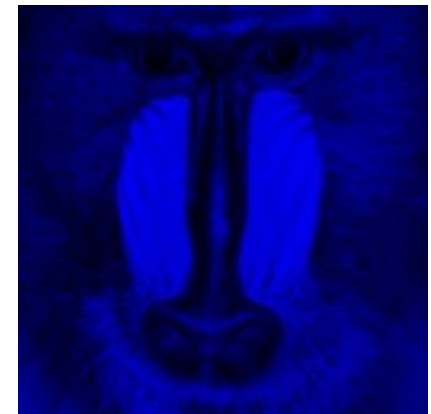
- Ảnh màu:

- $I_R(x,y), I_G(x,y), I_B(x,y) \in [0..255]$
 - 1 pixel: 24 bits (3 bytes)

- Khác : ảnh đa phổ, ảnh độ sâu,...



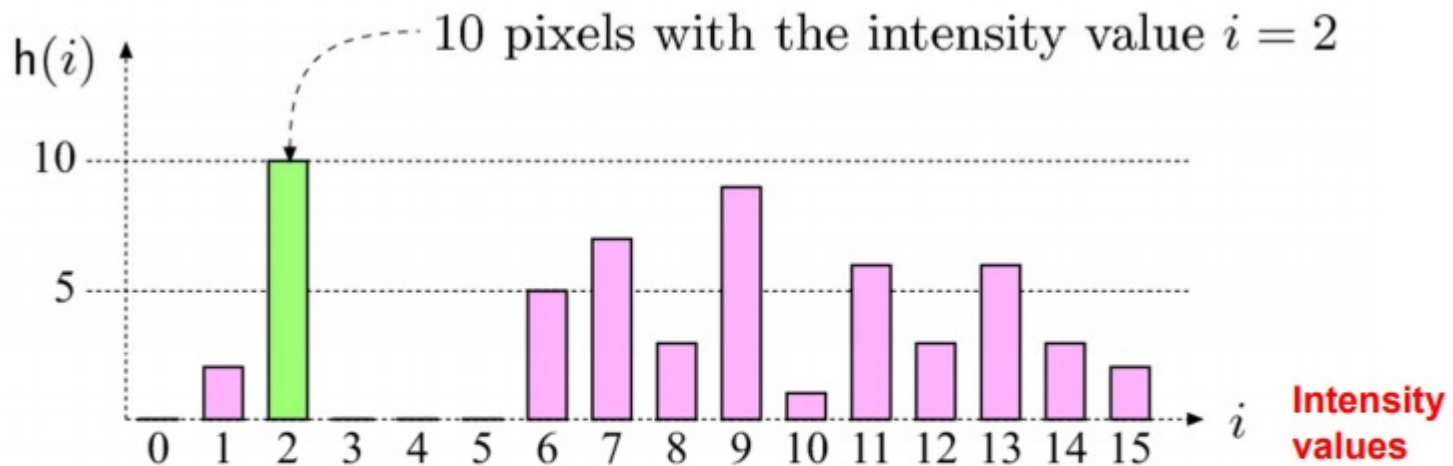
Ảnh màu trong không gian màu RGN



Không gian màu khác:
Lab, HSV, ...

Lược đồ xám của ảnh (Image histogram)

- Là biểu diễn đồ thị sự phân bố màu sắc của các điểm ảnh trên ảnh số



$h(i)$	0	2	10	0	0	0	5	7	3	9	1	6	3	6	3	2
i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Lược đồ xám của ảnh (Image histogram)

■ Histogram

- Phải chuẩn hóa bằng cách chia cho tổng số điểm ảnh trên ảnh

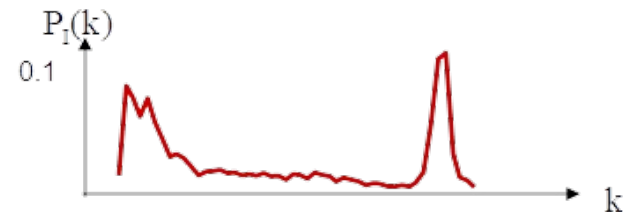
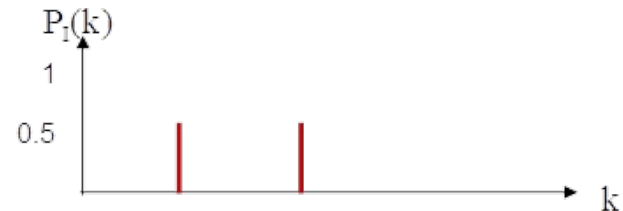
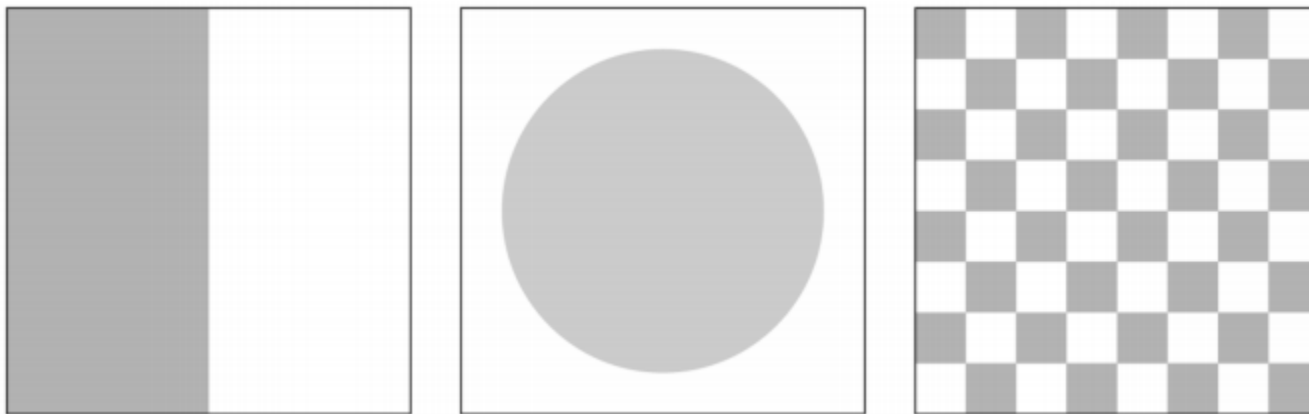


Image dynamic range = [min_value, max_value]

Lược đồ xám của ảnh (Image histogram)

- Histogram
 - Chỉ thông tin thống kê
 - Không có thông tin về mặt không gian của các điểm ảnh
 - Ảnh khác nhau có thể có histogram giống nhau



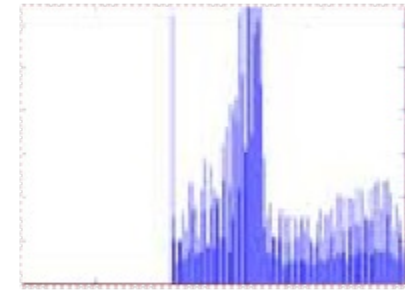
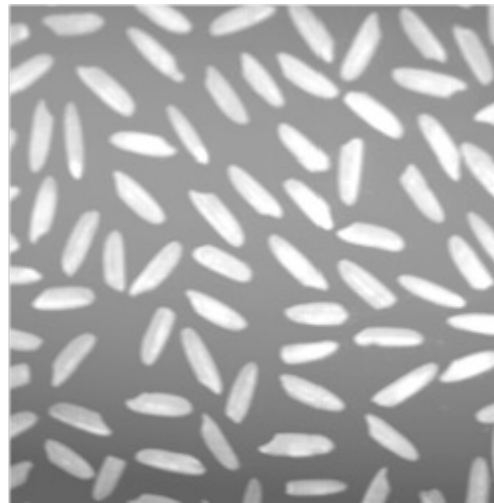
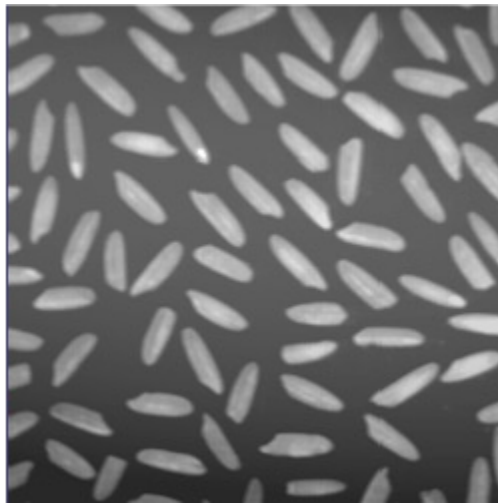
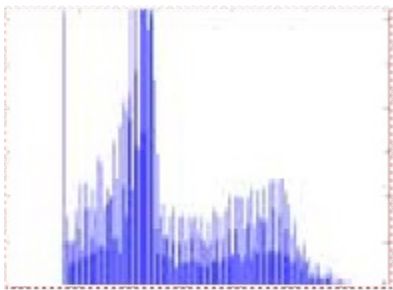
Độ sáng (Brightness)

- Là giá trị trung bình cường độ sáng trung bình của tất cả các điểm ảnh trên ảnh: độ sáng/tối của ảnh

$$B(I) = \frac{1}{wh} \sum_{v=1}^h \sum_{u=1}^w I(u, v)$$

Divide by total number of pixels

Sum up all pixel intensities



Độ tương phản (Contrast)

- Độ tương phản của ảnh số thể hiện mức độ dễ dàng phân biệt của đối tượng trong ảnh
- Một số cách tính:
 - Độ lệch chuẩn các giá trị điểm ảnh

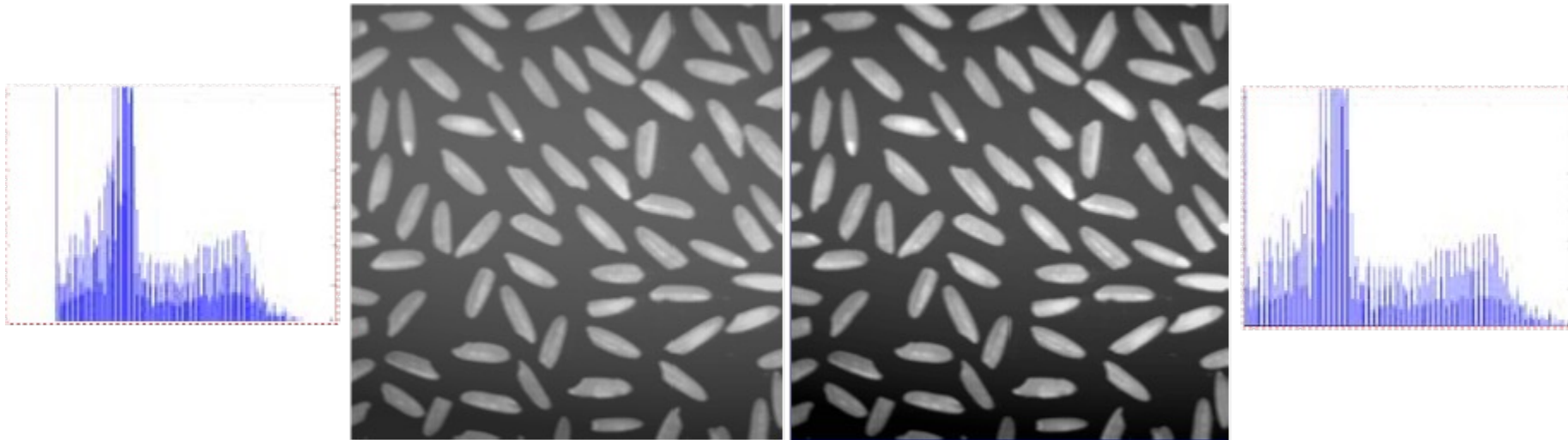
$$C = \sqrt{\frac{1}{M \times N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} (f(x,y) - Moy)^2}$$

- Khác biệt giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của điểm ảnh trên ảnh

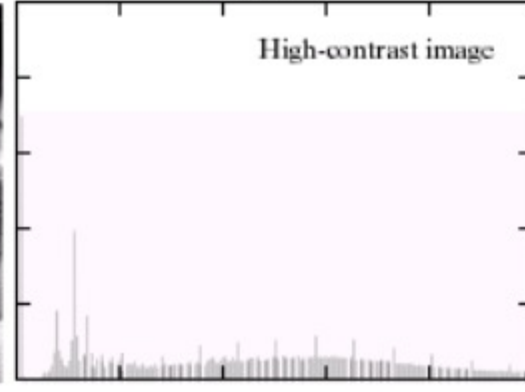
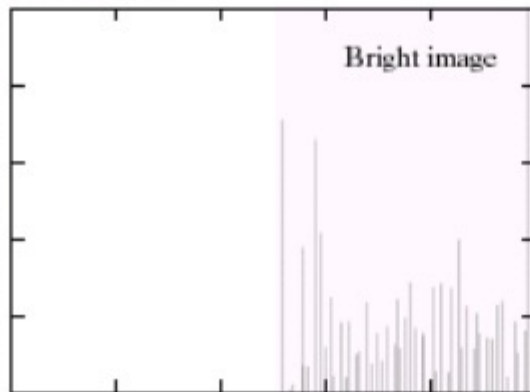
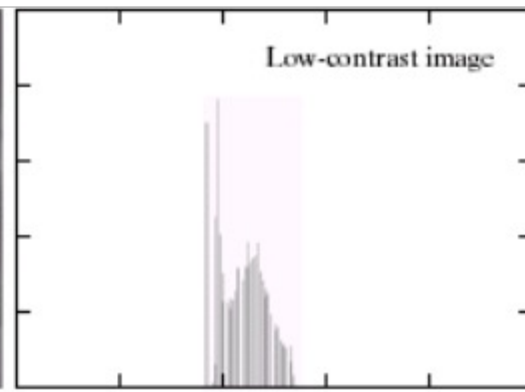
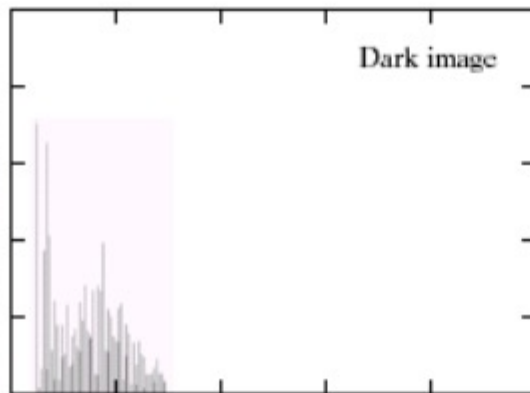
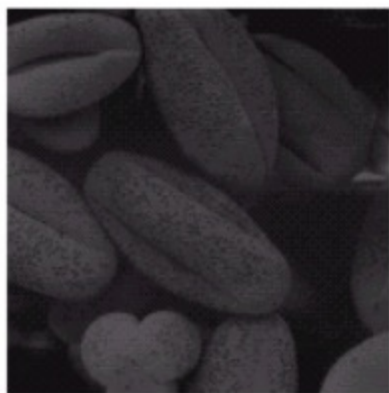
$$C = \frac{\max[f(x,y)] - \min[f(x,y)]}{\max[f(x,y)] + \min[f(x,y)]}$$

Độ tương phản (Contrast)

- Contrast vs histogram



Ví dụ



Tăng cường độ tương phản

- Thay đổi giá trị điểm ảnh để có độ tương phản cao hơn
- Một số phương pháp:
 - Kéo giãn dải động ảnh (Linear stretching of intensity range):
 - Linear transform
 - Linear transform with saturation
 - Piecewise linear transform
 - Biến đổi phi tuyến. VD: Gama correction
 - Cân bằng histogram

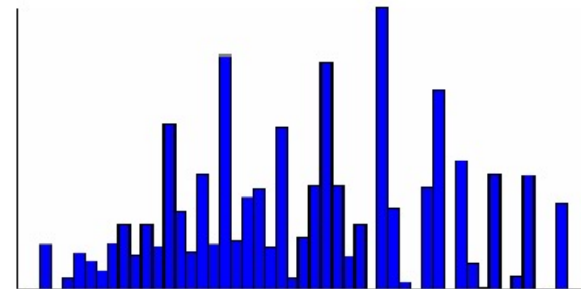
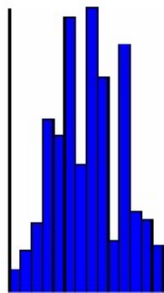
Linear stretching



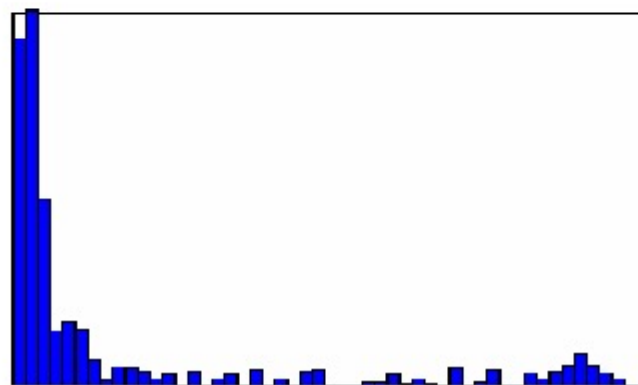
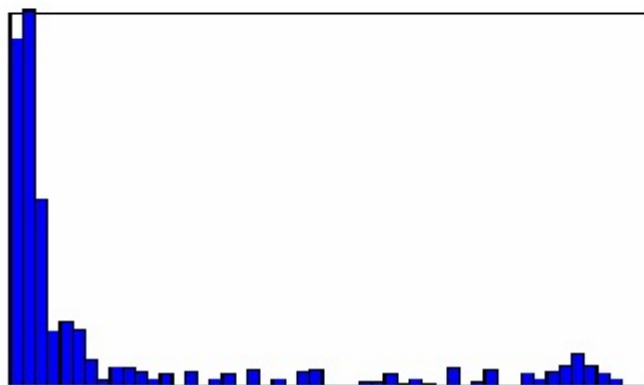
$$f_{ac}(a) = a_{\min} + (a - a_{\text{low}}) \cdot \frac{a_{\max} - a_{\min}}{a_{\text{high}} - a_{\text{low}}}$$

If $a_{\min} = 0$ and $a_{\max} = 255$

$$f_{ac}(a) = (a - a_{\text{low}}) \cdot \frac{255}{a_{\text{high}} - a_{\text{low}}}$$

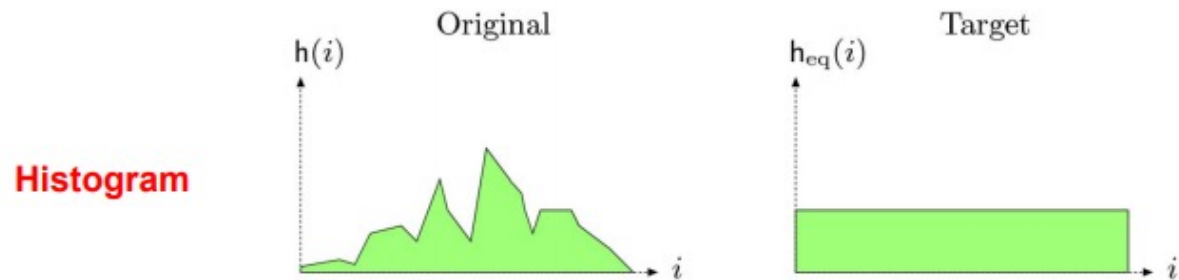


Linear stretching

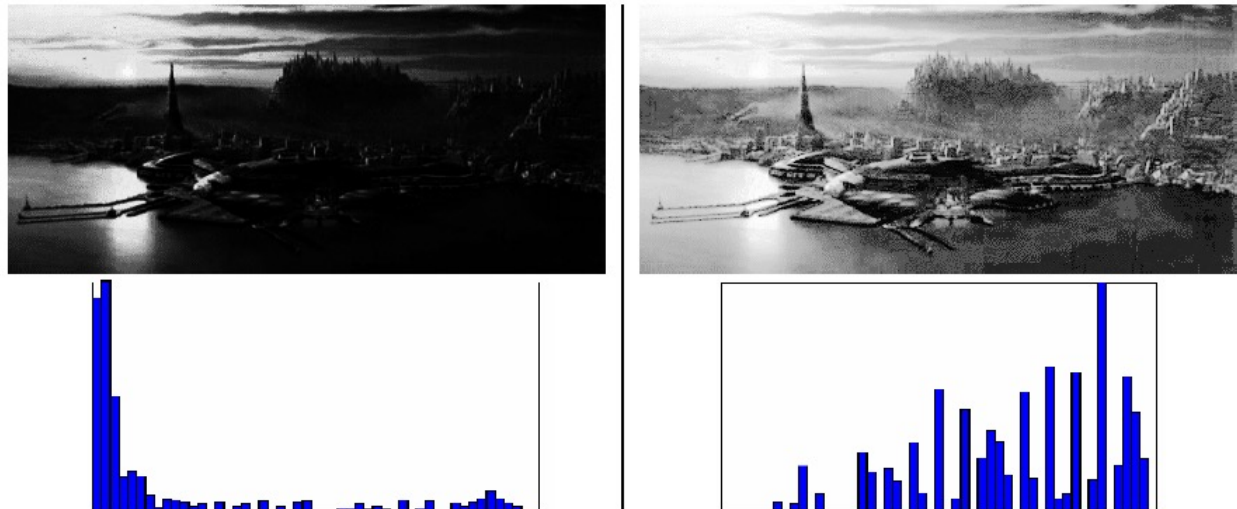


Cân bằng histogram

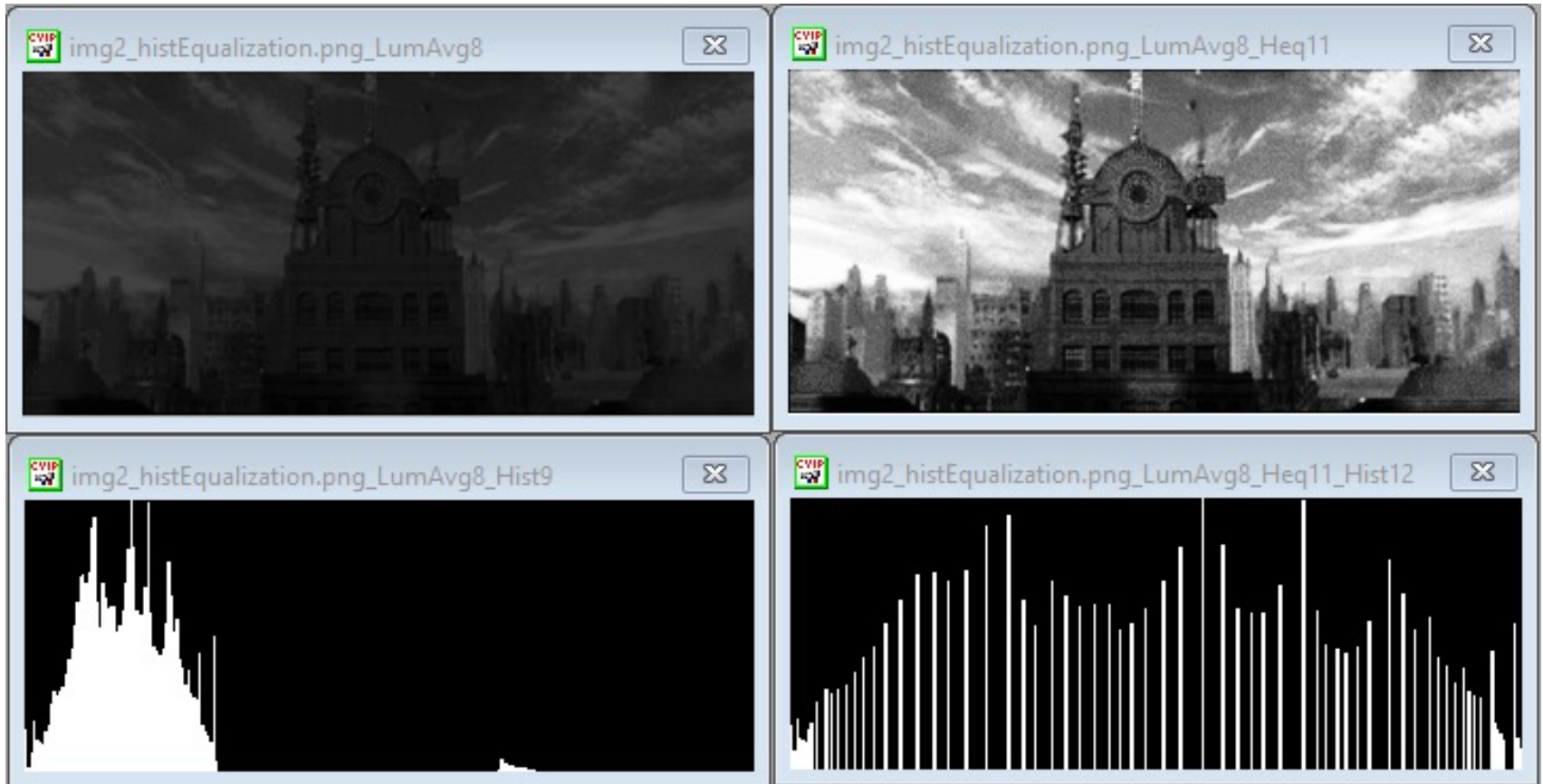
- Histogram của ảnh sau thay đổi hướng tới phân phối đều



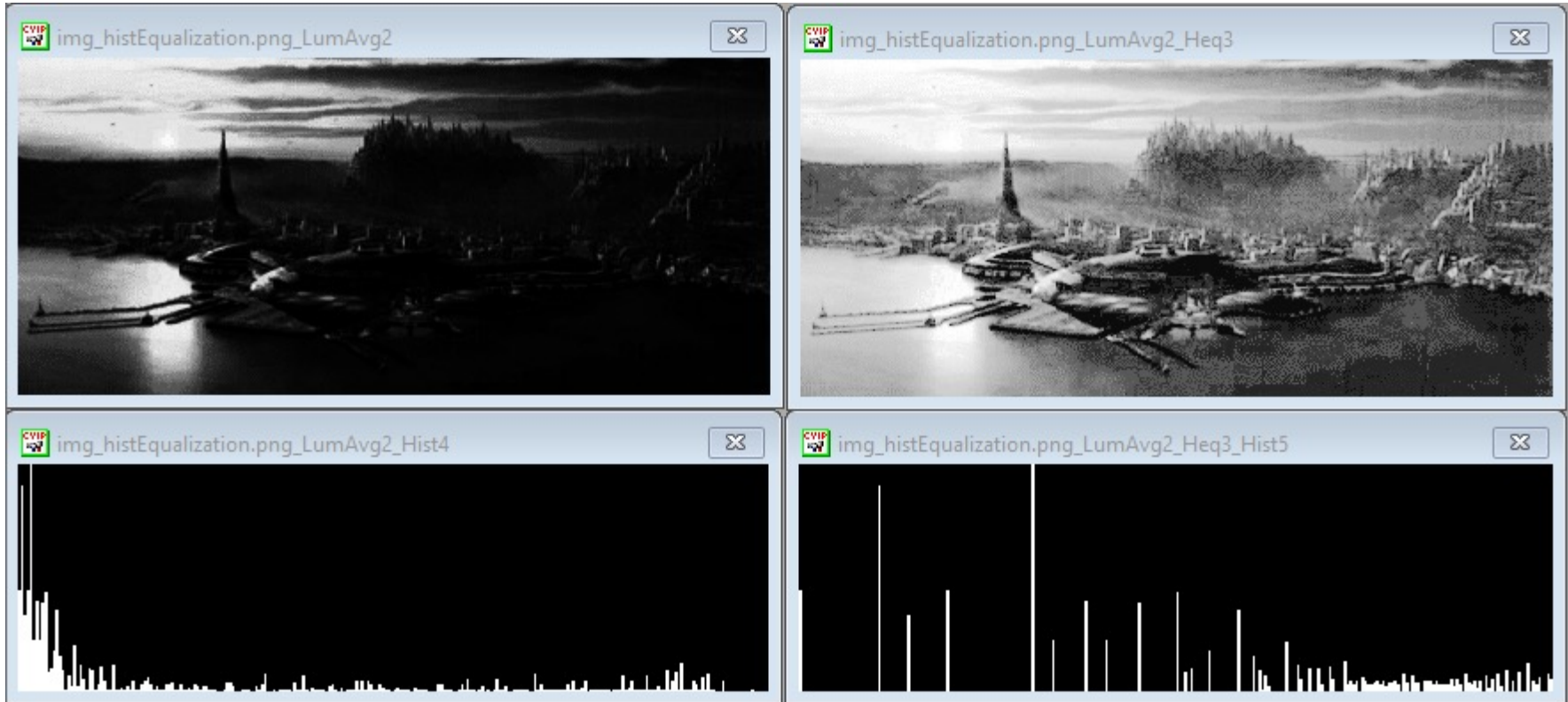
- Không tham số. `OpenCV:cv2.equalizeHist(img)`



Cân bằng histogram



Cân bằng histogram



Histogram trên ảnh màu

- **Lược đồ xám:**

- Chuyển ảnh màu sang ảnh xám

=> Tính hist của ảnh xám

- Histogram của các **kênh màu riêng**:

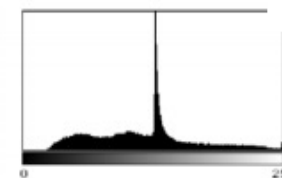
3 histograms cho (R,G,B)

- **Histogram 3D:**

- Một màu đc xđ bởi 3 giá trị
- Không thường được dùng do kích thước lớn



(a)



(b) h_{Lum}



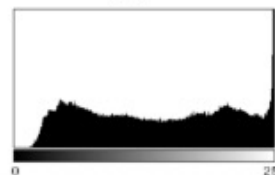
(c) R



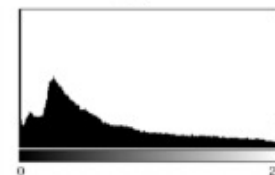
(d) G



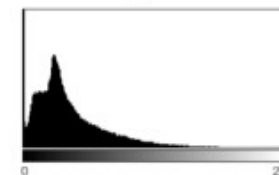
(e) B



(f) h_R



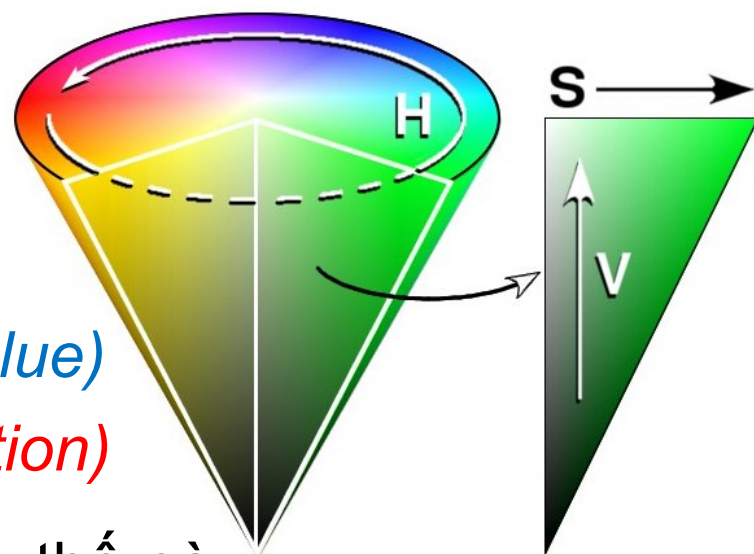
(g) h_G



(h) h_B

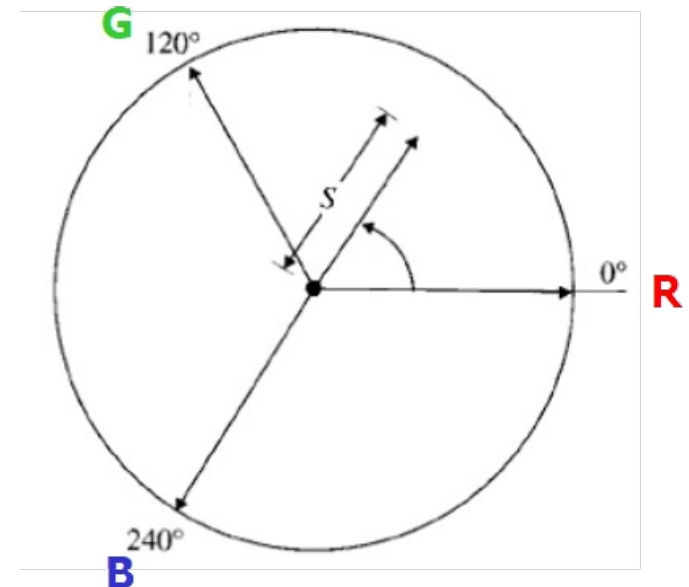
HSV (Hue – Saturation- Value)

- HSV: không gian màu tốt thường được sử dụng trong bài toán phân vùng hay nhận dạng
 - Biến đổi phi tuyến từ RGB
 - Biểu diễn trực quan màu sắc
- Mỗi pixel có:
 - Cường độ sáng: *intensity (value)*
 - Màu sắc *color (hue + saturation)*
- RGB không có sự phân tách như thế này



HSV (Hue – Saturation- Value)

- **Hue (H)** được mã hóa như 1 góc thay đổi giữa 0 và 360
- **Saturation (S)** được mã hóa như độ dài của bán kính, giá trị từ 0 đến 1
 - $S = 0$: xám
 - $S = 1$: màu tinh khiết
- **Value (V)** = MAX (Red, Green, Blue)



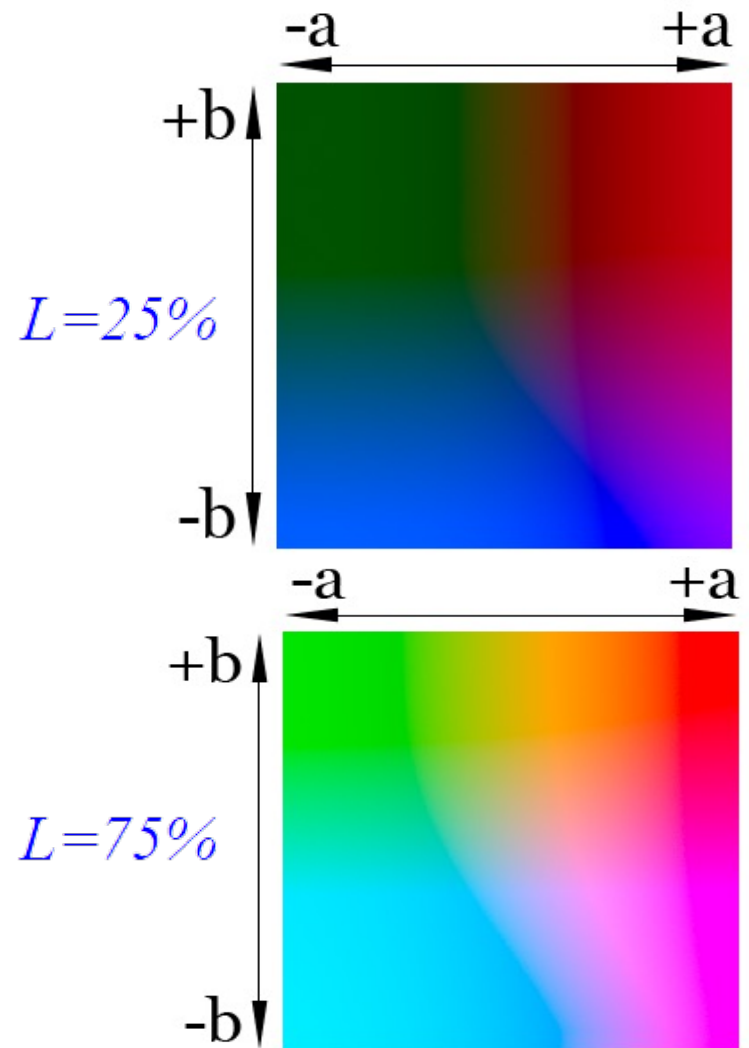
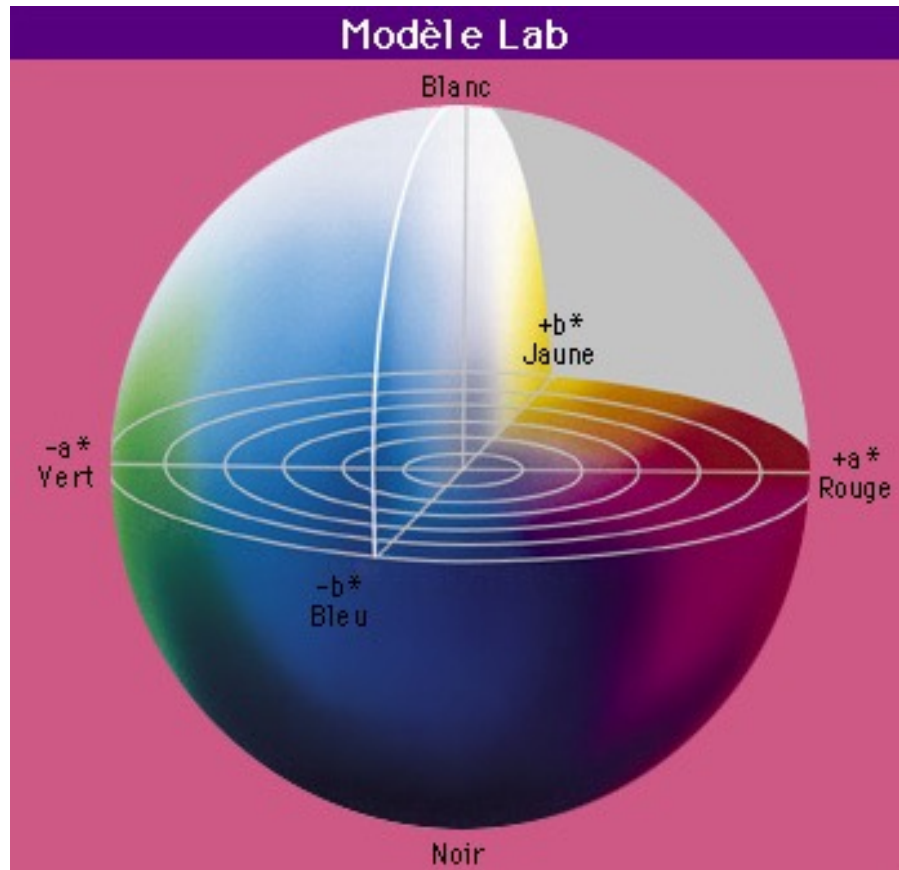
HSV (Hue – Saturation- Value)

- Nếu biết màu của đối tượng tìm kiếm → có thể biểu diễn sử dụng 1 khoảng giá trị **H (Hue)**
- Lưu ý: H có chu kỳ
 - Hue < 60° không có nghĩa
 - 350° nhỏ hay lớn hơn 60°?
 - Cần xác định H trong 1 khoảng giá trị. VD: 350° < H < 60°
- Khoảng giá trị H có ý nghĩa nếu Saturation > threshold (nếu không là màu xám)
- H, S độc lập với **Value**, Value nhạy cảm hơn với điều kiện chiếu sáng

Không gian màu Lab

- **Lab** (thi thoảng gọi **L*a*b***) dựa trên một nghiên cứu về thị giác người
 - Độc lập với tất cả các công nghệ
 - Thể hiện màu sắc như mắt người nhìn thấy
- Màu được xác định bởi 3 giá trị
 - **L** (luminance) – độ sáng: từ 0% (black) đến 100% (white)
 - **a*** biểu diễn trục màu từ màu **xanh lá** (negative value, -127) tới **màu đỏ** (positive value, +127)
 - **b*** biểu diễn trục màu từ **xanh dương** (negative value, -127) tới **vàng** (positive value, +127)

Không gian màu Lab



Không gian màu vs. Điều kiện chiếu sáng

- Thu thập 10 ảnh của khối lập phương trong điều kiện chiếu sáng khác nhau



- Cắt riêng từng màu để có 6 bộ cho 6 màu khác nhau



Changes in color due to varying Illumination conditions

- Tính toán phân bố giá trị của màu sắc cụ thể trong các không gian màu khác nhau

Không gian màu vs. Điều kiện chiếu sáng

- Điều kiện chiếu sáng giống nhau: giá trị tập trung

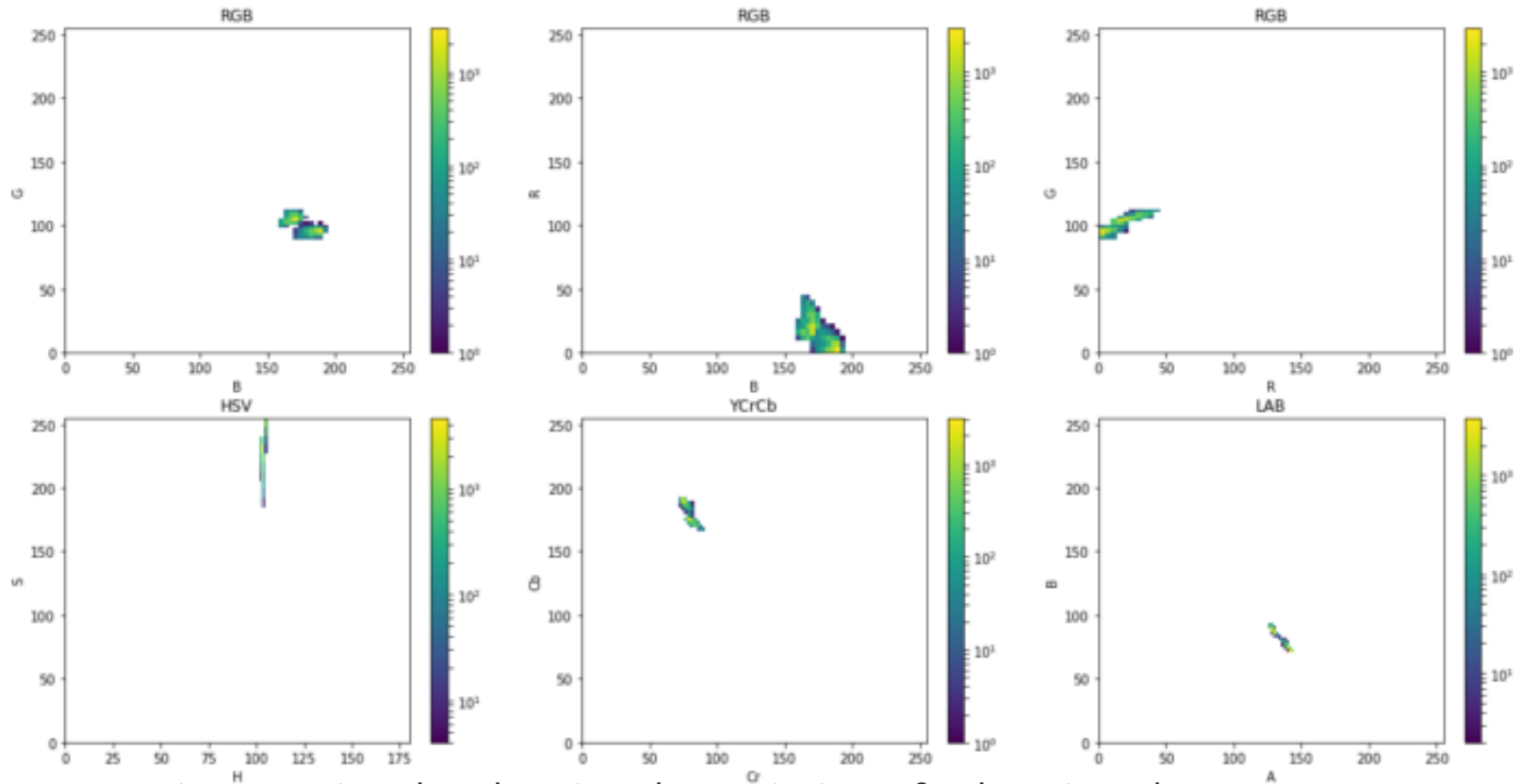


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels for 2 similar bright images of **blue color**

Không gian màu vs. Điều kiện chiếu sáng

- Điều kiện chiếu sáng giống nhau: giá trị tập trung

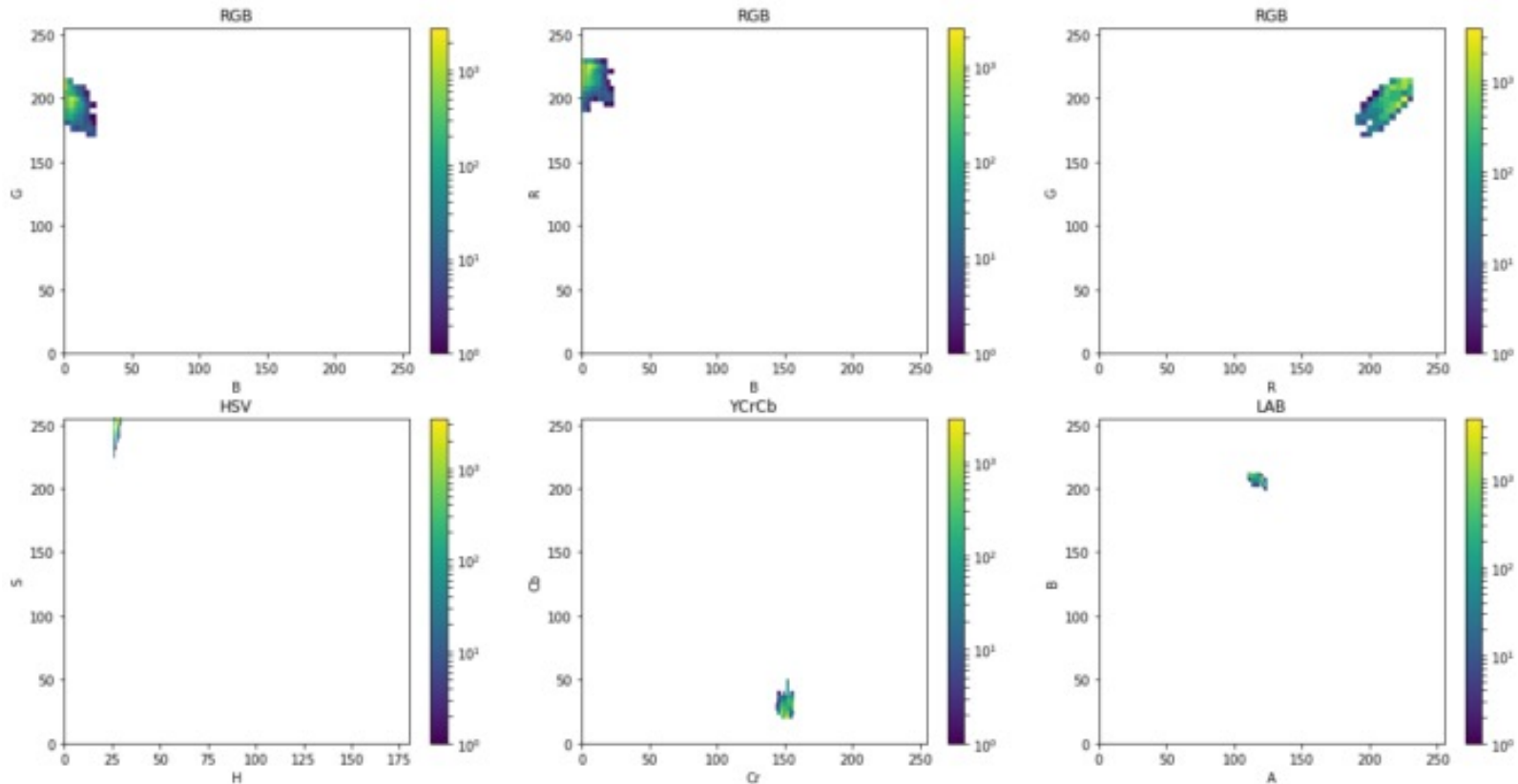


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels for 2 similar bright images of **yellow color**

Không gian màu vs. Điều kiện chiếu sáng

- Điều kiện chiếu sáng khác nhau:

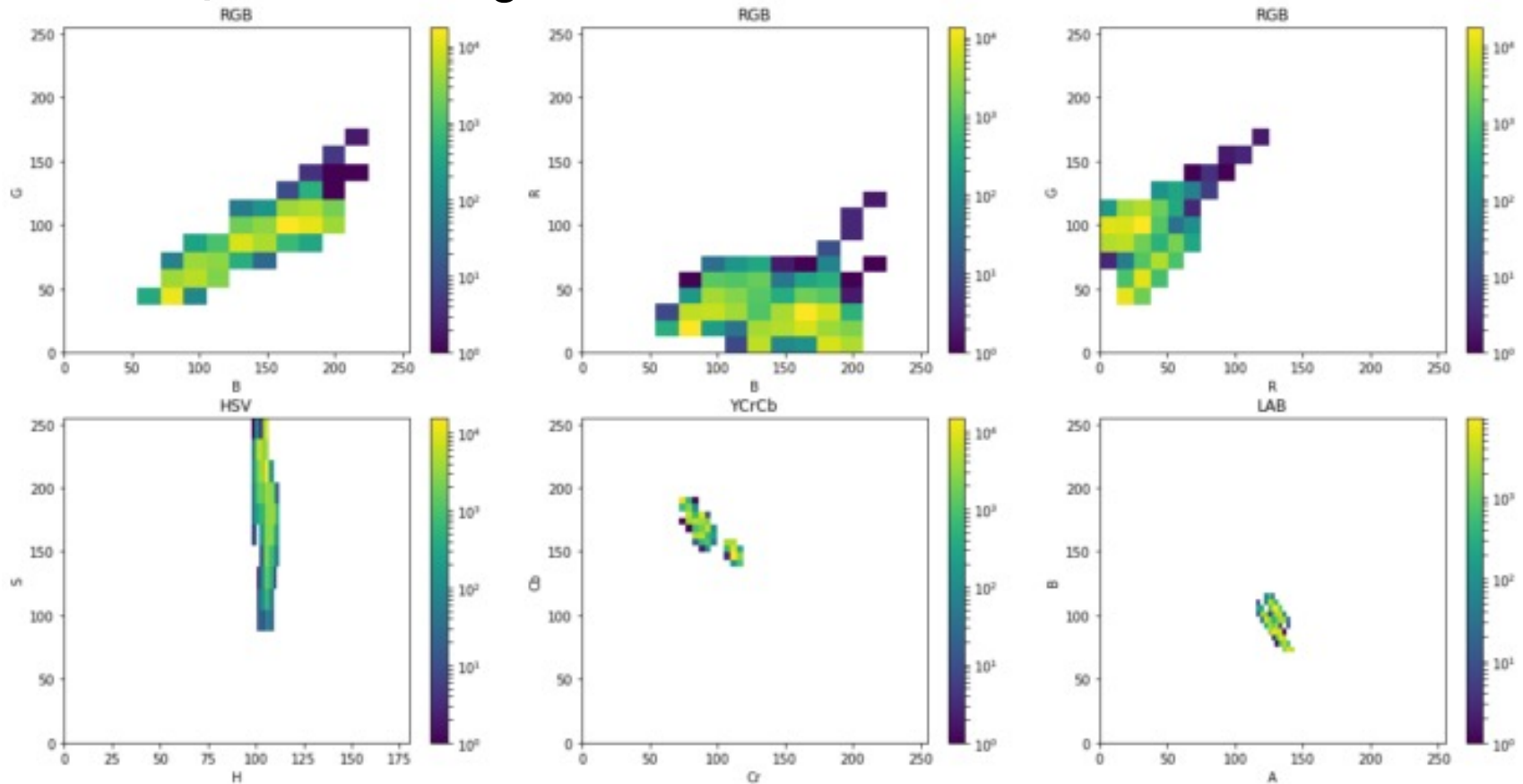


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels under varying illumination for the **blue color**

Source: Vikas Gupta, Learn OpenCV

Không gian màu vs. Điều kiện chiếu sáng

- Điều kiện chiếu sáng khác nhau:

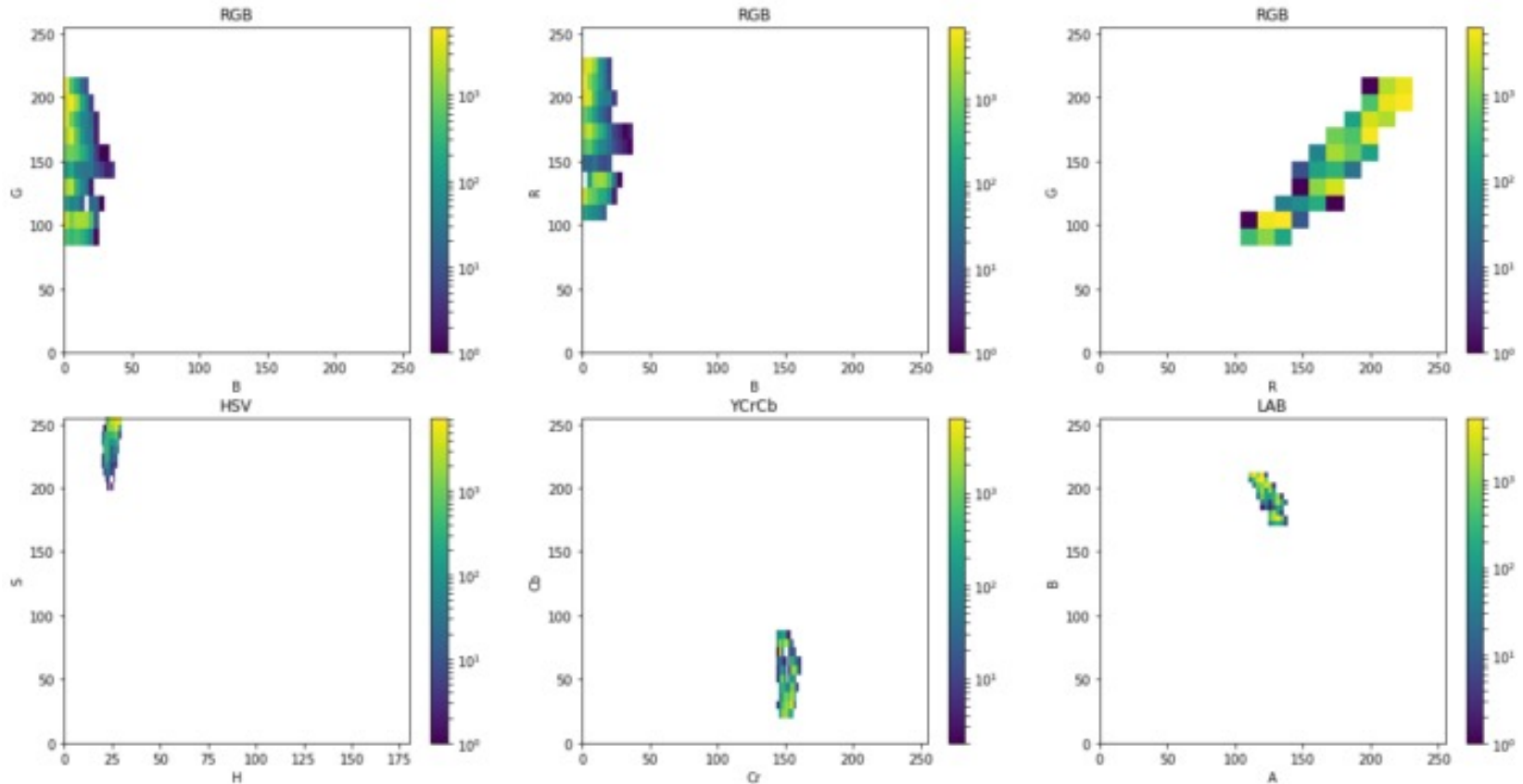


Fig.: Density Plot showing the variation of values in color channels under varying illumination for the **yellow color**

Source: Vikas Gupta, Learn OpenCV

Không gian màu vs. Điều kiện chiếu sáng

- Điều kiện chiếu sáng khác nhau:
 - RGB : sự biến động giá trị ở các kênh lớn
 - HSV: giá trị tập trung ở kênh **H**. Chỉ có kênh H chứa thông tin tuyệt đối về màu → 1 lựa chọn
 - YCrCb, LAB: giá trị tập trung ở kênh **CrCb** và kênh **AB**
 - Giá trị tập trung tốt hơn ở không gian LAB
 - Chuyển đổi giữa các không gian màu (OpenCV):
 - `cvtColor(bgr, ycb, COLOR_BGR2YCrCb);`
 - `cvtColor(bgr, hsv, COLOR_BGR2HSV);`
 - `cvtColor(bgr, lab, COLOR_BGR2Lab);`

Nhân chập (Convolution)

- Lọc ảnh : Với mỗi điểm ảnh, tính giá trị mới của điểm ảnh dựa trên 1 hàm theo các điểm trong lân cận của nó
 - **Cùng hàm** được áp trên mỗi điểm ảnh
 - Ảnh đầu vào và ra thường có **cùng kích thước**
- Nhân chập : phép lọc tuyến tính, hàm số là tổng có trọng số của các điểm ảnh trong lân cận của điểm ảnh xét.

$$I' = I * K$$

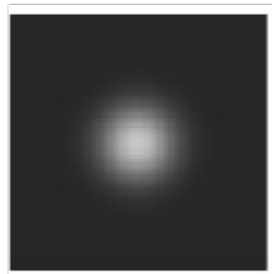
- Có vai trò quan trọng!
 - Tăng cường ảnh: giảm nhiễu, làm trơn, tăng độ tương phản, ...
 - Trích chọn thông tin từ ảnh:
 - Texture, edges, distinctive points, etc.
 - Phát hiện mẫu
 - Template matching

Nhân chập (Convolution)



Original image

*



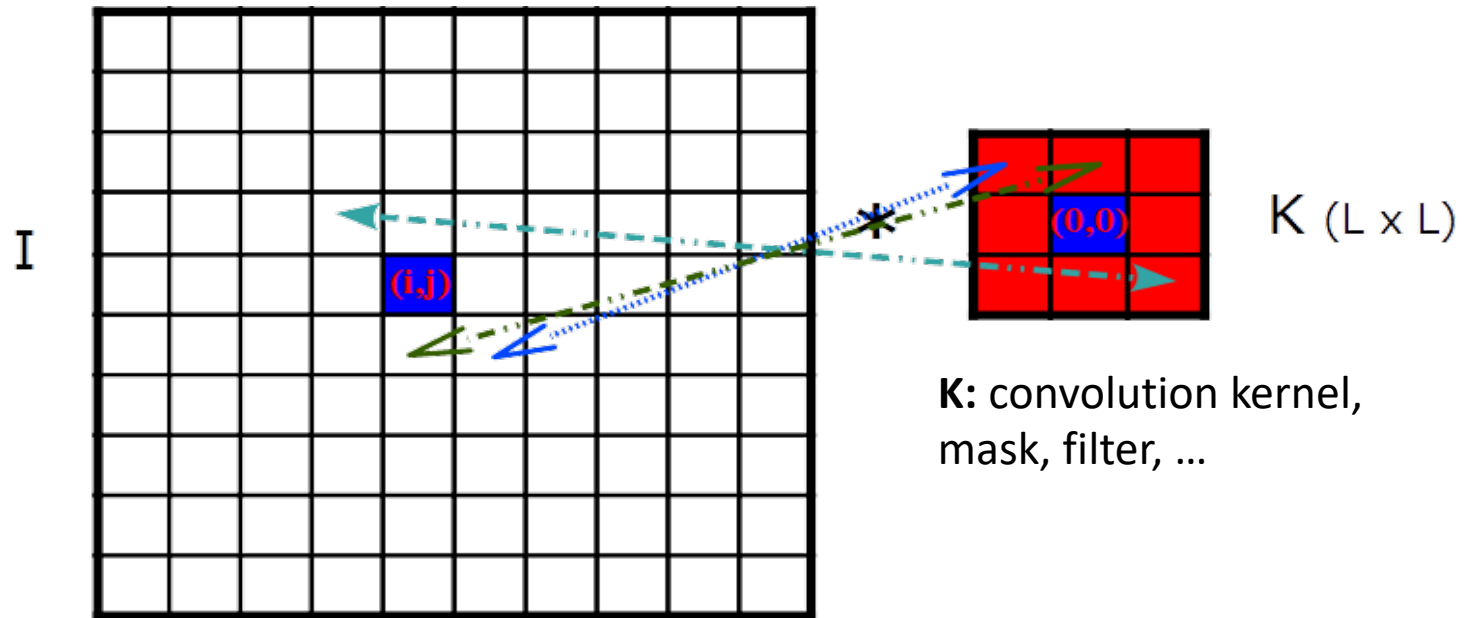
Mask (kernel)

=



Filtered image

Nhân chập (Convolution)



$$I'(i, j) = \sum_{u=-\frac{(L-1)}{2}}^{\frac{(L-1)}{2}} \sum_{v=-\frac{(L-1)}{2}}^{\frac{(L-1)}{2}} I(i-u, j-v) K(u, v)$$

Nhân chập (Convolution)

105	102	100	97	96
103	99	103	101	102
101	98	104	102	100
99	101	106	104	99
104	104	104	100	98

Image Matrix

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

Kernel Matrix

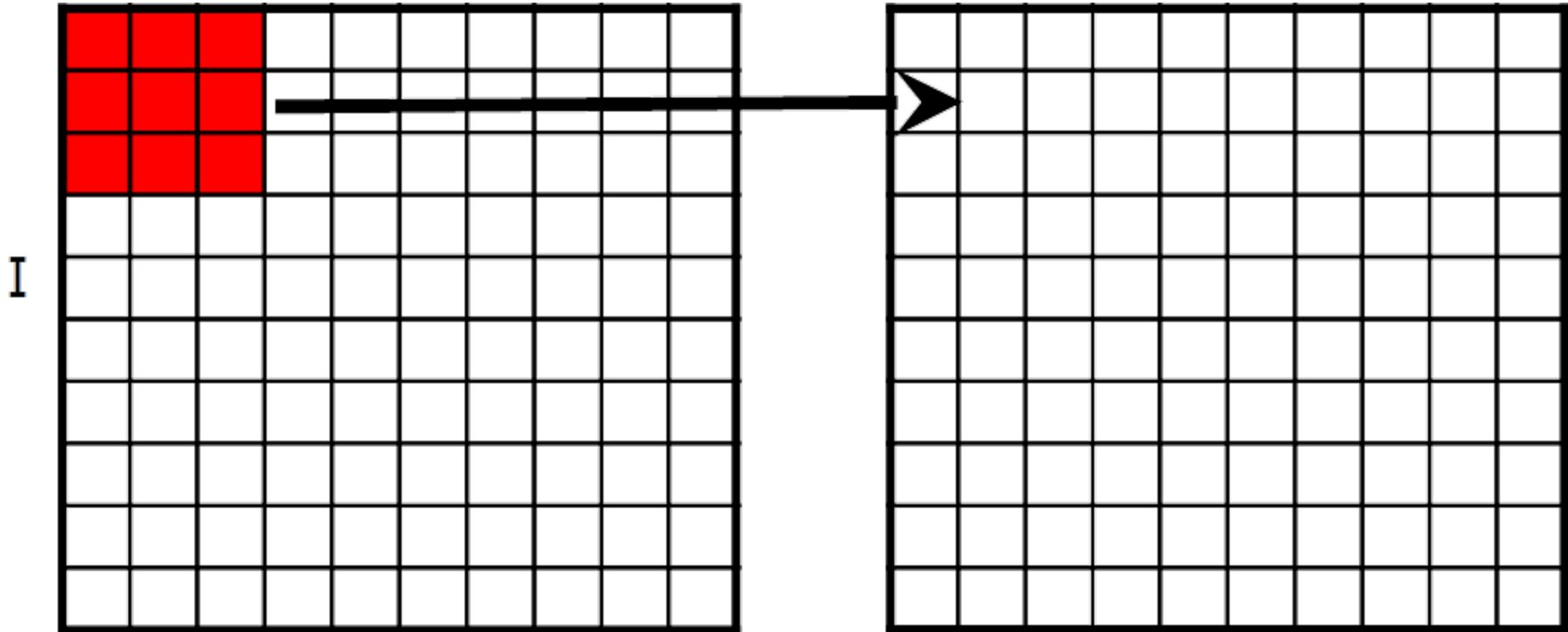
	89			

Output Matrix

$$\begin{aligned} &105 * 0 + 102 * -1 + 100 * 0 \\ &+ 103 * -1 + 99 * 5 + 103 * -1 \\ &+ 101 * 0 + 98 * -1 + 104 * 0 = 89 \end{aligned}$$

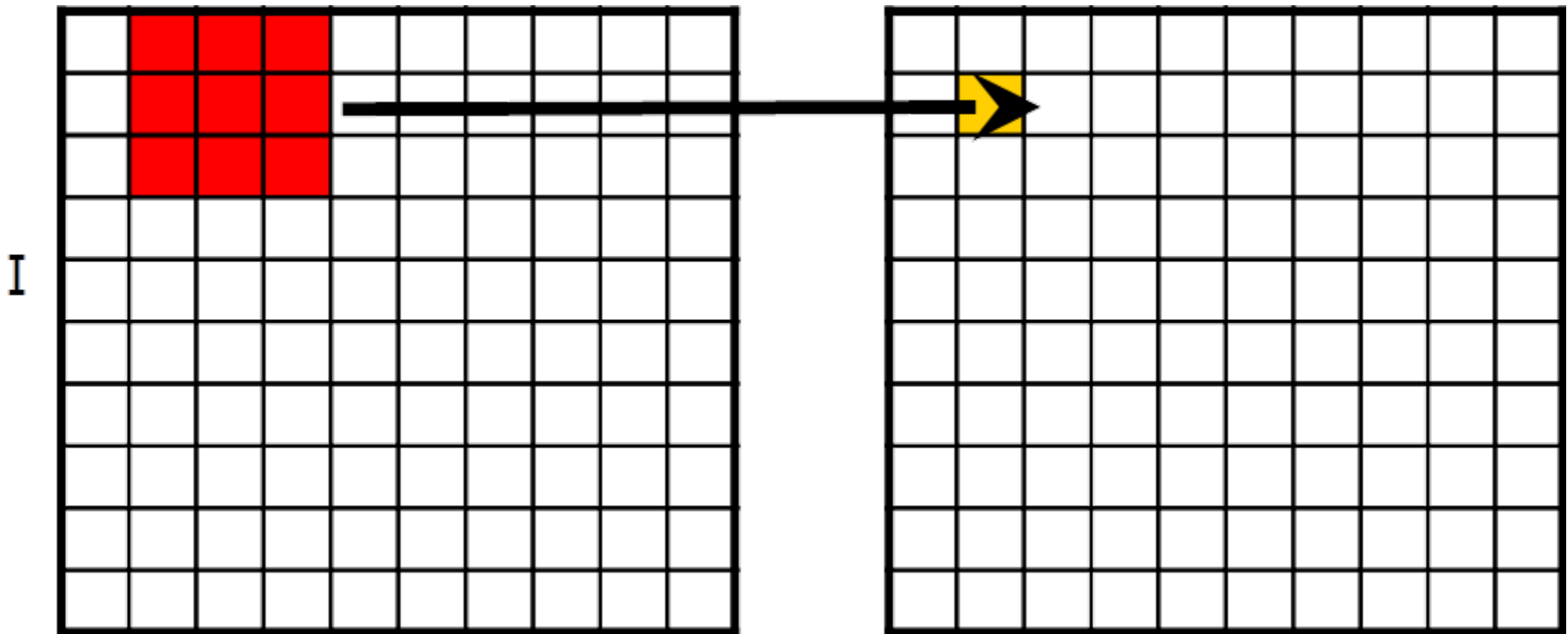
Nhân chập (Convolution)

$$I' = I * K$$



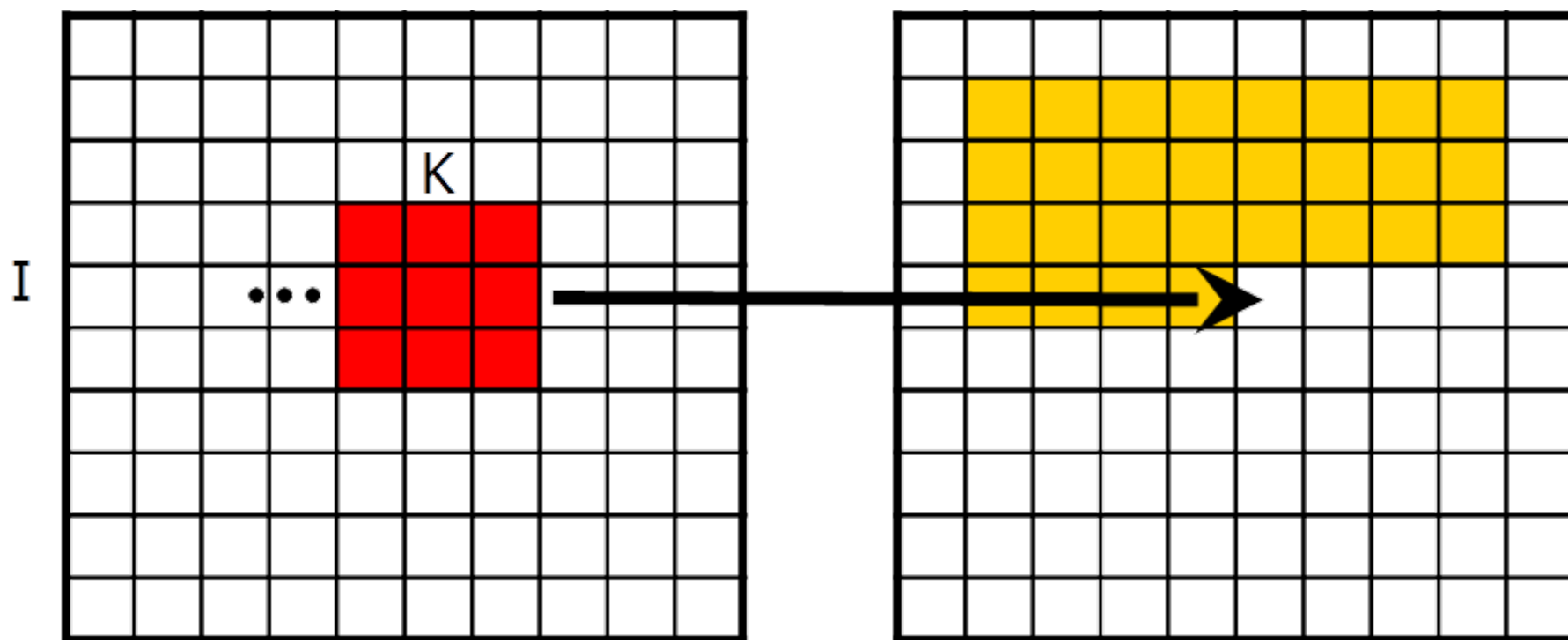
Nhân chập (Convolution)

$$I' = I * K$$



Nhân chập (Convolution)

$$I' = I * K$$



Nhân chập (Convolution)

- Vấn đề ở cạnh ảnh?
 - Thêm dòng/cột 0 vào ma trận đầu vào
 - Đối xứng gương:
 - $f(-x,y) = f(x,y)$
 - $f(-x,-y) = f(x,y)$
 - ...

?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
?									?
?									?
?									?
?									?
?									?
?									?
?									?
?									?
?	?	?	?	?	?	?	?	?	?

0	0	0	0	0	0
0	105	102	100	97	96
0	103	99	103	101	102
0	101	98	104	102	100
0	99	101	106	104	99
0	104	104	104	100	98

105	105	102	100	97	96
105	105	102	100	97	96
103	103	99	103	101	102
101	101	98	104	102	100
99	99	101	106	104	99
104	104	104	104	100	98



Nhân chập (Convolution)

0	0	0	0	0	0
0	105	102	100	97	96
0	103	99	103	101	102
0	101	98	104	102	100
0	99	101	106	104	99
0	104	104	104	100	98

Image Matrix

Kernel Matrix

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

320				
210	89	111		

Output Matrix

$$\begin{aligned}
 &0 * 0 + 0 * -1 + 0 * 0 \\
 &+ 0 * -1 + 105 * 5 + 102 * -1 \\
 &+ 0 * 0 + 103 * -1 + 99 * 0 = 320
 \end{aligned}$$

105	105	102	100	97	96
105	105	102	100	97	96
103	103	99	103	101	102
101	101	98	104	102	100
99	99	101	106	104	99
104	104	104	104	100	98

Image Matrix

Kernel Matrix

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

110				
	89	111		

Output Matrix

Source: <http://machinelearningguru.com>

Một số bộ lọc (Some kernels)

- Nhân chập 2D
 - Chủ yếu được sử dụng để trích chọn đặc trưng trên ảnh
 - Được sử dụng như phép toán trong khối cơ sở của mạng Neuron tích chập: Convolutional Neural Networks (CNNs)
- Mỗi bộ lọc có hiệu ứng riêng và hữu ích cho các nhiệm vụ cụ thể như:
 - Làm mờ (lọc nhiễu),
 - Làm nét biên,
 - Phát hiện cạnh,
 -

Một số bộ lọc (Some kernels)



Original image

*

0	0	0
0	1	0
0	0	0



Filtered image
(no change)



Original image

*

0	0	0
1	0	0
0	0	0



Filtered image
(shifted left by 1 pixel)

Một số bộ lọc (Some kernels)

- Lọc trung bình (**mean filter**):
 - Thay giá trị bởi giá trị trung bình của các hàng xóm
 - Ảnh được làm trơn

$$1/9 \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



Original image



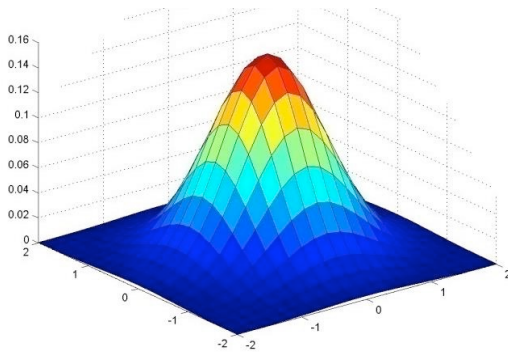
Filtered image
with box size 5x5



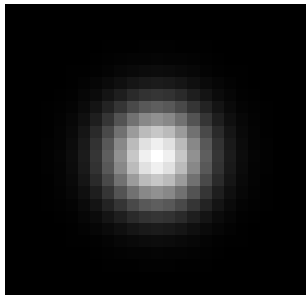
Filtered image
with box size 11x11

Một số bộ lọc (Some kernels)

■ Gaussian filter



Gaussian function in 3D



Gaussian image

0.003	0.013	0.022	0.013	0.003
0.013	0.059	0.097	0.059	0.013
0.022	0.097	0.159	0.097	0.022
0.013	0.059	0.097	0.059	0.013
0.003	0.013	0.022	0.013	0.003

Gaussian filter with size 5 x5 , sigma =1

$$G_{\sigma} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

Rule for Gaussian filter:
set **filter half-width to about 3σ**

Một số bộ lọc (Some kernels)

- Bộ lọc Gauss:
 - **Bộ lọc thông thấp**: loại bỏ các thành phần tương ứng tần số cao trên ảnh
 - Ảnh trơn hơn
 - Tốt hơn bộ lọc trung bình
 - Nhập chập Gauss với chính nó ta được một hàm Gauss
 - Lặp nhận chập với bộ lọc có kích thước nhỏ => thu được kết quả như nhận chập với bộ lọc có kích thước lớn hơn.
 - Nhân chập **2 lần** với bộ lọc Gauss có độ rộng σ giống như nhận chập **1 lần với bộ lọc có độ rộng $\sigma\sqrt{2}$** : $I * G_{\sigma} * G_{\sigma} = I * G_{\sigma\sqrt{2}}$
 - **Bộ lọc có thể phân tách được**: Hàm Gauss 2D có thể được biểu diễn như tích của 2 hàm 1D: 1 hàm theo x và 1 hàm theo y :
 - $G_{\sigma}(x,y) = G_{\sigma}(x).G_{\sigma}(y)$

Một số bộ lọc (Some kernels)

- Bộ lọc Gauss



Original image



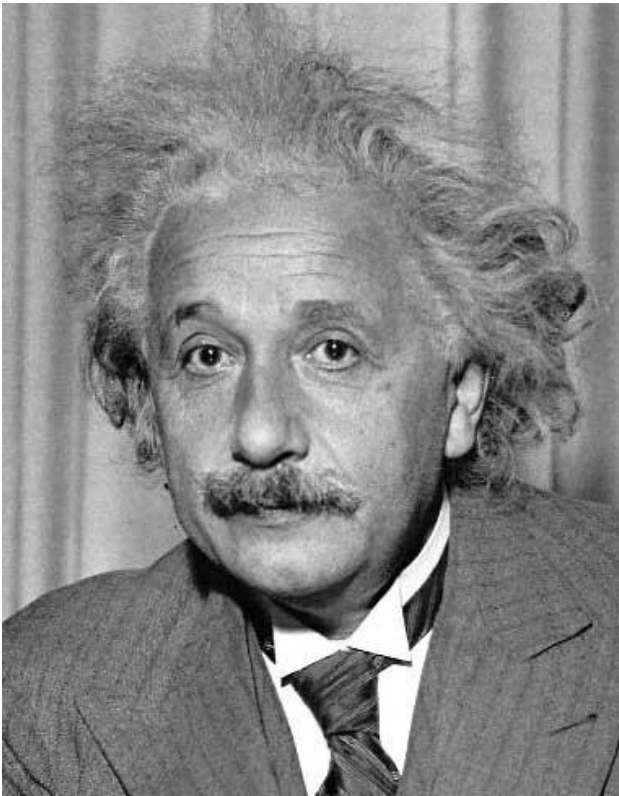
Filtered image
with box size 5x5



Filtered image
with box size 11x11

Một số bộ lọc (Some kernels)

- Sobel



$*$

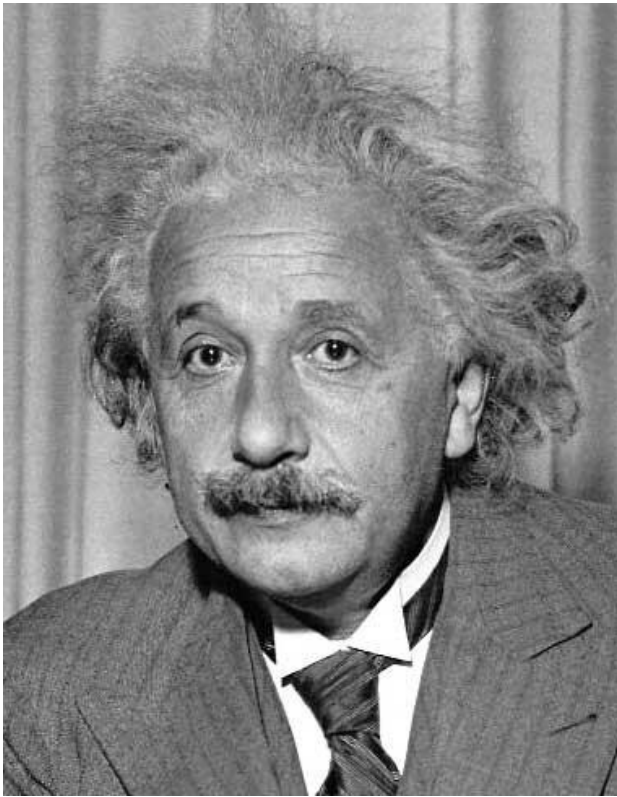
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1



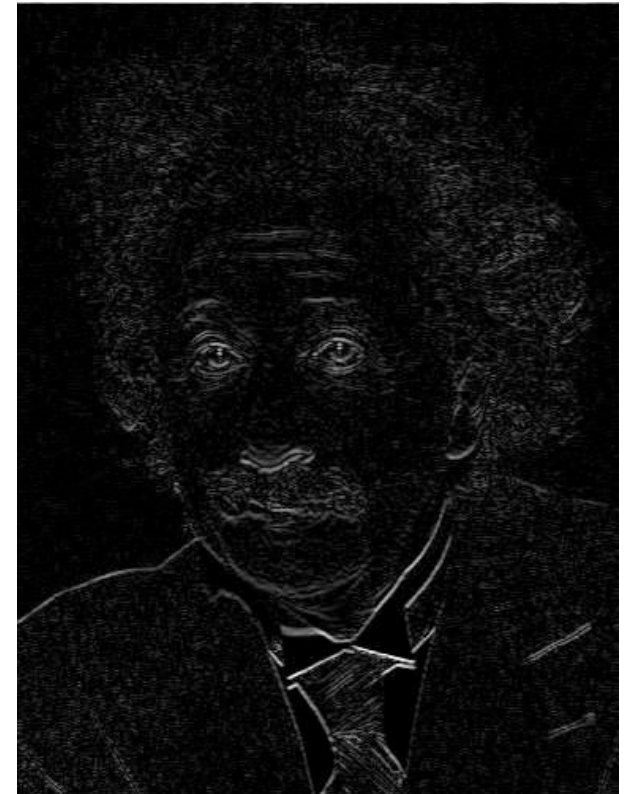
Vertical Edge
(absolute value)

Một số bộ lọc (Some kernels)

- Sobel



$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline -1 & -2 & -1 \\ \hline 0 & 0 & 0 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

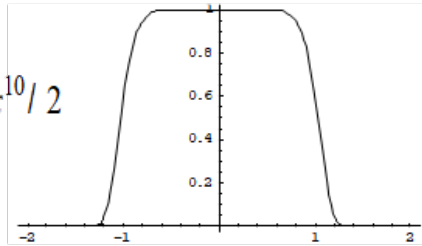


Horizontal Edge
(absolute value)

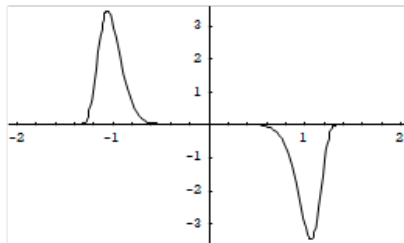
Phát hiện biên

- Vị trí biên:
 - Đạt cực trị trên đạo hàm bậc 1
 - Đổi dấu qua không trên đạo hàm bậc 2

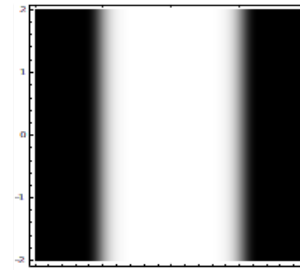
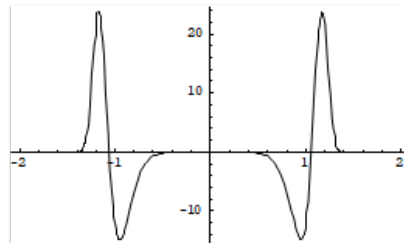
$$f(x, y) = e^{-x^{10}/2}$$



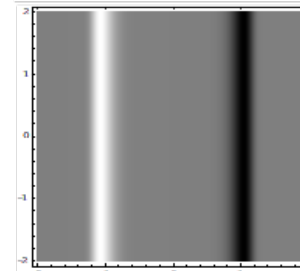
$$\frac{\partial f}{\partial x}$$



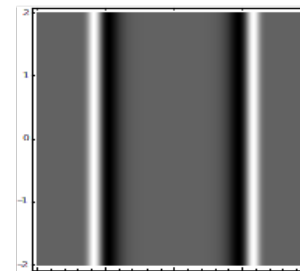
$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$



Image



First derivative



Second derivative

Phát hiện biên với đạo hàm bậc 1

- Tính kết quả nhân chập giữa ảnh vào bộ lọc để tính đạo hàm bậc 1
 - Bộ lọc để tính đạo hàm bậc 1: **Sobel, Prewitt, Robert**
 - Các bộ này đều được cài đặt **OpenCV library**
- Tìm cực trị địa phương
 - Biên bao gồm các điểm ảnh có **giá trị cực đại/cực tiểu trên đạo hàm bậc 1** của ảnh.
 - Có thể **dùng ngưỡng để phát hiện nhanh các cạnh**
 - Có thể gồm nhiều bước để tìm được cạnh tối ưu: **Canny detector** (cài đặt trong OpenCV)

Phát hiện biên với đạo hàm bậc 1

- Bộ lọc dùng **tính đạo hàm bậc 1** trên ảnh

– Robert

<i>1</i>	<i>0</i>
<i>0</i>	<i>-1</i>

<i>0</i>	<i>1</i>
<i>-1</i>	<i>0</i>

– Prewitt

- Ít nhạy cảm với nhiễu
- Làm trơn với bộ lọc trung bình + tính đạo hàm bậc 1

<i>-1</i>	<i>-1</i>	<i>-1</i>
<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>

<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>

– Sobel:

- Ít nhạy cảm với nhiễu
- Làm trơn với Gauss + tính đạo hàm

<i>-1</i>	<i>-2</i>	<i>-1</i>
<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>1</i>

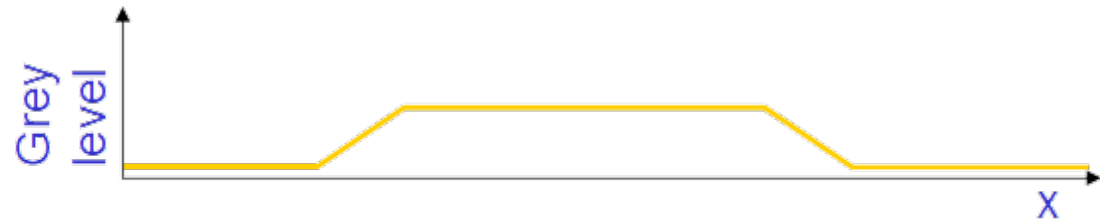
<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>-2</i>	<i>0</i>	<i>2</i>
<i>-1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>

y

x

Phát hiện biên với đạo hàm bậc 1

Image 1D $f(x)$



1st derivative $f'(x)$



$|f'(x)|$



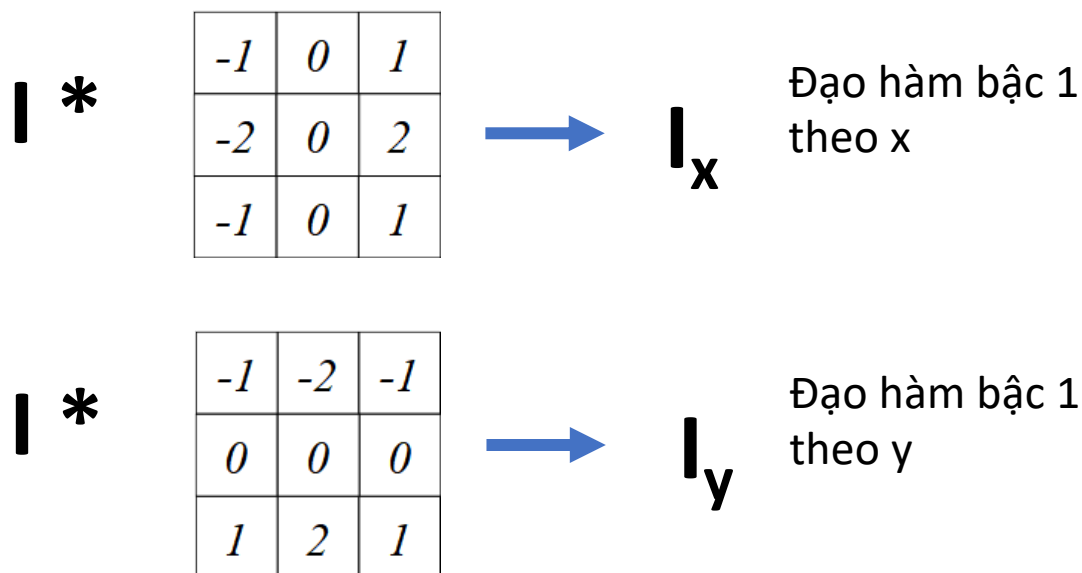
Edge pixels:

$|f'(x)| > \text{Threshold}$



Đạo hàm (Image gradient)

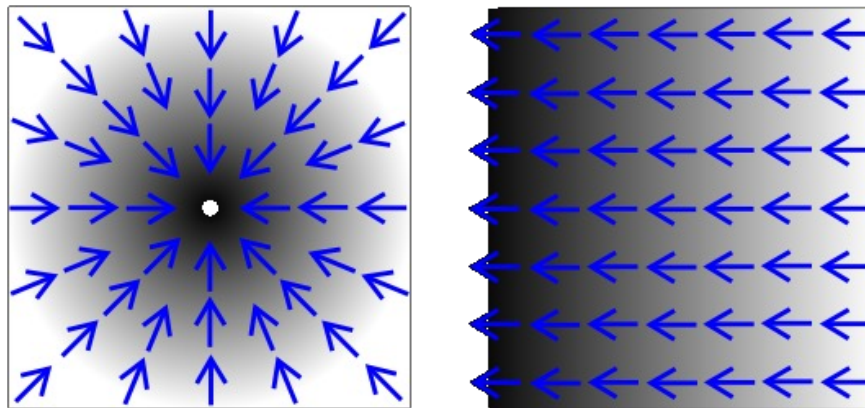
- 1st derivatives :



$\rightarrow$ Image gradient

Đạo hàm (Image gradient)

- Đạo hàm thể hiện hướng thay đổi về cường độ sáng/màu trên ảnh
- Mỗi điểm ảnh có: G_x , G_y
- Tạo thành 1 vector đạo hàm (G_x , G_y) :
 - **Thông tin quan trọng** để mô tả nội dung của
 - Độ lớn đạo hàm = $\sqrt{(G_x)^2 + (G_y)^2} \approx |G_x| + |G_y|$
 - Hướng của đạo hàm = $\arctan(G_y/G_x)$



Đường màu xanh thể hiện hướng của đạo hàm: từ sáng nhất đến tối nhất

Phát hiện biên với đạo hàm bậc 2

- Tính đạo hàm bậc 2
 - Nhân chập ảnh với bộ lọc **Laplace**

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- Tìm điểm đổi dấu qua không

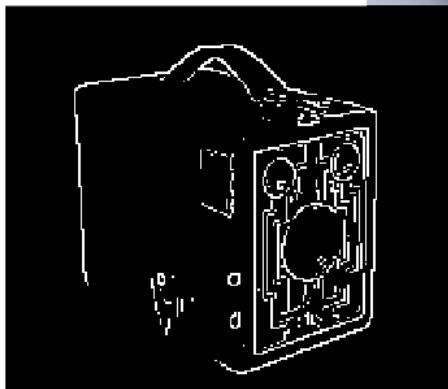
Đạo hàm bậc 2

- Một mặt nạ xấp xỉ cho hàm Laplace

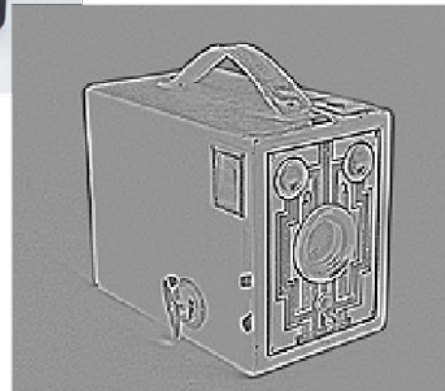
$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gradient



Laplacian

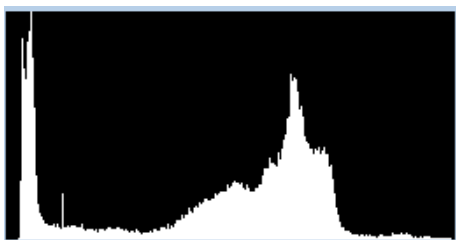


Trích chọn đặc trưng

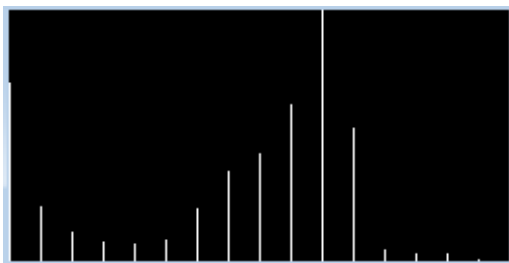
- Hai loại đặc trưng được trích chọn từ ảnh:
 - Đặc trưng cục bộ và toàn cục
- **Đặc trưng toàn cục:**
 - Mô tả toàn bộ ảnh như 1 đối tượng
 - Đặc trưng đường biên, đặc trưng hình dạng, đặc trưng kết cấu
 - Ví dụ: Invariant Moments (Hu, Zernike), Histogram Oriented Gradients (HOG), PHOG, and Co-HOG,...
- **Đặc trưng cục bộ:**
 - Mô tả đặc trưng cục bộ mô tả từng vùng nhỏ trong ảnh, từng vùng cục bộ của đối tượng (điểm đặc trưng trong ảnh).
 - Biểu diễn đặc trưng kết cấu/màu sắc trong mỗi vùng cục bộ ảnh
 - Ví dụ: SIFT, SURF, LBP, BRISK, MSER và FREAK, ...

Trích chọn đặc trưng

- Đặc trưng toàn cục

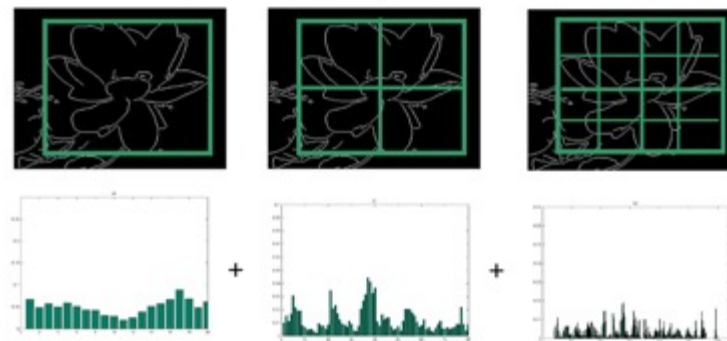


256 bins intensity histogram



16 bins intensity histogram

Input Image (image.jpg)



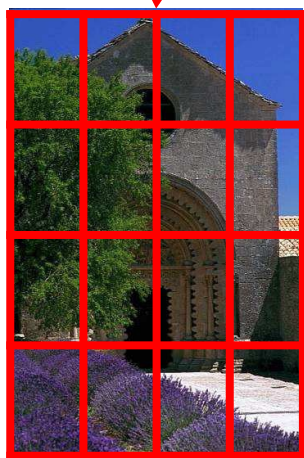
Output PHOG descriptor (image.jpg.txt)

Pyramid Histogram of Oriented Gradients

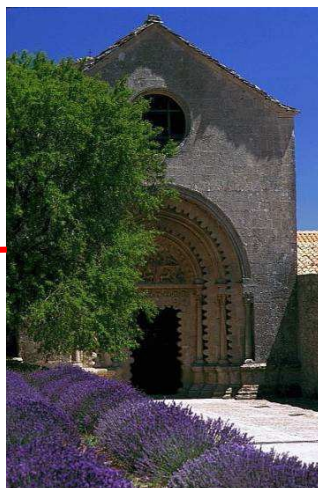
Trích chọn đặc trưng

- Đặc trưng cục bộ: xác định vùng cục bộ như thế nào?

Dividing into patches with regular grid



Không cần biết nội dung của ảnh



Keypoint detection

Image segmentation



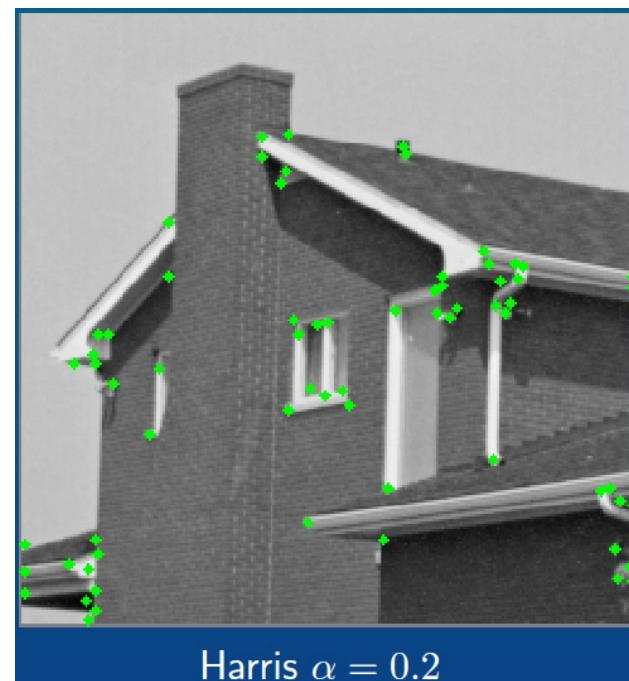
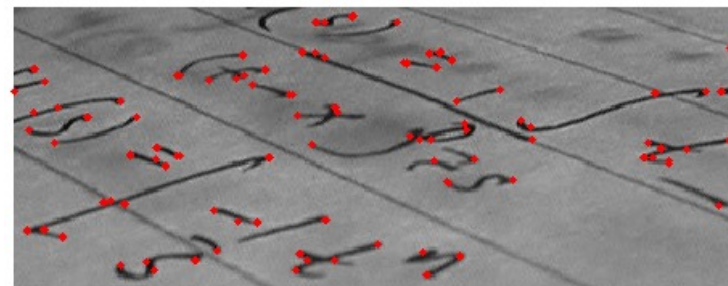
Dựa trên nội dung của ảnh

Trích chọn đặc trưng

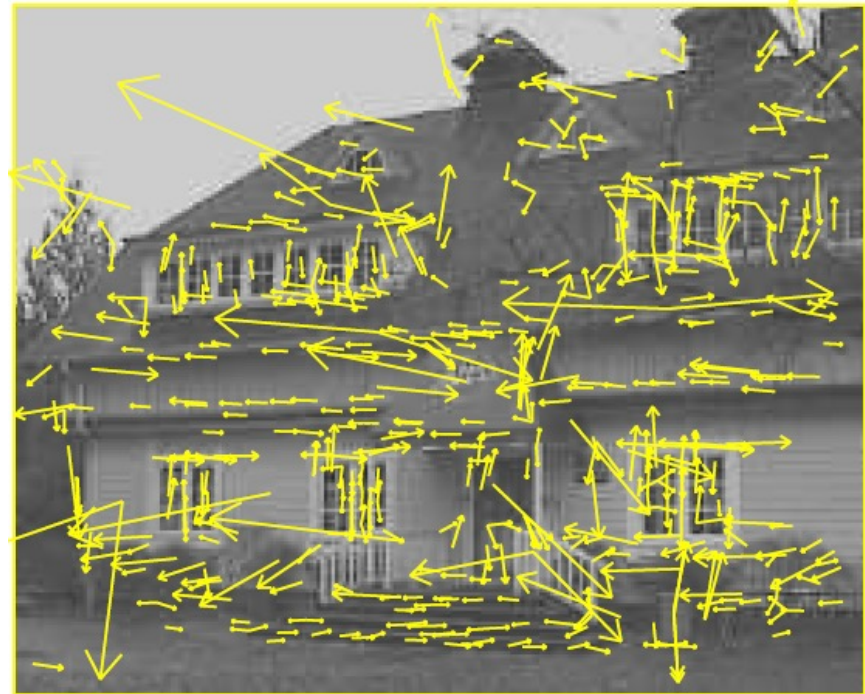
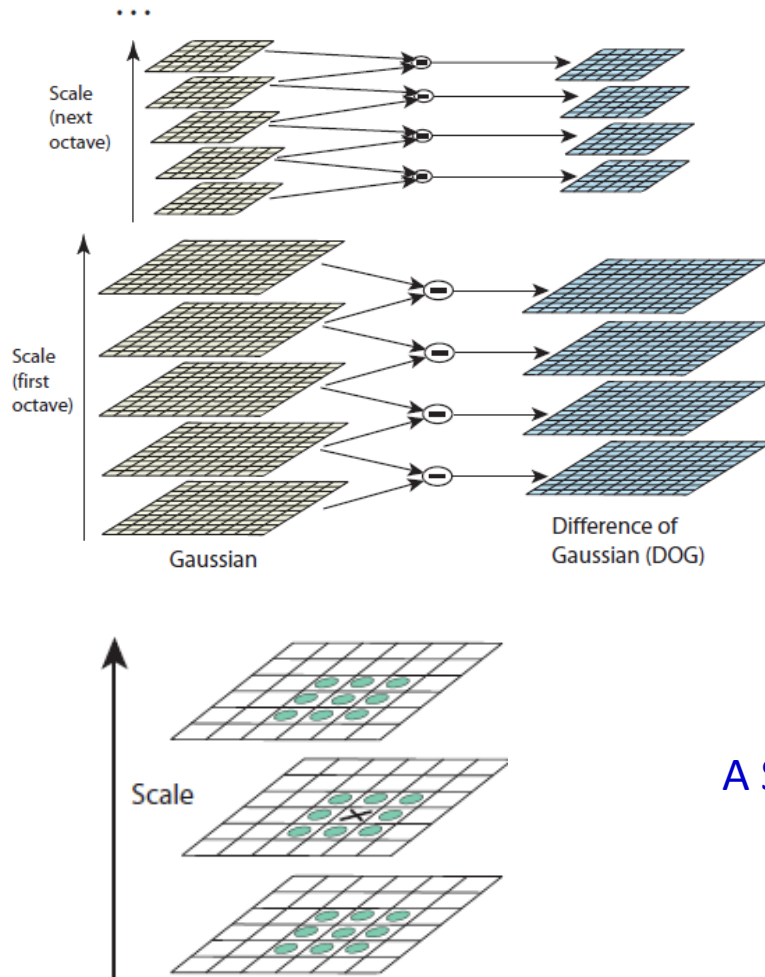
- Phân vùng ảnh
 - Lấy ngưỡng (Thresholding)
 - Chia và hợp (Split and merge)
 - Phát triển vùng (Region growing)
 - Watershed
 - ...

Trích chọn đặc trưng

- Phát hiện các điểm đặc trưng:
 - **DoG /SIFT detector**
 - Harris corner detector
 - Moravec
 - ...
- Đặc trưng cục bộ: tính trên các vùng cục bộ xung quan điểm đặc trưng:
 - **SIFT**,
 - SURF([Speeded Up Robust Features](#)),
 - [PCA-SIFT](#)
 - LBP, BRISK, MSER and FREAK, ...



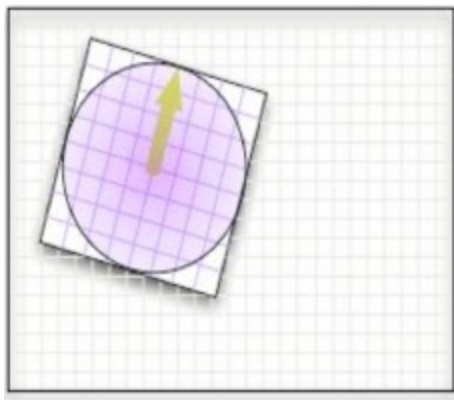
VD: Bộ phát hiện điểm đặc trưng DoG/SIFT



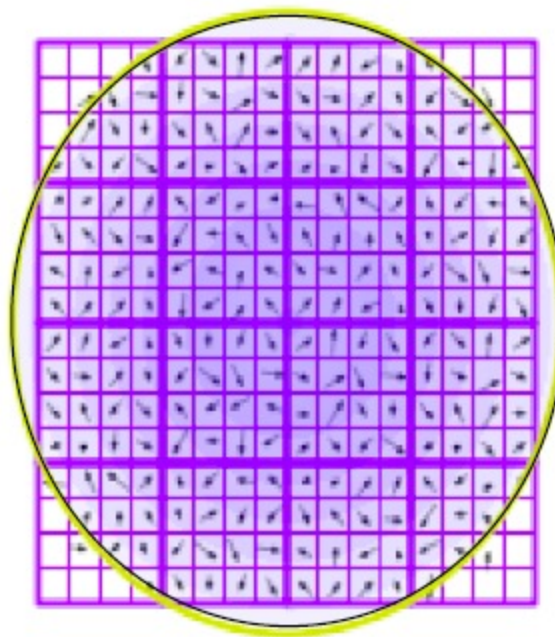
A SIFT keypoint : $\{x, y, \text{scale}, \text{dominant orientation}\}$

Source: [Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints](#) – IJCV 2004

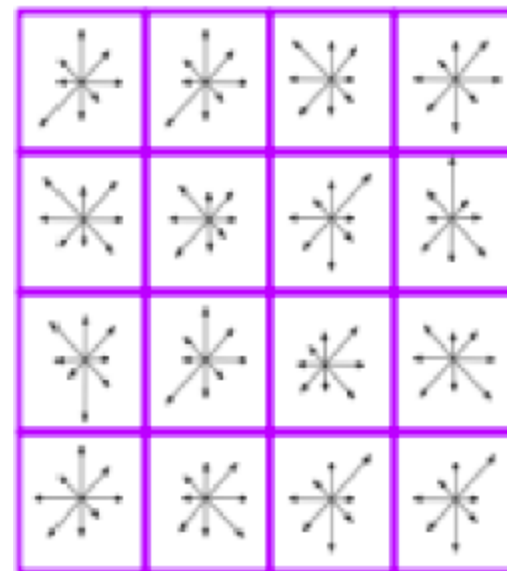
VD: đặc trưng SIFT



Blur the image
using the scale of
the keypoint
(scale invariance)



Compute gradients in
respect to the keypoint
orientation (rotation
invariance)



Compute orientation
histogram in 8
directions over 4x4
sample regions

Source: [Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints](http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingWs13TDCV/feature_descriptors.pdf) – IJCV 2004
http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingWs13TDCV/feature_descriptors.pdf

Trích chọn đặc trưng: Đặc trưng tốt?

- Gọn (Compact)
- Bất biến với
 - Một số phép biến đổi hình học
 - Góc nhìn camera
 - Điều kiện chiếu sáng
- Một trong những đặc trưng tốt nhất: **SIFT** (David Lowe)

Một số bộ đặc trưng cục bộ khác

Popular features: SURF, HOG, SIFT

http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingWs13TDCV/feature_descriptors.pdf

Summary some local features:

http://www.cse.iitm.ac.in/~vplab/courses/CV_DIP/PDF/Feature_Detectors_and_Descriptors.pdf

Trích chọn đặc trưng: OpenCV

- SIFT & SURF:
 - Đã đăng ký sở hữu trí tuệ
 - Sử dụng tự do cho mục đích nghiên cứu/giảng dạy
 - Sử dụng trong các ứng dụng **thương mại**: cần giấy phép
- Từ OpenCV 3.0, các thuật toán đã ddk sở hữu trí tuệ:
 - Được loại bỏ khỏi gói cài đặt chuẩn,
 - Được đặt trong gói "non-free" (**opencv-contrib**, không được cài đặt mặc định)
- Một số các thay thế cho sift, surf:
 - ORB (Oriented FAST and Rotated Brief)
 - BRIEF, BRISK, FREAK, KAZE and AKAZE

Trích chọn đặc trưng: OpenCV

- SIFT

- **sift.detect()** : tìm các điểm đặc trưng
- **sift.compute()** : tính đặc trưng cục bộ tại các điểm đặc trưng

```
sift = cv.xfeatures2d.SIFT_create()
```

```
kp = sift.detect(gray, None)
```

```
kp, des = sift.compute(gray, kp)
```

- Tìm điểm đặc trưng và đặc trưng cục bộ: **sift.detectAndCompute()**

```
sift = cv.xfeatures2d.SIFT_create()
```

```
kp, des = sift.detectAndCompute(gray, None)
```

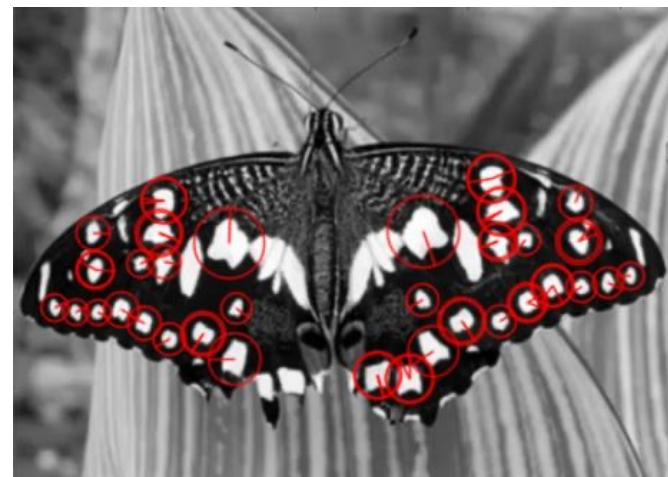
- https://docs.opencv.org/3.4/da/df5/tutorial_py_sift_intro.html

- SURF: tương tự

Trích chọn đặc trưng: OpenCV

- SURF:

```
>>> img = cv.imread('fly.png',0)
# Create SURF object. You can specify params here or later.
# Here I set Hessian Threshold to 400
>>> surf = cv.xfeatures2d.SURF_create(400)
# Find keypoints and descriptors directly
>>> kp, des = surf.detectAndCompute(img,None)
>>> len(kp)
699
```



– https://docs.opencv.org/3.4/df/dd2/tutorial_py_surf_intro.html

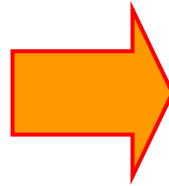
Mô hình túi từ

- Xuất phát từ mô hình biểu diễn văn bản không tính đến thứ tự các từ: chỉ tính đến tần suất xuất hiện của từ trong văn bản Salton & McGill (1983)



Mô hình túi từ (Bags of features) để nhận dạng đối tượng

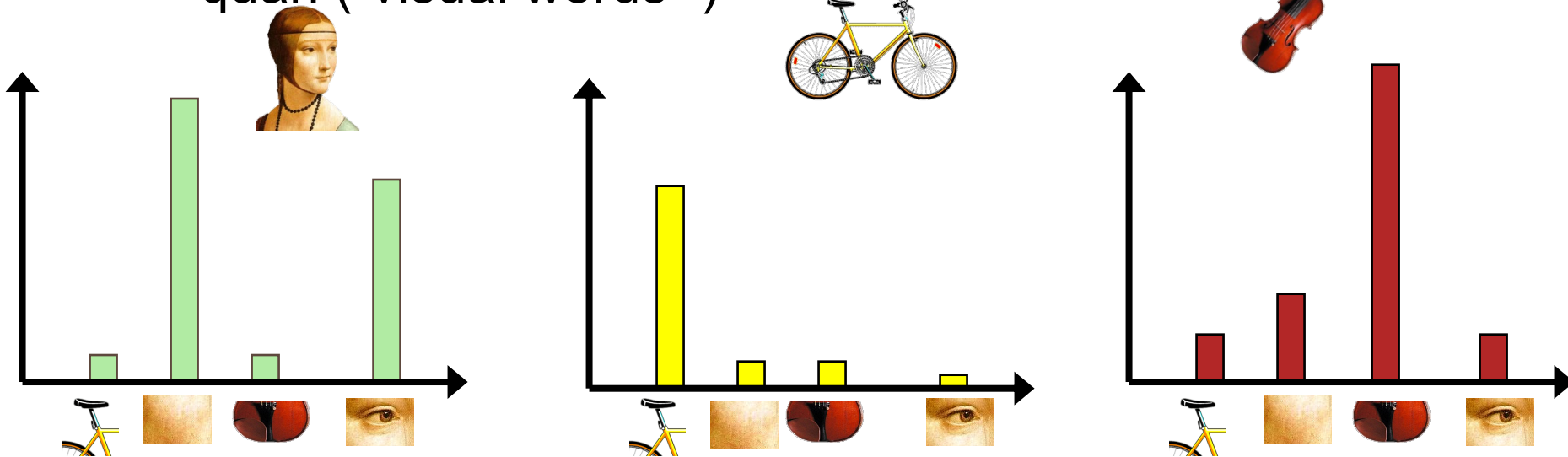
- Hoạt động tốt cho phân loại ảnh cũng như bài toán nhận dạng các thể hiện của đối tượng



face, flowers, building

Mô hình túi từ: các bước chính

1. Trích chọn đặc trưng
2. Học từ điển trực quan (visual vocabulary)
3. Xác định từ tương ứng cho các đặc trưng
4. Biểu diễn ảnh bởi tần suất xuất hiện của các từ trực quan (“visual words”)



References

- CVIP tool to explore the power of computer processing of digital images: Many methods in image processing and computer vision have been implemented
 - <https://cviptools.ece.siue.edu/>
- Library: OpenCV, with C/C++, Python and Java interfaces. OpenCV was designed for computational efficiency and with a strong focus on real-time application: <https://opencv.org/>
- Books:
 - Rafael C. Gonzalez, Richard Eugene Woods, Digital Image Processing, 2nd edition, Prentice-Hall, 2002: Chap 3 (spatial operators), 6 (Color spaces)
 - Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer, 2010.
<http://szeliski.org/Book/>
- Articles:
 - SIFT (DoG detector and SIFT descriptor): <https://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>
 - SURF: Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool, "[Speeded Up Robust Features](#)", ETH Zurich, Katholieke Universiteit Leuven
 - GLOH: [Krystian Mikolajczyk and Cordelia Schmid](#) "[A performance evaluation of local descriptors](#)", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 10, 27, pp 1615--1630, 2005.
 - PHOG: <http://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/research/caltech/phog.html>
- <https://www.learnopencv.com/> : many examples with code in C++/ Python and clear explanation



25 YEARS ANNIVERSARY
SOICT

VIỆN CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG
SCHOOL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

**Thank you for
your attentions!**



soict.hust.edu.vn/



fb.com/groups/soict

