

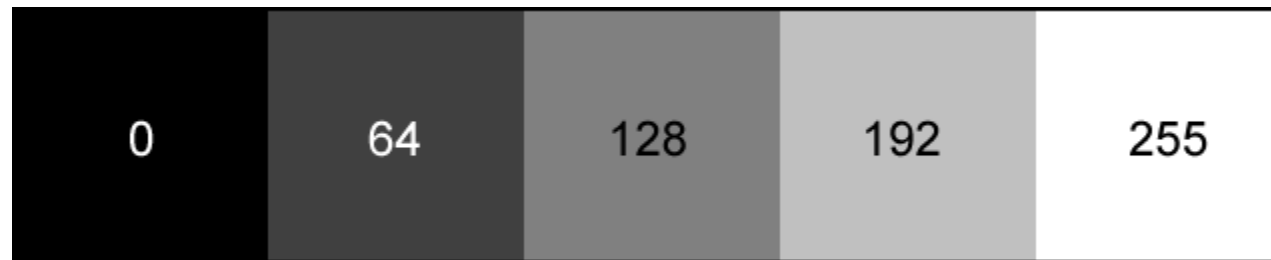
# **Image Feature**

IC614: Computer Vision

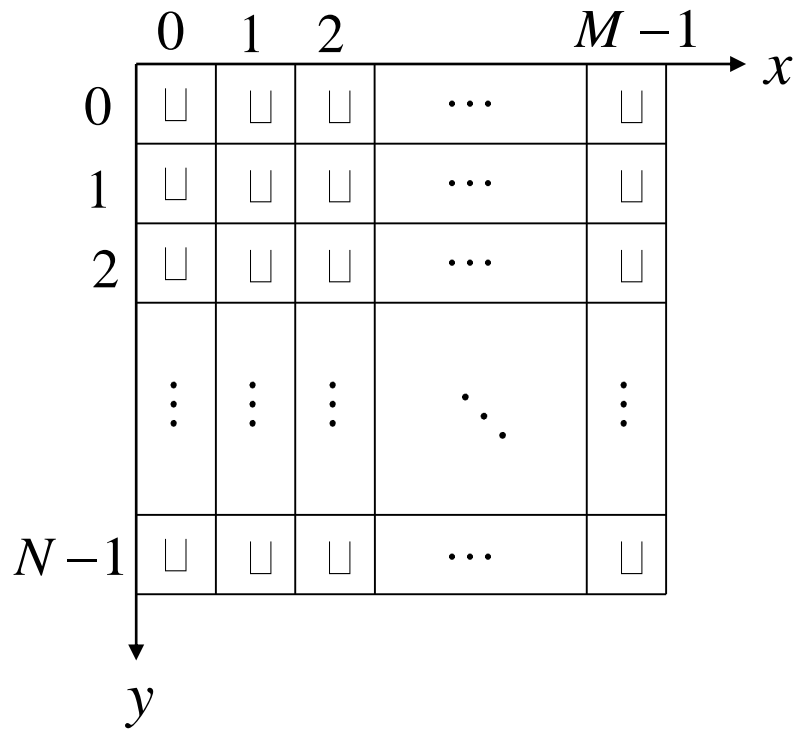
- 그레이스케일( grayscale) 영상
  - 색상 정보가 없이 오직 밝기 정보만으로 구성된 영상
- 트루컬러( truecolor) 영상
  - 색상 정보를 가지고 있어서 다양한 색상을 표현할 수 있는 영상
  - $256^3 = 16,777,216$  색상 표현 가능
- 픽셀(pixel)
  - 영상의 기본 단위, picture element, 畫素

- 그레이스케일 값의 범위

- 그레이스케일 영상에서 하나의 픽셀은 0부터 255 사이의 정수 값을 가짐.
- unsigned char 로 표현 (1 byte)
- 0 : 가장 어두운 밝기(검정색)
- 255 : 가장 밝은 밝기(흰색)



- 영상에서 사용되는 좌표계



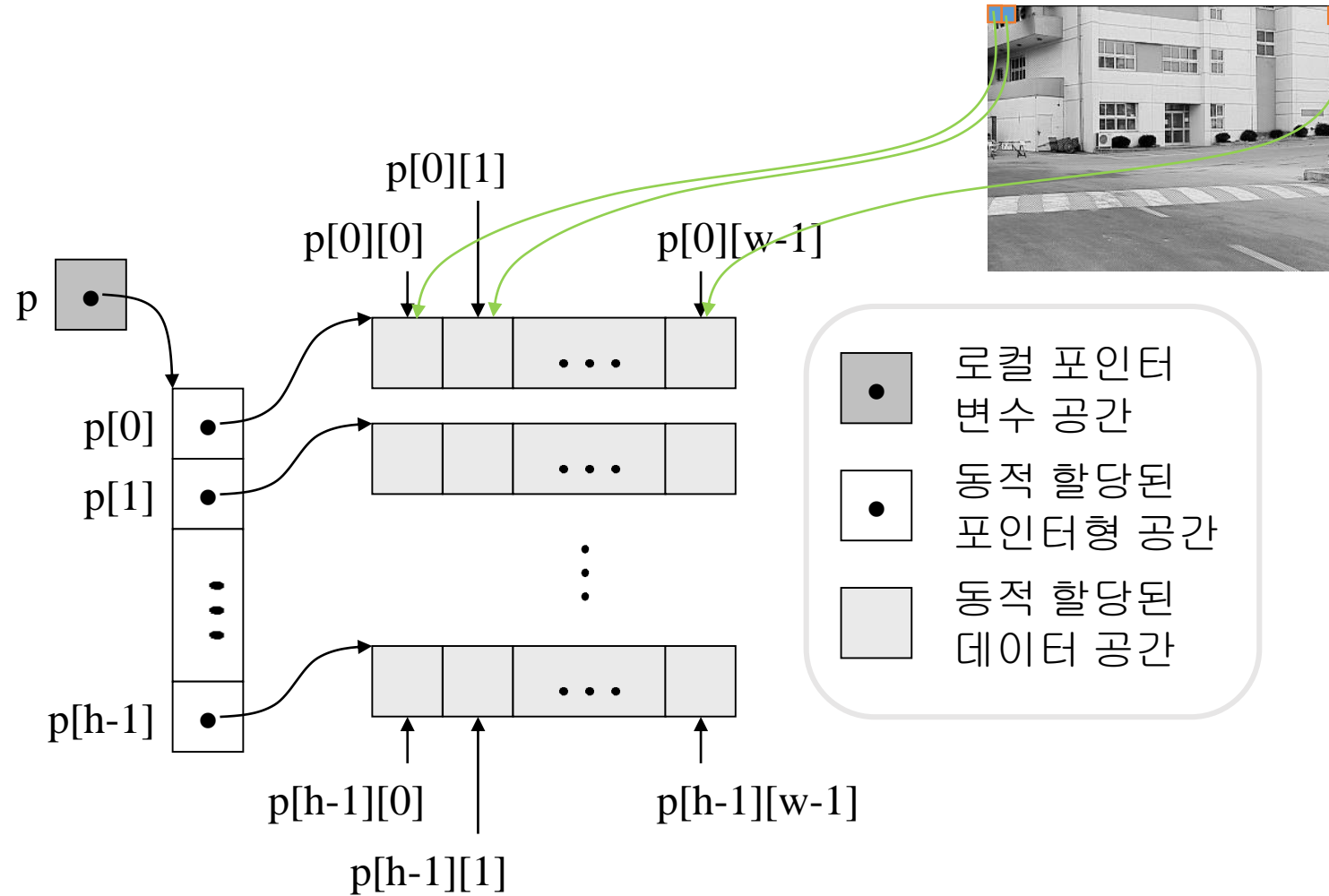
$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \cdots & a_{0,M-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \cdots & a_{1,M-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{N-1,0} & a_{N-1,1} & \cdots & a_{N-1,M-1} \end{bmatrix}$$

- 그레이스케일 영상에서 픽셀 값 분포의 예



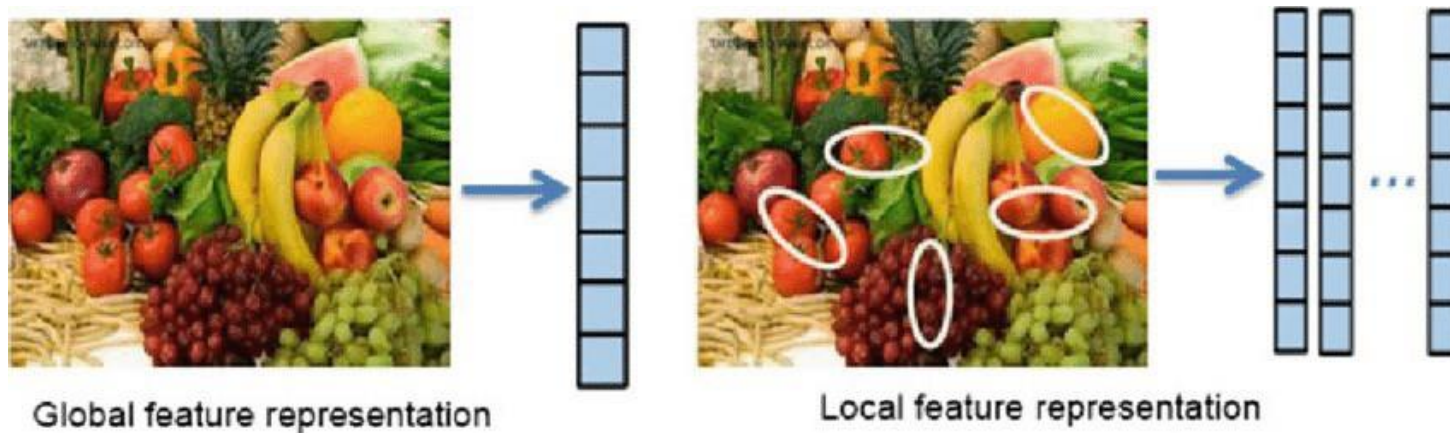
187	187	187	194	197	173	77	25	19	19
190	187	190	191	158	37	15	14	20	20
187	182	180	127	32	16	13	16	14	12
184	186	172	100	20	13	15	18	13	18
186	190	187	127	18	14	15	14	12	10
189	192	192	148	16	15	11	10	10	9
192	195	181	37	13	10	10	10	10	10
189	194	54	14	11	10	10	10	9	8
189	194	19	16	11	11	10	10	9	9
192	88	12	11	11	10	10	10	9	9

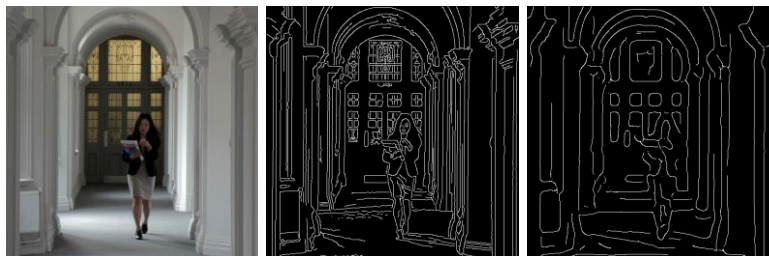
- 동적 2차원 배열의 생성 코드의 동작



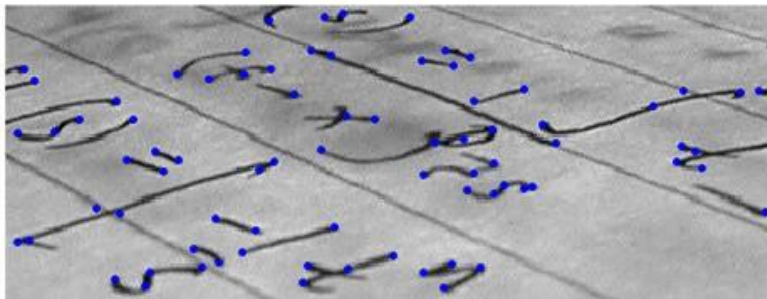
# Features

- Image features (representation)
  - A feature is a piece of information about the content of an image; typically about whether a certain region of the image has certain properties.
- Global feature vs Local feature
  - Global: A particular property of image involving all pixels  
e.g., CNN, Bag-of-Visual-Words, etc. (usually semantic feature)
  - Local: Distinctively represent the image based on some salient regions  
e.g., SIFT, ORB, etc. (usually geometric feature)

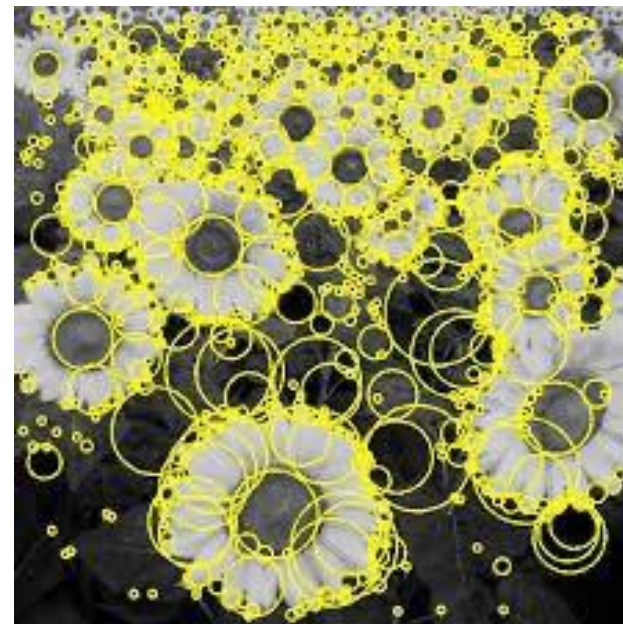




**Edge**



**Corner**



**Blob**

# Basic features

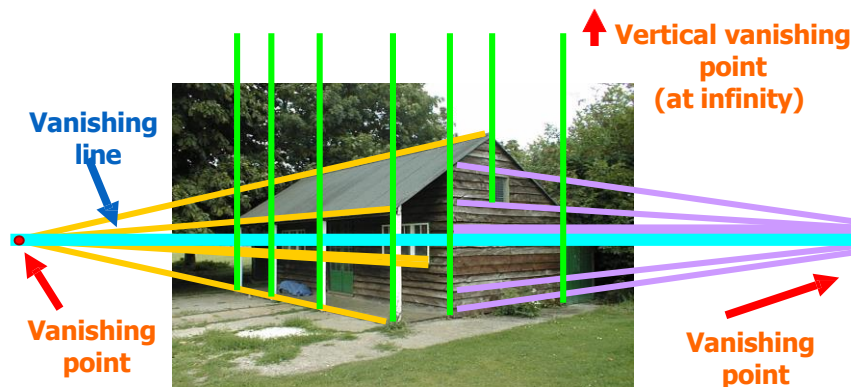
Edge, Corner, Blob



# Edge

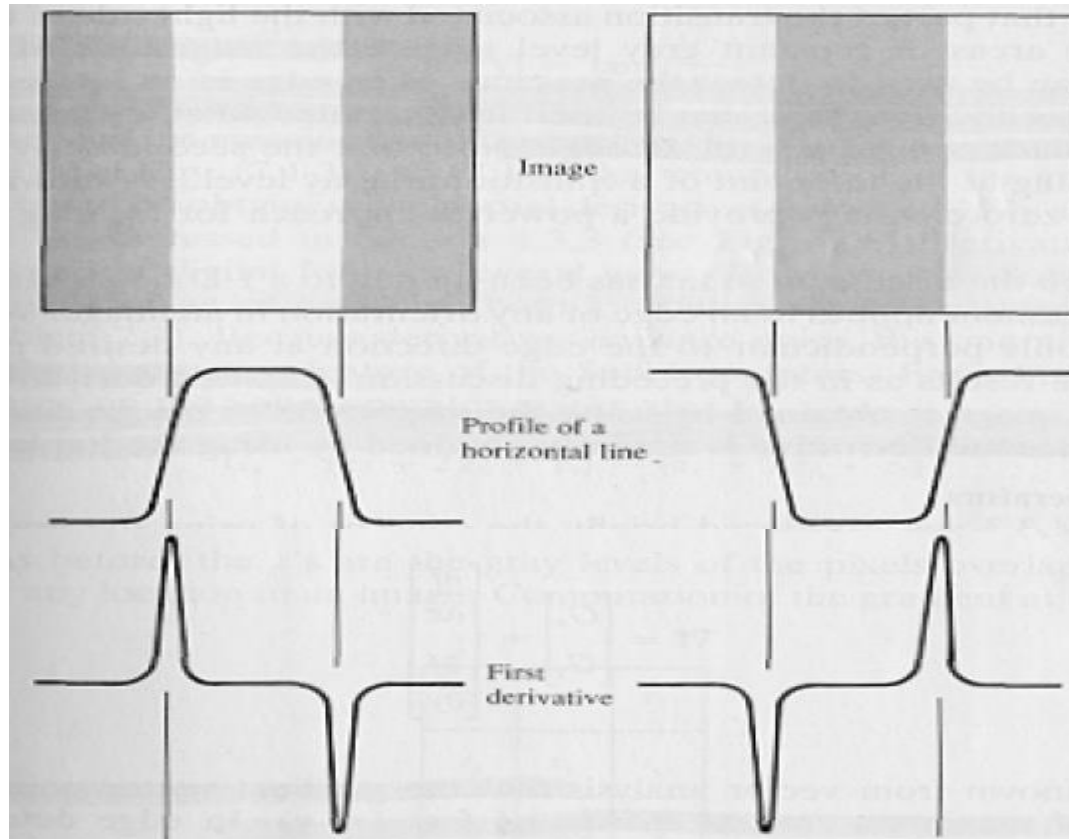
Goal: Identify visual changes (discontinuities) in an image.

- 에지(edge)는 영상의 두드러진 경계 영역으로 영상 내 물체에 대한 모양, 크기, 텍스처 등의 많은 정보를 가지고 있음
- 에지는 영상 내 물체와 배경 간의 밝기 값 차이가 갑자기 변하는 지점으로, 이러한 지점을 검출하기 위해서 수학적으로 미분 연산자를 이용함
- 대부분의 에지 검출기들은 1차 미분, 2차 미분의 연산을 통해서 에지를 검출

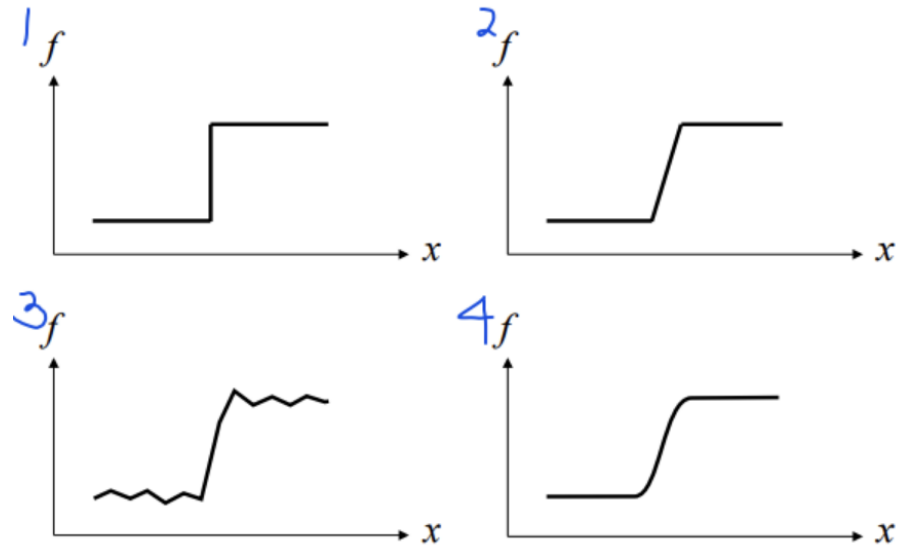


# 마스크를 이용한 경계선 검출

- 함수의 1차 미분(1<sup>st</sup> derivative)
  - 함수  $f(x, y)$ 의  $x$  축 방향으로의 미분



$$\frac{\partial}{\partial x} f, \quad \frac{\partial f}{\partial x}, \quad f_x$$

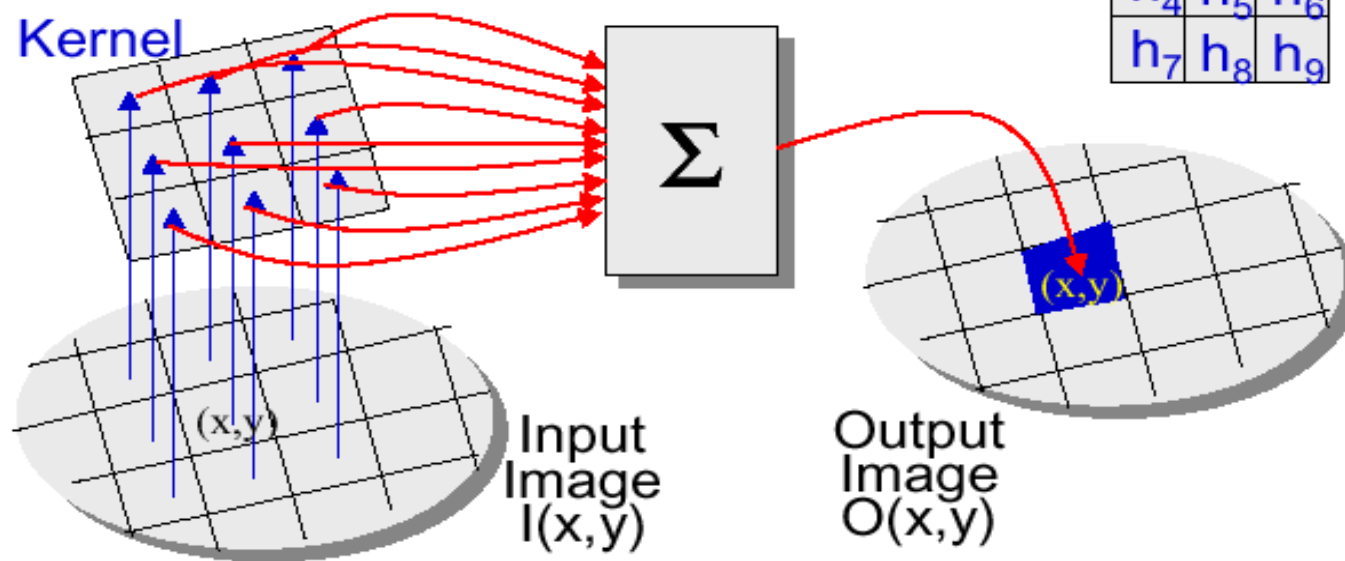


# 공간적 필터링

- 3×3 크기의 마스크를 이용한 필터링 방법

$$O(x,y) = h_1 I(x-1,y-1) + h_2 I(x,y-1) + h_3 I(x+1,y-1) + \\ h_4 I(x-1,y) + h_5 I(x,y) + h_6 I(x+1,y) + \\ h_7 I(x-1,y+1) + h_8 I(x,y+1) + h_9 I(x+1,y+1)$$

where, h is a kernel function.



# 공간적 필터링

- 최외곽 픽셀 처리 방법
  - 최외곽 픽셀은 마스크 연산에서 제외
  - 최외곽 바깥에 가상의 픽셀이 있다고 가정(0또는 주변과 같은 색상 픽셀)

[0][0]	[0][1]	...	[0][w-2]	[0][w-1]
[1][0]	[1][1]	...	[1][w-2]	[1][w-1]
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
[h-2][0]	[h-2][1]	...	[h-2][w-2]	[h-2][w-1]
[h-1][0]	[h-1][1]	...	[h-1][w-2]	[h-1][w-1]

0	0	0	0	
0	[0][0]	[0][1]	[0][2]	
0	[1][0]	[1][1]	[1][2]	...
0	[2][0]	[2][1]	[2][2]	
	⋮	⋮	⋮	

## 극한

- $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  :  $x$  가  $a$  와 무진장 가까운 값일 때,  $f(x)$  는 뭐랑 무진장 가깝냐? (극한값)
- 다가간다든가, 움직이는 것 아님!
- $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$  을 만족하는 것을 그래프로 봅시다 (극한 값이 없는 상황은 무엇일까요?)
- $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = L$  :  $L$  주변 갭으로 어떤 양수  $\varepsilon$  을 잡더라도 요 갭 안으로 쏙다 보내버릴 수 있는  $a$  주변 갭  $\delta$  가 존재하면  $a$  에서의 극한 값은  $L$  이다!
- 이것이 바로  $\varepsilon - \delta$  논법!

## 도함수

- 그냥  $x$  에 대해서 미분 값을 구하자! 그것이 도함수 =  $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$
- $f'(x)$  와 같이 표기하기도 하고  $\frac{dy}{dx}$  로 표기하기도 한다. (하지만, 분수는 아님!)
- 특정 위치  $x = 1$  에서의 순간 기울기 (미분 값)은  $f'(1)$  혹은  $\left. \frac{dy}{dx} \right|_{x=1}$  로 표기
- $y = x^2$  의 도함수를 구해보시다.

# Gradient & Edge Detectors

## 1. Discrete derivatives

$$\sqrt{I_x(x,y)^2 + I_y(x,y)^2} \approx \|\mathbf{grad} I(x,y)\|_2$$

$$\text{Kernel: } \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} / 2 \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} / 2$$

$$I_y(x,y) = \frac{I(x,y+\varepsilon) - I(x,y-\varepsilon)}{2\varepsilon} = \frac{I(x,y+1) - I(x,y-1)}{2}$$

## 2. Sobel operator

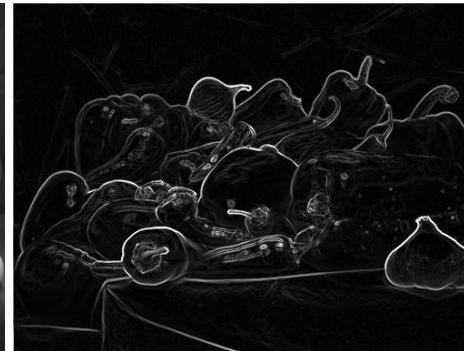
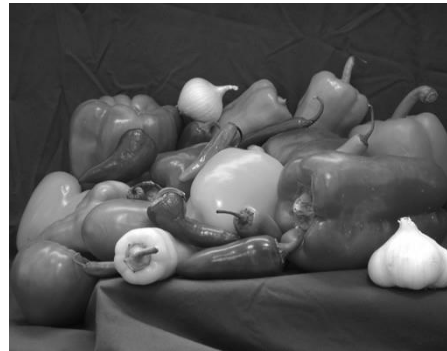
$$|S_x(x,y)| + |S_y(x,y)| \approx \|\mathbf{grad} I(x,y)\|_1$$

$$\text{Kernel: } \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## 3. Canny edge



Input RGB/GRAY



Discrete derivatives



Sobel

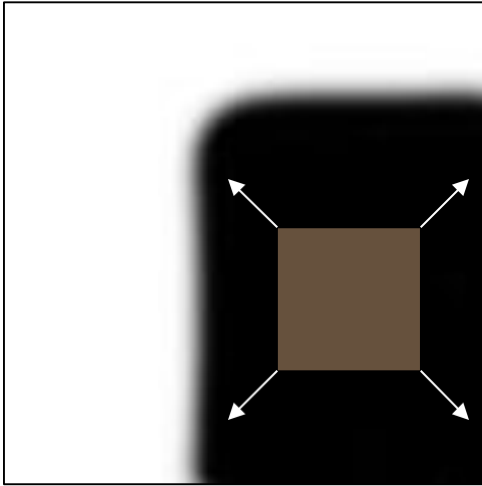
# Edge detection

- Procedure
  1. Filter image with x, y derivatives of Gaussian with  $\sigma$
  2. Find magnitude and orientation of gradient
  3. Non-maximum suppression:
    - Thin multi-pixel wide “ridges” to single pixel width
  4. ‘Hysteresis’ Thresholding:
    - Define two thresholds: low and high
    - Use the high threshold to start edge curves and the low threshold to continue them

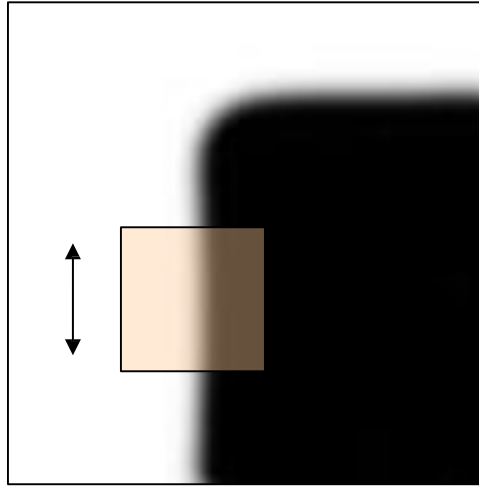


# Corner

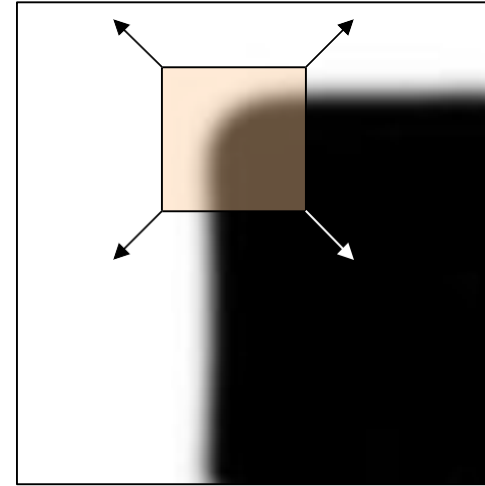
- We might **recognize the point** by looking through **a small window**.
- We want a window shift in **any direction** to give **a large change** in intensity.



“Flat” region:  
no change in all  
directions



“Edge”:  
no change along the  
edge direction



“Corner”:  
significant change in  
all directions

# Corner Detection by Auto-correlation

- Change in appearance of window  $w(x, y)$  for shift  $[u, v]$ :

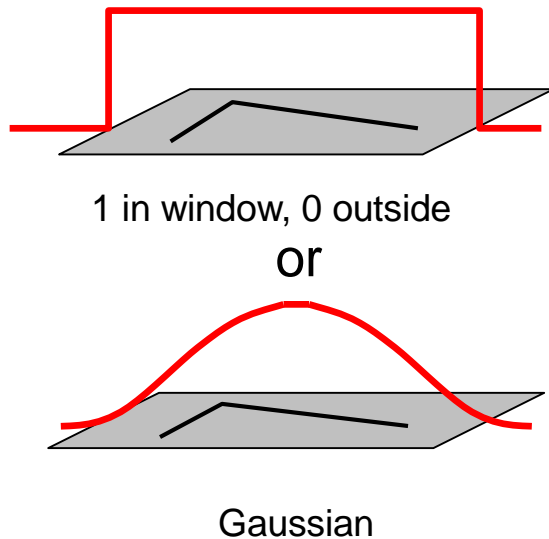
$$E(u, v) = \sum w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2$$

Diagram illustrating the components of the equation:

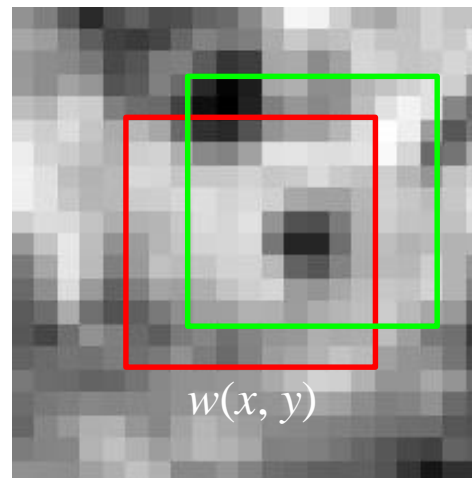
- $w(x, y)$ : Window function
- $I(x + u, y + v)$ : Shifted intensity
- $I(x, y)$ : Intensity



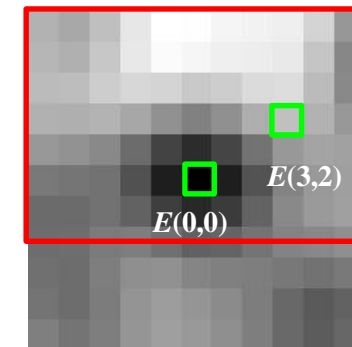
Window function  $w(x, y) =$



$I(x, y)$



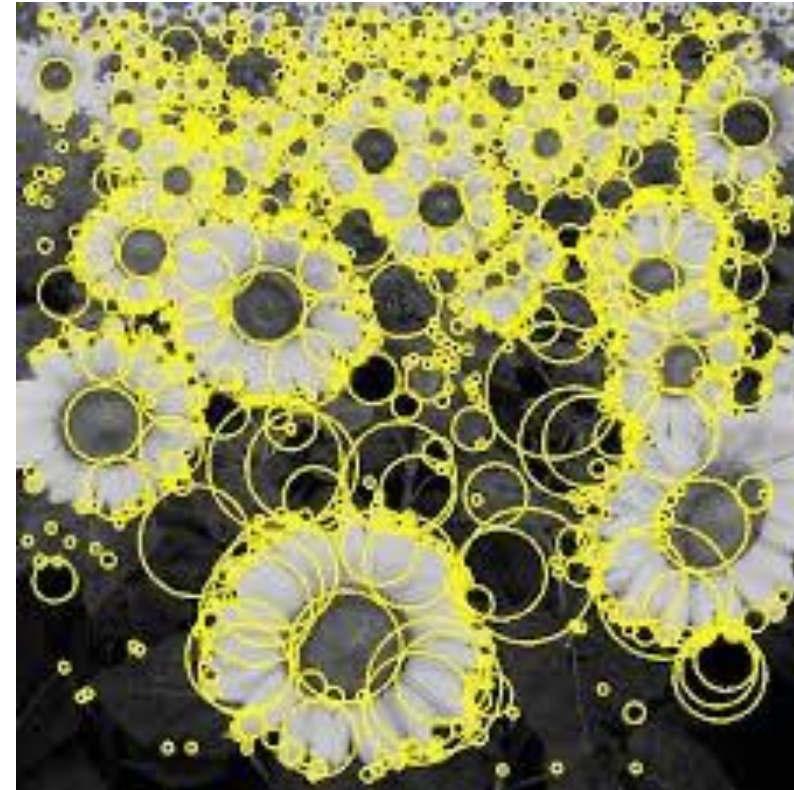
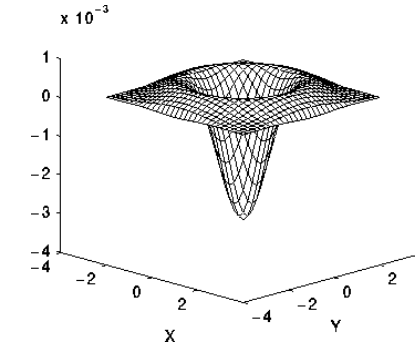
$E(u, v)$



# Blob

- Blob
  - Regions in the image that are either **brighter** or **darker** than the surrounding
- Blob detection procedure
  - Smooth image
  - Apply the Laplacian of Gaussian or difference of Gaussians
  - Find the optimal scale and orientation parameters

$$G_{\sigma}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$
$$\frac{\partial}{\partial x} G_{\sigma}(x) = -\frac{x}{\sigma^2} G_{\sigma}(x)$$
$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} G_{\sigma}(x) = \left(\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right) G_{\sigma}(x)$$





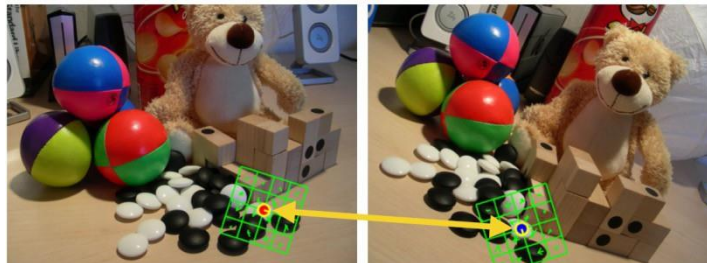
# Feature (Keypoint + Descriptor)

SIFT & ORB

# What is feature

- Feature
  - Keypoint and descriptor together
- Keypoint (or interest point )
  - Some particular image intensities “around” it, such as a corner or edge
  - A keypoint can be used for deriving a descriptor
- Descriptor
  - A finite vector which summarizes properties for the keypoint
  - Used for classifying the key point

Best tool for matching pixels  
across images



Best tool for matching categories

