



# Jundi Shapur

## University of Technology-Dezful

# پردازش تصاویر رقومی

## فصل پنجم: شناسایی لبه

Nurollah Tatar  
Digital Image Processing  
Semester 2021

# فهرست مطالب

- مقدمه
- انواع لبه
- مشتق اول
- الگوریتم شناسایی لبه Canny
- مشتق دوم
- بهبود تصویر با شناسایی لبه
- کاربردهای بارزسازی و شناسایی لبه

# مقدمه



- پالایش مکانی تصویر معمولاً با دو روش پایین گذر یا بالاگذر انجام می‌گیرد.
- در جلسات گذشته در مورد فیلترهای پایین گذر (هموارساز) مطالبی به اختصار ارائه شد.
- در این جلسه فیلترهای بالاگذر توضیح داده می‌شوند.
- هدف از اعمال فیلترهای بالاگذر، عمدتاً شناسایی لبه و بارزسازی تصویر است.

# مقدمه



- برای پالایش مکانی تصویر با فیلترهای بارزکننده کاربردهای متعددی وجود دارد از جمله:
  1. صنعت چاپ
  2. مهندسی پزشکی
  3. بازری اپتیکی
  4. شناسایی لبه و ناوبری اتوماتیک
  5. استخراج و به کارگیری عوارض خطی

# انواع لبه

- لبه‌ها در حقیقت تغییرات رادیومتریکی محلی هستند که به دو

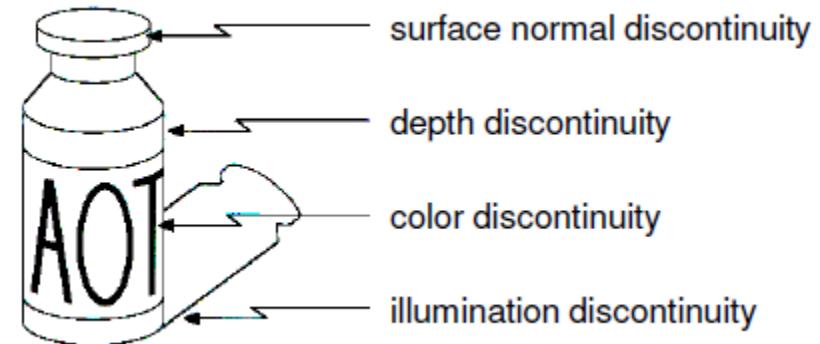
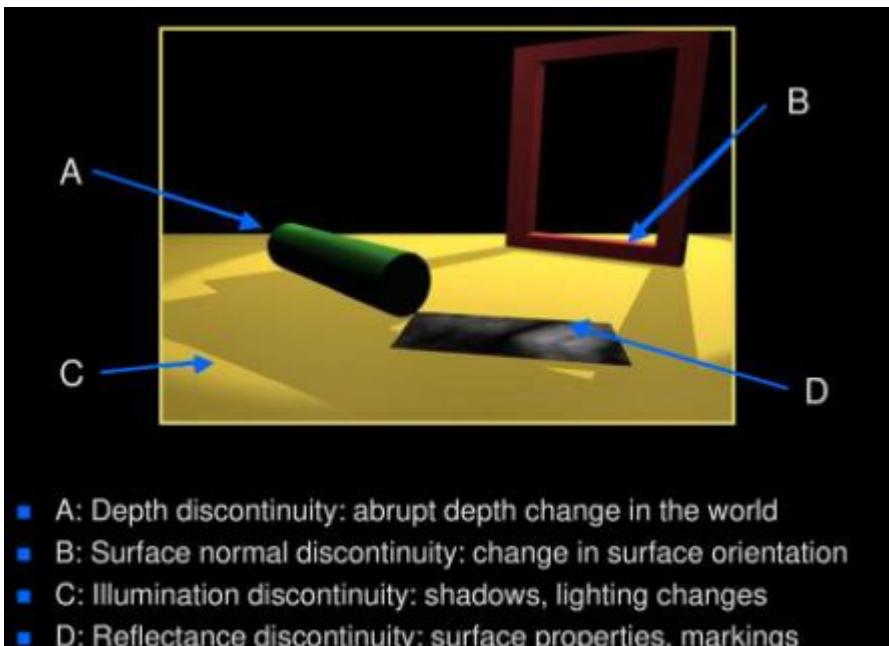
دلیل ایجاد می‌شوند:

- تغییرات هندسی
  - ناپیوستگی سطوح
  - ناپیوستگی عمق
  - ناپیوستگی در رنگ و بافت
- تغییرات غیرهندسی
  - تغییرات روشنایی
  - سایه‌ها

# انواع لبه

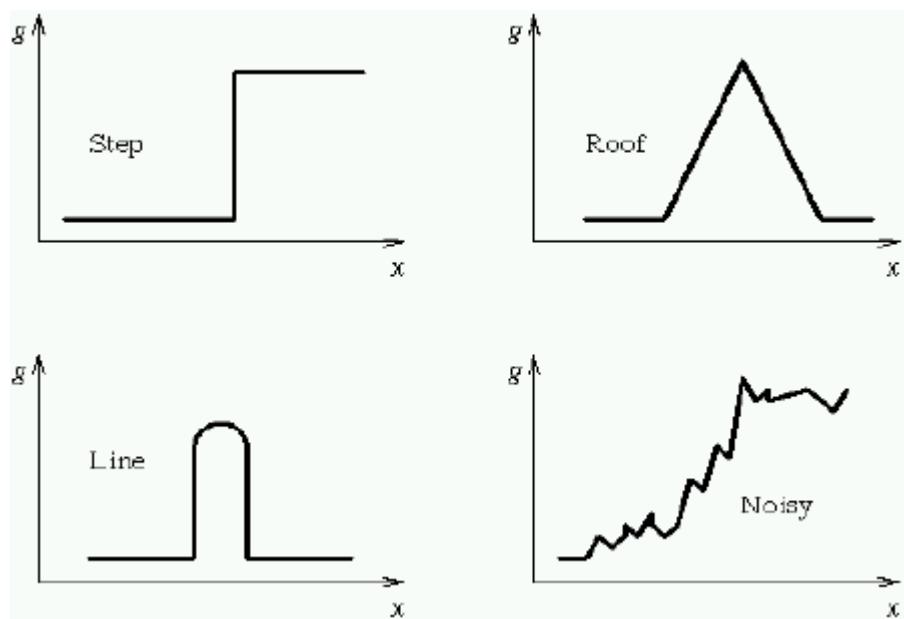


## • عوامل هندسی و غیر هندسی در ایجاد لبه‌ها:



# انواع لبه

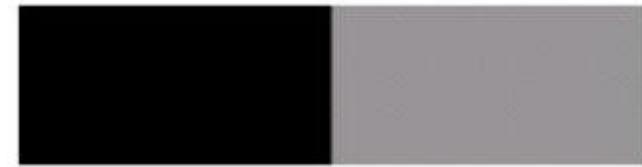
- براساس تغییرات درجات خاکستری لبه‌ها را می‌توان به چهار



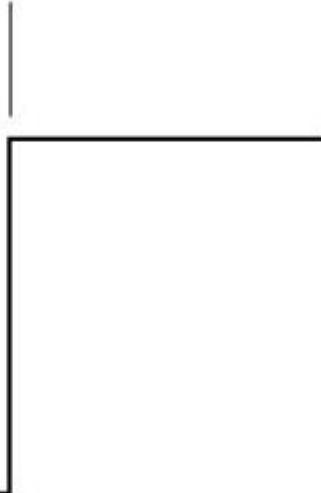
نوع تقسیم کرد:

- لبه‌های پله‌ای (Step)
- لبه‌های رمپی (Ramp)
- لبه‌های خطی (Line)
- لبه‌های سقفی (Roof)

# انواع لبه



پروفیل  
درجات  
خاکستری



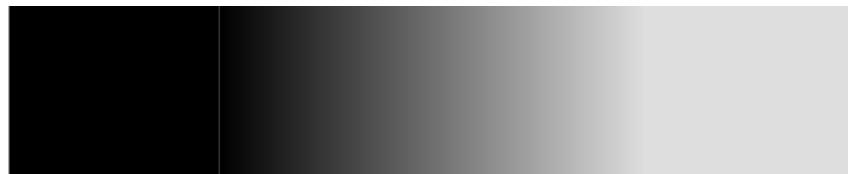
Gray-level profile  
of a horizontal line  
through the image

## • لبه‌های پله‌ای (Step)

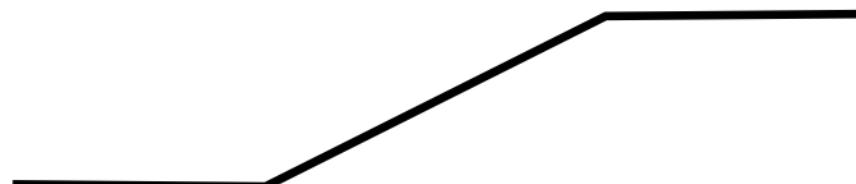
- در این لبه، درجات خاکستری به صورت دفعی تغییر می‌کند.
- این نوع لبه با نام لبه ایده آل در پردازش تصویر هم شناخته می‌شود.

# انواع لبه

- لبه‌های رمپی (Ramp):
  - در این لبه، درجات خاکستری به صورت دفعی تغییر نمی‌کنند.
  - تغییر درجات خاکستری طی یک فاصله رادیومتریکی محدود انجام می‌گیرد.



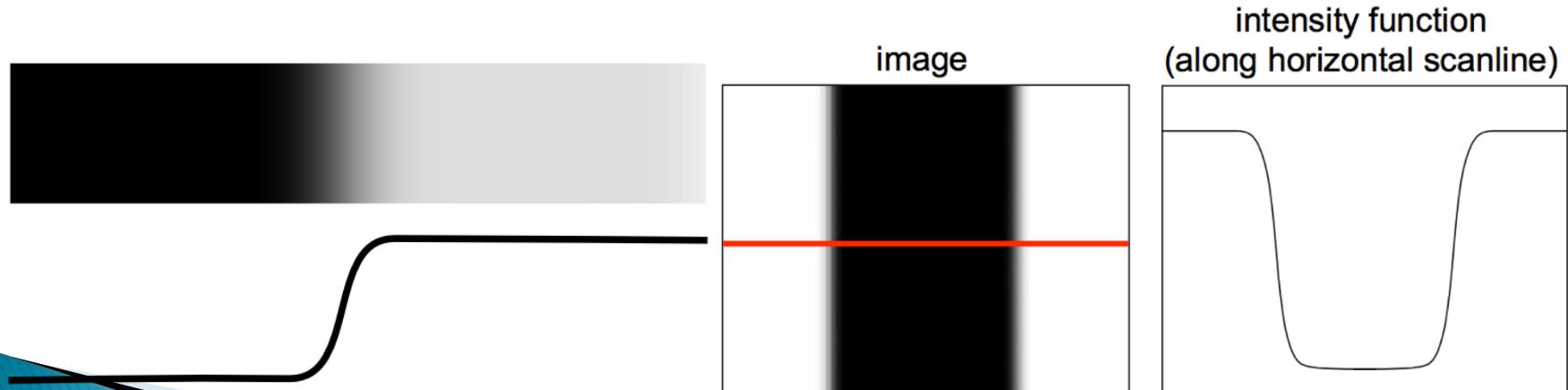
پروفیل  
درجات  
خاکستری



# انواع لبه



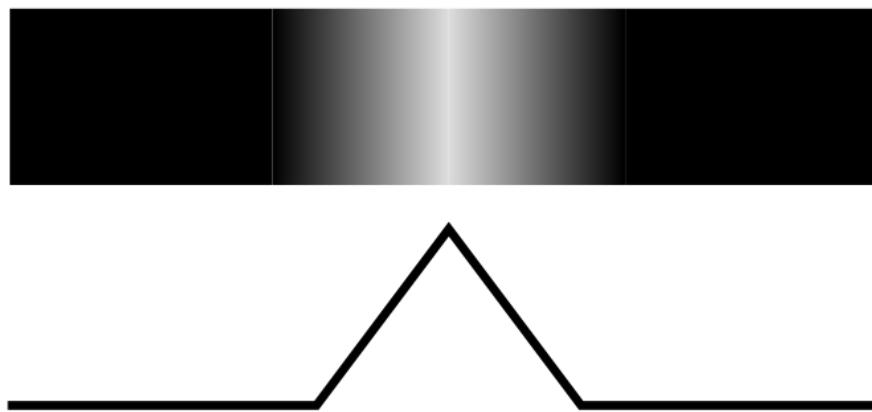
- لبه‌های خطی (Line):
- در پردازش تصویر بیشتر با این نوع لبه سر و کار داریم
- تغییرات درجات خاکستری در این لبه اندکی نرمتر از لبه ایده آل است.



# انواع لبه

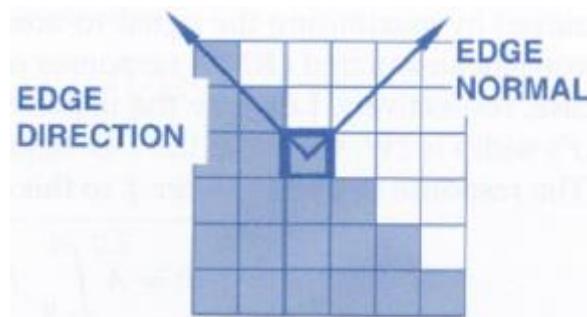


- لبه‌های سقفی (Roof):
- این نوع لبه‌ها زمانی بوجود می‌آیند که لبه بین دو لبه رمپی قرار گرفته باشد.



# خصوصیات لبه

- به طور کلی لبه‌ها سه خصوصیت مهم دارند:
  1. **جهت لبه**: جهت عمود بر بیشترین تغییرات رادیومتریکی
  2. **اندازه لبه**: به میزان کنtrasت در راستای عمود بر جهت لبه
  3. **موقعیت لبه**: موقعیت لبه به طور دقیق در کجای تصویر قرار دارد



# مشتق گیری

- از نظر محاسباتی، در فیلترهای پایین‌گذر یک نوع انتگرال گیری انجام گرفت، زیرا درجات خاکستری همسایه به نوعی با هم جمع می‌شدند.
- برای بارزسازی لبه‌ها (که در واقع محل اکسترمم‌های درجات خاکستری را نشان می‌دهد) کافی است از تصویر مشتق گیری شود.
- اگرچه تصاویر رقومی توابعی گستته محسوب می‌شوند، اما مشتق گیری از آنها با روش‌های عددی امکان‌پذیر است.

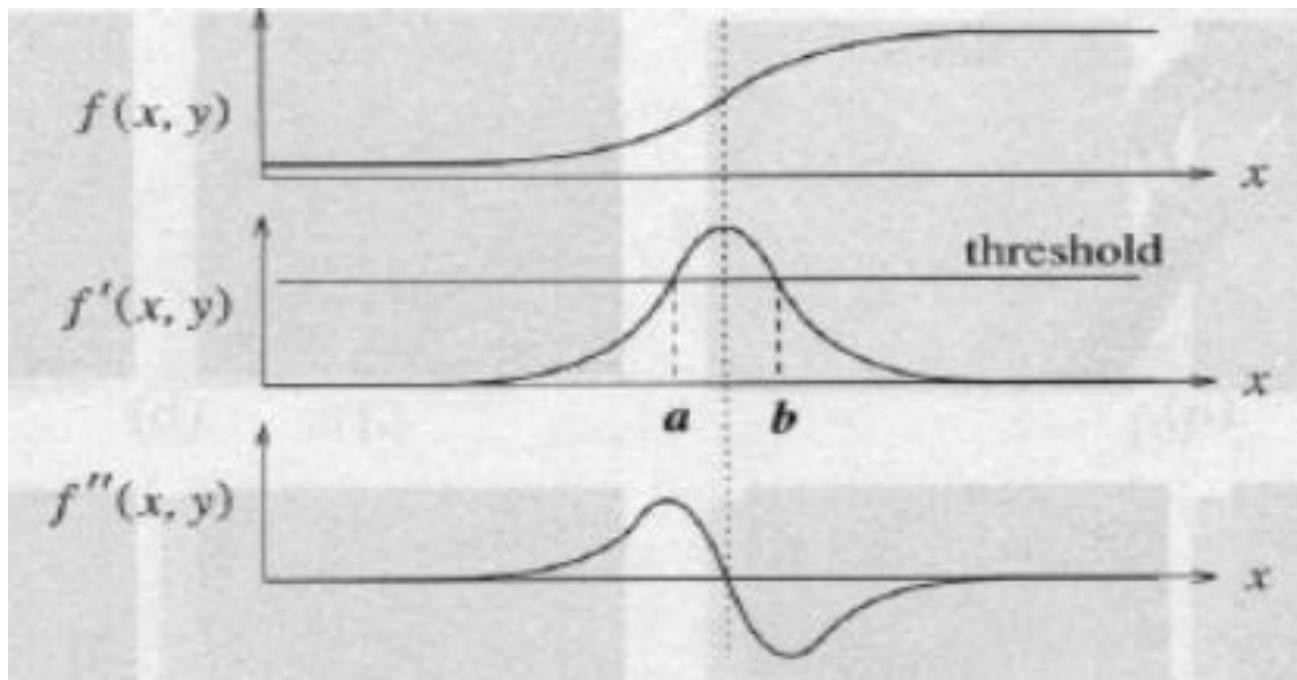
# مشتق گیری

- نمونه‌ای از مشتق توابع دوبعدی در حالت پیوسته و گسسته

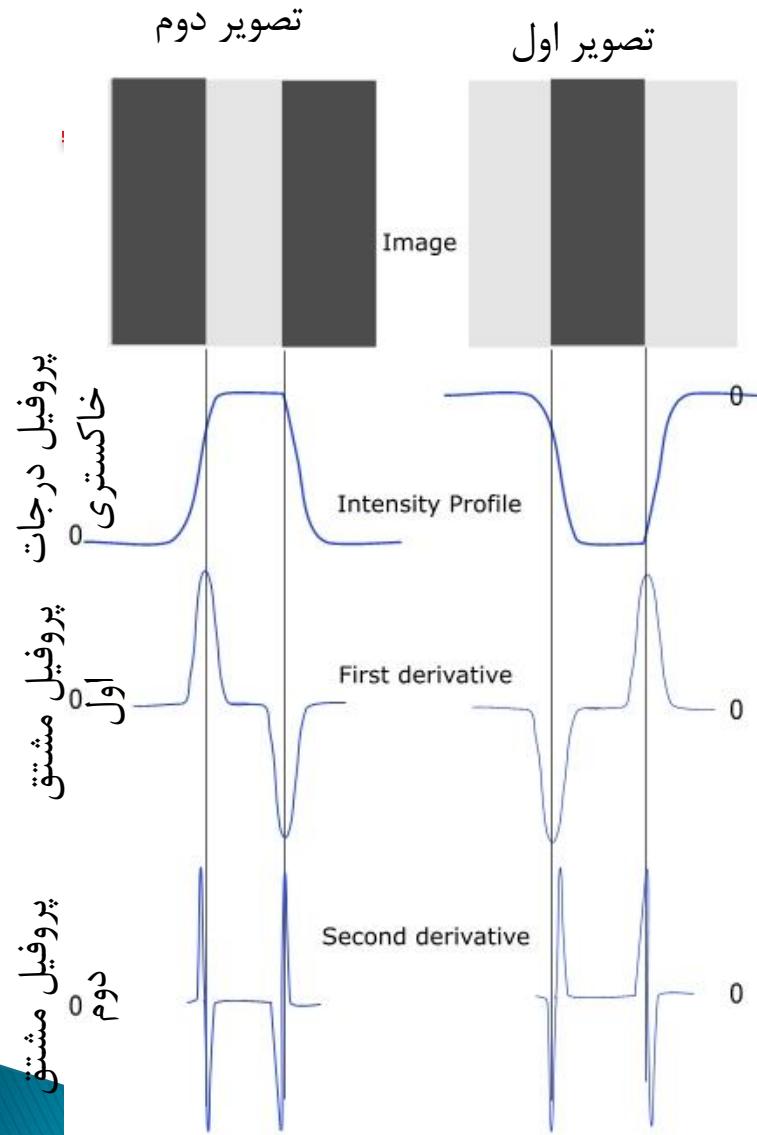
| 2 D derivative measure              | Continuous case   | Discrete case  |
|-------------------------------------|---|--|
| $\frac{\partial f}{\partial x}$     | $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x, y) - f(x, y)}{\Delta x}$   | $f(x + 1, y) - f(x, y)$  |
| $\frac{\partial f}{\partial y}$     | $\lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{f(x, y + \Delta y) - f(x, y)}{\Delta y}$   | $f(x, y + 1) - f(x, y)$  |
| $\nabla f(x, y)$                    | $\left[ \frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y} \right]$   | $[f(x + 1, y) - f(x, y), f(x, y + 1) - f(x, y)]$                   |
| $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$ | $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{(\partial f / \partial x)(x + \Delta x, y) - (\partial f / \partial x)(x, y)}{\Delta x}$ | $f(x + 1, y) - 2f(x, y) + f(x - 1, y)$                             |
| $\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$ | $\lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{(\partial f / \partial y)(x, y + \Delta y) - (\partial f / \partial y)(x, y)}{\Delta y}$ | $f(x, y + 1) - 2f(x, y) + f(x, y - 1)$                             |
| $\nabla^2 f(x, y)$                  | $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$   | $f(x + 1, y) + f(x - 1, y) - 4f(x, y) + f(x, y + 1) + f(x, y - 1)$ |

# مشتق گیری

- اگر از تابع پیوسته  $f(x,y)$  مشتق اول و دوم گرفته شود شکل آنها به صورت زیر خواهد بود

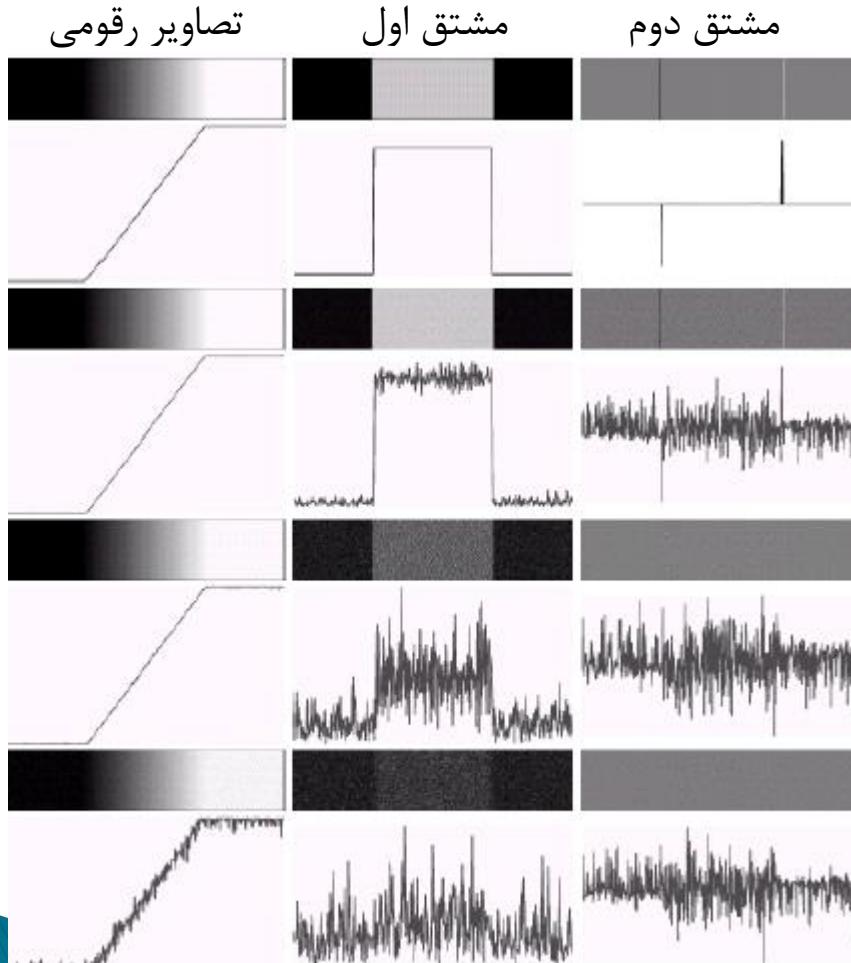


# مشتق گیری



- اگر از تصاویر روبرو مشتق اول و دوم گرفته شود، پروفیل درجات خاکستری و مشتقهای اول و دوم آنها به صورت روبرو خواهد بود.
- لبه در مشتق اول با **ماکزیمم** و **مینیمم** بدست می‌آید. اما در مشتق دوم در محل تقاطع صفر

# مشتق گیری



- مشتق گیری به نویز تصویر حساسیت بالایی دارد، به طوری که مشتق اول و دوم هر دو باعث تشدید نویز می‌شوند.
- مشتق دوم بیش از مشتق اول نویز را تشدید می‌کند

# مشتق اول

- تابع یک بعدی  $f(x)$  را در نظر بگیرید، اگر از آن مشتق گرفته شود رابطه آن به صورت زیر خواهد بود:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \approx f(x+1) - f(x) \quad (\Delta x = 1) \Rightarrow \text{mask : } [-1 \ 1]$$

- به طور معمول در حالت گسته برای برقراری تعادل، نقاب را به صورت زیر در نظر می‌گیرند:

$$[-1 \ 0 \ 1]$$

# مشتق اول

- مثال: نتیجه اعمال این نقاب (مشتق اول) بر انواع لبه را در

شکل‌های زیر می‌توانید مشاهده کنید:

- سطر اول: سیگنال ورودی (مقدار تابع)
- سطر دوم: مشتق سیگنال (مقدار مشتق تابع)

|        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F(x)   | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| F(x)*M | 0  | 0  | 0  | 0  | 12 | 12 | 0  | 0  | 0  |

نقاب

$$M = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

لبه پله‌ای

|        |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| F(x)   | 12 | 12 | 12 | 12 | 24 | 12  | 12 | 12 | 12 |
| F(x)*M | 0  | 0  | 0  | 12 | 0  | -12 | 0  | 0  | 0  |

لبه سقفی

|        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F(x)   | 12 | 12 | 12 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 24 |
| F(x)*M | 0  | 0  | 0  | 3  | 6  | 6  | 6  | 3  | 0  |

لبه رمپی

## مشتق دوم

- همانطور که در مشتق اول مشاهده شد، بعضی از لبه‌ها را نمی‌توان با مشتق اول شناسایی کرد.
- همانطور که ریاضیات به یاد دارید، برای پیدا کردن مینیمم / ماکزیمم مشتق اول باید محل تقاطع مشتق دوم با مقدار صفر را به دست آورد.
- به عبارتی بایستی سراغ روش‌های مشتق دوم رفت.

$$\frac{\partial f^2}{\partial^2 x} = 0$$

## مشتق دوم

- همان تابع یک بعدی  $f(x)$  را در نظر بگیرید، اگر بعد از مشتق اول از آن مشتق گرفته شود (مشتق دوم) رابطه آن به صورت

زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} f''(x) &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f'(x + \Delta x) - f'(x)}{\Delta x} \approx f'(x+1) - f'(x) = \\ &= f(x+2) - 2f(x+1) + f(x) \quad (\Delta x = 1) \end{aligned}$$

- اگر به جای  $x+1$  مقدار  $X$  در نظر گرفته شود (به عبارتی موقعیت  $X$  مرکز باشد)، نقاب مشتق دوم به صورت زیر خواهد

$$f''(x) \approx f(x+1) - 2f(x) + f(x-1) \Rightarrow mask = [1 \quad -2 \quad 1] \quad \text{بود:}$$

## مشتق دوم

- مثال: نتیجه اعمال مشتق دوم بر انواع لبه را در شکل‌های

زیر می‌توانید مشاهده کنید:

- سطر اول: سیگنال ورودی (مقدار تابع)
- سطر دوم: مشتق دوم سیگنال (مشتق دوم تابع)

نقاب

$$M = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \end{bmatrix}$$

|        |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
| F(x)   | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 24  | 24 | 24 | 24 |
| F(x)*M | 0  | 0  | 0  | 0  | 12 | -12 | 0  | 0  | 0  |

لبه پله‌ای

|        |    |    |    |    |     |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| F(x)   | 12 | 12 | 12 | 12 | 24  | 12 | 12 | 12 | 12 |
| F(x)*M | 0  | 0  | 0  | 12 | -24 | 12 | 0  | 0  | 0  |

لبه سقفی

|        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F(x)   | 12 | 12 | 12 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 24 |
| F(x)*M | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | -3 | 0  |

لبه رمپی

# مشتق گیری در حالت دو بعدی

- برای تابع دو بعدی  $f(x,y)$  مشتق اول (گرادیان) از رابطه زیر

$$grad(f) = \nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad \text{بدست می آید:}$$

- بزرگی و جهت گرادیان نیز از روابط زیر محاسبه می شوند

$$magnitude(grad(f)) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \approx \left|\frac{\partial f}{\partial x}\right| + \left|\frac{\partial f}{\partial y}\right|$$

$$direction(grad(f)) = \arctan\left(\frac{\frac{\partial f}{\partial y}}{\frac{\partial f}{\partial x}}\right)$$

Edge detection  
using first order  
deviators

# شناسایی لبه از روی گرادیان

- همانطور که پیشتر نیز گفته شد یکی از کاربردهای مشتق‌گیری شناسایی لبه از روی تصاویر رقومی است.
- فرآیند مشتق‌گیری در تصاویر رقومی نیز شبیه فیلترینگ مکانی است با این تفاوت که نقاب به کاربرده از روی مشتق اول یا دوم بدست آمده است.
- نقاب‌های Prewitt, Sobel, Robert ... از جمله معروف‌ترین نقاب‌های اپراتور شناسایی لبه محسوب می‌شوند.

# اپراتور Robert

- این اپراتور جزء اپراتورهای مشتق اول محسوب می‌شود که نقاب آن در جهت  $X$  و  $Y$  از روابط زیر محسوب می‌شوند.

$$G_f \approx |G_X| + |G_Y|$$

$$M_X = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \Rightarrow G_X = F^* M_X$$

$$M_Y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \Rightarrow G_Y = F^* M_Y$$

- توجه داشته باشید در این روش برای برقراری تعادل بین درجات خاکستری همسایه، در نیم همسایگی درونیابی می‌شود.

# اپراتور Robert

- اگر تصویر ورودی در موقعیت  $(y, x)$  را با  $f(x, y)$  نشان داده

شده باشد، آنگاه طبق فیلترینگ مکانی و نقاب Robert خروجی این اپراتور از رابطه زیر بدست می‌آید:

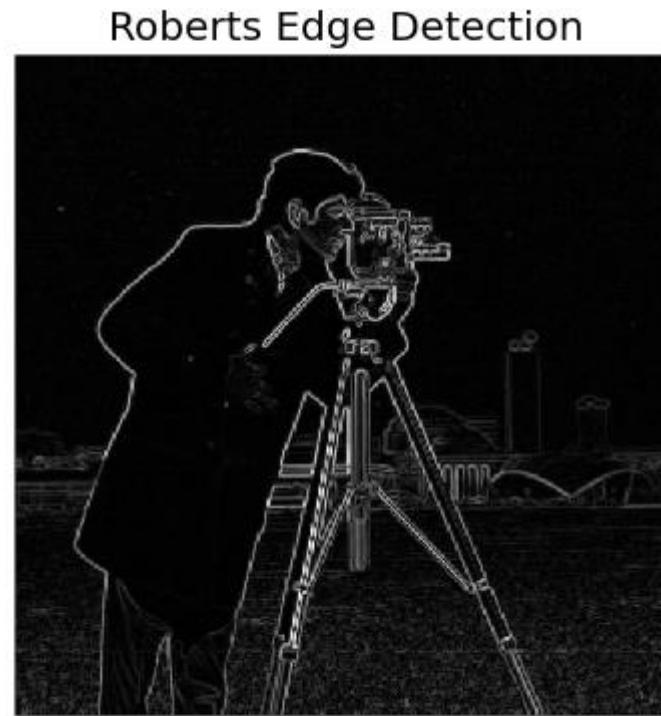
$$g(x, y) = \sqrt{(f(x, y) - f(x-1, y-1))^2 + (f(x, y-1) - f(x-1, y))^2}$$

- که برای کاهش حجم محاسبات با تقریب از رابطه زیر استفاده می‌شود.

$$g(x, y) \approx |f(x, y) - f(x-1, y-1)| + |f(x, y-1) - f(x-1, y)|$$

# اپراتور Robert

- مثال: اعمال اپراتور Robert بر روی cameraman.tif



# اپراتور Robert

- این اپراتور فقط انواع خاصی از لبه‌ها را می‌تواند بارز کند.
- اطلاعاتی در مورد جهت لبه ارائه نمی‌دهد!
- عملکرد خوبی در مواجه با تصاویر باینری دارد.
- به نویز حساسیت بالایی دارد.
- تعداد پیکسل‌های اندکی را برای شناسایی لبه مورد استفاده قرار می‌دهد.

# اپراتور Prewitt

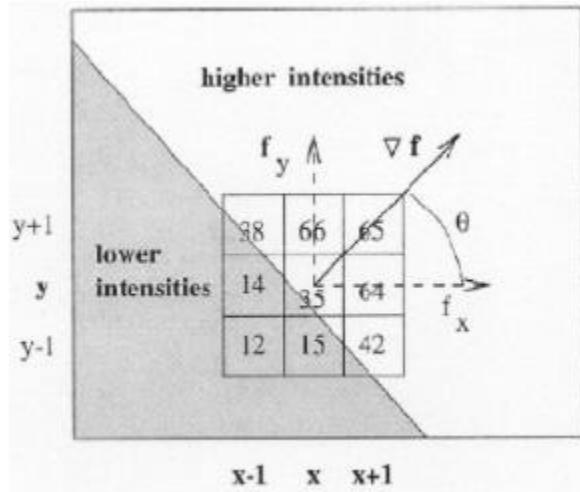
- در این اپراتور برای برقراری تعادل در کانولوشن نقاب، هنگام مشتق‌گیری از یک نقاب  $3 \times 3$  استفاده می‌شود.
- نقاب این اپراتور در دو جهت عمودی و افقی به صورت زیر تعریف شده‌اند:

$$M_X = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow G_X = F * M_X$$

$$M_Y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow G_Y = F * M_Y$$

# اپراتور Prewitt

- مثال عددی اعمال اپراتور Prewitt بر روی یک تصویر



$$M_X = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_Y = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$f_x = -(38 + 14 + 12) + (65 + 64 + 42) = 107$$

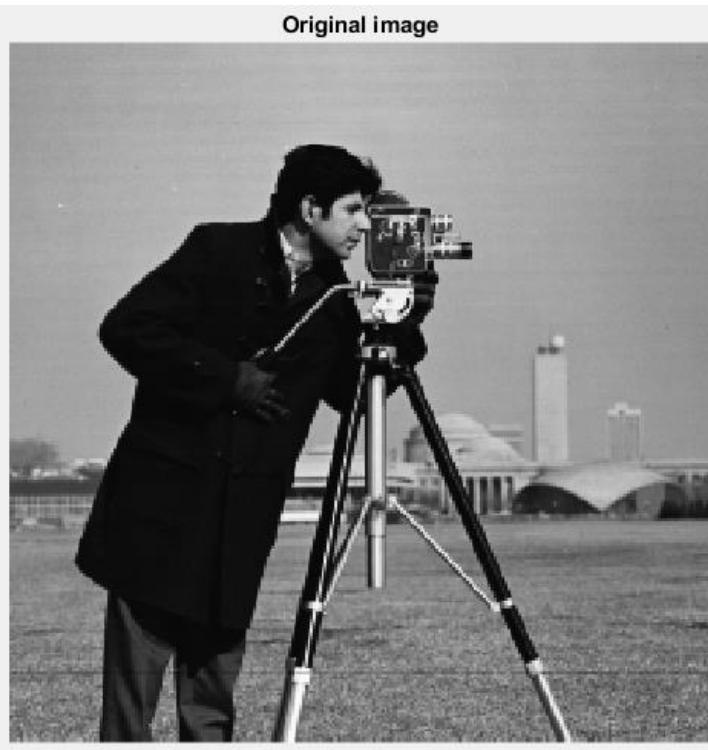
$$f_y = -(38 + 66 + 65) + (12 + 15 + 42) = -100$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{|f_y|}{|f_x|}\right) \approx 42^\circ$$

$$|\nabla f| = |f_x| + |f_y| = 100 + 107 = 207$$

# اپراتور Prewitt

- مثال: اعمال اپراتور Prewitt بر روی cameraman.tif



# اپراتور Sobel

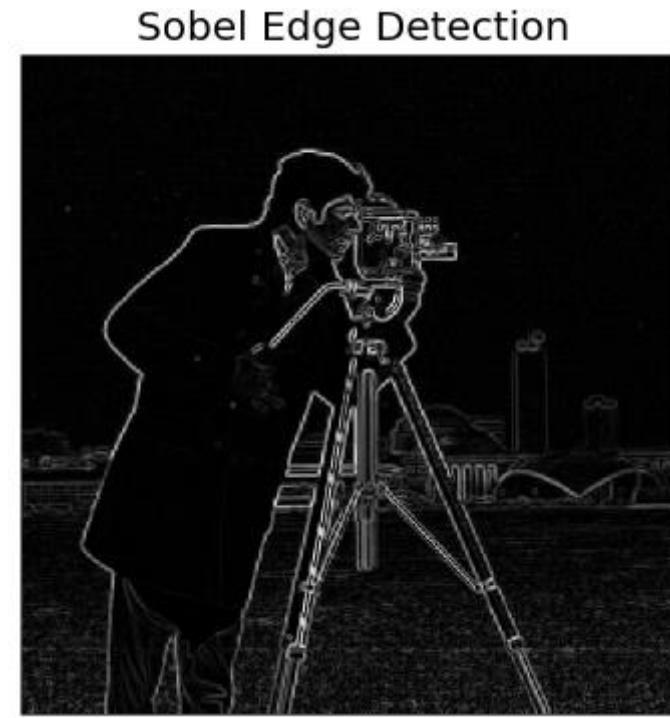
- یکی دیگر از اپراتورهایی که بیش از سایر اپراتورهای بارزسازی لبه مورد استفاده قرار می‌گیرد، اپراتور Sobel است.
- در این اپراتور نیز از یک نقاب  $3 \times 3$  استفاده می‌شود. نقاب‌های این اپراتور در دو جهت عمودی و افقی به صورت زیر تعریف شده اند:

$$M_X = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow G_X = F * M_X$$

$$M_Y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow G_Y = F * M_Y$$

# اپراتور Sobel

- مثال: اعمال اپراتور Sobel بر روی cameraman.tif



# اپراتور Sobel

- در مقایسه با اپراتور Robert ، اپراتور Sobel دو مزیت

چشمگیر دارد

1. اپراتور Sobel لبه‌های باریکتر را نیز بارز می‌کند.
2. اپراتور Sobel به صورت نسبی لبه‌های قوی را بارزتر از سایر لبه‌ها شناسایی می‌کند در حالی که در اپراتور Robert تا حدودی لبه‌های قوی و متوسط شبیه هم هستند.

# مراحل شناسایی لبه با گرادیان

1. اعمال یک فیلتر نرم‌کننده جهت کاهش نویز

$$\bar{f}(x, y) = W(x, y) * f(x, y)$$

$$\bar{f}_x = M_x(x, y) * \bar{f}(x, y) \rightarrow \frac{\partial \bar{f}}{\partial x}$$

$$\bar{f}_y = M_y(x, y) * \bar{f}(x, y) \rightarrow \frac{\partial \bar{f}}{\partial y}$$

$$G(x, y) = |\bar{f}_x| + |\bar{f}_y|$$

$$dir(x, y) = \arctan\left(\left|\frac{\bar{f}_y}{\bar{f}_x}\right|\right)$$

2. مشتق گیری در جهت X

3. مشتق گیری در جهت Y

4. محاسبه اندازه مشتق

5. محاسبه جهت مشتق

6. اعمال یک حدآستانه جهت شناسایی لبه‌ها

$$Edge(x, y) = \begin{cases} G(x, y) > T & 1 \\ otherwise & 0 \end{cases}$$

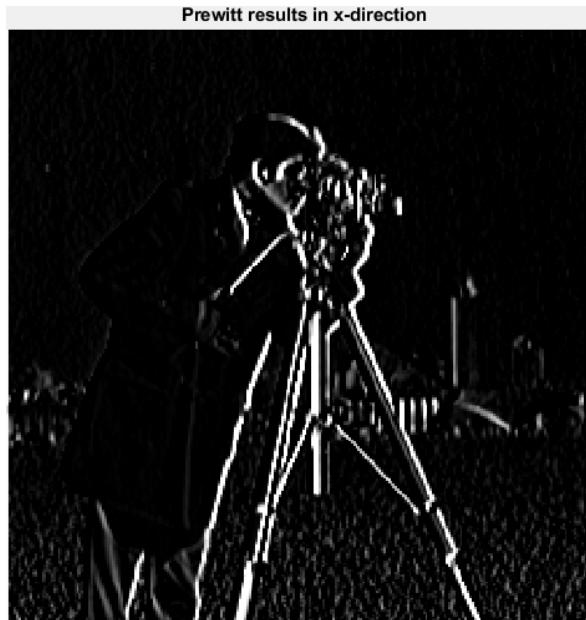
# مراحل شناسایی لبه با گرادیان



- مرحله ۱ تا ۳: پس از مشتق‌گیری با Prewitt در جهت  $x$  و  $y$



تصویر اولیه



مشتق در جهت  $X$

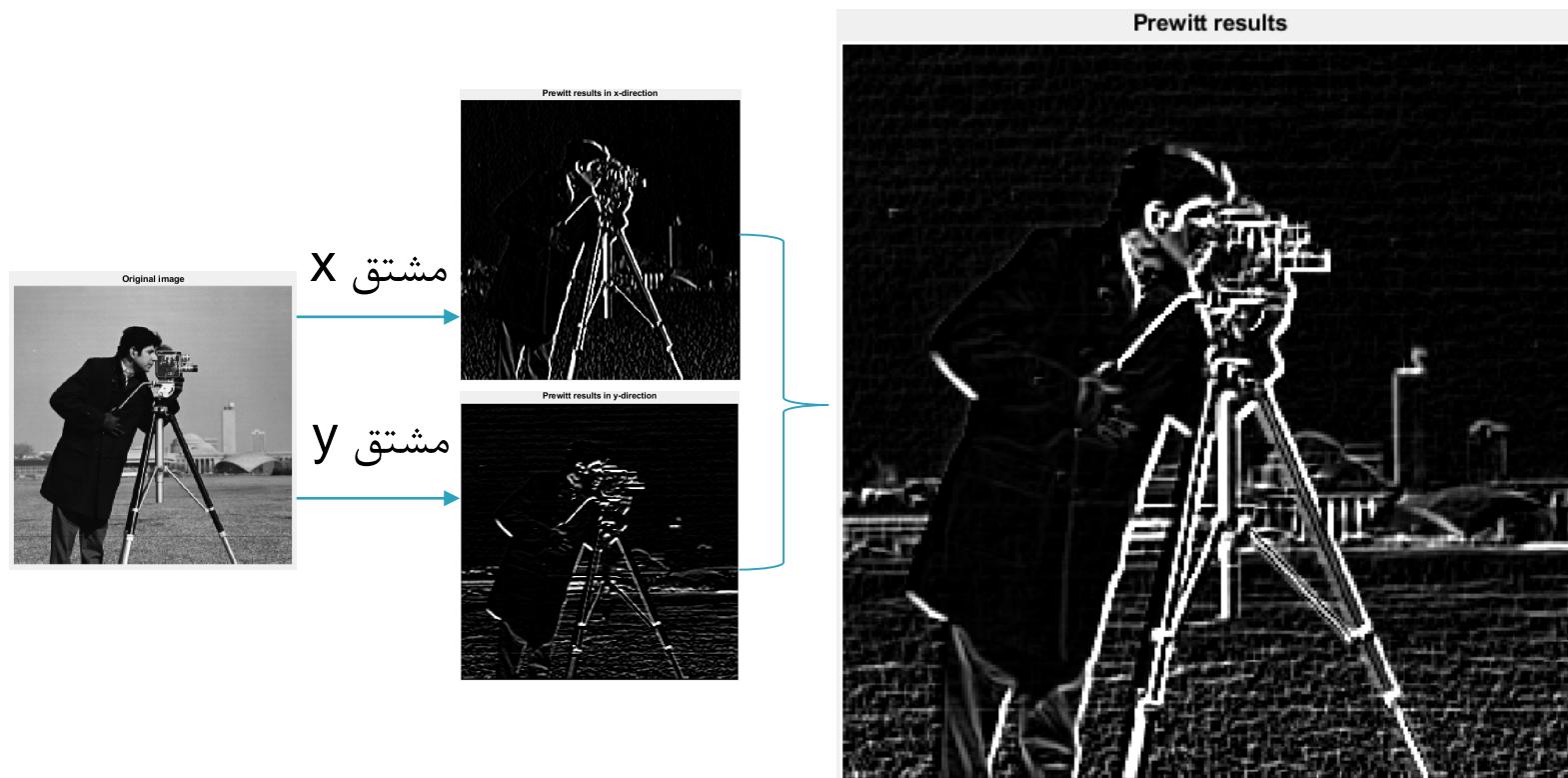


مشتق در جهت  $y$

# مراحل شناسایی لبه با گرادیان



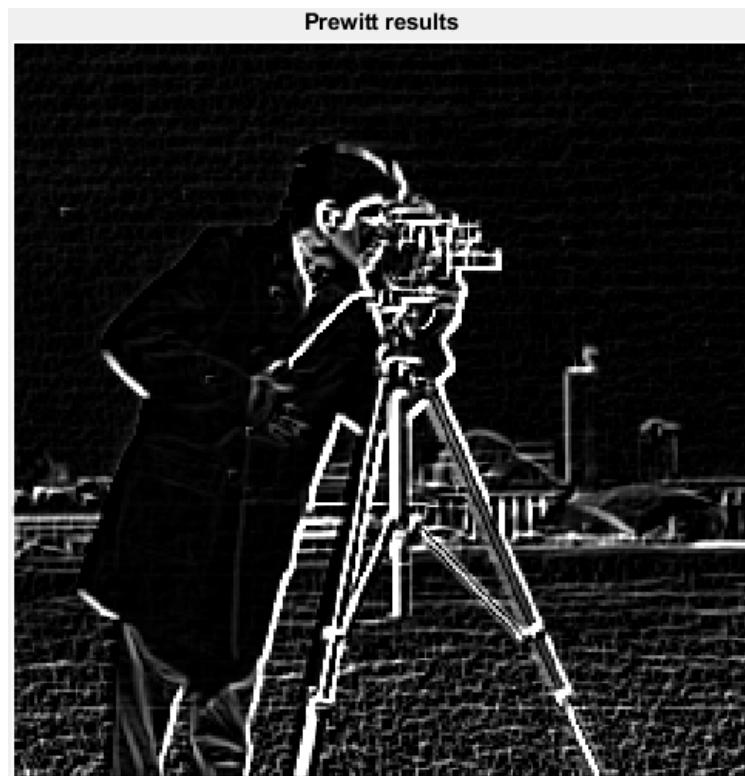
- مرحله ۴: محاسبه گرادیان تصویر در هر دو جهت  $X$  و  $y$



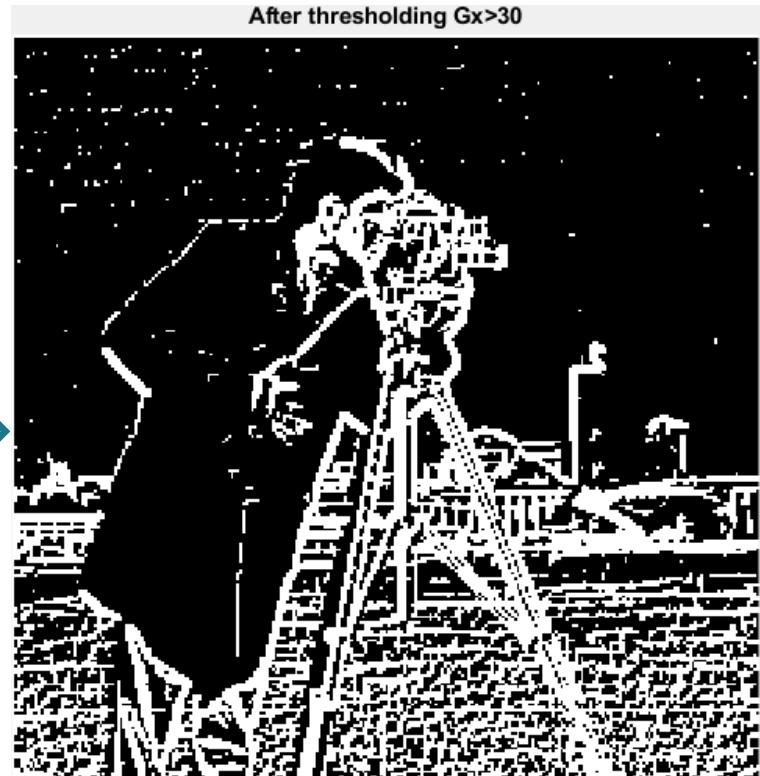
مشتق در هر دو جهت  $X$  و  $y$

# مراحل شناسایی لبه با گرادیان

- مرحله ۶: آستانه گذاری



$G_x > 30$

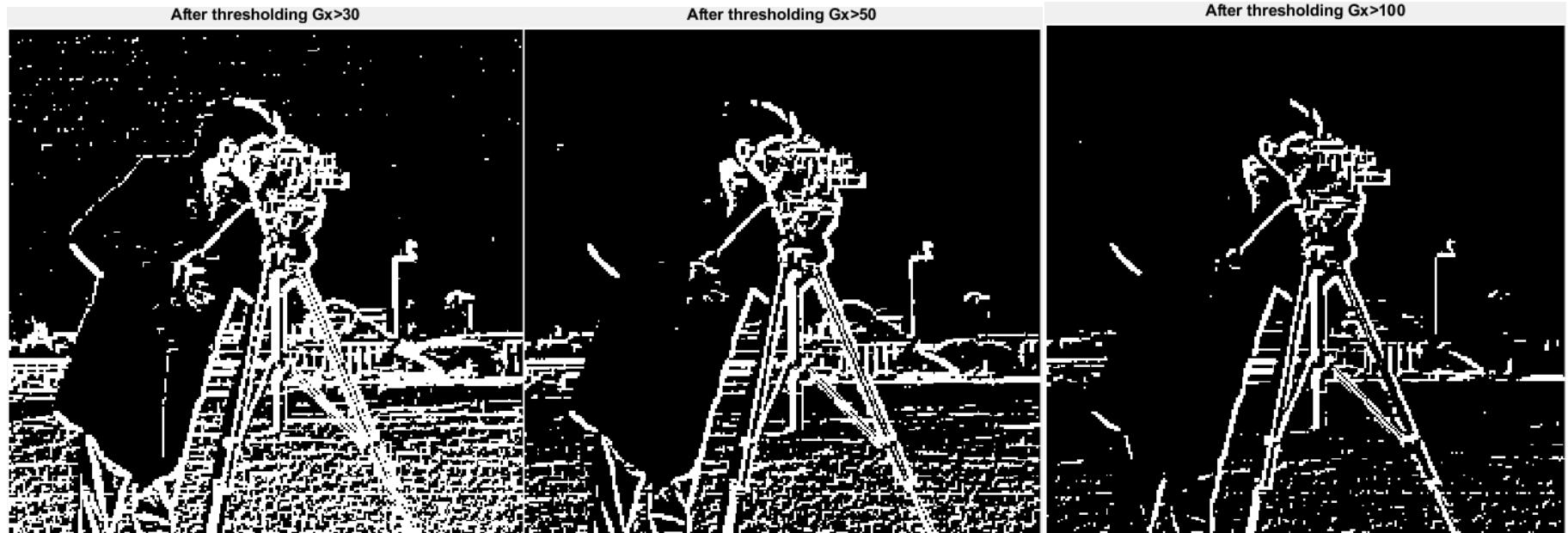


مشتق در هر دو جهت X و Y

نتیجه اعمال آستانه گذاری

# مراحل شناسایی لبه با گرادیان

- یکی از مشکلات شناسایی لبه با روش‌های گرادیان انتخاب بهینه حد آستانه است.



نتیجه آستانه گذاری ۳۰

نتیجه آستانه گذاری ۵۰

نتیجه آستانه گذاری ۱۰۰

# شناسایی لبه بهینه

• برای شناسایی لبه بهینه بایستی سه معیار زیر برقرار شوند:

## 1. شناسایی مناسب

- کاهش شناسایی لبه‌های جعلی
- لبه‌های واقعی را از دست ندهد

## 2. موقعیت یابی مناسب

- موقعیت مکانی لبه‌ها بایستی به واقعیت نزدیک باشد.

## 3. پاسخ یکتا

- ضخامت لبه چند پیکسل نباشد.

# CANNY شناسایی لبه به روش

- برای تحقیق معیارهای شناسایی لبه بهینه در سال ۱۹۸۶ آقای جان کنی روشنی ارائه داد که با آن اطلاعات ساختاری مفید از تصاویر اپتیکی استخراج می‌شوند. در این روش:
  1. لبه‌ها با میزان خطای کم استخراج می‌شوند
  2. موقعیت لبه‌ی آشکار شده باید به‌طور دقیق در مرکز لبه متمرکز شده باشد.
  3. نویز تصویر نباید لبه‌های نادرست ایجاد کند.

# شناسایی لبه به روش CANNY

- برای تحقق معیارهای اسلامیدهای قبل، Canny ثابت کرد تابع هدف می‌تواند با مشتق اول یک تابع گاووسی تقریب زده شود.
- به عبارتی مشتق اول تابع گوسی می‌تواند دو شرط شناسایی و موقعیت‌یابی مناسب را تحقق بخشد.
- به دلیل بهینه بودن این روش برای تحقق سه معیار لبه‌یابی و سادگی فرآیند پیاده‌سازی، این روش یکی از محبوبترین الگوریتم‌ها برای آشکارسازی لبه است.

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

1. اعمال فیلتر گوسی به تصویر جهت کاهش نویز.
2. یافتن گرادیان شدت روشنایی تصویر.
3. اعمال سرکوب نقاط غیر بیشینه جهت خلاص شدن از پاسخ غلط به آشکارسازی لبه.
4. اعمال حدآستانه دوگانه برای تشخیص لبه‌های بالقوه.
5. دنبال کردن لبه‌ها (hysteresis): به عبارتی نهایی کردن آشکارسازی لبه با سرکوب همه لبه‌های دیگری که ضعیف هستند و به لبه‌های قوی متصل نیستند.

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

## 1. اعمال فیلتر گوسی به تصویر جهت کاهش نویز

- برای جلوگیری از آشکارسازی غلط ناشی از نویز، فیلتر کردن نویزها ضروری است. معمولاً ابعاد  $5 \times 5$  برای نقاب کافیست.
- برای نرم کردن، یک نقاب گوسی با تصویر کانولو می‌شود.
- این مرحله تصویر را اندکی نرم می‌کند تا آثار نویزها از روی آشکارساز لبه کاهش یابد.

$$\bar{f}(x, y) = W(x, y) * f(x, y)$$

تصویر ورودی
نقاب گوسی
تصویر پالایش شده

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

## ۲. یافتن گرادیان شدت روش‌نایی تصویر

- عملگر لبه‌یاب مشتق اول (مانند Sobel و Prewitt) در راستای افقی  $f_x$  و عمودی  $f_y$  بدست می‌دهد.
- با استفاده از مشتقات فوق می‌توان گرادیان و راستای لبه را مشخص کرد:
$$dir(x, y) = \arctan\left(\left|\frac{\bar{f}_y}{\bar{f}_x}\right|\right)$$

$$G(x, y) = |\bar{f}_x| + |\bar{f}_y|$$
- جهت لبه به چهار راستای عمودی، افقی و قطری (۲ راستا) رند می‌شود ( $۰^\circ$ ,  $۴۵^\circ$ ,  $۹۰^\circ$  و  $۱۳۵^\circ$ ).

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

## 3. سرکوب غیر بیشینه (Apply non-maxima suppression)

- سرکوب نقاط غیر بیشینه یک روش برای نازک کردن لبه است.
- سرکوب نقاط غیر بیشینه برای یافتن «بزرگترین لبه» استفاده می‌شود.
- این الگوریتم برای هر پیکسل به شرح زیر است:
- مقایسه قدرت لبه پیکسل کنونی با قدرت لبه پیکسل در راستاهای مثبت و منفی گرادیان.

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

3. سرکوب غیر بیشینه (Apply non-maxima suppression)

۱. اگر قدرت لبه پیکسل کنونی در مقایسه با دیگر پیکسل‌ها که در یک راستا (برای مثال یک پیکسل که جهت آن در راستای لا است با پیکسل‌های بالا و پایین در محور عمودی مقایسه می‌شود) هستند بزرگترین باشد، مقدار نگه داشته می‌شود. در غیر اینصورت مقدار سرکوب می‌شود (یعنی مقدارش صفر می‌شود).

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

## 4. آستانه گذاری دوگانه

- اگر گرادیان یک پیکسل لبه بزرگتر از آستانه **بالا** باشد پیکسل لبه قوی حساب می‌شود.
- اگر گرادیان یک پیکسل لبه کوچکتر از آستانه **بالا** و بزرگتر از آستانه **پایین** باشد پیکسل لبه ضعیف حساب می‌شود.
- این دو آستانه به صورت تجربی تعیین می‌شوند و تعریف آن‌ها بستگی به محتوای تصویر ورودی داده شده دارد.

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روشن

## 5. دنبال کردن لبه

- پس از شناسایی لبه‌های ضعیف برای رسیدن به نتیجه دقیق، لبه‌های ضعیف ناشی از تغییرات رنگ یا نویز باید حذف شوند.
- معمولاً یک پیکسل لبه ضعیف که ناشی از لبه‌های واقعی هستند به پیکسل لبه قوی متصل است.
- برای دنبال کردن اتصال لبه، اگر لبه ضعیف به لبه قوی متصل باشد به عنوان نقطه‌ای که باید حفظ شود، تشخیص داده می‌شود.

# CANNY مراحل شناسایی لبه به روی

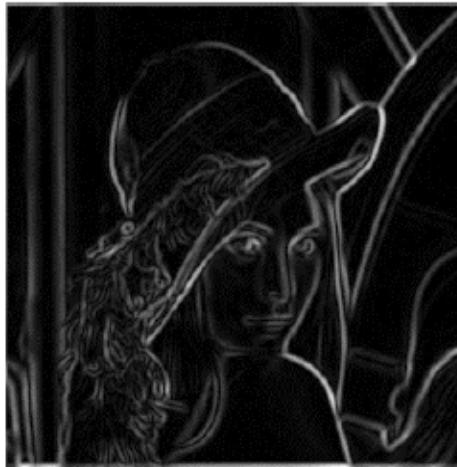
- مثال: مراحل شناسایی لبه به روی تصویر لنا

original image

Gradient magnitude

Thresholded  
gradient magnitude

Thinning  
(non-maxima suppression)



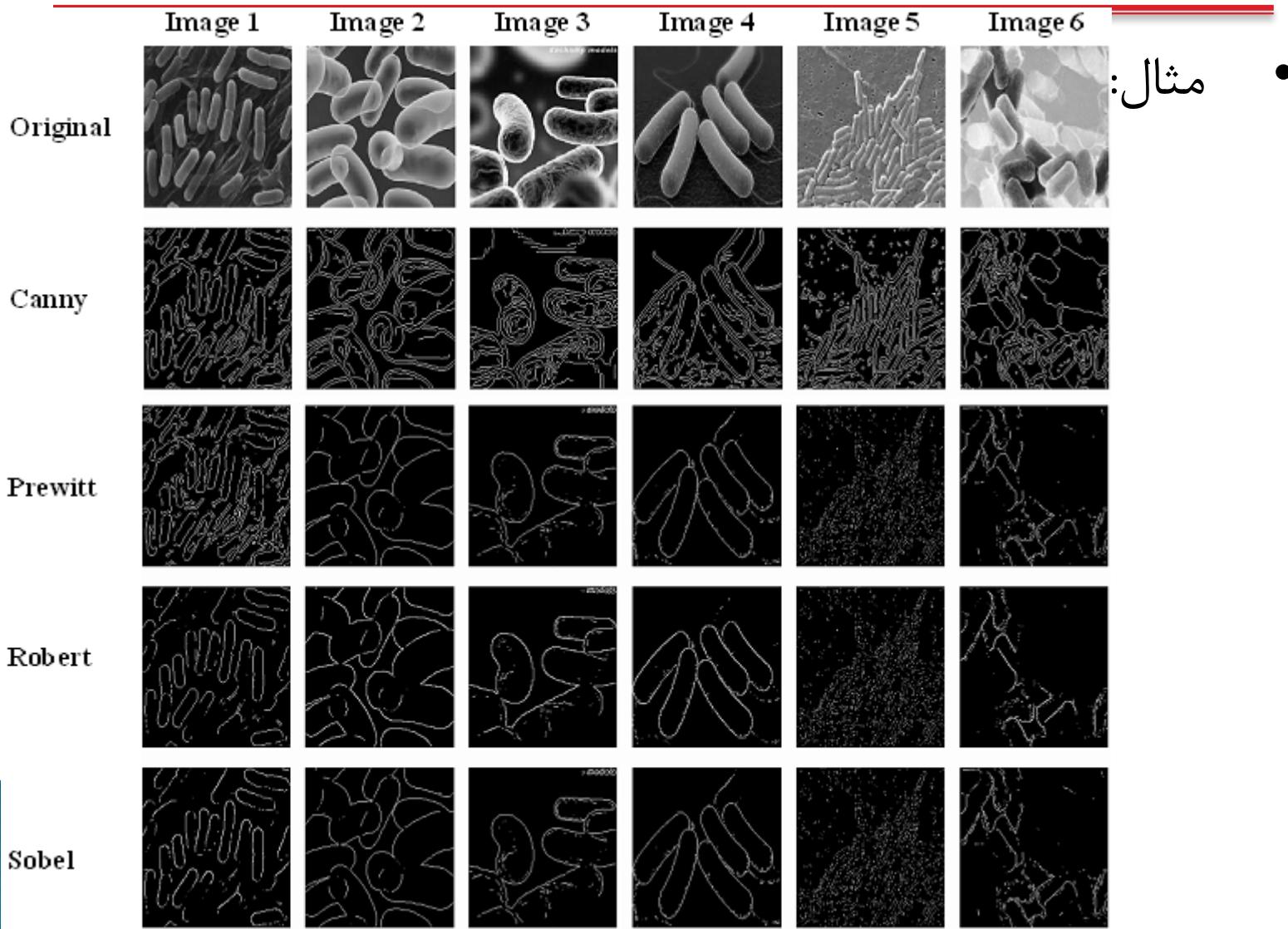
# شناسایی لبه به روش CANNY



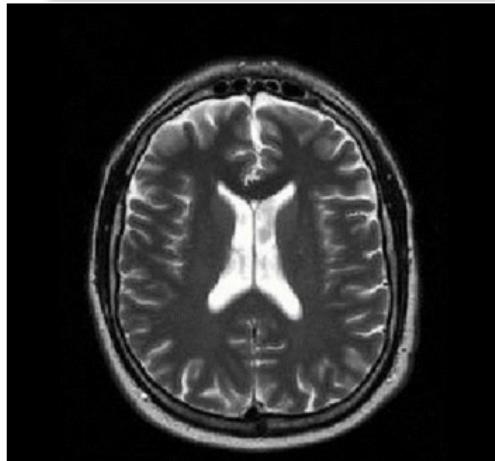
مثال:



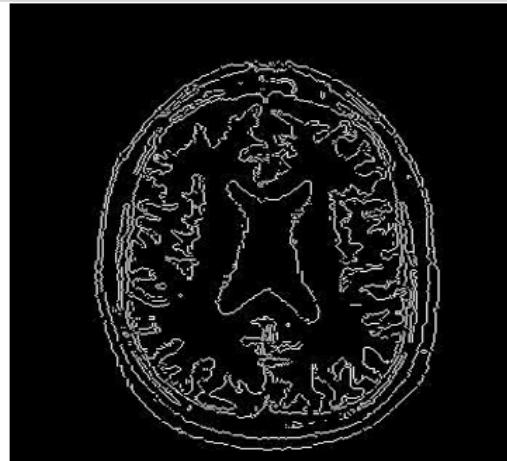
# CANNY شناسایی لبه به روش



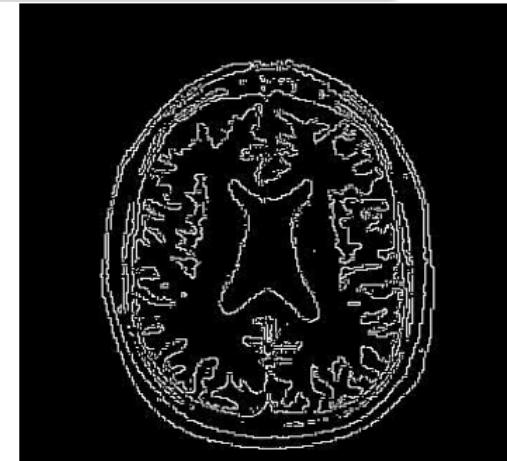
# CANNY شناسایی لبه به روش



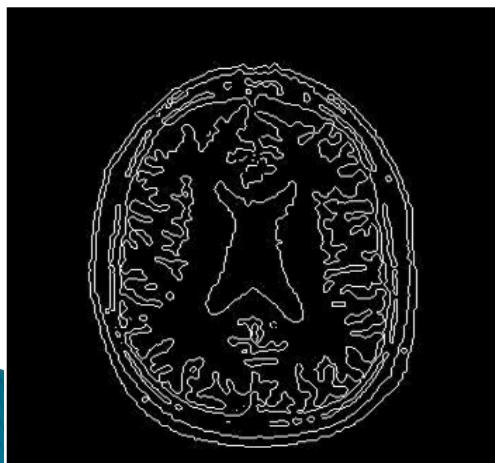
(a) Original Brain MRI Image



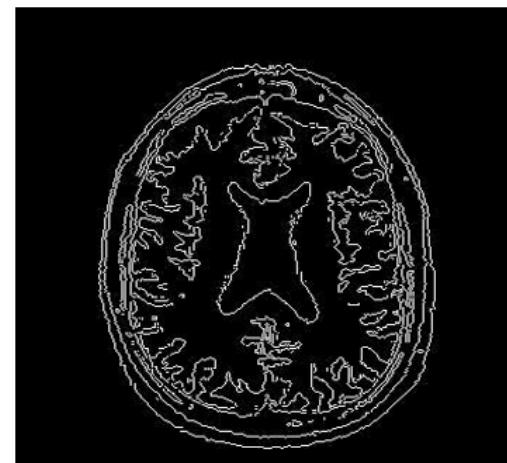
(b) Prewitt Edge Detector



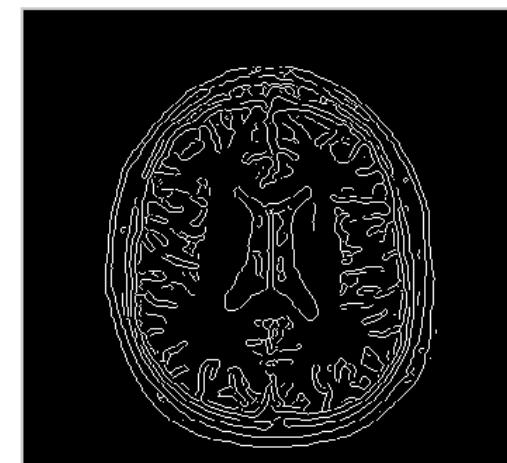
(c) Robert Gradient Operator



(d) Laplacian of Gaussian



(e) Sobel Operator



(f) Canny Edge Detector

# CANNY شناسایی لبه به روشن

- معايب اصلی الگوريتم قدیمی به صورت زیر خلاصه می‌شود:
  1. در اين الگوريتم از فیلتر گوسی برای کاهش نویز استفاده می‌شود؛ در حالیکه این فیلتر سبب نرم‌شدن لبه‌ها نیز می‌شود.
  2. برای محاسبه اندازه گرادیان، روش لبه یابی Canny از مشتق اول استفاده می‌کند، اما این روش حساس به نویز است.
  3. این روش برای تصاویر پیچیده نتیجه مطلوبی ارائه نمی‌دهد.
- نسخه‌های بهبود یافته‌ای از این الگوريتم نیز ارائه شده است.

Edge detection  
using second  
order deviators

## مشتق دوم

- برای تعیین نقاب مشتق دوم ابتدا به توابع زیر که توسط بسط سری تیلور تا مرتبه سه تقریب زده شده اند توجه کنید:

$$f(x+h) \approx f(x) + hf'(x) + \frac{1}{2}h^2 f''(x) + \frac{1}{3!}h^3 f'''(x) \rightarrow Eq.(1)$$

$$f(x-h) \approx f(x) - hf'(x) + \frac{1}{2}h^2 f''(x) - \frac{1}{3!}h^3 f'''(x) \rightarrow Eq.(2)$$

$$Eq.(1) + Eq.(2) \rightarrow f(x-h) + f(x+h) = 2f(x) + h^2 f''(x)$$

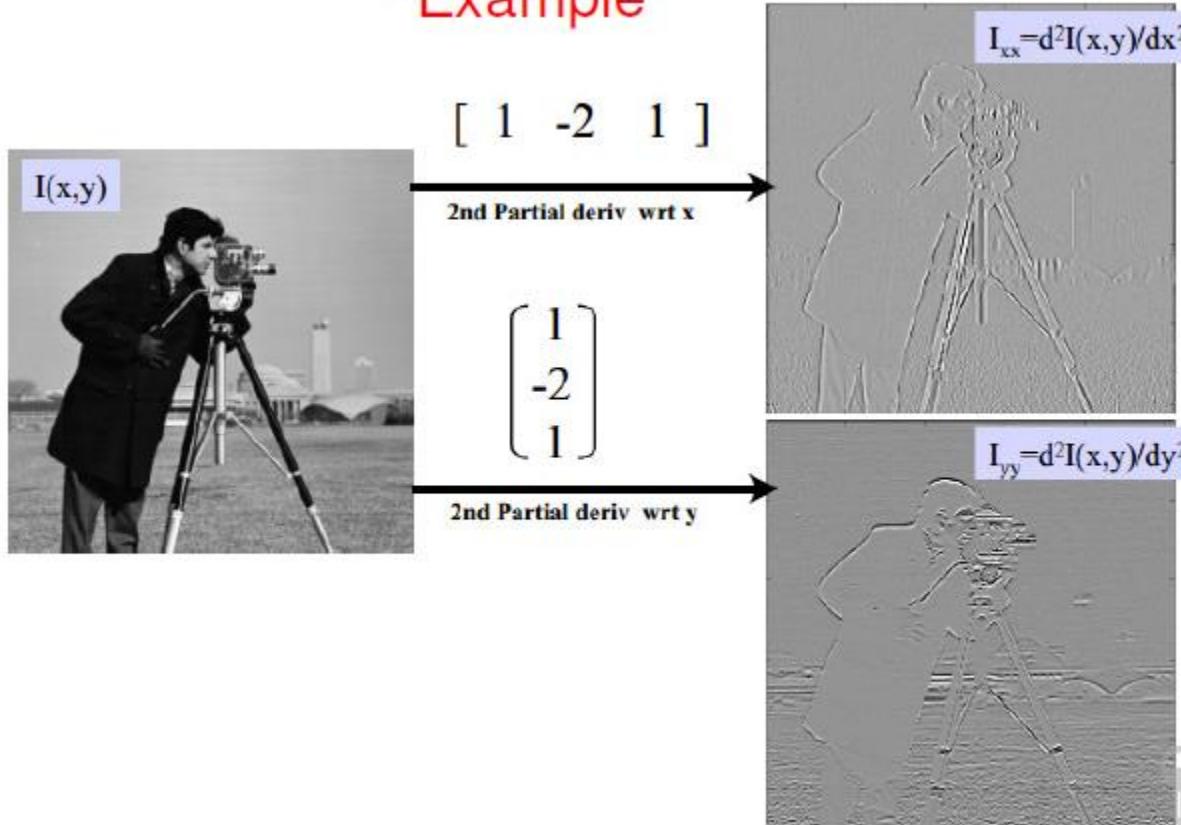
$$f''(x) = \frac{f(x-h) - 2f(x) + f(x+h)}{h^2}$$

if  $h=1 \Rightarrow$

$$mask = [1 \ -2 \ 1]$$

# مشتق دوم

- مثال: مشتق دوم تصویر مرد عکاس در دو جهت افقی و عمودی
- Example



## مشتق دوم

- در مشتق دوم جاهایی که پاسخ مشتق دوم مقدار صفر را قطع می‌کند به عنوان لبه شناخته می‌شود.
- توجه داشته باشید منظور از محل تقاطع صفر جاهایی است که مقدار مشتق دوم از منفی به مثبت (یا برعکس) اتفاق افتاده باشد. لذا جاهایی که همواره صفر بوده‌اند لبه در نظر گرفته نمی‌شوند.
- در مشتق دوم نیز برای کاهش حجم محاسبات توابع دو بعدی از  $G(x, y) = f_{xx} + f_{yy}$  یک تقریب استفاده می‌شود.

# مشتق دوم

- در شکل زیر خلاصه ای از مشتق اول و دوم در مواجه با توابع یک و دو بعدی برای شناسایی لبه ارائه شده است.

| 1D        | 2D  |
|-----------|---|
| step edge | $I(x,y)$  |
| 1st deriv | $\left  \frac{dI(x)}{dx} \right  > Th$<br>$ \nabla I(x,y)  = (\dot{I}_x^2(x,y) + \dot{I}_y^2(x,y))^{1/2} > Th$<br>$\tan \theta = \dot{I}_x(x,y) / \dot{I}_y(x,y)$ |
| 2nd deriv | $\frac{d^2I(x)}{dx^2} = 0$<br>$\nabla^2 I(x,y) = \ddot{I}_{xx}(x,y) + \ddot{I}_{yy}(x,y) = 0$<br><i>Laplacian</i>   |

# فیلتر لاپلاسین

- در این فیلتر، مشتق دوم در دو راستای X و Y با یک نقاب تقریب زده می‌شود.

$$I_{xx} + I_{yy} = \left[ \begin{matrix} 1 & -2 & 1 \end{matrix} \right] + \left[ \begin{matrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{matrix} \right] * I$$



$$I_{xx} + I_{yy} \approx \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{\text{Laplacian filter}} * I \quad \left[ \begin{matrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{matrix} \right] * I$$



# فیلتر لاپلاسین

- در فیلتر لاپلاسین تصویر ورودی تنها با یک نقاب کانولو می‌شود!
- در این فیلتر اطلاعات جهت مشتق از بین می‌روند.
- این فیلتر تقریبی از جمع مشتق در جهت‌های مختلف است.
- این فیلتر به نویز حساسیت زیادی دارد.
- معمولاً برای کاهش اثرات نویز، تصویر را ابتدا نرم می‌کنند بعد آن را با فیلتر لاپلاسین کانولو می‌کنند.

$$\underbrace{I(x, y)}_{\text{input Image}} \rightarrow \text{smoothing} \rightarrow \text{Laplacian} \rightarrow \underbrace{G(x, y)}_{\text{output Image}}$$

# فیلتر LOG

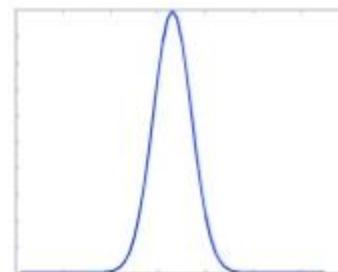
- در فیلتر LOG (یا جای اینکه قبل از اعمال فیلتر لاپلاسین تصویر نرم شود، ابتدا از تابع گوسی مشتق دوم گرفته می‌شود و سپس نقاب بدست آمده از مشتق دوم تابع گوسی با تصویر کانولو شود.
- در واقع فیلتر LOG اثبات می‌کند، معادله زیر برقرار است:
$$G(x, y) = \underbrace{\nabla^2(f(x, y) * w(x, y))}_{\substack{\text{output Image} \\ \text{Laplacian} \\ \text{of} \\ \text{Gaussian-filtered} \\ \text{image}}} = \underbrace{\nabla^2 w(x, y) * f(x, y)}_{\substack{\text{Laplacian} \\ \text{of} \\ \text{Gaussian (LOG)} \\ -\text{filtered} \\ \text{image}}}$$
- مزیت این روش در کاهش حجم محاسبات و نویز آن است.

# فیلتر LOG

- طبق معادله تابع توزیع گوسی، در حالت یک بعدی این تابع و

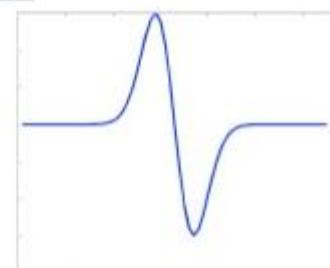
مشتقات اول و دوم آن از روابط زیر محاسبه می‌شوند:

$$g(x) = e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$



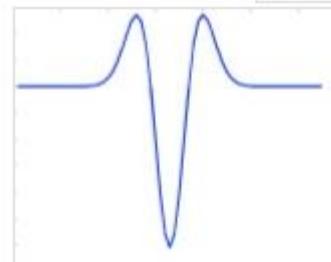
تابع توزیع گوسی  
در حالت یک بعدی

$$g'(x) = -\frac{1}{2\sigma^2} 2xe^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} = -\frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$



مشتق اول  
تابع توزیع گوسی

$$g''(x) = \left(\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right) e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$



مشتق دوم  
تابع توزیع گوسی

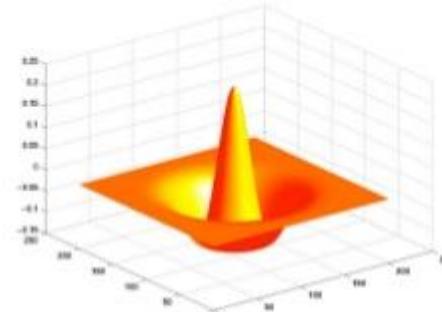
# فیلتر LOG

- مشتق دوم تابع توزیع گوسی در حالت دو بعدی شبیه کلاههای مکزیکی نیز هست.

$$g''(x) = \left(\frac{x^2}{\sigma^4} - \frac{1}{\sigma^2}\right)e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$



2D  
analog



LOG "Mexican Hat"



کلاه مکزیکی

# فیلتر LOG

- دو نمونه از فیلترهای LOG با ابعاد و سیگما مختلف

|        |        |        |
|--------|--------|--------|
| 0.100  | -0.023 | 0.100  |
| -0.023 | -0.308 | -0.023 |
| 0.100  | -0.023 | 0.100  |

نقاب LOG با ابعاد  $3 \times 3$   
با  $\sigma$  برابر با ۱

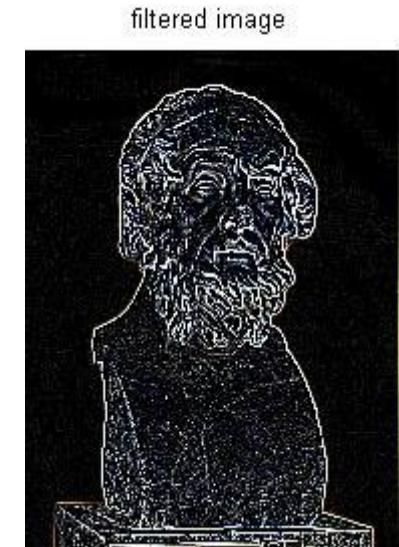
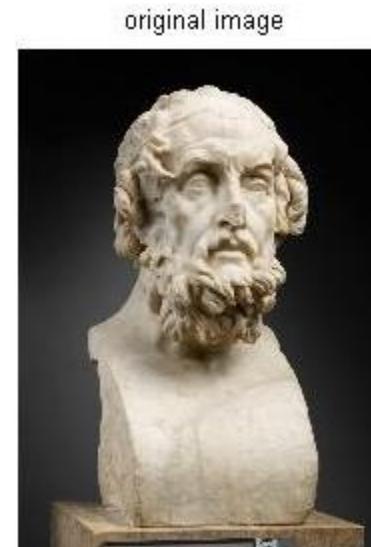
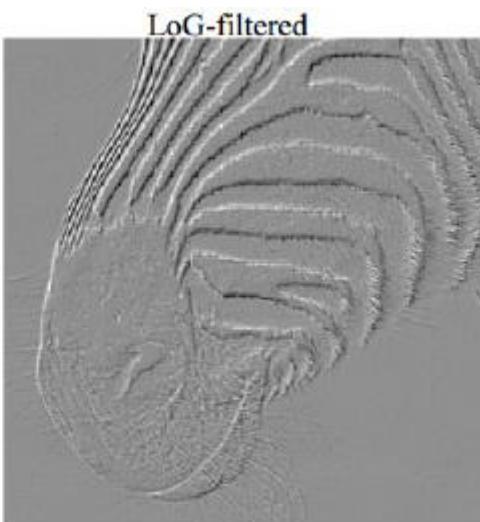
|        |         |         |         |        |
|--------|---------|---------|---------|--------|
| 0.0117 | 0.0053  | 0.0021  | 0.0053  | 0.0117 |
| 0.0053 | -0.0068 | -0.0127 | -0.0068 | 0.0053 |
| 0.0021 | -0.0127 | -0.0199 | -0.0127 | 0.0021 |
| 0.0053 | -0.0068 | -0.0127 | -0.0068 | 0.0053 |
| 0.0117 | 0.0053  | 0.0021  | 0.0053  | 0.0117 |

نقاب LOG با ابعاد  $5 \times 5$   
با  $\sigma$  برابر با ۲

# فیلتر LOG



- مثال‌های از فیلتر LOG: این فیلتر جزئیات ریز را هم شناسایی می‌کند.
- از این فیلتر بیشتر در استخراج ویژگی استفاده می‌شود تا شناسایی لبه!



تصویر اولیه

فیلتر LOG

تصویر اولیه

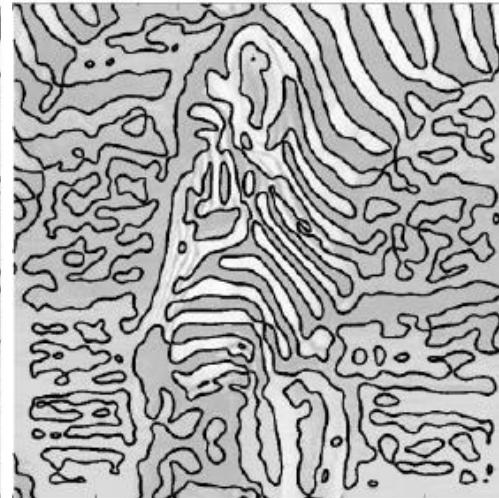
فیلتر LOG

# فیلتر LOG

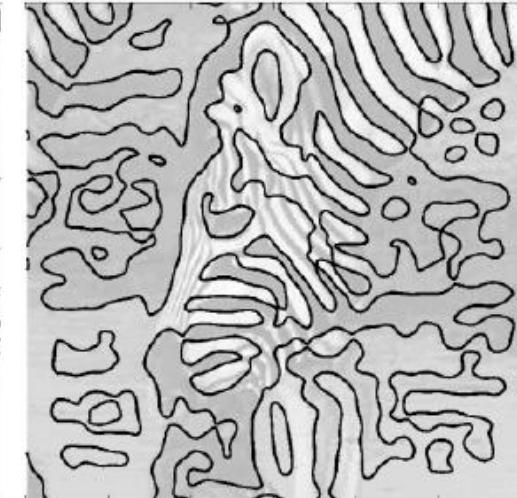
- مثال‌های از فیلتر LOG: تاثیر مقدار سیگما بر شناسایی لبه.
- مقدار سیگما برای محاسبه ضرایب نقاب چقدر باشد؟
- لبه‌ها با تقاطع صفر شناسایی شده‌اند.



LoG sigma = 2, zero-crossing



LoG sigma = 4, zero-crossing



LoG sigma = 8, zero-crossing

# Edge detection applications

# بهبود تصویر در لبه‌های تصویر

- یکی از کاربردهای بارزسازی تصویر، بهبود کیفیت لبه‌ها است.
- از آنجا که لاپلاسین در نواحی غیر لبه مقداری نزدیک به صفر دارد و تنها در نواحی لبه پاسخ منفی می‌دهد، چنانچه از تصویر اولیه کم شود، لبه‌های تصویر بارزتر می‌شوند.
- رابطه این روش برابر است با:
$$\underbrace{G(x, y)}_{\text{output image}} = \underbrace{f(x, y)}_{\text{input image}} - \underbrace{\nabla^2 f(x, y)}_{\text{Laplacian filter}}$$
- در این روش تصویر ورودی از مقدار لاپلاسین آن (تصویری که با نقاب لاپلاسین کانولو شده) کم می‌شود.

# بهبود تصویر در لبه‌های تصویر

- مثالی از بهبود لبه‌های تصویر با لاپلاسین



تصویر اولیه



لاپلاسین فیلتر



تصویر بهبودیافته

# بهبود تصویر در لبه‌های تصویر

- مثالی از بهبود لبه‌های تصویر با لاپلاسین

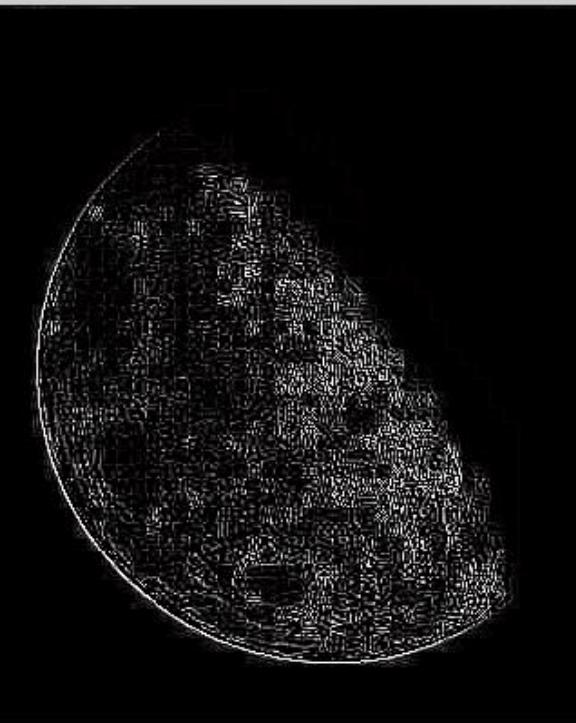
Original image

Laplacian filtered image

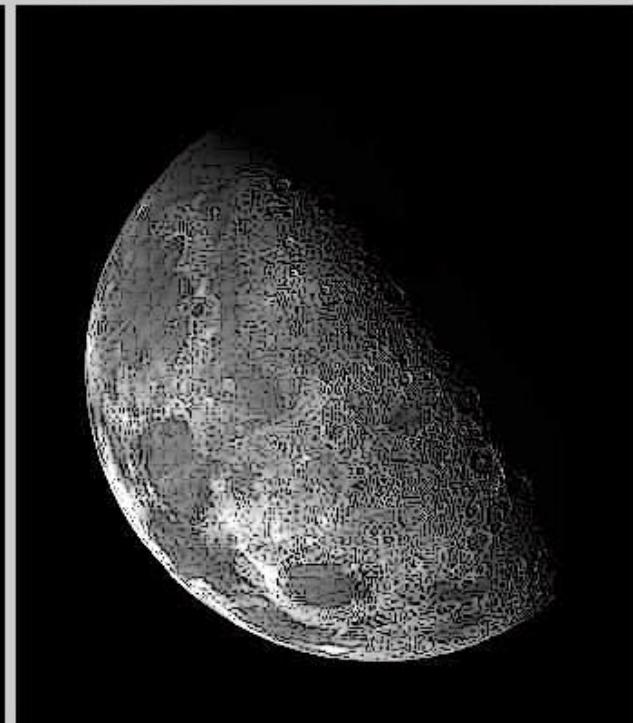
Sharpened image



تصویر اولیه



لاپلاسین فیلتر



تصویر بهبودیافته

# شناسایی اثر انگشت

- یکی از کاربردهای شناسایی لبه، شناسایی اثر انگشت بوده است.  
البته در حال حاضر از روش‌های پیشرفته‌تری برای شناسایی اثر انگشت استفاده می‌شود.
- با این حال از تکنیکهای بارزسازی برای شناسایی بهتر اثر انگشت کماکان استفاده می‌شود.



dge Detection  
Jundi Shapur

# پردازش تصاویر ماهواره‌ای

- از تکنیک‌های پردازش لبه برای شناسایی راهها و به هنگام‌سازی نقشه راهها استفاده می‌شود.



# پردازش تصاویر ماهواره‌ای



- یکی از کاربردهای مهم شناسایی لبه، زمین مرجع سازی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از تصاویر زمین مرجع شده قدیمی است.
- این کار باعث کاهش چشمگیری هزینه‌های مربوط به اندازه‌گیری نقاط کنترل زمینی می‌شود.

# پردازش تصاویر ماهواره‌ای

- مثالی از زمین‌مرجع‌سازی تصاویر راداری با تصاویر اپتیکی.

- عارضه مشترک بین تصاویر اپتیکی و راداری عوارض خطی اند.



(a) Registered optical image of dataset 1



(c) Registered optical image of dataset 2



(e) Registered optical image of dataset 3



(b) Registered SAR image of dataset 1



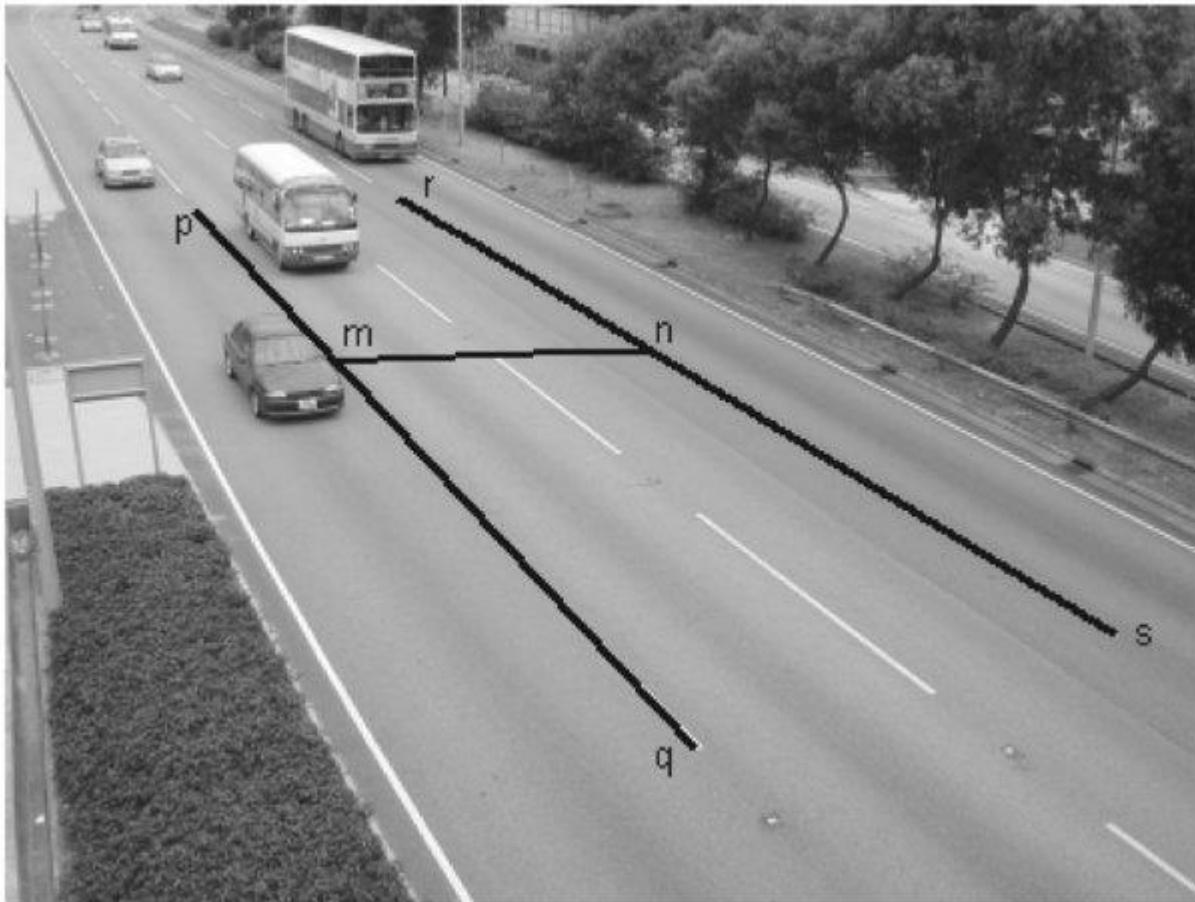
(d) Registered SAR image of dataset 2



(f) Registered SAR image of dataset 3

# پردازش تصاویر موبایل مپینگ

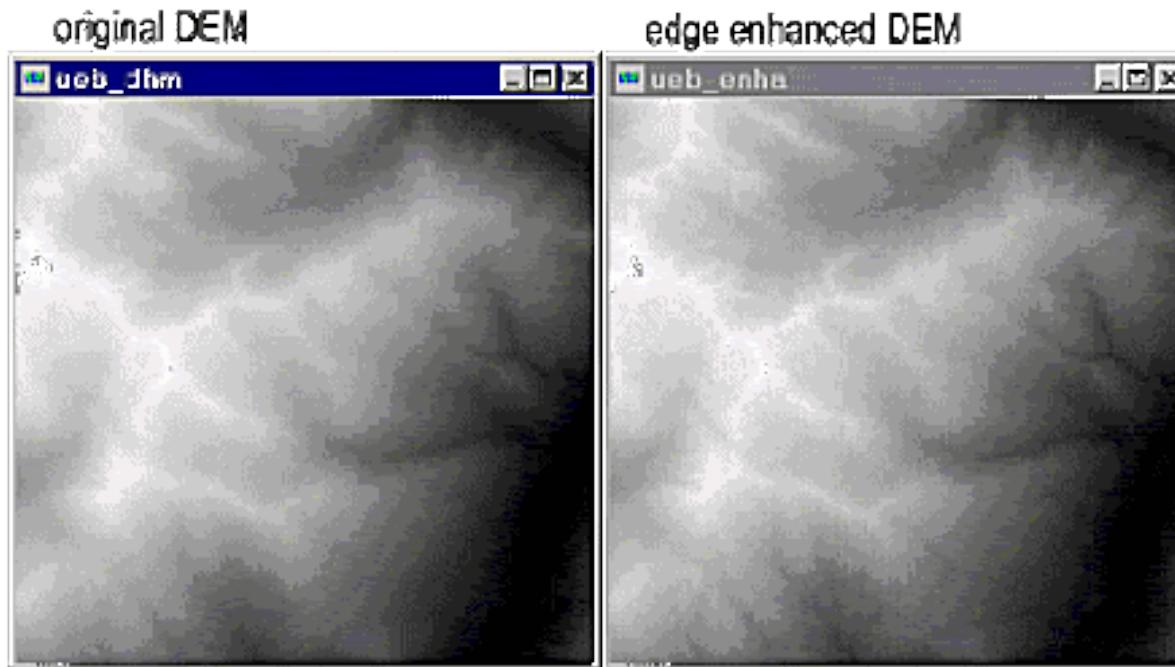
- مثالی از کالیبراسیون اتوماتیک دوربینهای سیستم‌های موبایل مپینگ از روی خطوط راهنمایی رانندگی.



# پردازش مدل‌های رقومی ارتفاعی

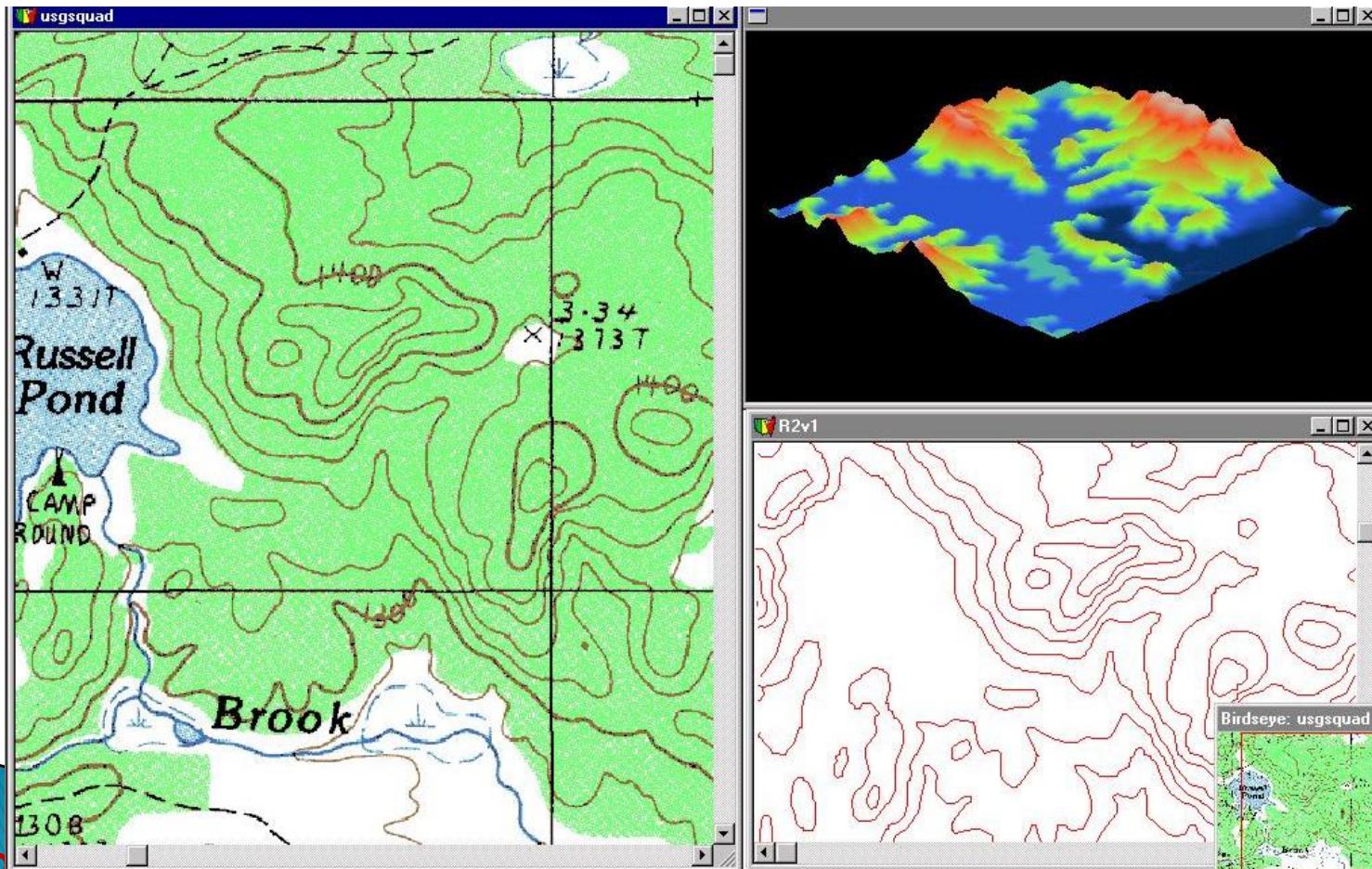
- مثالی از بهبود مدل‌های رقومی ارتفاعی با استفاده از تکنیکهای

شناسایی لبه



# پردازش مدل‌های رقومی ارتفاعی

- رقومی سازی نقشه های قدیمی با تکنیکهای شناسایی لبه



# تمرین شماره ۵- برنامه نویسی

- روش‌های شناسایی لبه LOG، Laplacian ، Prewitt ، Sobel و روش CANNY را در محیط متلب (یا پایتون) پیاده سازی کنید.
- نکته: تنها در مورد روش شناسایی لبه CANNY می‌توانید از کدهای آماده کتابخانه متلب یا opencv استفاده کنید.
- نتیجه این فعالیت را در سیستم خود اجرا کرده و از اجرای آن عکس بگیرید. کدها و عکس را تا جلسه بعد به آدرس noorollah.tatar@gmail.com با موضوع "تمرین شماره ۵ درس پردازش تصویر" ایمیل کنید.

# نکات کد نویسی شناسایی لبه

- حتماً حتماً حتماً قبل از اعمال هر نوع **double** نوع داده را از **int** به نوع **فیلتری** تغییر دهید.
- در پایان **فیلترینگ** نوع داده را تغییر ندهید!
- مگر در کاربردهای بهبود لبه

# سوال؟