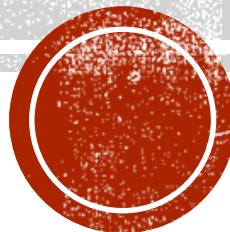


تصویر پردازی رقمی

دکتر ملیحه ثابتی
استادیار گروه کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران شمال



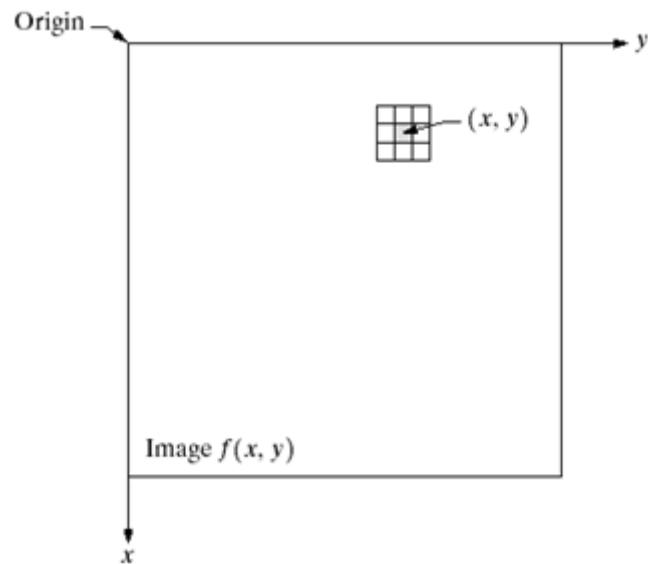
فصل سوم – تبدیلات شدت

- حوزه مکانی (**spatial domain**)
 - واژه حوزه مکانی به خود صفحه تصویر اطلاق می شود، روش های پردازش تصویر در این حوزه، پیکسل ها را بطور مستقیم دستکاری می کنند
 - حوزه تبدیل تصویر (**frequency domain**)
 - تصویر ابتدا به حوزه تبدیل منتقل می شود، در آنجا پردازش می شود سپس با اعمال تبدیل معکوس، نتایج به حوزه مکان منتقل می شود
 - تبدیلات شدت
- تبدیلات شدت بر روی یک پیکسل از تصویر عمل می کنند هدف آنها دستکاری کنترast و آستانه گیری تصویر (**image thresholding**) است
- فیلترگذاری مکانی با اجرای عملیاتی مثل تیز کردن تصویر سر و کار دارد برای این منظور در همسایگی هر پیکسل در تصویر عمل می کنند
- پیاده سازی بعضی از کارهای پردازش تصویر در حوزه مکانی، آسان تر و با معنی تر است در حالی که بقیه برای روش های دیگری مناسب تر هستند بطور کلی، تکنیک های حوزه مکانی، از نظر محاسباتی کارآمدتر هستند و به منابع پردازش کننده کمتری نیاز دارند

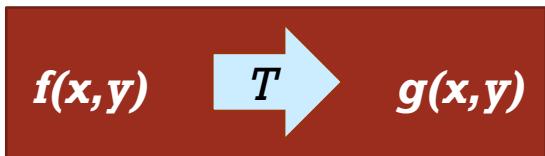
فصل سوم – تبدیلات شدت

- پردازش حوزه مکانی بصورت زیر تعریف می شود

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$



- جایی که $f(x, y)$ تصویر ورودی، $g(x, y)$ تصویر خروجی و T عملگری روی f است که در همسایگی نقطه (x, y) تعریف شده باشد

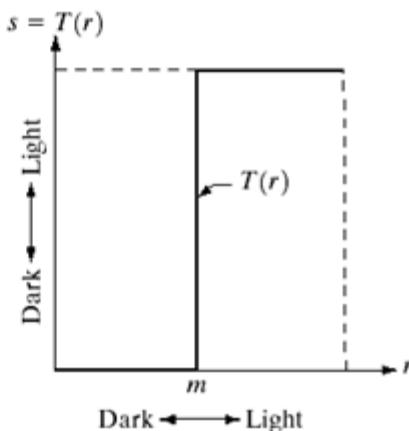
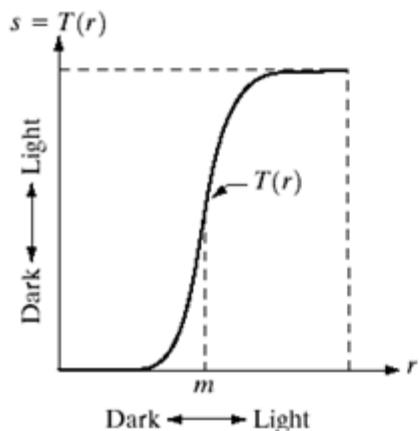


- نقطه (x, y) یک مکان اختیاری در تصویر است و منطقه کوچک حاوی این نقطه، همسایگی (x, y) است. بنابراین برای هر مکان خاص (x, y) ، مقدار تصویر خروجی g در آن مختصات، برابر با نتیجه اجرای T روی همسایگی با مبدأ (x, y) است

فصل سوم – تبدیلات شدت

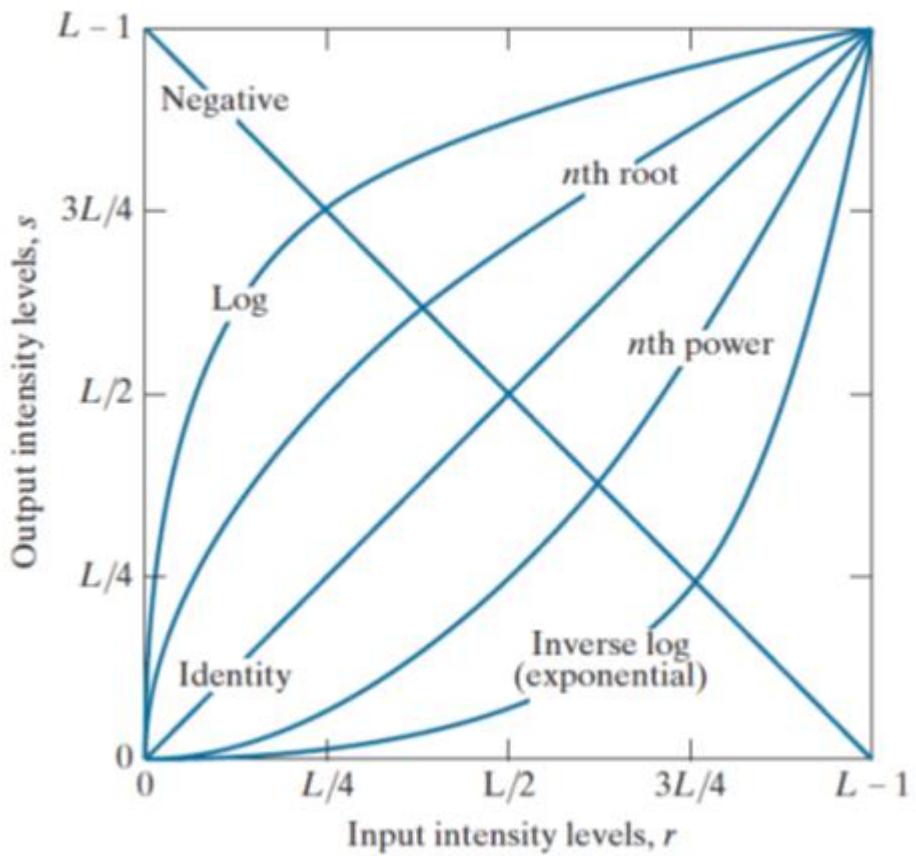
- معمولاً این پردازش از بالا و چپ تصویر ورودی شروع می‌شود و پیکسل به پیکسل در پیمایش افقی پیش می‌رود.
- در هر بار یک سطر اسکن می‌شود وقتی مبدأ همسایگی در مرز تصویر قرار دارد بخشی از همسایگی در خارج از تصویر قرار می‌گیرد.
- روش انجام کار، یا نادیده گرفتن همسایه‌های بیرونی در محاسبات مشخص شده توسط T است یا گسترش تصویر با مرزی از صفرها یا مقادیر شدت مشخص شده دیگر است ضخامت مرز اضافه شده با صفر (**padding**) به اندازه همسایگی بستگی دارد.
- کوچکترین همسایگی ممکن به اندازه 1×1 است لذا داریم

$$s = T(r)$$



- تابع تبدیل شدت
- تابع گسترش کنتراست
- تابع تعیین آستانه

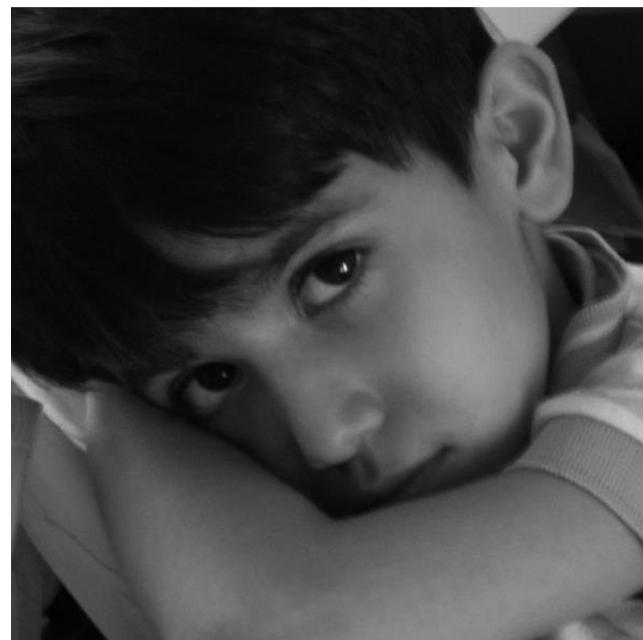
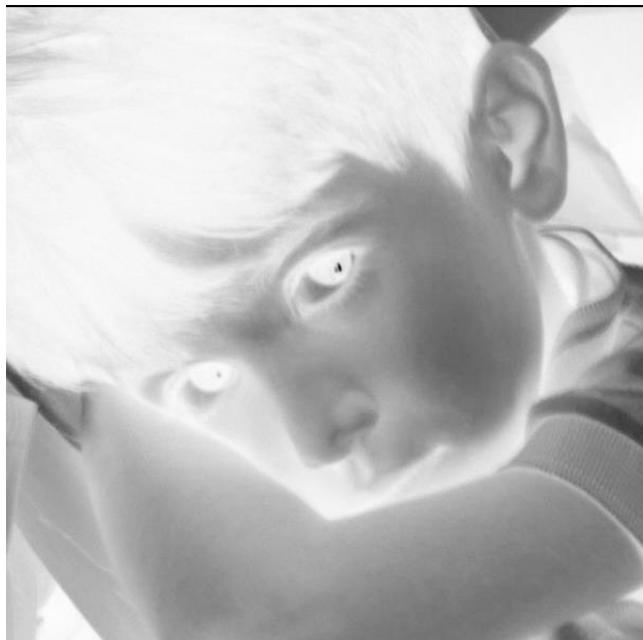
فصل سوم – تبدیلات شدت



- ارتقای تصویر
 - فرایند دستکاری تصویر است بطوری که نتیجه نسبت به تصویر اصلی برای کاربرد خاص، مناسب تر است
- توابع تبدیل پایه
 - تبدیلات خطی (تبدیلات نگایتو و همانی)
 - تبدیلات لگاریتمی (تبدیل لگاریتمی و معکوس آن)
 - قانون توان (تبدیلات ریشه n ام و توان n ام)
- توابع تبدیل تکه ای خطی
 - گسترش کنتراست
 - بخش بندی سطح شدت
 - بخش بندی تصویر به صفحات بیتی

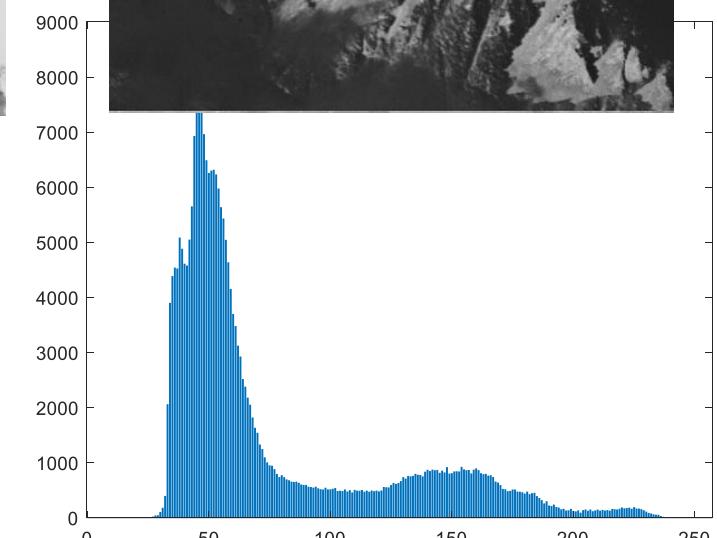
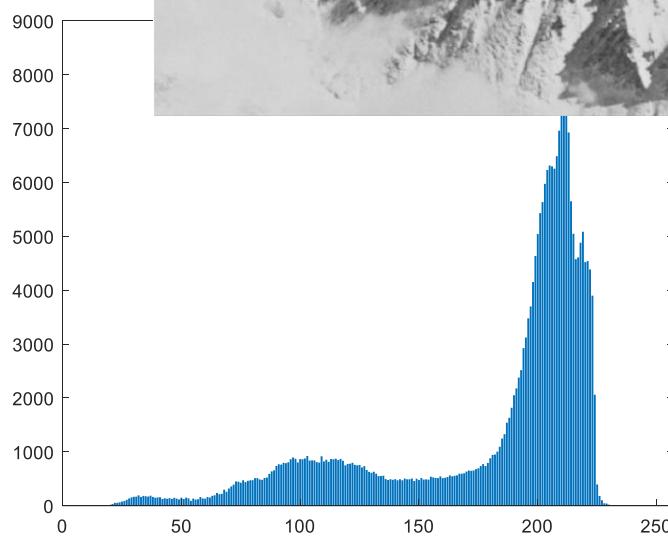
فصل سوم – تبدیلات شدت

- نگاتیو تصاویر
- نگاتیو تصویری که سطوح شدت آن در بازه $[0, L - 1]$ است بصورت زیر بدست می‌آید
- $$s = L - 1 - r$$
- این نوع پردازش معمولاً برای ارتقای بخش سفید یا خاکستری موجود در مناطق تاریک تصویر مناسب است

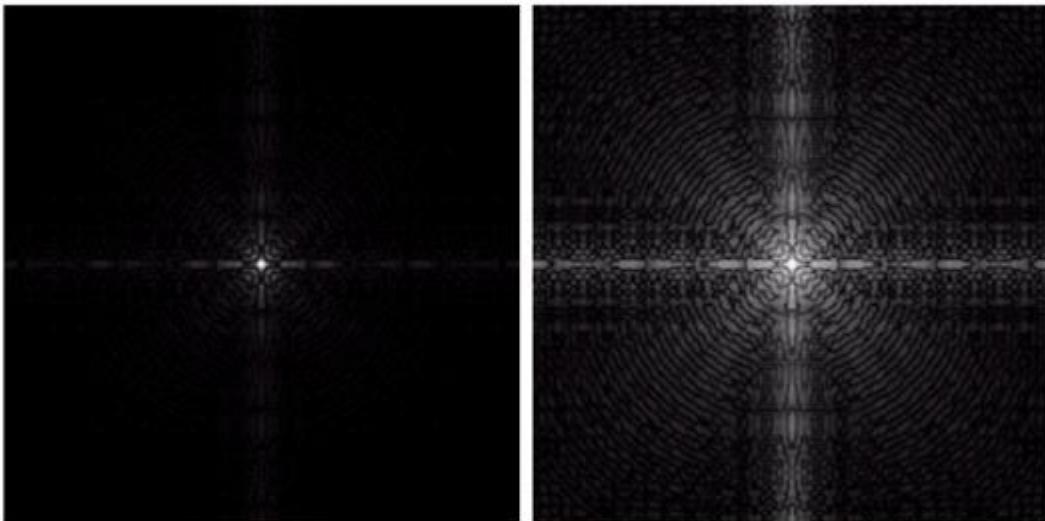


فصل سوم - تبدیلات شدت

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



فصل سوم – تبدیلات شدت



- تبدیلات لگاریتمی

- تبدیل لگاریتمی بصورت زیر است

$$s = c \cdot \log(1 + r)$$

- که c ثابت است و فرض می شود $0 \leq r \leq 1$ است

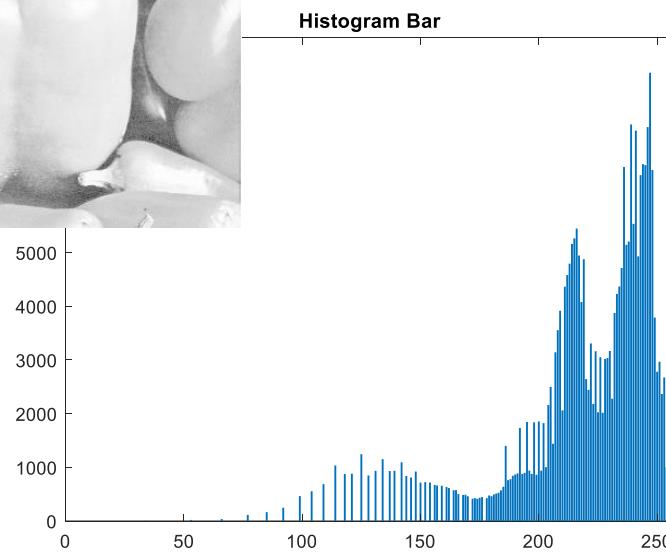
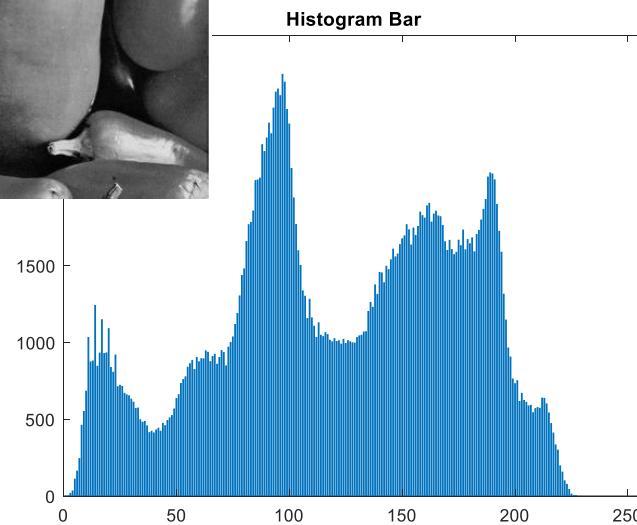
$$C = \frac{L - 1}{\log_{10}^{(1+\max(r))}}$$

- این تبدیل، بازه باریکی از مقادیر پایین شدت در تصویر ورودی را به بازه وسیع تری از سطوح خروجی تبدیل می نماید، درباره مقادیر سطوح بالاتر شدت ورودی، عکس آن درست است

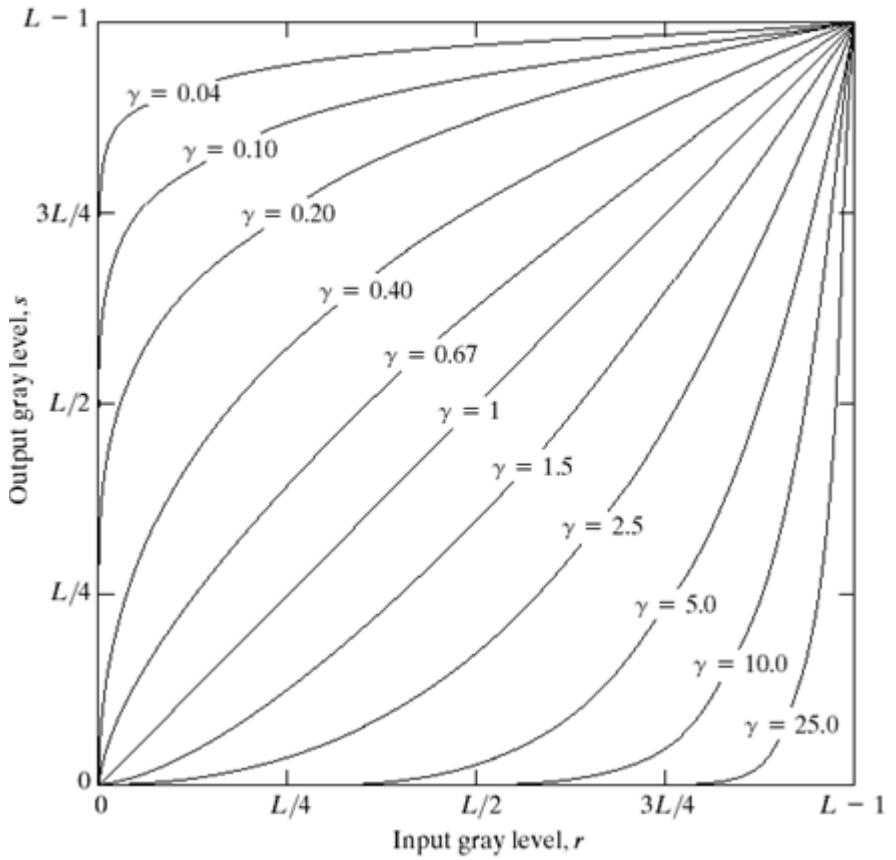
- از این تبدیل برای بسط مقادیر پیکسل های تاریک در یک تصویر و فشرده سازی مقادیر سطح بالاتر استفاده می شود

فصل سوم - تبدیلات شدت

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



فصل سوم – تبدیلات شدت



- تبدیلات قانون توان

- تبدیل قانون توان بصورت زیر است

$$s = cr^\gamma$$

- که C و γ ثابت های مثبت اند.

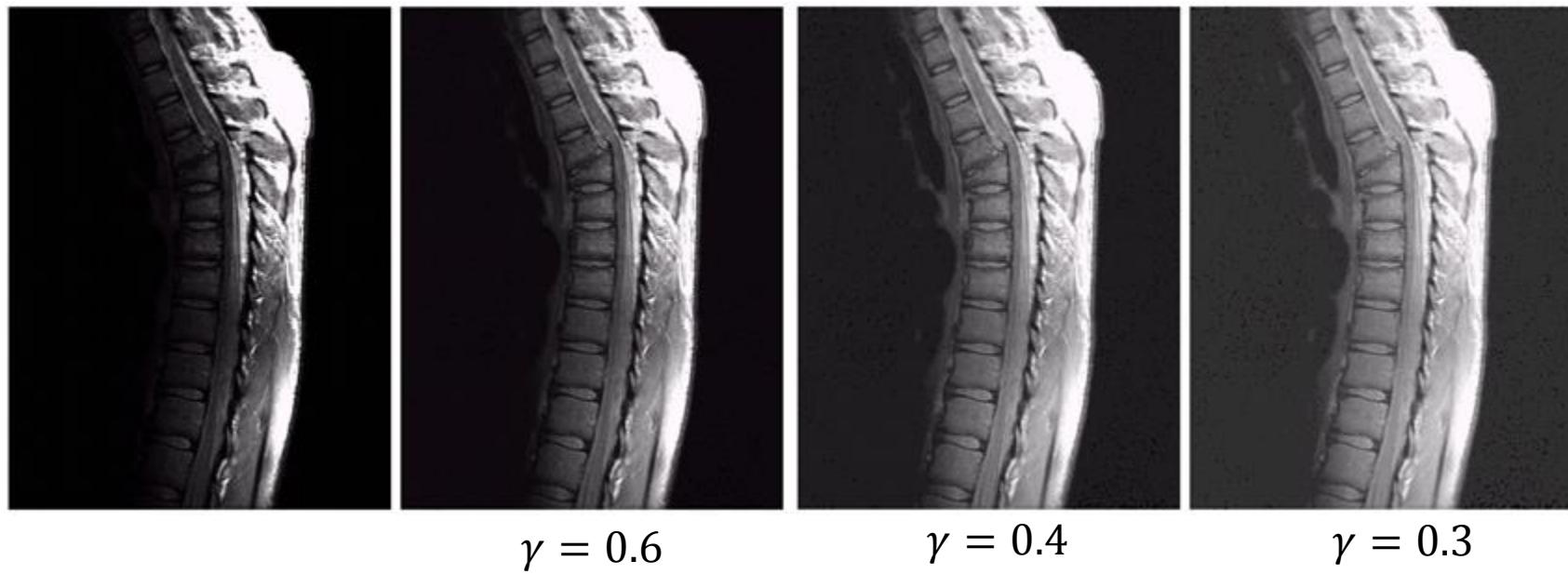
$$\gamma = \frac{L-1}{\beta^{\max(r)} - 1}$$

- همانند تبدیل لگاریتمی، منحنی های قانون توان با مقادیر کسری γ ، بازه باریکی از مقادیر ورودی تیره را در بازه وسیع تری از مقادیر خروجی نگاشت می کند و برای مقادیر بزرگتر سطوح ورودی، عکس آن عمل می کند

- بسیاری از دستگاه هایی که برای تصویربرداری، چاپ و نمایش بکار می روند براساس قانون توان پاسخ می دهند

فصل سوم – تبدیلات شدت

- تصویری از شکستگی ستون فقرات
- توجه کنید که با کاهش گاما از ۰.۶ به ۰.۴ جزییات بیشتری قابل مشاهده است کاهش بیشتر در گاما به ۰.۳، جزییات پس زمینه را تا حدی ارتقا می دهد ولی در نقطه ای که تصویر از آنجا روشن تر می شود (مخصوصا در پس زمینه) کنتراست شروع به کاهش می کند



فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ تنظیم تصویر

- بصورت دستی می توان محدوده مقادیر روشنایی ورودی و خروجی را تعیین نمود صرفنظر از کلاس داده ورودی، محدوده مقادیر ما بین [0,1] تغییرات دارد

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

```
I = imread('cameraman.tif');
J = imadjust(I,[0 0.2],[0.5 1]);
imshow(I)
figure, imshow(J)
```



فصل سوم – تبدیلات شدت

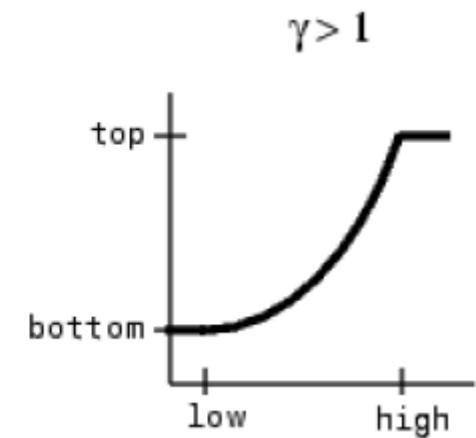
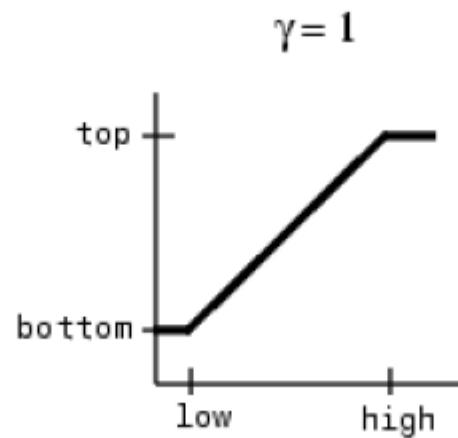
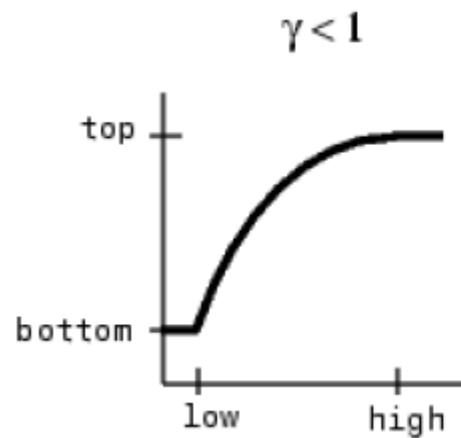
```
I = imread('cameraman.tif');  
J = imadjust(I,[0 1],[1 0]);  
imshow(I)  
figure, imshow(J)
```



فصل سوم – تبدیلات شدت

- با تنظیم مناسب پارامتر **gamma** در دستور زیر می توانیم اصلاح گاما را داشته باشیم

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



فصل سوم – تبدیلات شدت

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

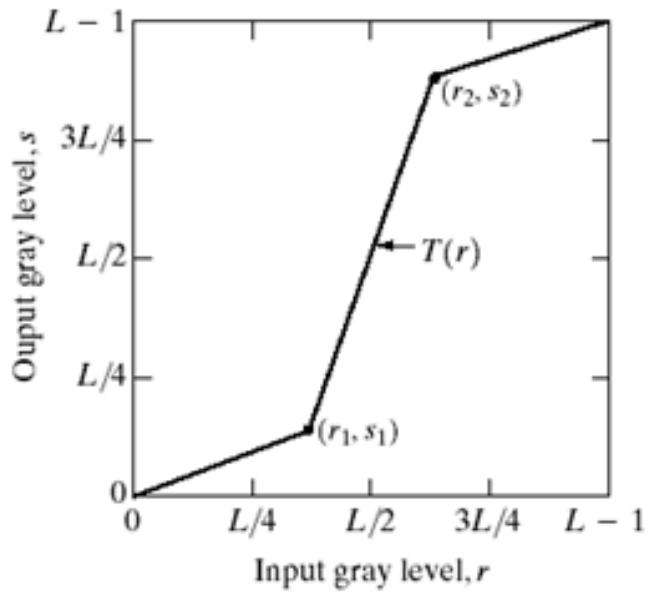


$$\gamma = 0.5$$



$$\gamma = 2$$

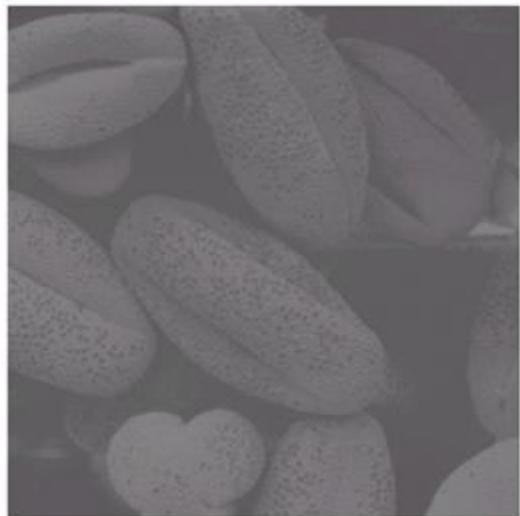
فصل سوم – تبدیلات شدت



- گسترش کنتراست
- یکی از ساده‌ترین توابع تکه‌ای خطی، تبدیل گسترش کنتراست می‌باشد
- تصاویری با کنتراست پایین می‌توانند ناشی از روشنایی ضعیف، عدم وجود بازه پویا در حسگر تصویربرداری یا حتی تنظیم نادرست لنز در اثنای تصویربرداری باشد
- گسترش کنتراست، فرایندی است که بازه سطوح شدت را در تصویر گسترش می‌دهد
- در شکل روبرو
- اگر $r_1 = s_1$ و $r_2 = s_2$ باشد، این تبدیل یک تابع خطی است که تغییراتی در سطوح شدت ایجاد نمی‌کند
- اگر $r_2 = r_1 = 0$ و $s_1 = s_2 = L - 1$ باشد، این تبدیل بعنوان یک تابع آستانه گیری محسوب خواهد شد که یک تصویر دودویی را ایجاد می‌کند
- با مقداردهی $(r_{min}, 0) = (r_1, s_1)$ و $(r_{max}, L - 1) = (r_2, s_2) = (r_{max}, L - 1)$ که r_{min} و r_{max} به ترتیب کمترین و بیشتری سطوح شدت را در تصویر نشان می‌دهند گسترش کنتراست خواهیم داشت

فصل سوم – تبدیلات شدت

تصویری با کنترast پایین



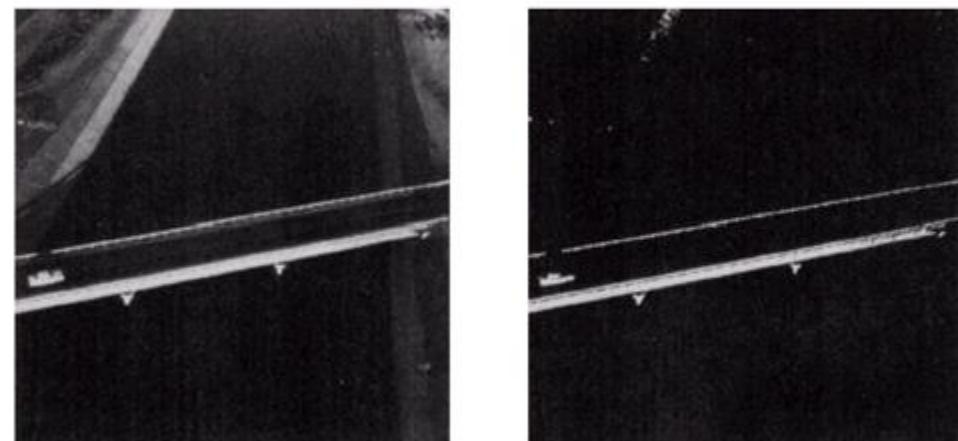
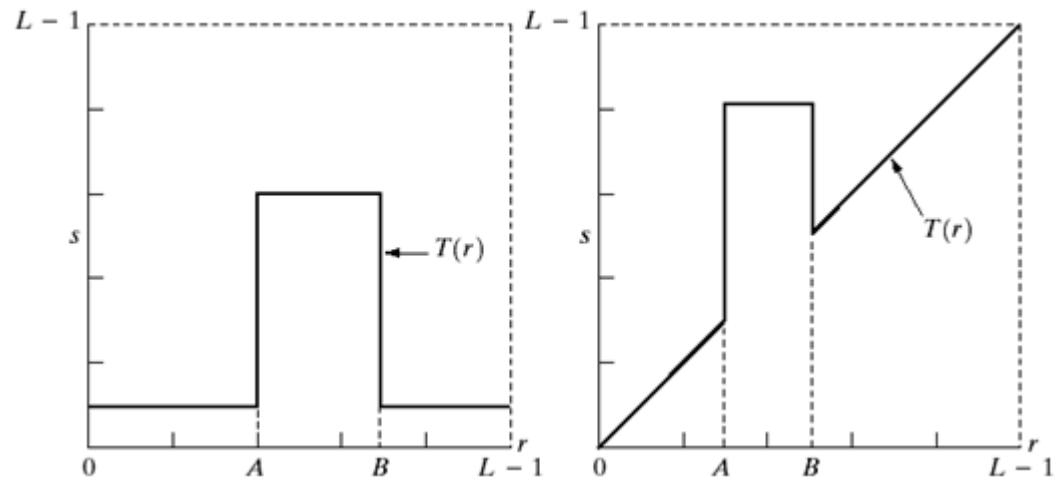
نتیجه گسترش کنترast



نتیجه آستانه گیری

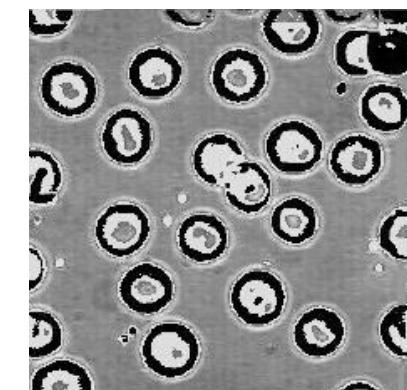
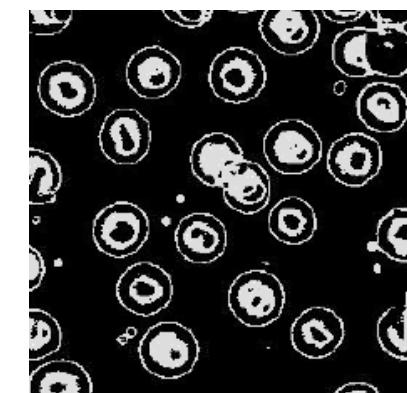
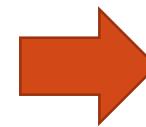
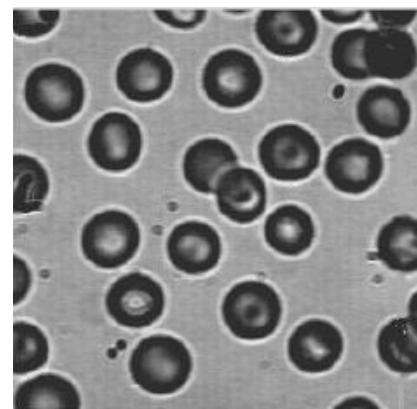
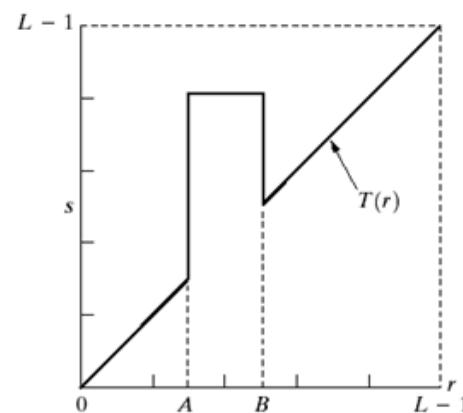
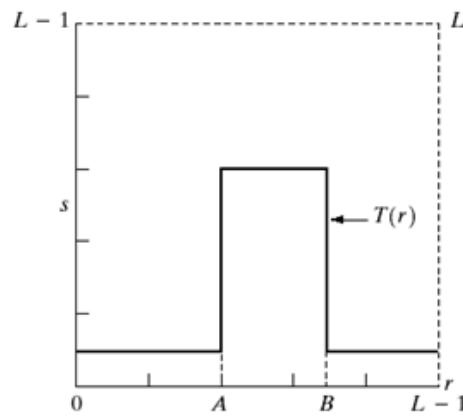


فصل سوم – تبدیلات شدت

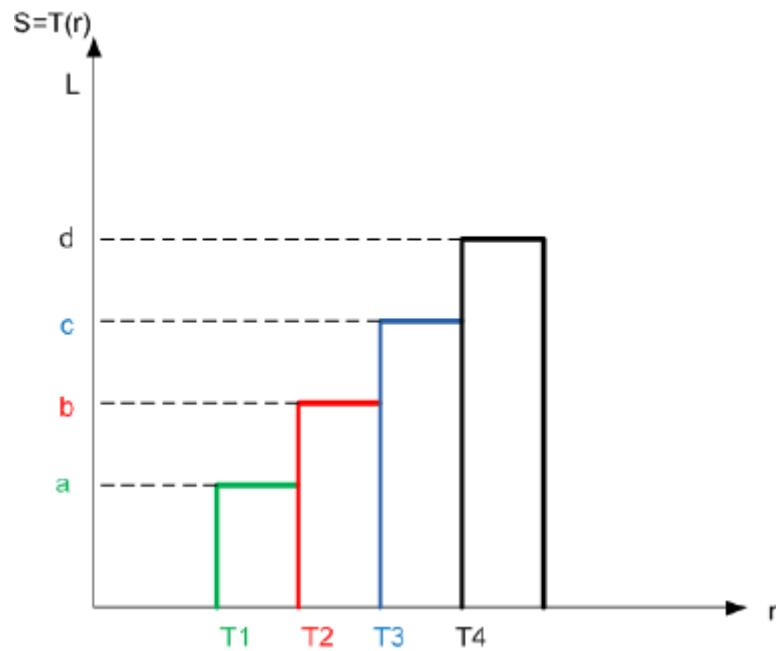


- بخش بندی سطح شدت (intensity slicing)
- بر جسته کردن بازه خاصی از شدت ها در یک تصویر معمولاً مطلوب است
- روش اول مبتنی بر نمایش تمام مقادیر بازه مورد بررسی با یک مقدار (مثلًا سفید) و بقیه شدت ها با مقدار دیگر (مثلًا سیاه) می باشد این تبدیل یک تصویر دودویی ایجاد می کند
- روش دوم، بازه مطلوب شدت ها را روشن (یا تیره) می کند ولی بقیه سطوح شدت را دستکاری نمی کند

فصل سوم – تبدیلات شدت



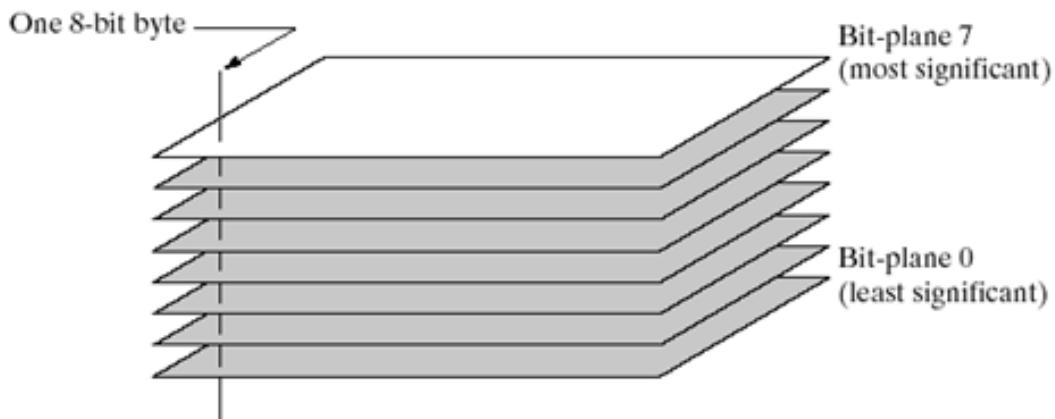
فصل سوم – تبدیلات شدت



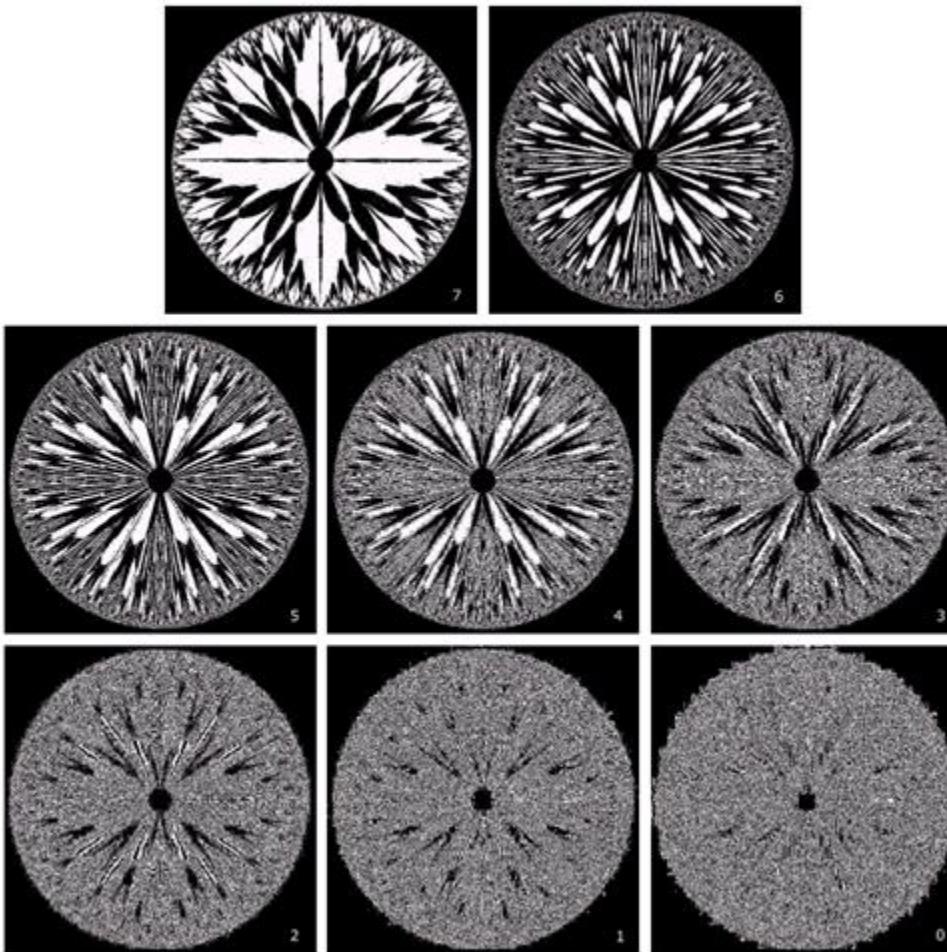
فصل سوم – تبدیلات شدت

- بخش بندی تصویر به صفحات بیتی
- پیکسل ها اعداد دیجیتالی هستند که از بیت ها تشکیل شده اند بعنوان مثال، شدت هر پیکسل در یک تصویر مقیاس خاکستری ۲۵۶ سطحی شامل ۸ بیت است بجای برجسته کردن بازه های سطح شدت، می توانیم با استفاده از بیت های خاصی، بخشی از تصویر تا کل تصویر را برجسته کنیم

```
A=imread('moon.tif');  
B=bitget(A,n);  
imshow(logical(B));
```



فصل سوم – تبدیلات شدت



- مثالی از بخش بندی تصویر به صفحات بیتی

فصل سوم – تبدیلات شدت

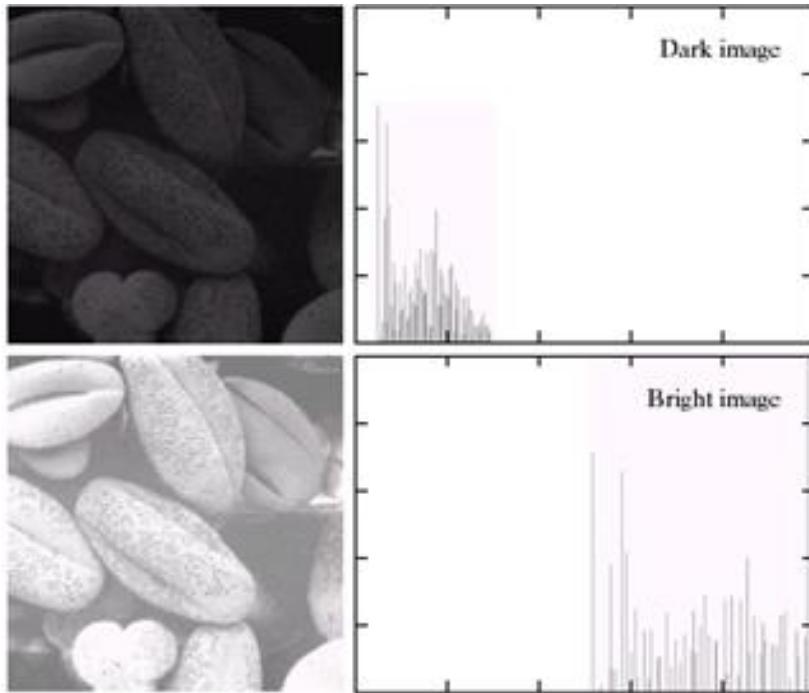
پردازش هیستوگرام

- تعداد نقاطی از تصویر که دارای روشنایی یکسان است را نشان می دهد
- که در آن K تعداد پیکسل های تصویر برای روشنایی I خواهد بود
- هیستوگرام مبنایی برای بسیاری از تکنیک های پردازش حوزه مکانی است دست کاری هیستوگرام می تواند برای ارتقای تصویر بکار می رود
- در تصویر تیره، مشاهده می شود که مولفه های هیستوگرام در سمت چپ (قسمت تاریک) مقیاس شدت، متمرکز هستند بطور مشابه، مولفه های هیستوگرام در تصویر روشن، به سمت بالای مقیاس، متمرکز شده است
- تصویری با کنتراست پایین دارای هیستوگرام باریکی است که متمایل به وسط مقیاس شدت قرار دارد در مقابل، تصویری با کنتراست بالا، بازه وسیعی از مقیاس شدت را می پوشاند و توزیع پیکسل ها چندان از یکنواختی دور نیستند
- از نظر شهودی، نتیجه گیری می شود که تصویری که پیکسل های آن می خواهند کل بازه سطوح شدت ممکن را اشغال کنند و می خواهند بطور یکنواخت توزیع شوند نمایی با کنتراست بالا دارند و تن های متعددی از خاکستری را نشان می دهند

$$\begin{aligned} h(r) &= K \\ 0 \leq r &\leq L - 1 \end{aligned}$$

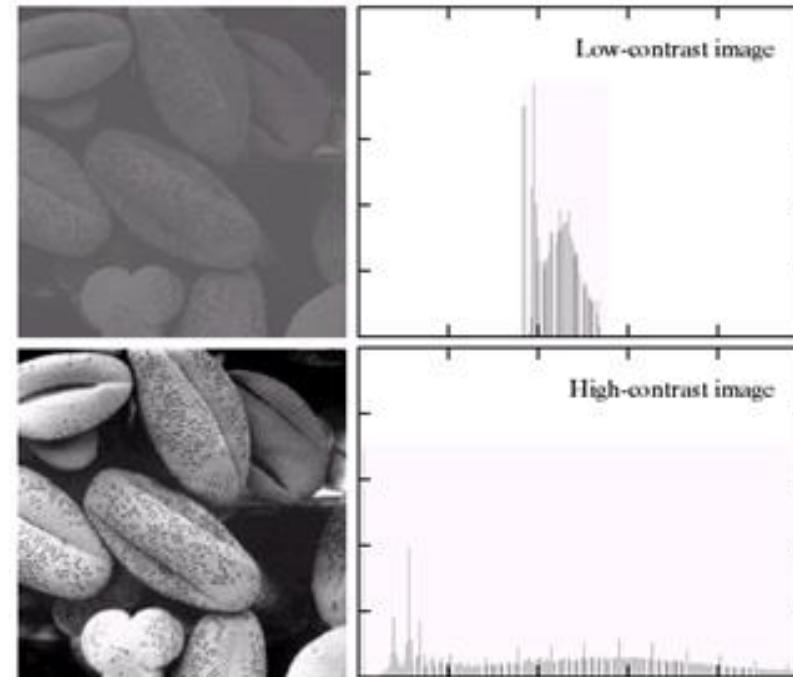
فصل سوم – تبدیلات شدت

هیستوگرام تصویر تیره



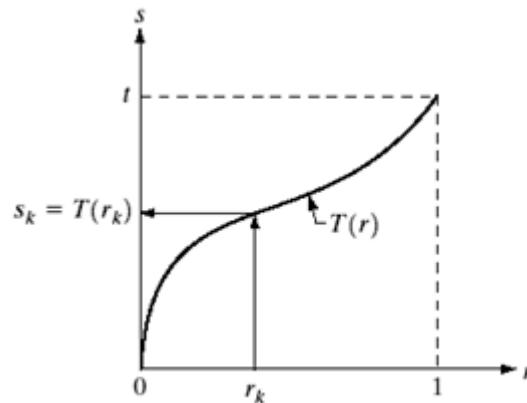
هیستوگرام تصویر روشن

هیستوگرام تصویری با کنترast پایین



هیستوگرام تصویری با کنترast بالا

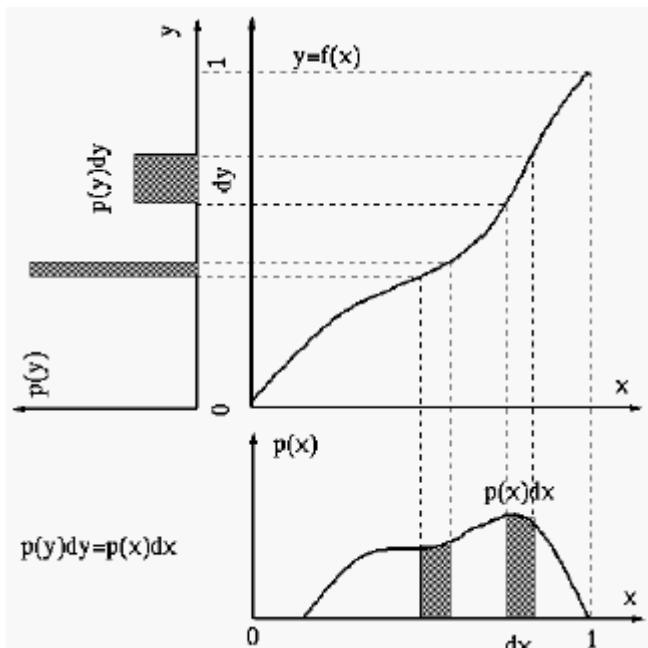
فصل سوم – تبدیلات شدت



- تعديل هیستوگرام
- هدف، یافتن توابع انتقال مناسب به منظور تغییر هیستوگرام در جهت مطلوب است
- ثابت ماندن محدوده تغییرات روشنایی
- ثابت ماندن ترتیب نقاط (مقادیر تاریک تر در تصویر اصلی در تصویر نتیجه شده نیز تاریک تر باشد)
- تابع انتقال (نگاشت شدت)
 - تابعی که یک سطح شدت خروجی s را برای هر پیکسل موجود در تصویر ورودی با شدت r تولید می کند
 - $$s = T(r) \quad 0 \leq r \leq L - 1$$
 - فرض می کنیم تابع $T(r)$ اکیدا صعودی یکنواخت و $0 \leq T(r) \leq L - 1$ باشد

فصل سوم – تبدیلات شدت

- سطوح شدت در یک تصویر ممکن است بصورت متغیرهای تصادفی در بازه $[0, L-1]$ در نظر گرفته شود. یک توصیف گر اساسی متغیر تصادفی، تابع چگالی احتمال (PDF) آن است فرض کنید $p_r(r)$ های PDF نشان دهنده s هستند براساس نظریه آمار اگر (r, s) معلوم اند و $T(r)$ روی بازه ای از مقادیر مطلوب، پیوسته و مشتق پذیر باشد PDF متغیر s می تواند بصورت زیر بدست آید



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

- f تصویر اصلی با توزیع احتمال $p_r(r)$
- g تصویر بهبود یافته با توزیع احتمال $p_s(s)$

- بنابراین یکی از مهم ترین توابع انتقال در پردازش تصویر به شکل زیر است

$$s = T(r) = (L - 1) \int_0^r p_r(w) dw$$

- یک تابع توزیع تجمعی (CDF) از متغیر تصادفی r تشخیص داده می شود چون PDF ها همیشه مثبت هستند و با توجه به اینکه انگرال تابع، مساحت زیر منحنی تابع است بنابراین شرط لازم را برآورده می کند

فصل سوم - تبدیلات شدت

- برای یافتن $p_s(s)$ خواهیم داشت

$$\frac{ds}{dr} = \frac{dT(r)}{dr} \rightarrow (L-1) \frac{d}{dr} \left[\int_0^r p_r(w) dw \right] = (L-1) p_r(r)$$

- با جایگزینی این نتیجه در معادله $p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right|$ خواهیم داشت

$$p_s(s) = p_r(r) \left| \frac{dr}{ds} \right| = p_r(r) \left| \frac{1}{(L-1)p_r(r)} \right| = \frac{1}{L-1}$$

- شکل $p_s(s)$ را تابع چگالی احتمال یکنواخت می نامیم



فصل سوم - تبدیلات شدت

- برای مقادیر گسته داریم

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad k=0,1,\dots,L-1$$

که MN تعداد کل پیکسل ها در تصویر است و L تعداد سطوح شدت ممکن در تصویر است

شکل گسته تبدیل $s = T(r) = (L-1) \int_0^r p_r(w) dw$ بصورت زیر است

$$\begin{aligned} s_k &= T(r_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_r(r_j) \\ &= \frac{(L-1)}{MN} \sum_{j=0}^k n_j \quad k=0,1,\dots,L-1 \end{aligned}$$

تبدیل $T(r_k)$ در این معادله، تغییر هیستوگرام یا خطی سازی هیستوگرام نامیده می شود

فصل سوم - تبدیلات شدت

▪ فرض کنید یک تصویر سه بیتی ($L=8$) به اندازه 64×64 دارای توزیع شدتی مانند جدول زیر باشد

r_k	n_k	$p_r(r_k) = n_k/MN$
$r_0 = 0$	790	0.19
$r_1 = 1$	1023	0.25
$r_2 = 2$	850	0.21
$r_3 = 3$	656	0.16
$r_4 = 4$	329	0.08
$r_5 = 5$	245	0.06
$r_6 = 6$	122	0.03
$r_7 = 7$	81	0.02

$$s_0 = T(r_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) = 1.33$$

$$s_1 = T(r_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_r(r_j) = 7p_r(r_0) + 7p_r(r_1) = 3.08$$

S₀ = 1.33 ... 1

S₄ = 6.23 ... 6

S₁ = 3.08 ... 3

S₅ = 6.65 ... 7

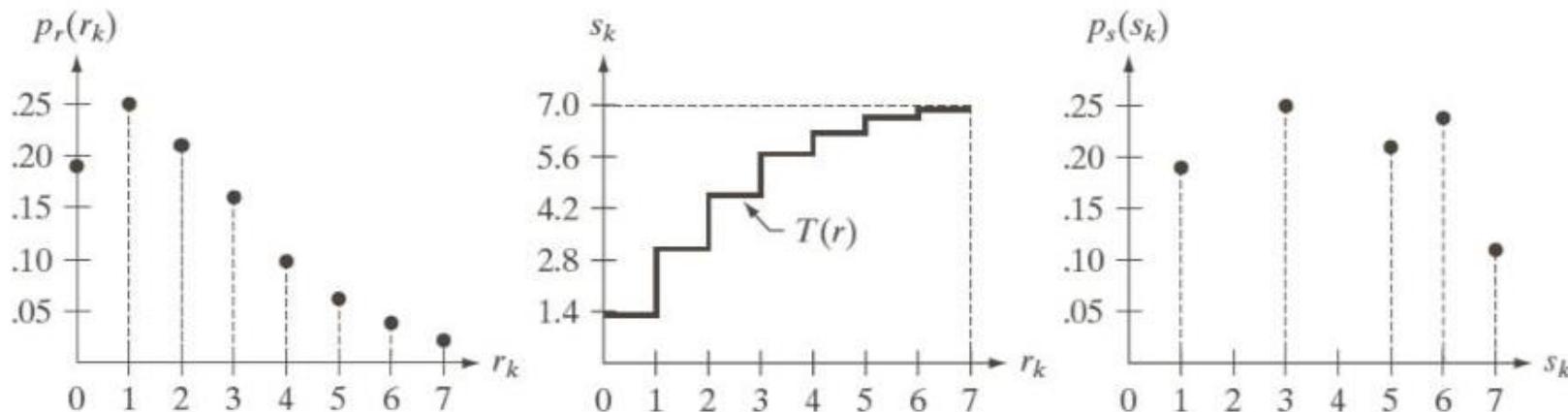
S₂ = 4.55 ... 5

S₆ = 6.86 ... 7

S₃ = 5.67 ... 6

S₇ = 7.00 ... 7

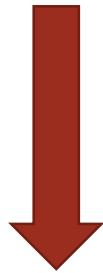
فصل سوم – تبدیلات شدت



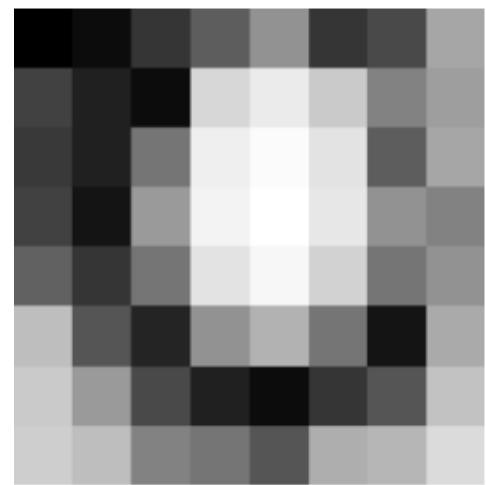
- چون هیستوگرام، تقریبی از PDF می باشد و هیچ سطح شدت مجاز جدیدی در این فرایند ایجاد نمی شود بکارگیری تعديل هیستوگرام در کاربردهای عملی، اندک است. بنابراین برخلاف همتای پیوسته اش، نمی توان ثابت کرد که تعديل هیستوگرام گستته منجر به هیستوگرام یکنواخت می شود اما موجب توزیع هیستوگرام تصویر ورودی (و در نتیجه ارتقای کنتراست) می شود

فصل سوم – تبدیلات شدت

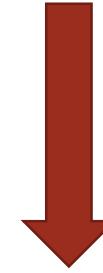
تصویر اصلی



تصویر تعدیل شده



تصویر اصلی

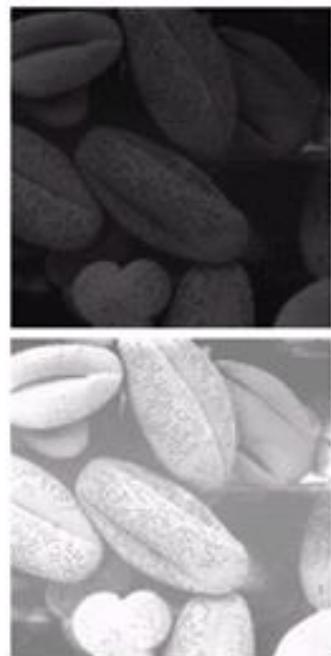


تصویر تعدیل شده



فصل سوم – تبدیلات شدت

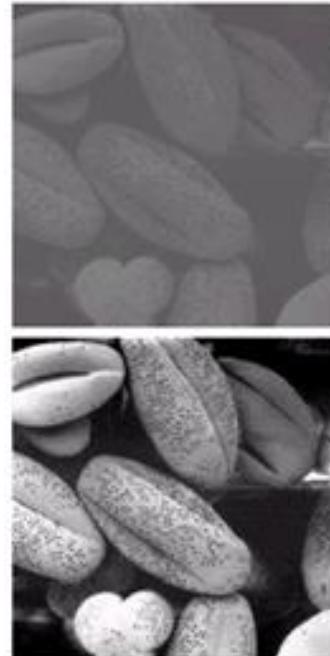
▪ مثال هایی از تعدیل هیستوگرام



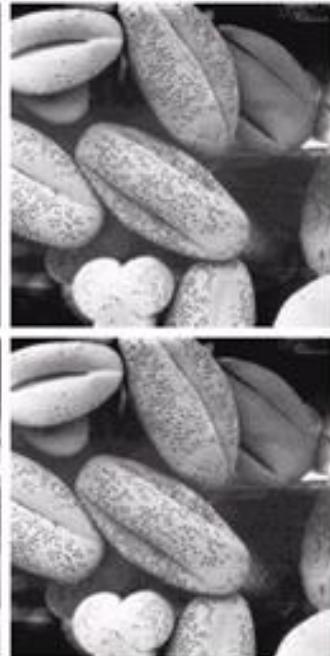
تصویر اصلی



تصویر تعدیل شده



تصویر اصلی



تصویر تعدیل شده



فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ پردازش هیستوگرام



- اگر تعداد سطوح از L (تمامی سطوح روشنایی) کمتر باشد تابع سعی بر این دارد که سطوح مورد نظر را در بازه مذکور منتشر نماید. هدف بدست آوردن هیستوگرامی یک دست خواهد بود.

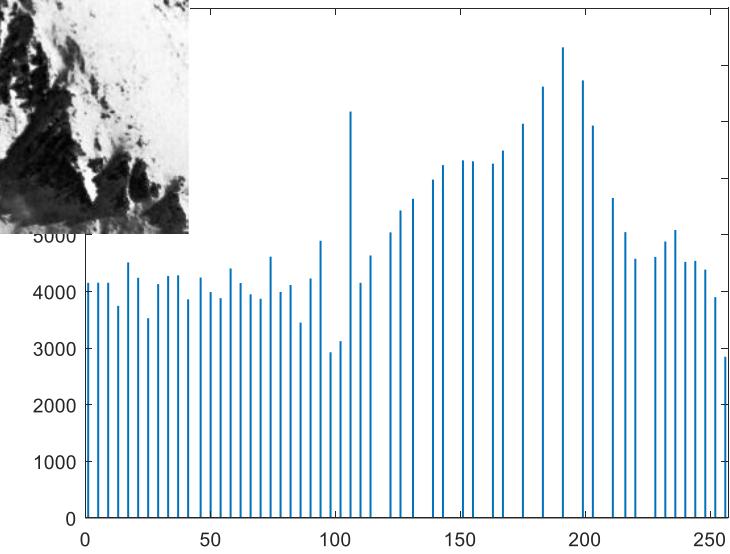
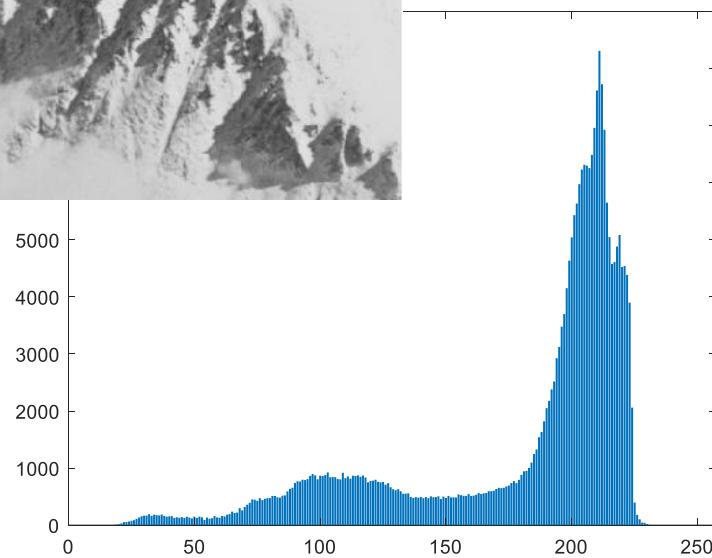
```
I = imread('lena.gif');
imshow(I);
h1=imhist(I);
g=histeq(I,256);
h2=imhist(g);
figure;bar(h1);title(' Org Hist');
figure;bar(h2);title(' Equalized
Hist');
figure, imshow(g);
```

مقدار پیش فرض b برابر با ۶۴ است

فصل سوم – تبدیلات شدت

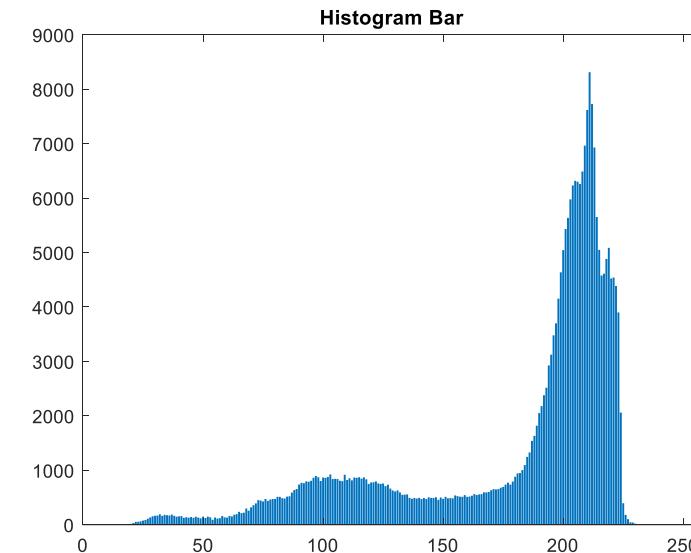


تعديل هیستوگرام
→



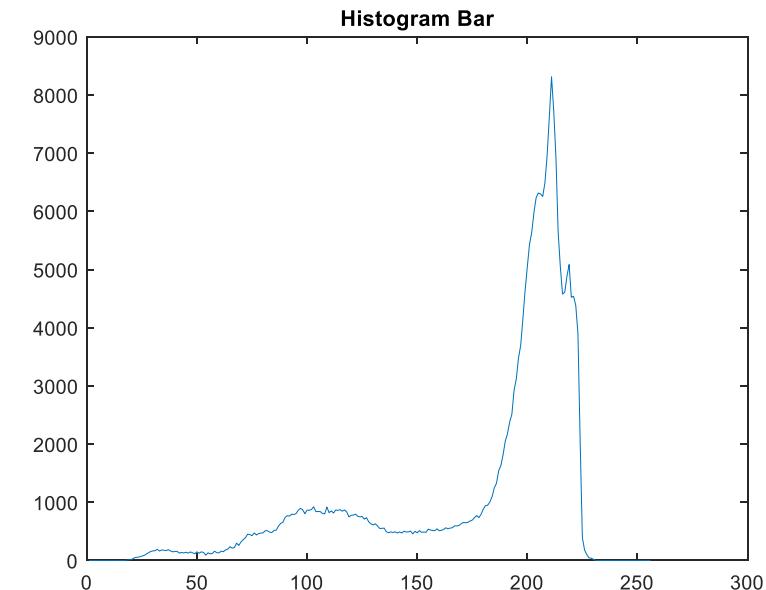
فصل سوم - تبدیلات شدت

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



فصل سوم - تبدیلات شدت

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



فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ تطبیق هیستوگرام

- در تعديل هیستوگرام به دنبال روشی بودیم که بصورت اتوماتیک برای تصویر مطلوب، هیستوگرامی یکنواخت را فراهم آورد اما همیشه ارتقا به هیستوگرام یکنواخت، بهترین روش نیست (روش تعديل هیستوگرام به لحاظ پیاده سازی ساده و نتیجه ای قابل قبول ارائه می نماید)
- گاهی مفید است که بتوان شکل هیستوگرامی را که تصویر باید داشته باشد مشخص کرد روشی که تصویر پردازش شده ای با هیستوگرام خاص را تولید می کند تطبیق هیستوگرام (**histogram matching**) یا مشخصات هیستوگرام (**specification**) نامیده می شود
- در بسیاری موارد و کاربردها شکل هیستوگرام نهایی در دست است و هدف ارائه روشی است که در نتیجه هیستوگرام مطلوب را فراهم آورد
- تصاویری که سطوح شدت آنها دارای تابع چگالی احتمال مشخص شده ای هستند می توانند با استفاده از رویه زیر از یک تصویر بدست آیند

فصل سوم – تبدیلات شدت

رویه ساخت هیستوگرام مطلوب

1. $p_r(r)$ را از تصویر ورودی بدست آورید
2. با استفاده از PDF مشخص شده، تابع تبدیل $G(z)$ را بدست آورید
3. تبدیل معکوس $z=G^{-1}(s)$ را بدست آورید
4. این فرایند نگاشتی از s به z است که z مقادیر مطلوب است
5. تصویر هیستوگرام مشخص شده را ایجاد کنید

▪ ساخت هیستوگرام مطلوب (حالت پیوسته)

▪ فرض کنید s یک متغیر تصادفی با خاصیت زیر باشد

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

▪ سپس فرض کنید Z یک متغیر تصادفی دارای خاصیت زیر باشد

$$G(z) = (L-1) \int_0^z p_z(t) dt = s$$

▪ از این دو معادله نتیجه می شود که $G(z)=T(r)$ و در نتیجه Z باید شرط زیر را برآورده نماید

$$z = G^{-1}(s) = G^{-1}[T(r)]$$

▪ ممکن است معکوس تابع G همواره موجود نباشد خوشبختانه در حالت گسسته مساله بسیار ساده است و دچار مشکل نخواهیم شد

فصل سوم - تبدیلات شدت

▪ ساخت هیستوگرام مطلوب (حالت گسسته)

.1. هیستوگرام ($p_r(r)$) را از تصویر ورودی بدست آورید

$$p_r(r_k) = \frac{n_k}{MN} \quad k=0,1,\dots,L-1$$

.2. تمام مقادیر تابع تبدیل ($G(z_k)$) را بدست آورید و در یک جدول ذخیره نمایید

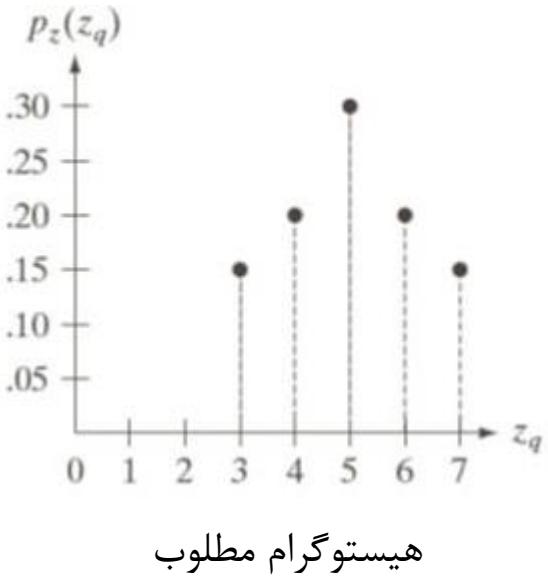
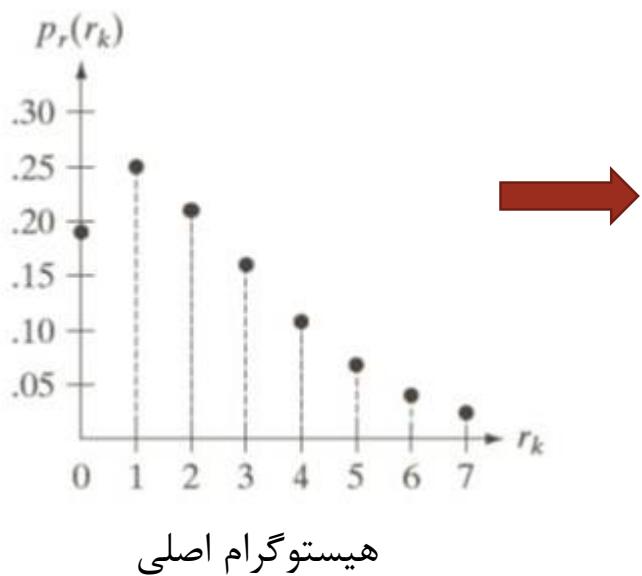
$$G(z_k) = (L-1) \sum_{j=0}^k p_z(z_j) = s_k \\ k=0,1,\dots,L-1$$

.3. برای هر مقدار با استفاده از مقادیر ذخیره شده G از مرحله قبل، مقدار متناظر z_k را پیدا کنید

.4. تصویر هیستوگرام مشخص شده را ایجاد کنید

فصل سوم – تبدیلات شدت

- ساخت هیستوگرام مطلوب
- یک تصویر 64×64 را در نظر بگیرید می خواهیم هیستوگرام آن به شکل زیر تغییر یابد
- اولین مرحله در این روش، بدست آوردن مقادیر تغییر مقیاس یافته هیستوگرام تعديل شده است



$$\begin{array}{ll}
 S_0 = 1 & S_4 = 6 \\
 S_1 = 3 & S_5 = 7 \\
 S_2 = 5 & S_6 = 7 \\
 S_3 = 6 & S_7 = 7
 \end{array}$$

فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ در مرحله بعد، مقادیرتابع تبدیل \mathbf{z} را محاسبه کنید

$$G(z_0) = 7 \sum_{j=0}^0 p_z(z_j) = 7p_z(z_0) = 0.00$$

$$G(z_1) = 7 \sum_{j=0}^1 p_z(z_j) = 7[p_z(z_0) + p_z(z_1)] = 0.00$$



$$\mathbf{G}(z_0) = 0.00 \dots 0$$

$$\mathbf{G}(z_1) = 0.00 \dots 0$$

$$\mathbf{G}(z_2) = 0.00 \dots 0$$

$$\mathbf{G}(z_3) = 1.05 \dots 1$$

$$\mathbf{G}(z_4) = 2.45 \dots 2$$

$$\mathbf{G}(z_5) = 4.55 \dots 5$$

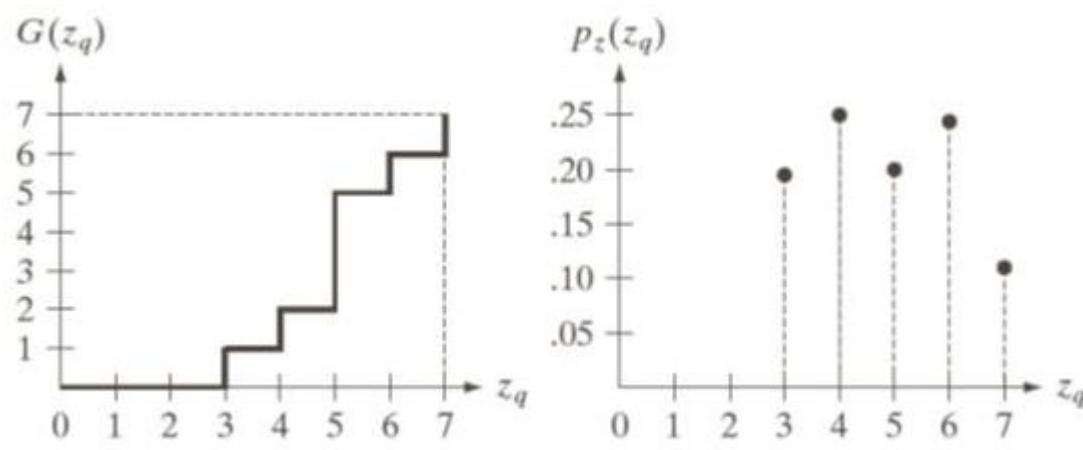
$$\mathbf{G}(z_6) = 5.95 \dots 6$$

$$\mathbf{G}(z_7) = 7.00 \dots 7$$

s_k	\rightarrow	z_q
1	\rightarrow	3
3	\rightarrow	4
5	\rightarrow	5
6	\rightarrow	6
7	\rightarrow	7

در این مرحله، بهترین انطباق را برای هر بdst s_k آورده و در تصویر، مقدار s_k را با مقدار z_q جایگزین می کنیم

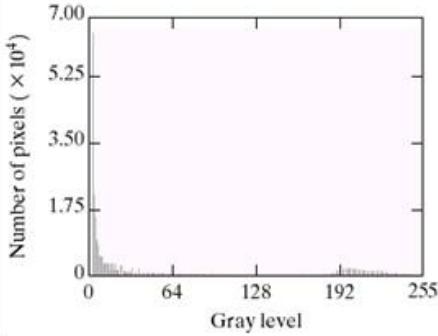
فصل سوم – تبدیلات شدت



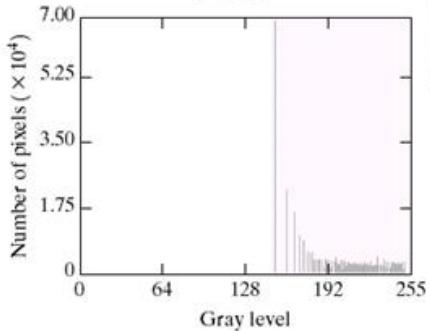
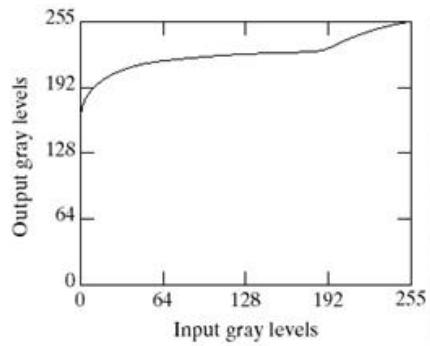
هیستوگرام نهایی

z_q	Specified $p_z(z_q)$	Actual $p_z(z_k)$
$z_0 = 0$	0.00	0.00
$z_1 = 1$	0.00	0.00
$z_2 = 2$	0.00	0.00
$z_3 = 3$	0.15	0.19
$z_4 = 4$	0.20	0.25
$z_5 = 5$	0.30	0.21
$z_6 = 6$	0.20	0.24
$z_7 = 7$	0.15	0.11

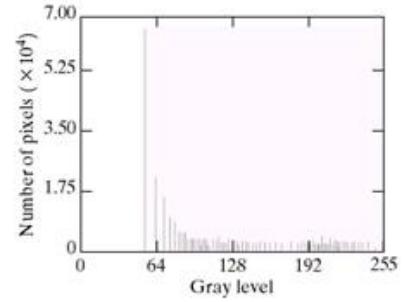
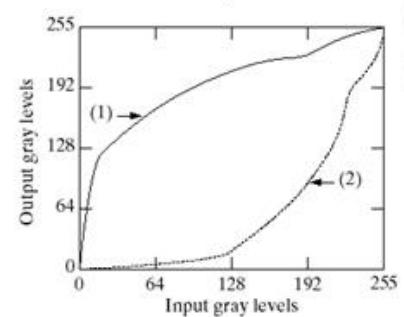
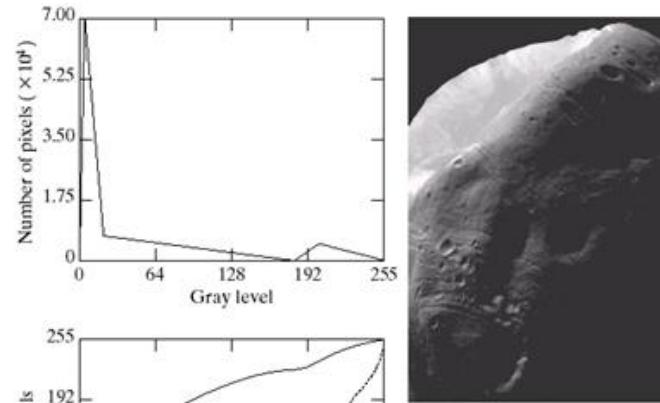
فصل سوم - تبدیلات شدت



تصویر اصلی و هیستوگرام آن



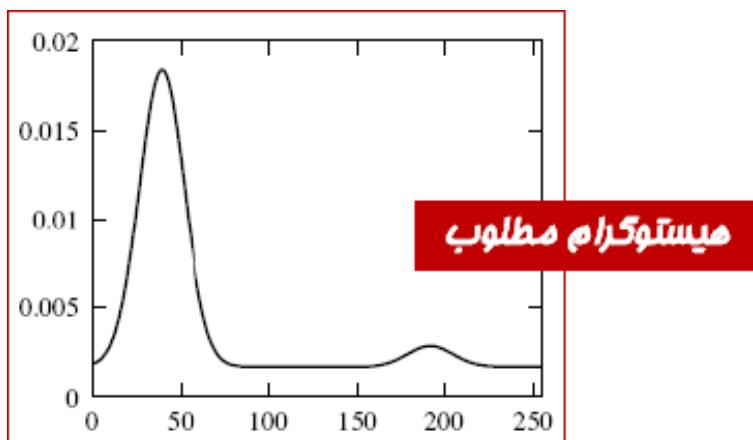
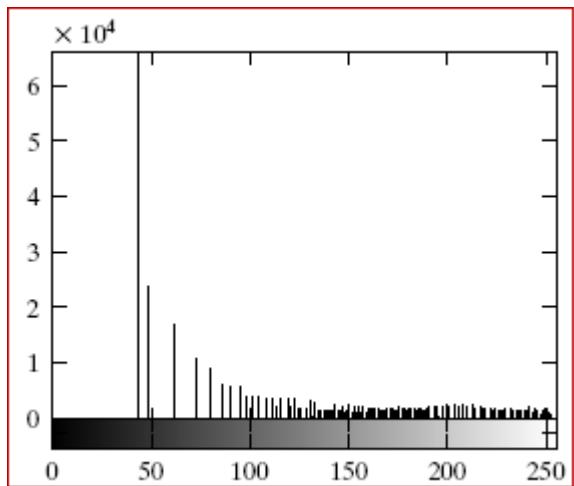
تابع تبدیل برای تعدیل هیستوگرام



تبدیلات برای هیستوگرام مطلوب

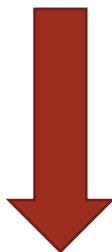
فصل سوم – تبدیلات شدت

Histeq(f, hspec)

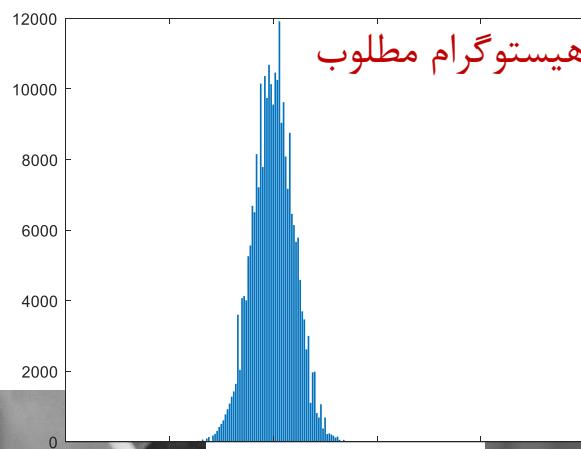
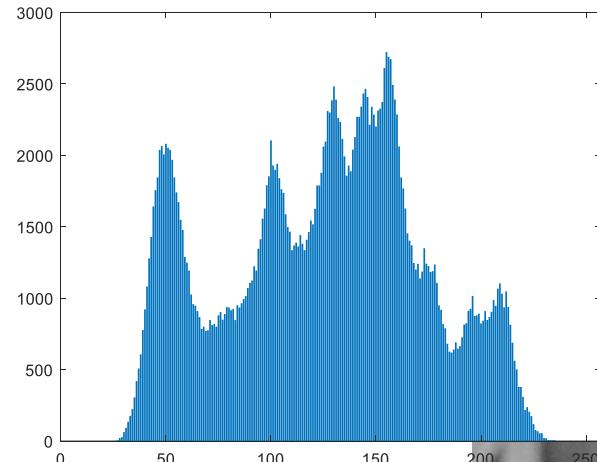


هیستوگرام مطلوب

تصویر اصلی



فصل سوم - تبدیلات شدت



```
I =imread('lena.bmp');
imshow(I)
sigma = 0.1;
h1 = imhist(I);
figure, bar(h1)
x = 1:256;
dh=1/sqrt(2*pi*sigma^2)*exp(-(x-100).^2/2*sigma^2);
J= histeq(I,dh);
h2 = imhist(J);
figure, bar(h2)
```

فصل سوم - تبدیلات شدت

پیکسل های تصویر اصلی

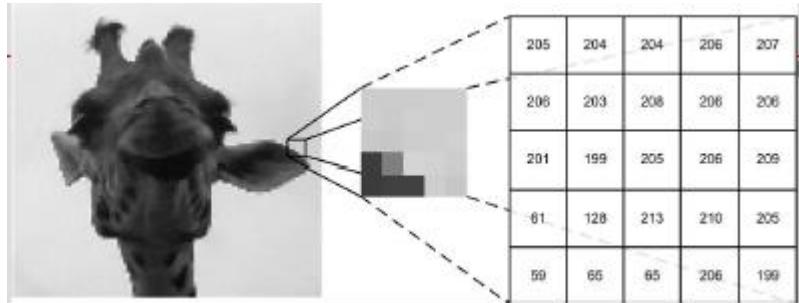
$w(-1,-1)$	$w(-1,0)$	$w(-1,1)$	
$w(0,-1)$	$w(0,0)$	$w(0,1)$	
$w(1,-1)$	$w(1,0)$	$w(1,1)$	

$w(-1,-1)$	$w(-1,0)$	$w(-1,1)$
$w(0,-1)$	$w(0,0)$	$w(0,1)$
$w(1,-1)$	$w(1,0)$	$w(1,1)$

- فیلتر مکانی شامل
- یک همسایگی (معمولاً یک چهارگوش کوچک)
- عملیات از پیش تعریف شده ای که بر روی پیکسل هایی از تصویر در آن همسایگی اجرا می شود
- عمل فیلتر کردن
- پیکسل جدیدی ایجاد می کند که مختصات آن برابر با مختصات مرکز همسایگی است و مقدارش برابر با نتیجه عملیات فیلتر کردن است
- اگر عملیات انجام شده روی پیکسل های تصویر، خطی باشد آنگاه فیلتر مکانی را خطی می نامند در غیر اینصورت، فیلتر غیرخطی خواهد بود

$$f(x, y) = w(-1,-1)f(x-1, y-1) + w(-1,0)f(x-1, y) + w(-1,1)f(x-1, y+1) + \\ w(0,-1)f(x, y-1) + w(0,0)f(x, y) + w(0,1)f(x, y+1) + \\ w(1,-1)f(x+1, y-1) + w(1,0)f(x+1, y) + w(1,1)f(x+1, y+1)$$

فصل سوم – تبدیلات شدت



1	2	0	1	3	
2	(1)	4	2	2	
1	0	1	0	1	
1	2	1	0	2	
2	5	3	1	2	

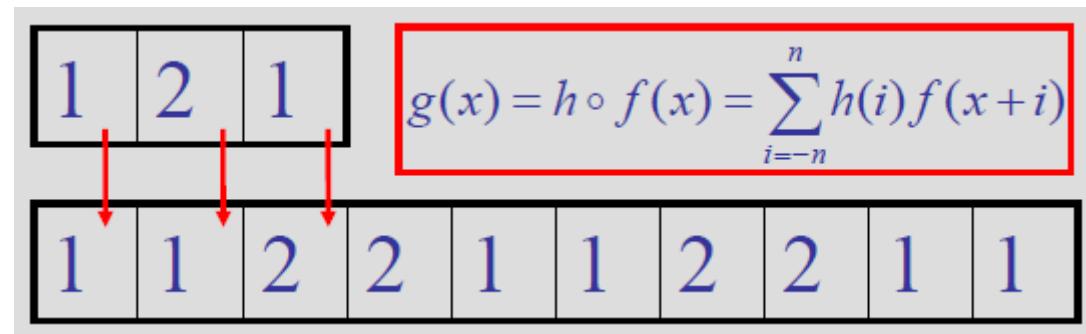
- پیچش و همبستگی مکانی
- دو مفهوم نزدیک بهم وجود دارد که می بایست هنگام اجرای فیلتر کردن مکانی بخوبی درک شوند
- همبستگی (correlation)
 - فرایند انتقال ماسک فیلتر روی تصویر و محاسبه مجموع حاصلضرب ها در هر مکان است
- پیچش (convolution)
 - عملکرد پیچش به همین صورت است با این تفاوت که فیلتر ابتدا ۱۸۰ درجه دوران داده می شود

فصل سوم – تبدیلات شدت

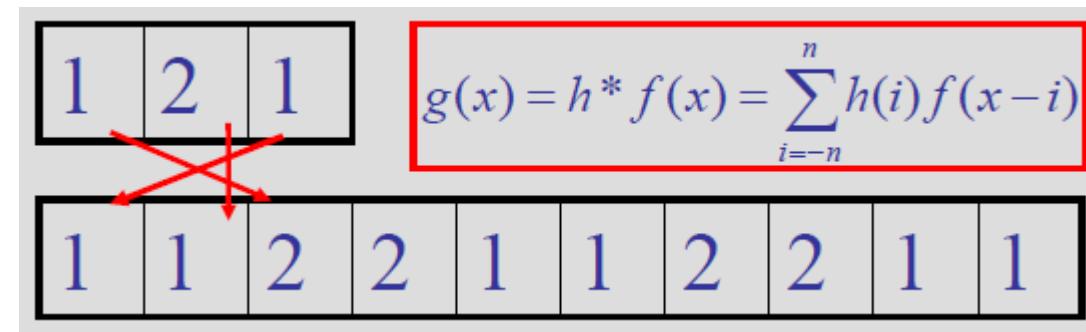
▪ کانولوشن یک بعدی

▪ هنگامی که فیلتر متقارن باشد convolution همان correlation است

Correlation

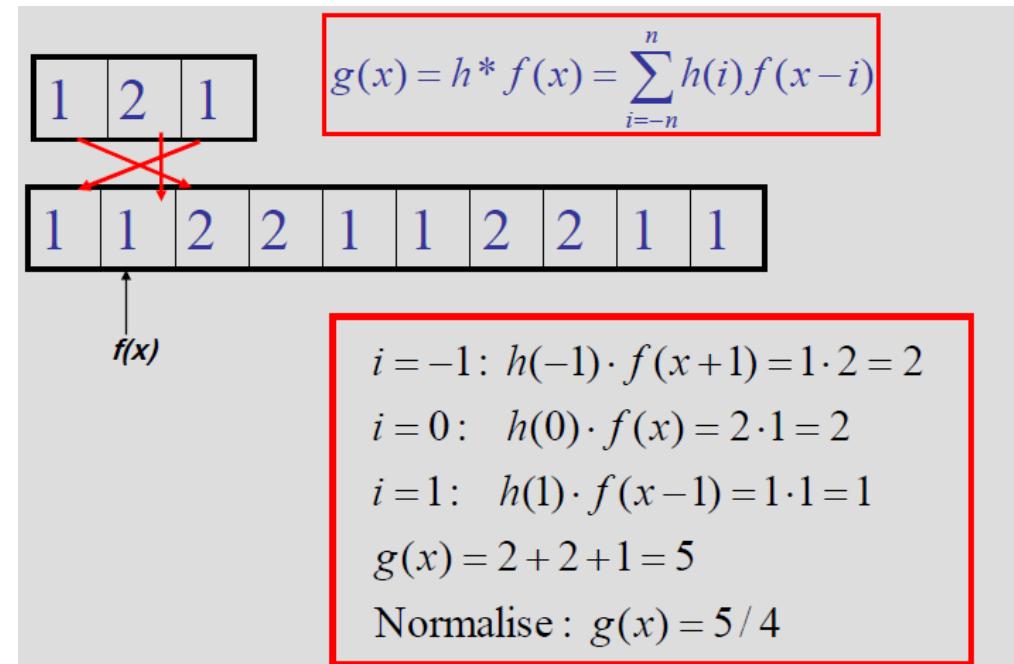
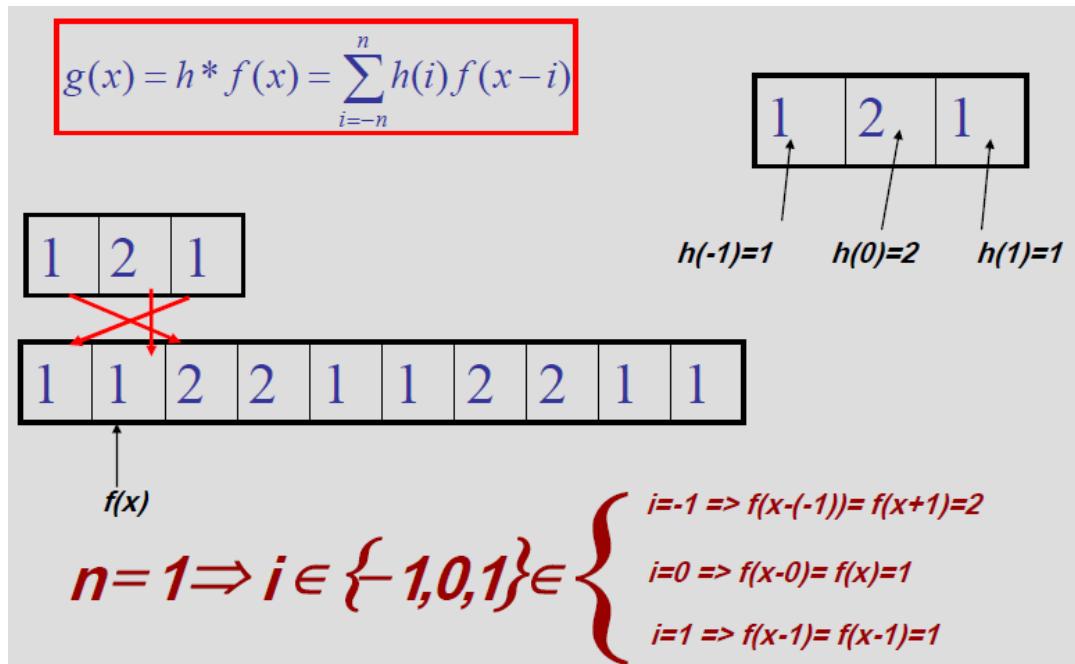


Convolution



فصل سوم - تبدیلات شدت

- شکل زیر نمایی از کانولوشن یک بعدی را نشان می دهد



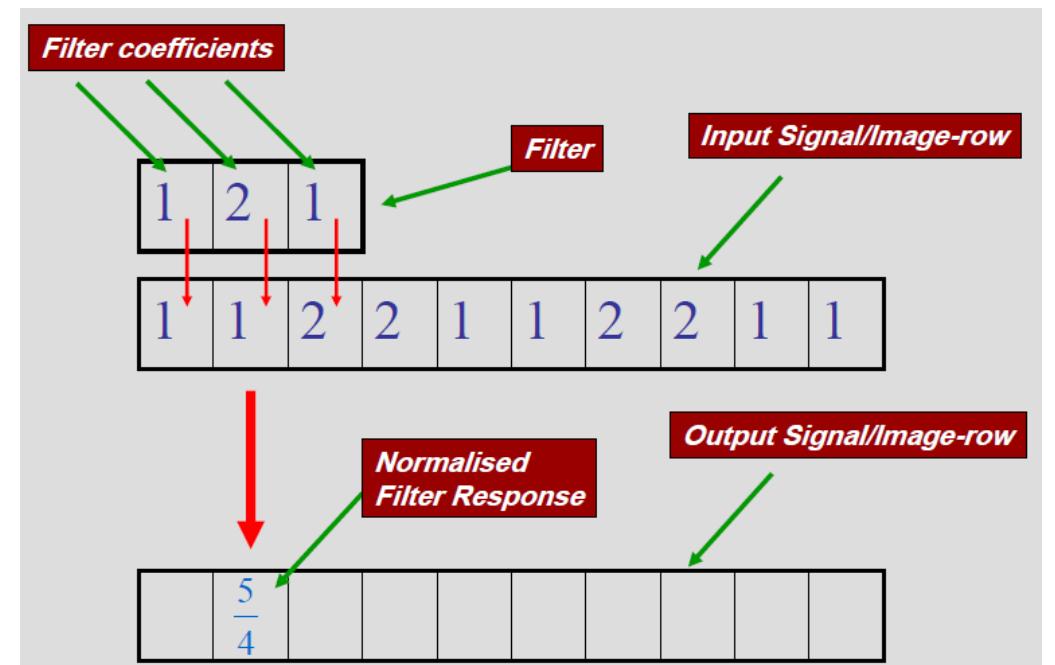
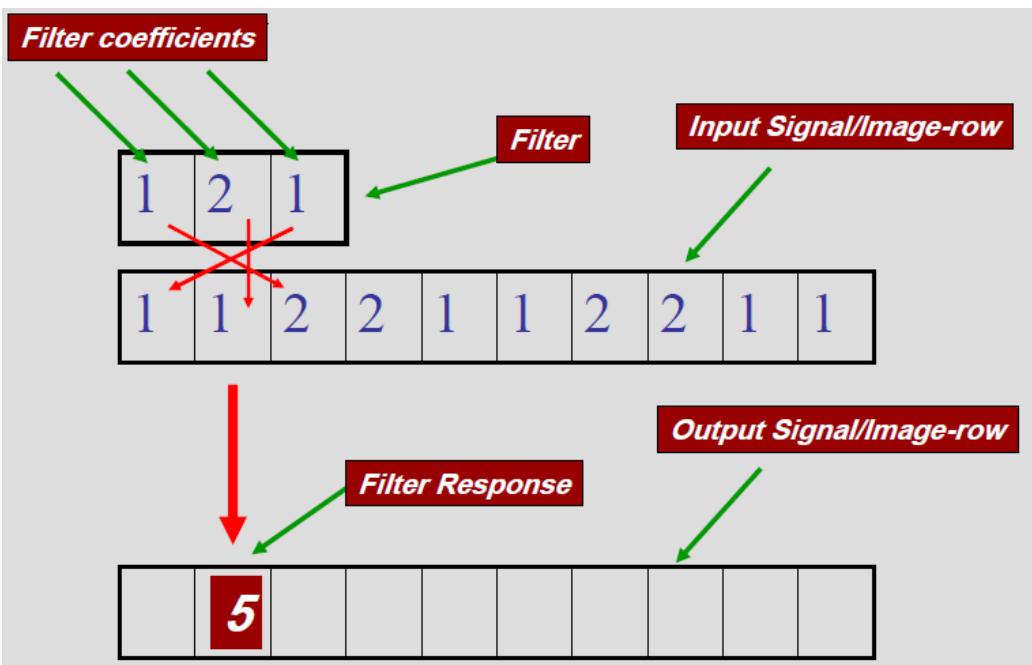
فصل سوم - تبدیلات شدت

- کانولوشن یک بعدی

- شکل زیر کانولوشن سیگنال f و فیلتر w را نشان می دهد

همراه با نرمال سازی

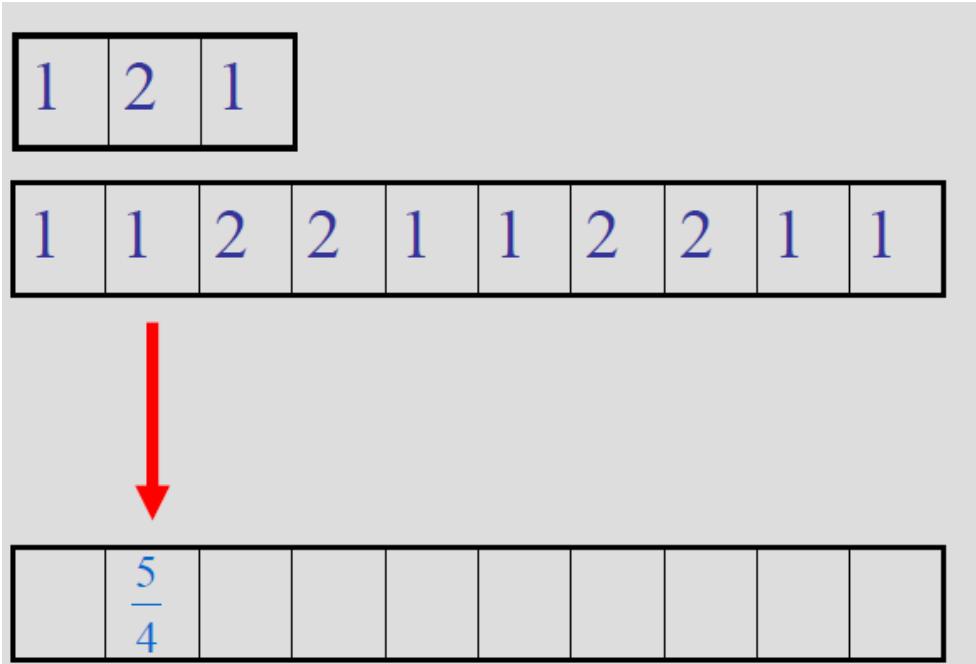
بدون نرمال سازی



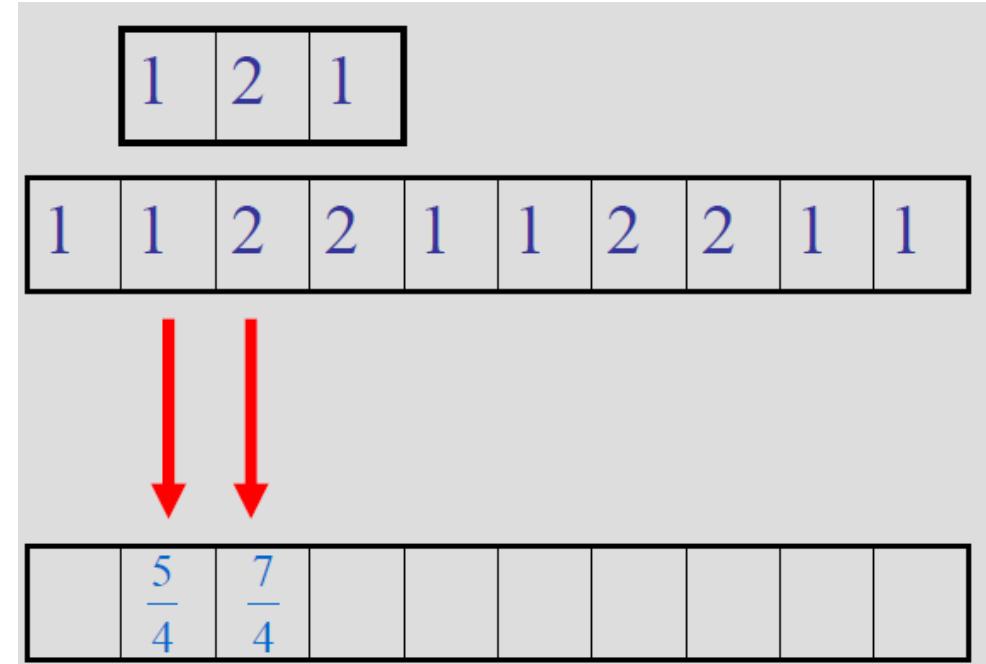
فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ کانولوشن یک بعدی

مرحله اول



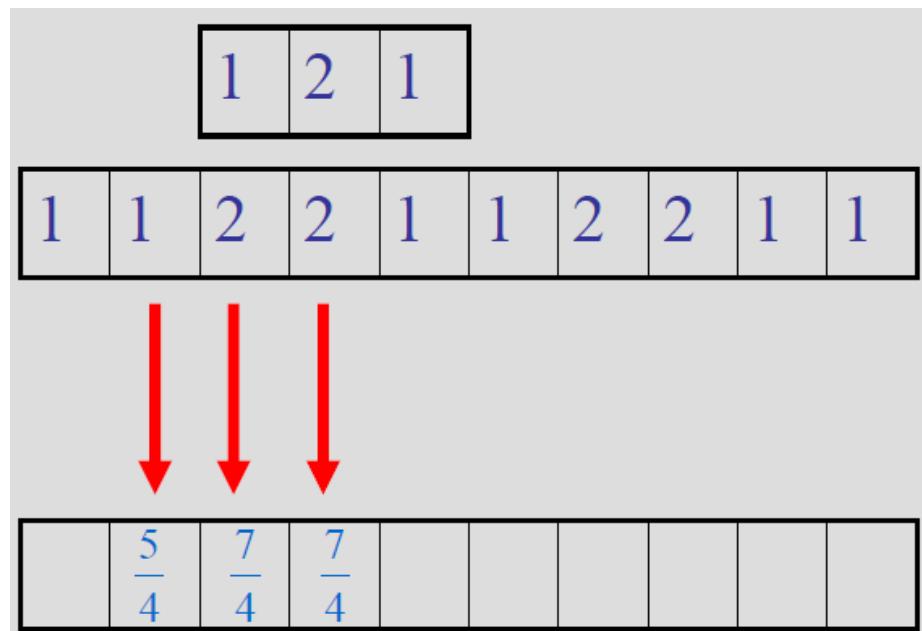
مرحله دوم



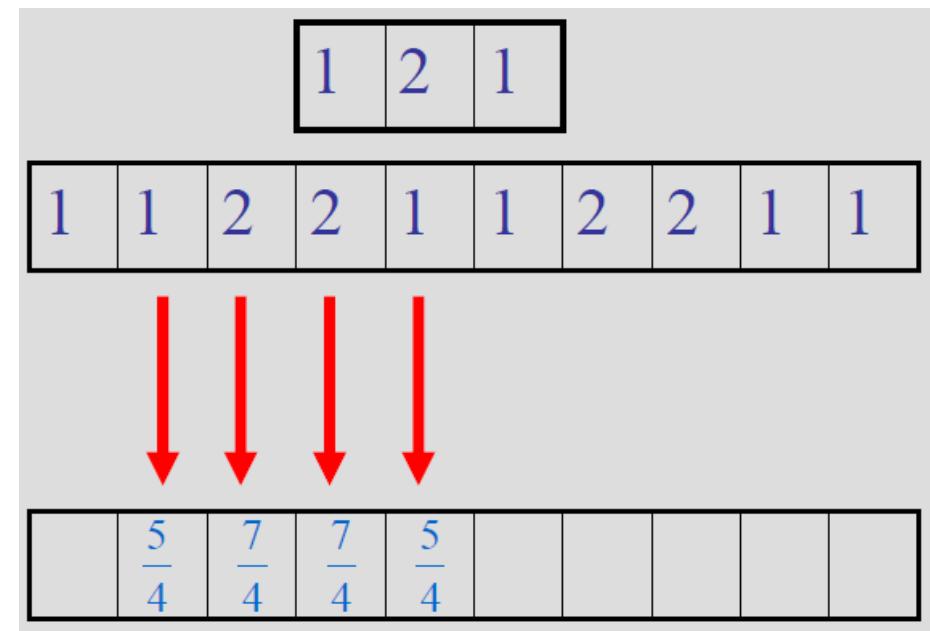
فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ کانولوشن یک بعدی

مرحله سوم



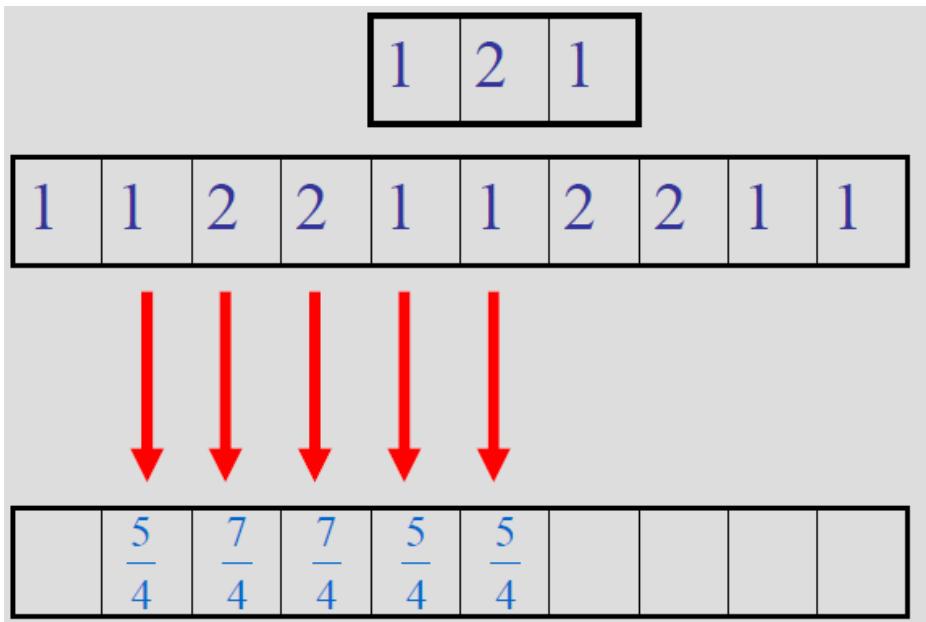
مرحله چهارم



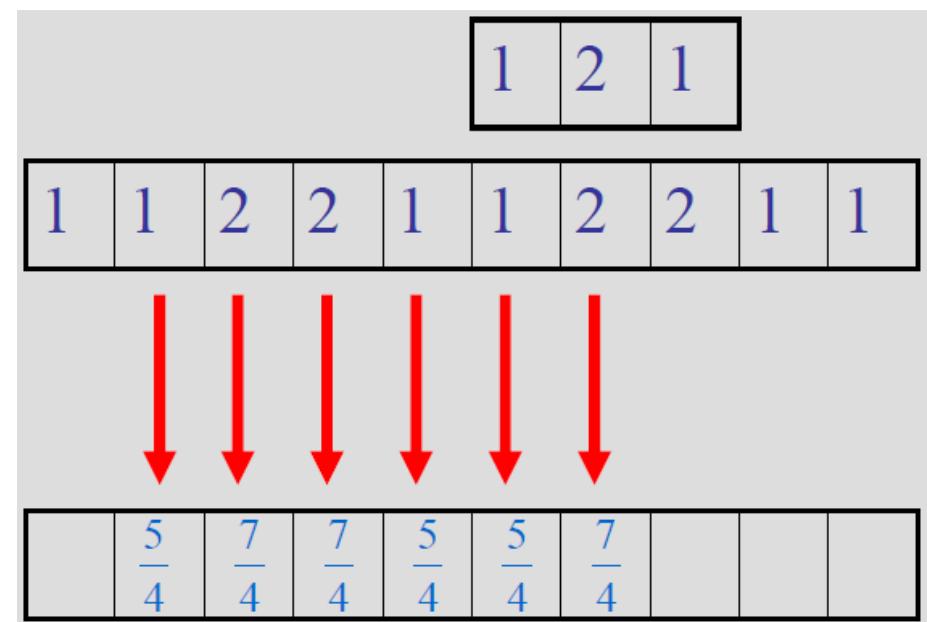
فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ کانولوشن یک بعدی

مرحله پنجم



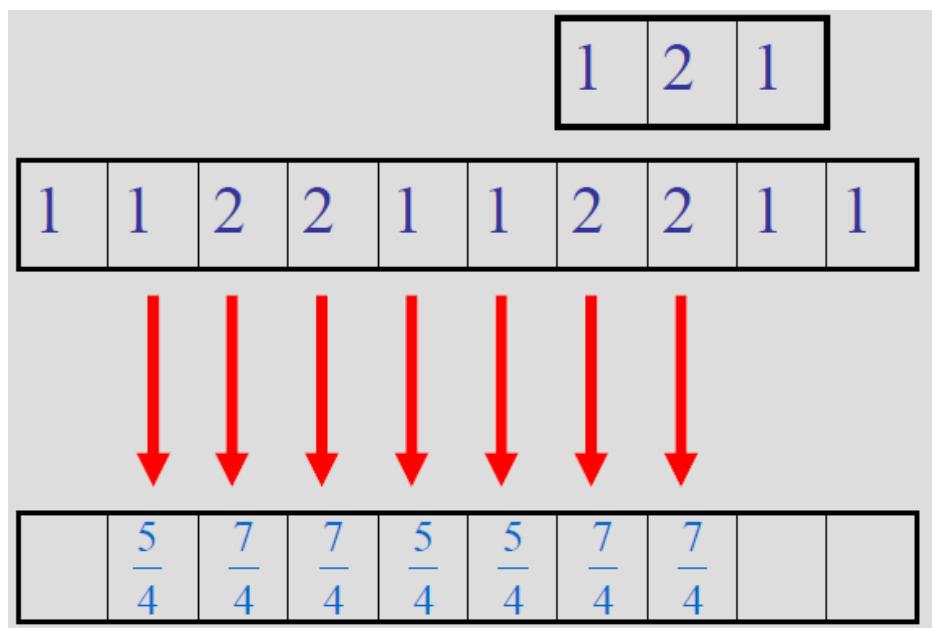
مرحله ششم



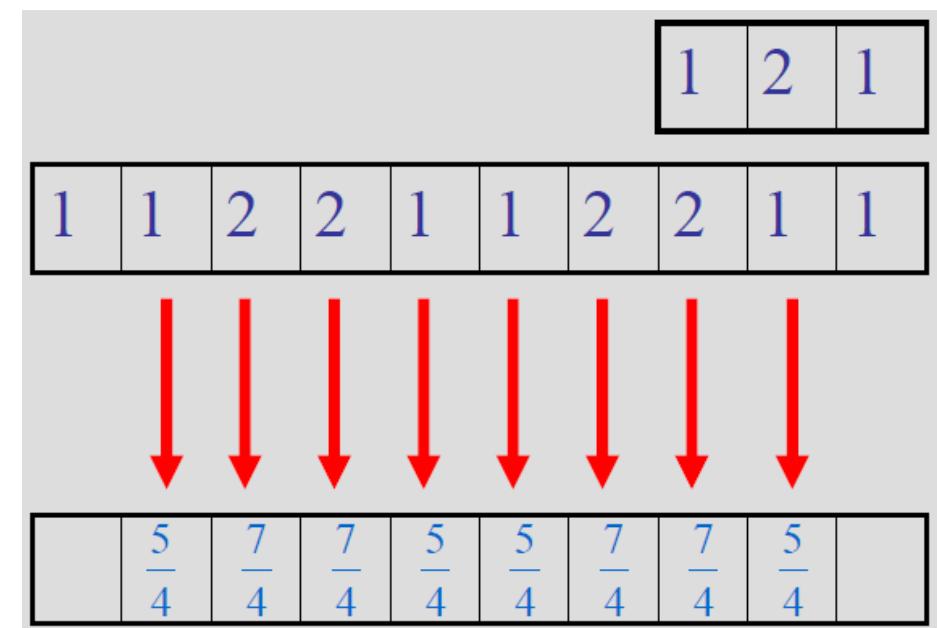
فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ کانولوشن یک بعدی

مرحله هفتم



مرحله هشتم



فصل سوم – تبدیلات شدت

1	1	1
1	1	1
1	1	1

2	3	2
-1	0	-1
2	3	2

Convolution

$$g(x, y) = h * f(x, y) = \sum_{j=-n}^n \sum_{i=-m}^m h(i, j) f(x-i, y-j)$$

Correlation

$$g(x, y) = h \circ f(x, y) = \sum_{j=-n}^n \sum_{i=-m}^m h(i, j) f(x+i, y+j)$$

- کانولوشن دو بعدی
- این مفاهیم به آسانی به تصاویر بسط داده می شوند
- هنگامی که فیلتر متقارن باشد convolution همان correlation است
- بدلیل اینکه اندازه تصویر خروجی همواره کمتر از تصویر ورودی است ابتدا zero padding انجام شده سپس فرایند کانولوشن صورت می پذیرد
- این نکته مهم را درنظر داشته باشید که ماسک مورد استفاده می باشد متناظر با عملیات مورد نظر باشد

فصل سوم – تبدیلات شدت

نرمال سازی

$$\frac{1}{9} \begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

ماسک (kernel)

سايز ماسک معمولاً 3×3 ، 5×5 ، 7×7 و ... هستند

ورودی

1	2	0	1	3	
2	1	4	2	2	
1	0	1	0	1	
1	2	1	0	2	
2	5	3	1	2	

خروجی

مرحله اول

1	2	0	1	3	
2	1	4	2	2	
1	0	1	0	1	
1	2	1	0	2	
2	5	3	1	2	

مرحله دوم

فصل سوم - تبدیلات شدت

نرمال سازی

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	
1	1	1	

ماسک (kernel)

سایز ماسک معمولاً 3×3 ، 5×5 ،
 7×7 و ... هستند

ورودی					خروجی		
1	2	0	1	3			
2	1	4	2	2			
1	0	1	0	1			
1	2	1	0	2			
2	5	3	1	2			

مرحله سوم

1	2	0	1	3			
2	1	4	2	2			
1	0	1	0	1			
1	2	1	0	2			
2	5	3	1	2			

مرحله پایانی

فصل سوم - تبدیلات شدت

- شکل زیر نمایی از کانولوشن دو بعدی را نشان می دهد

Initial position for w	'full' correlation result	'same' correlation result
$\begin{bmatrix} \underline{1} & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 9 & 8 & 7 & 0 \\ 0 & 6 & 5 & 4 & 0 \\ 0 & 3 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
(c)	(d)	(e)
Rotated w	'full' convolution result	'same' convolution result
$\begin{bmatrix} \underline{9} & 8 & 7 \\ 6 & 5 & 4 \\ 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 4 & 5 & 6 & 0 \\ 0 & 7 & 8 & 9 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
(f)	(g)	(h)

فصل سوم – تبدیلات شدت

- فیلترهای مکانی
- برای تولید فیلتر مکانی، می بایست ضرایب فیلتر مشخص شوند. این ضرایب براساس کاری که فیلتر انجام می دهد انتخاب می شوند

به صورت پیشفرض w به
میزان ۱۸۰ درجه چرخش دارد
و Corr اعمال می گردد.

```
g = imfilter(f, w, 'conv', 'replicate')
```

هموارساز

- فیلترهای هموارساز برای مات کردن و کاهش نویز بکار می روند (مثل حذف جزئیات کوچک از یک تصویر قبل از استخراج شی و پل زدن فاصله های کوچک در خطوط و منحنی ها) کاهش نویز می تواند از طریق مات کردن با فیلتر خطی یا غیر خطی انجام شود

أنواع فیلترهای هموارساز

- فیلترهای خطی هموارساز: فیلتر میانگین
- فیلتر های غیر خطی مرتبه آماری: فیلتر میانه

فصل سوم – تبدیلات شدت

فیلتر میانگین (mean)

- این فرایند با جایگزینی مقدار هر پیکسل در تصویر با میانگین سطوح شدت در همسایگی تعریف شده توسط ماسک فیلتر، تصویری ایجاد می کند که در آن لبه های تیز در شدت، کاهش می یابد. از آنجایی که نویز تصادفی شامل گذارهای تیز در سطوح شدت است بدیهی ترین کاربرد این فیلتر، کاهش نویز است
- عملکرد فیلتر خطی است و تصویر نتیجه شده دارای محوشدگی در لبه ها (blurring) خواهد بود
- در حوزه فرکانس مانند فیلتر پایین گذر عمل می کند و هر چه اندازه ماسک فیلتر بزرگتر باشد محوشدگی بیشتر خواهد بود

$$\frac{1}{9} \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{1}{25} \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

فصل سوم - تبدیلات شدت

$\frac{1}{9}$	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

$\frac{1}{16}$	1	2	1
2	4	2	2
1	2	1	1

$\frac{1}{52}$	1	1	2	1	1
1	2	4	2	1	1
2	4	8	4	2	2
1	2	4	2	1	1
1	1	2	1	1	1

Gaussian filter

- شکل روبرو دو فیلتر میانگین را نشان می دهد
- در فیلتر اول (**box filter**), تمامی ضرایب یکسان هستند
- فیلتر دوم (**weighted average**) میانگین وزن دار را محاسبه می کند این فیلتر به بعضی از پیکسل ها اهمیت (وزن) بیشتری می دهد. پیکسل موجود در مرکز ماسک در مقدار بزرگ تری ضرب می شود و در نتیجه این پیکسل در محاسبه میانگین اهمیت بیشتری دارد پیکسل های دیگر بطور معکوس، بصورت تابعی از فاصله آنها تا مرکز ماسک، وزن دار می شوند

فصل سوم – تبدیلات شدت

```
I = imread('cameraman.tif');  
w=ones(3) / (9);  
gd=imfilter(I,w);  
imshow(I)  
figure, imshow(gd);
```

- نمایش عملکرد فیلتر میانگین، به این نکته توجه داشته باشید که با افزایش سایز فیلتر میزان محشده‌گی لبه‌ها افزایش می‌یابد



فصل سوم – تبدیلات شدت



5×5



9×9



11×11



31×31

- نمایش عملکرد فیلتر میانگین، به این نکته توجه داشته باشید که با افزایش سایز فیلتر میزان محoshدگی لبه ها افزایش می یابد

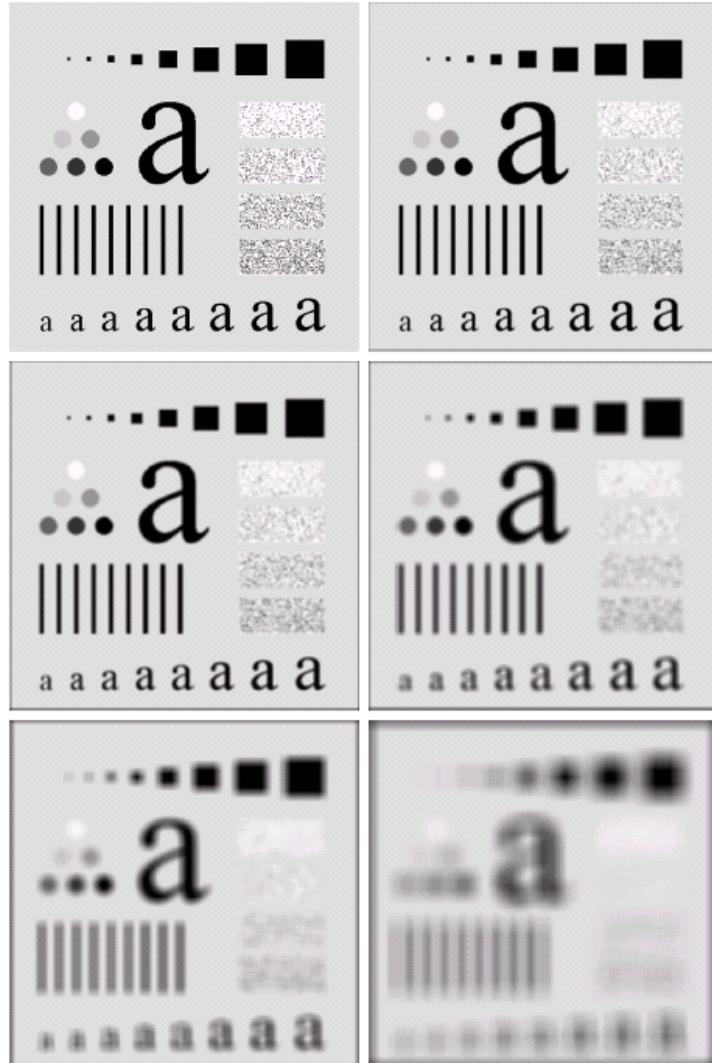
فصل سوم – تبدیلات شدت

```
I = imread('cameraman.tif');
J = imnoise(I, 'gaussian', 0, 0.1);
w=ones(3) / (9);
gd=imfilter(J,w);
imshow(J)
figure, imshow(gd);
```



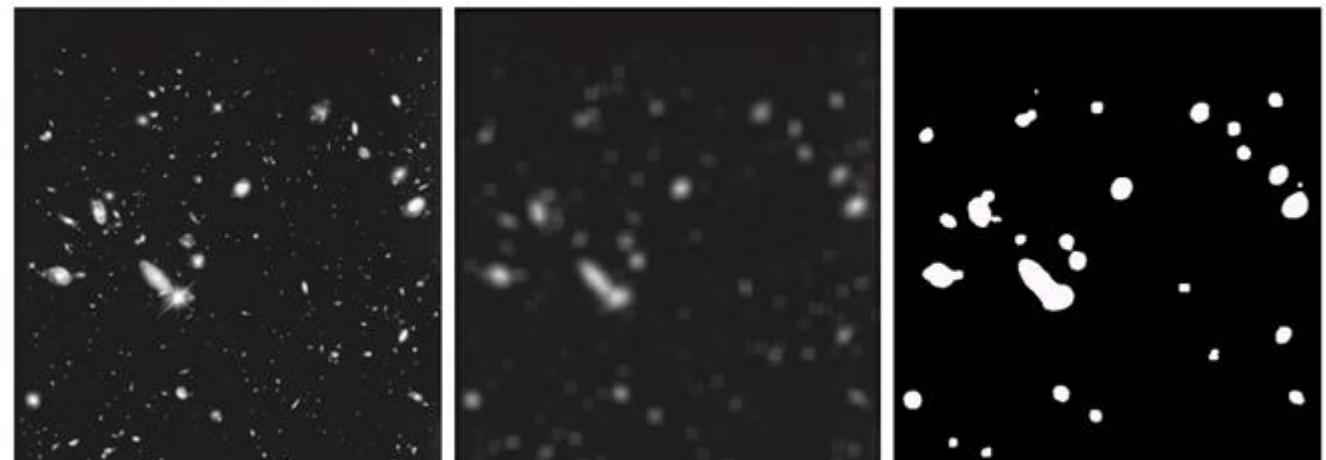
- عملکرد فیلتر میانگین با وجود نویز گوسی در تصویر

فصل سوم – تبدیلات شدت



- مثالی از یک فیلتر میانگین روی تصویری به اندازه 500×500
- اندازه فیلترها به ترتیب ۳، ۵، ۹، ۱۵ و ۲۵ انتخاب شده اند
- نتایج مربوط به فیلترهایی با اندازه ۱۵ و ۳۵ مات شدگی شدیدی ایجاد می کند این نوع مات شدگی معمولا برای حذف اشیای کوچک از تصویر بکار می رود

الف) تصویری از تلسکوپ فضایی هابل، ب) تصویر فیلتر شده با فیلتر میانگین، ج) نتیجه آستانه گیری تصویر

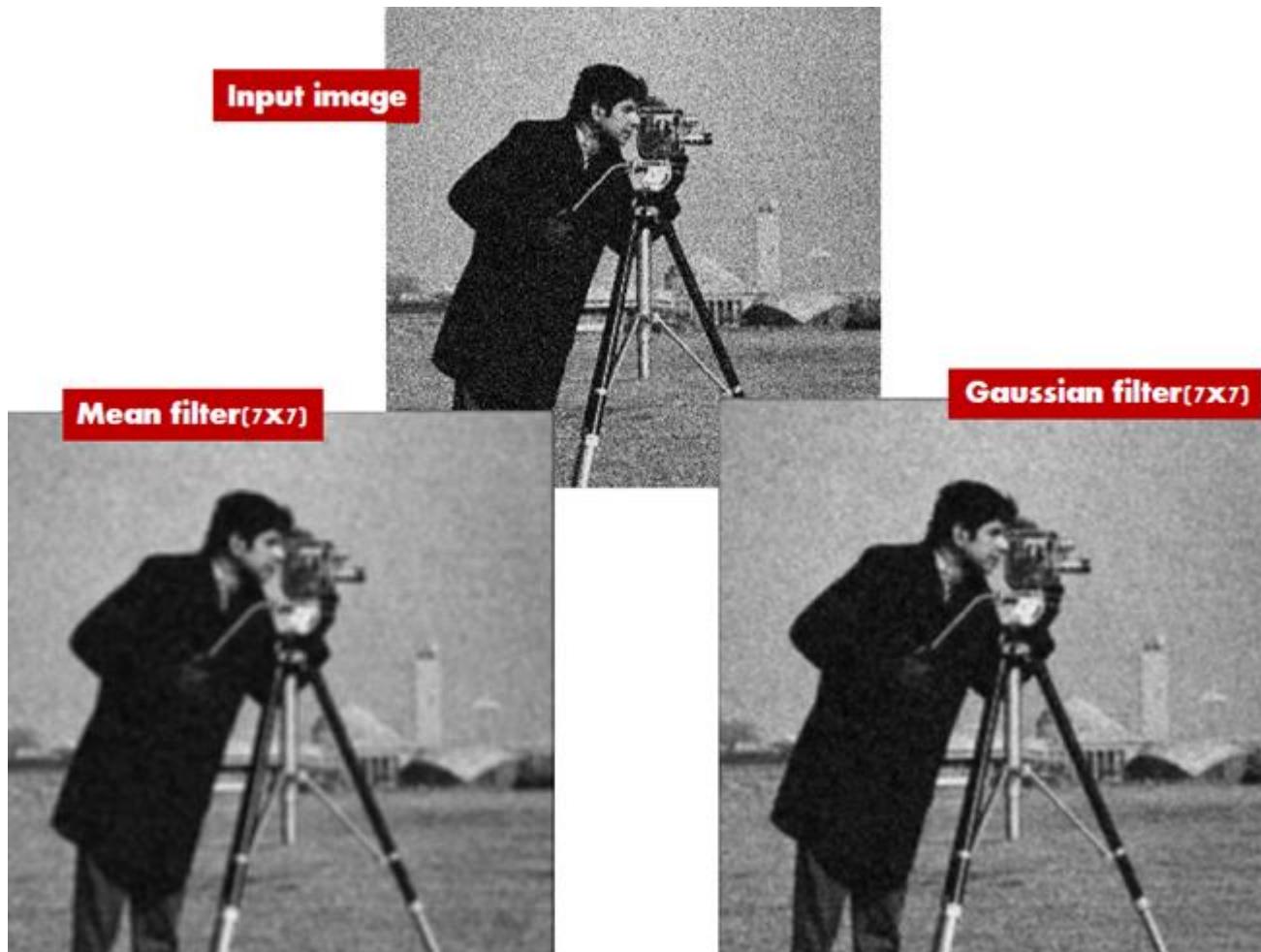


الف

ب

ج

فصل سوم – تبدیلات شدت



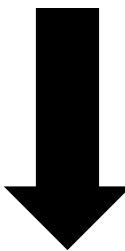
- مقایسه عملکرد فیلتر میانگین جعبه ای و میانگین وزن دار

فصل سوم – تبدیلات شدت

- فیلترهای مرتبه آماری، فیلترهای غیر خطی اند که پاسخ آنها مبتنی بر رتبه بندی پیکسل های موجود در تصویر است که در ماسک فیلتر قرار می گیرند سپس مقدار مرکزی با مقدار تعیین شده توسط نتیجه رتبه بندی، جایگزین می شود
- انواع فیلترهای مرتبه آماری
- فیلتر میانه (**median**)
 - این فیلتر مقدار پیکسل را با میانه مقادیر شدت در همسایگی آن پیکسل جایگزین می کند
 - فیلترهای میانه با حضور نویز نمک و فلفل (نویز تکانه ای) تاثیر بسزایی دارند
- فیلتر بیشینه (**max**)
 - این فیلتر مقدار پیکسل را با ماکزیمم (روشن ترین) مقادیر شدت در همسایگی آن پیکسل جایگزین می کند
- فیلتر کمینه (**min**)
 - این فیلتر عکس فیلتر بیشینه عمل می کند و مقدار پیکسل را با مینیمم (تیره ترین) مقادیر شدت در همسایگی آن پیکسل جایگزین می کند

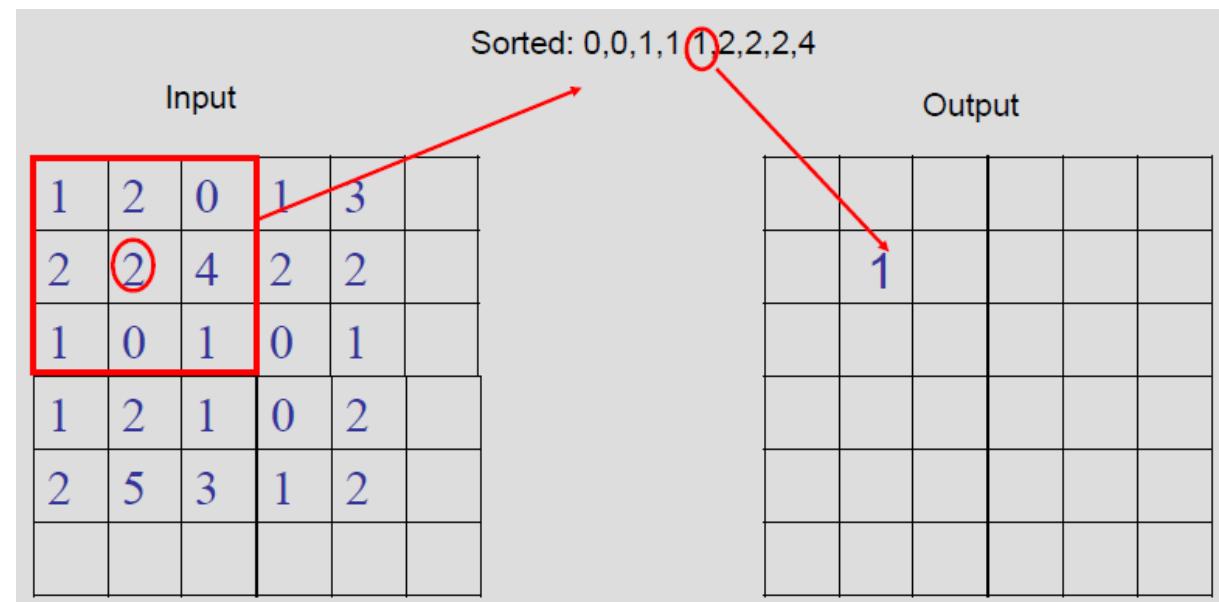
فصل سوم - تبدیلات شدت

[1 10 8 3 0]



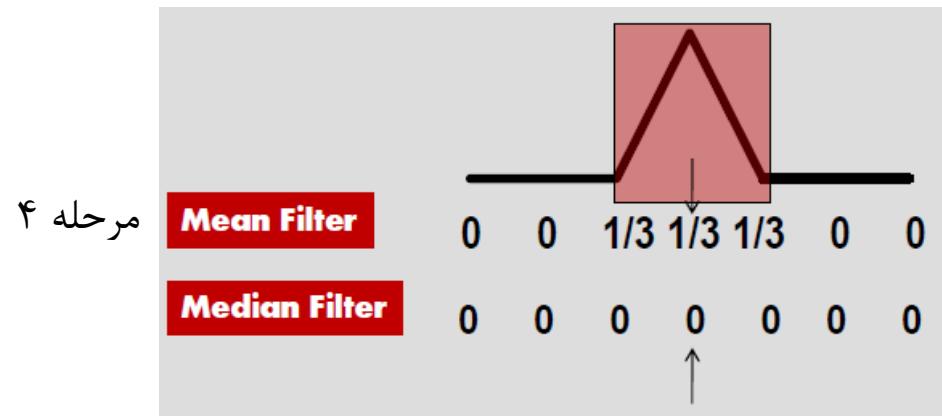
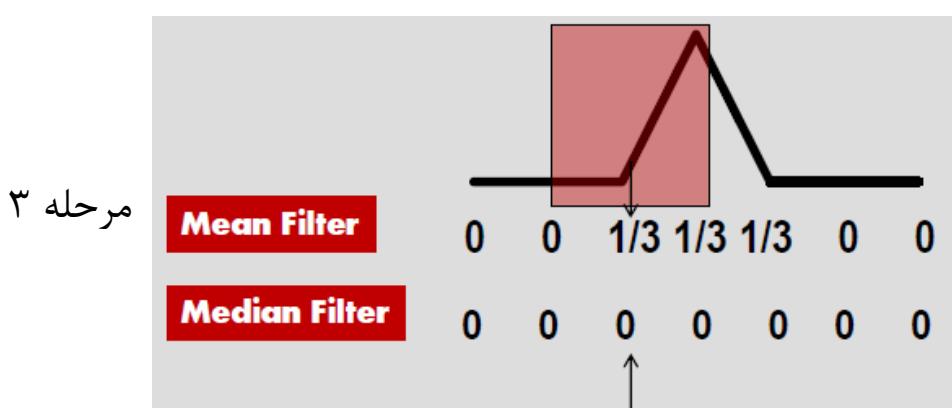
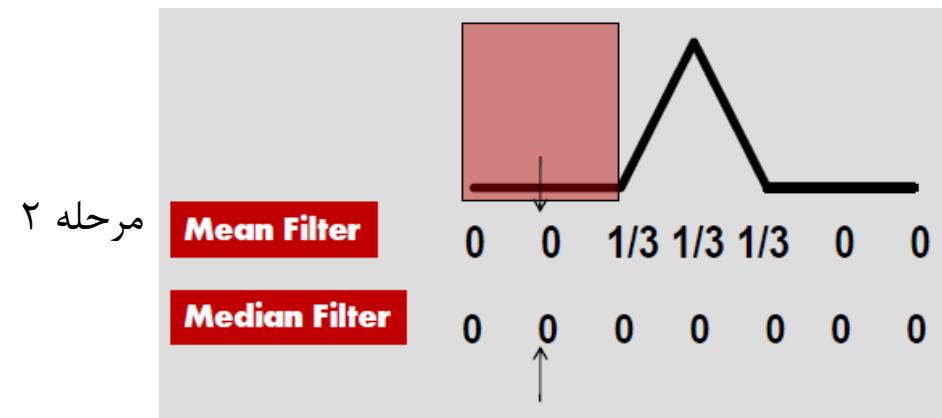
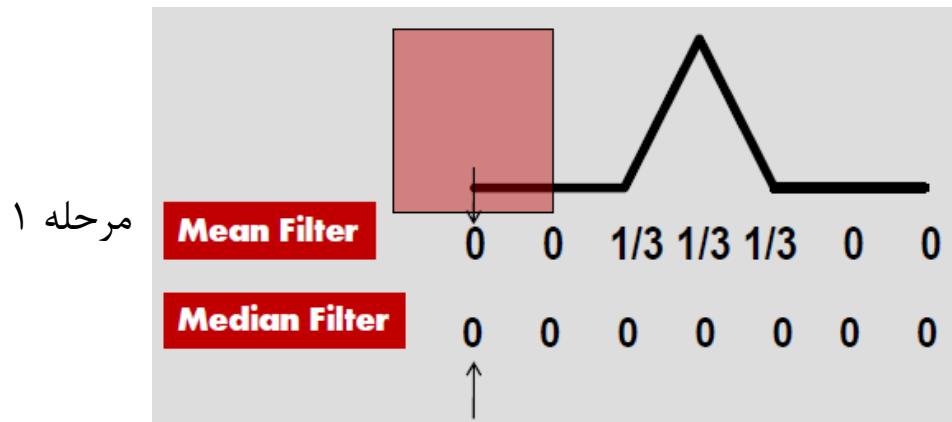
[0 1 3 8 10]

- فیلتر میانی (median)
 - ابتدا مقادیر داخل ماسک فیلتر مرتب می شوند سپس مقدار میانی انتخاب می شود
 - به لحاظ سخت افزاری عضوی که کمترین فاصله را از بقیه دارد مقدار میانی است

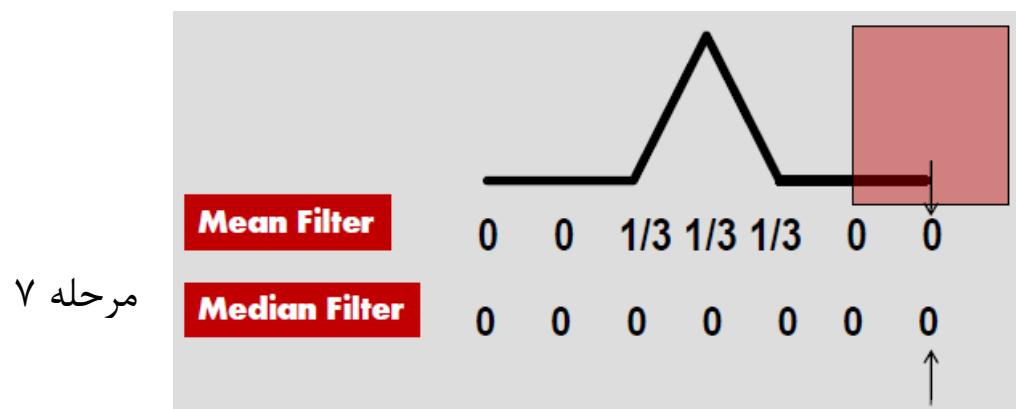
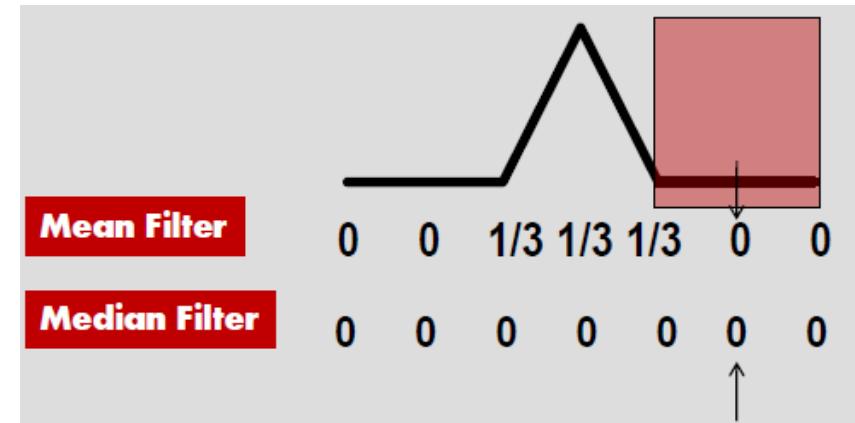
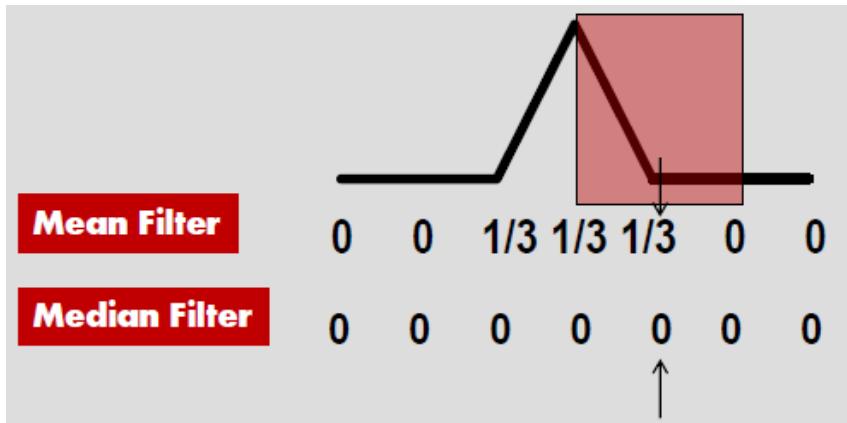


فصل سوم - تبدیلات شدت

- برای نویزهای نمک و فلفل (salt & pepper)، استفاده از فیلتر میانی پاسخ بهتری خواهد داد

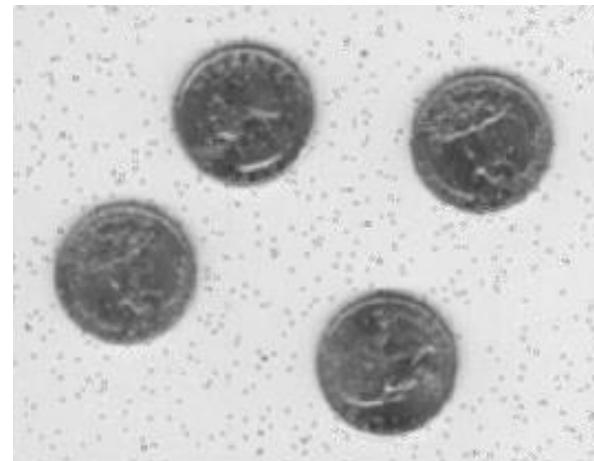


فصل سوم – تبدیلات شدت

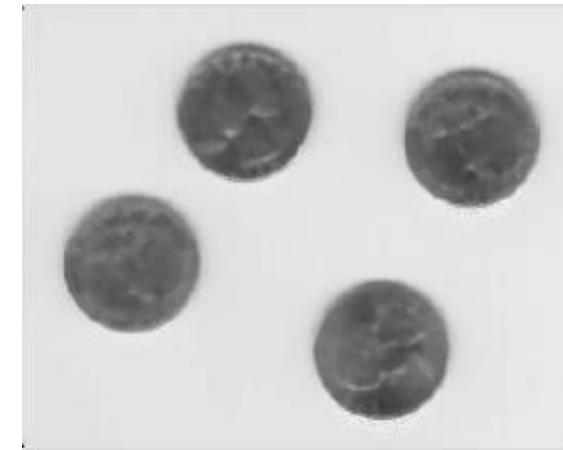


- نکاتی در رابطه با فیلتر میانی
- اگر دامنه نویز بزرگتر باشد جهت کاهش نویز می بایست اندازه ماسک، بزرگتر انتخاب گردد
- با این فیلتر، مقدار روشنایی جدید در تصویر ایجاد نمی شود

فصل سوم – تبدیلات شدت



Mean Filter



Median Filter

- مقایسه عملکرد فیلتر میانگین و فیلتر میانه با وجود نویز نمک و فلفل
- همانگونه که شکل نشان می دهد عملکرد فیلتر میانی بهتر از فیلتر میانگین است

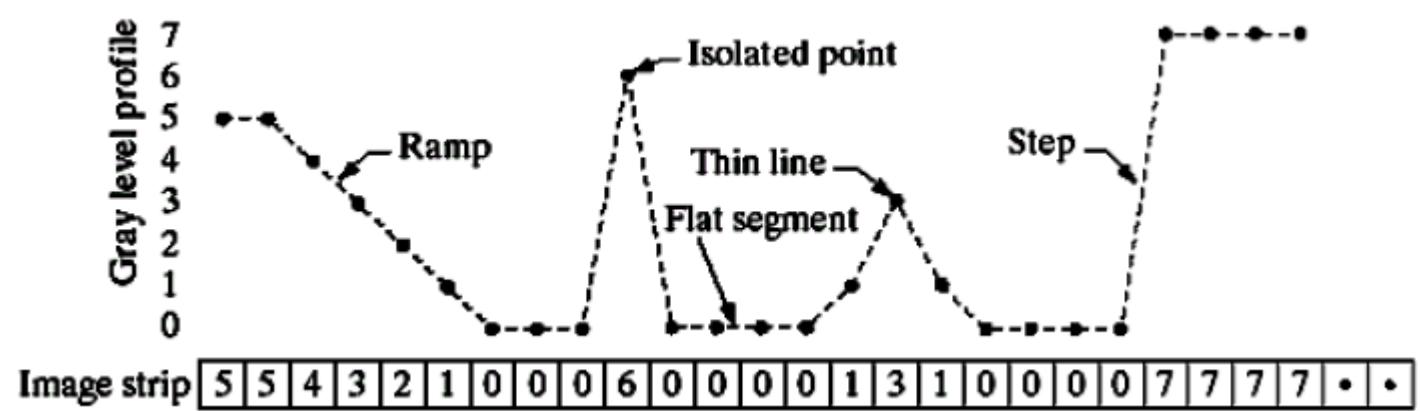
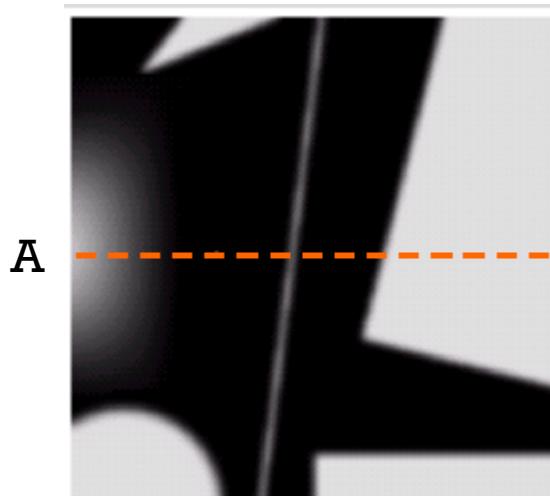
فصل سوم – تبدیلات شدت



اگر دامنه نویز بزرگ باشد جهت کاهش نویز می بایست اندازه ماسک فیلتر، بزرگتر انتخاب گردد

فصل سوم – تبدیلات شدت

- فیلترهای مکانی تیز کننده
- هدف اصلی تیز کردن، بر جسته نمودن انتقال ها (پرش ها) در شدت است
- براساس تمایز و تفاوت پیکسل ها عمل می نماید
- در این بخش، فیلترهای تیز کننده ای را بررسی می کنیم که مبتنی بر مشتق های اول و دوم هستند، بوسیله مشتق می توان نرخ تغییرات را نمایش داد



فصل سوم – تبدیلات شدت

- مشتق اول
- اگر بخواهیم بصورت یک بعدی مشتق اول را نشان دهیم خواهیم داشت

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x+1) - f(x)$$

- تفاوت میان پیکسل های متوالی که نرخ تغییرات را نشان می دهد
- خصوصیات مشتق اول
 - مشتق اول در نواحی با شدت ثابت، صفر است
 - در آغاز پله یا شیب شدت، غیر صفر است
 - در امتداد شیب می باشد غیر صفر باشد
- مشتق اول تصویر منجر به لبه های نازک می شود زیرا مشتق در طول سراشیبی غیر صفر است

فصل سوم – تبدیلات شدت

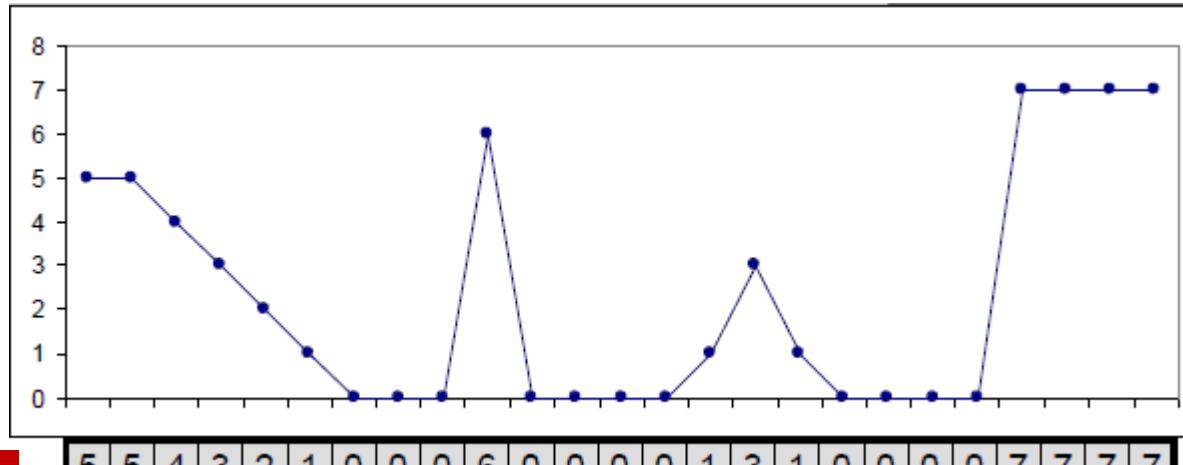
مشتق دوم

مشتق مرتبه دوم را بصورت زیر تعریف می کنیم

$$\frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} = f(x+1) + f(x-1) - 2f(x)$$

- در مشتق دوم، مقادیر پیکسل ها قبل و بعد از پیکسل جاری در نظر گرفته می شود
- خصوصیات مشتق دوم
 - مشتق دوم در نواحی با شدت ثابت، صفر است
 - در آغاز و پایان پله یا شیب شدت، غیر صفر است
 - در امتداد سراشیبی با شیب ثابت می بایست صفر باشد
- مشتق دوم، یک لبه دوگانه با پهنهای یک پیکسل ایجاد می کند که با صفرها جدا شدند بنابراین مشتق دوم جزئیات ریز را نسبت به مشتق اول بهتر ارتقا می دهد

فصل سوم – تبدیلات شدت

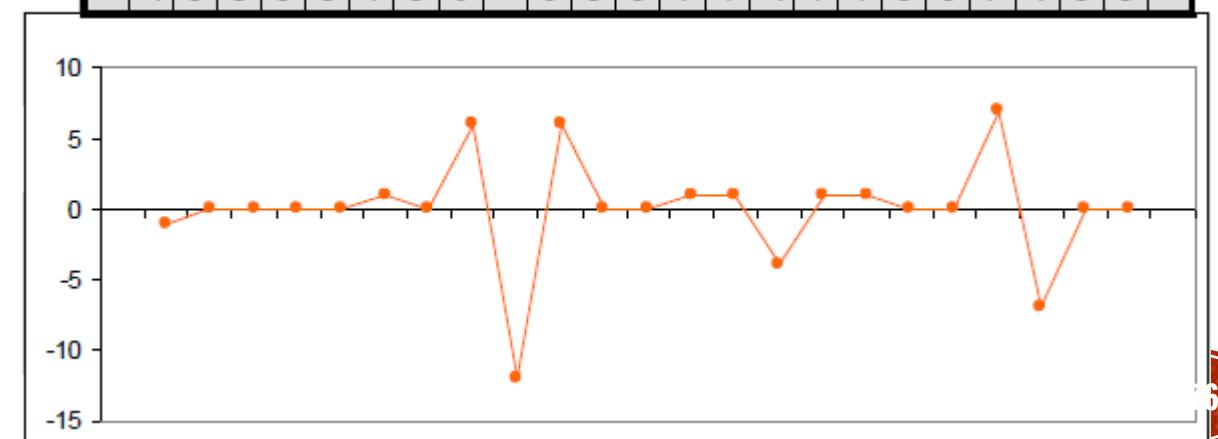
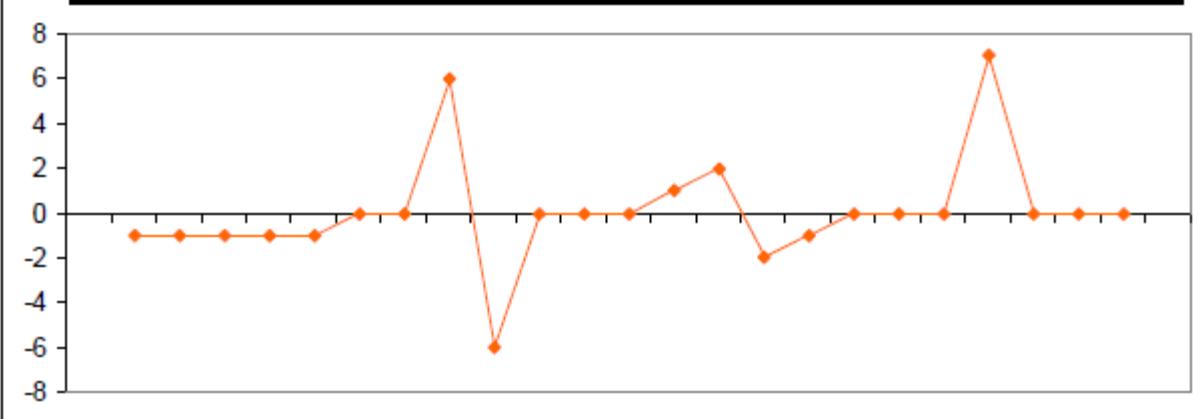


مشتق اول

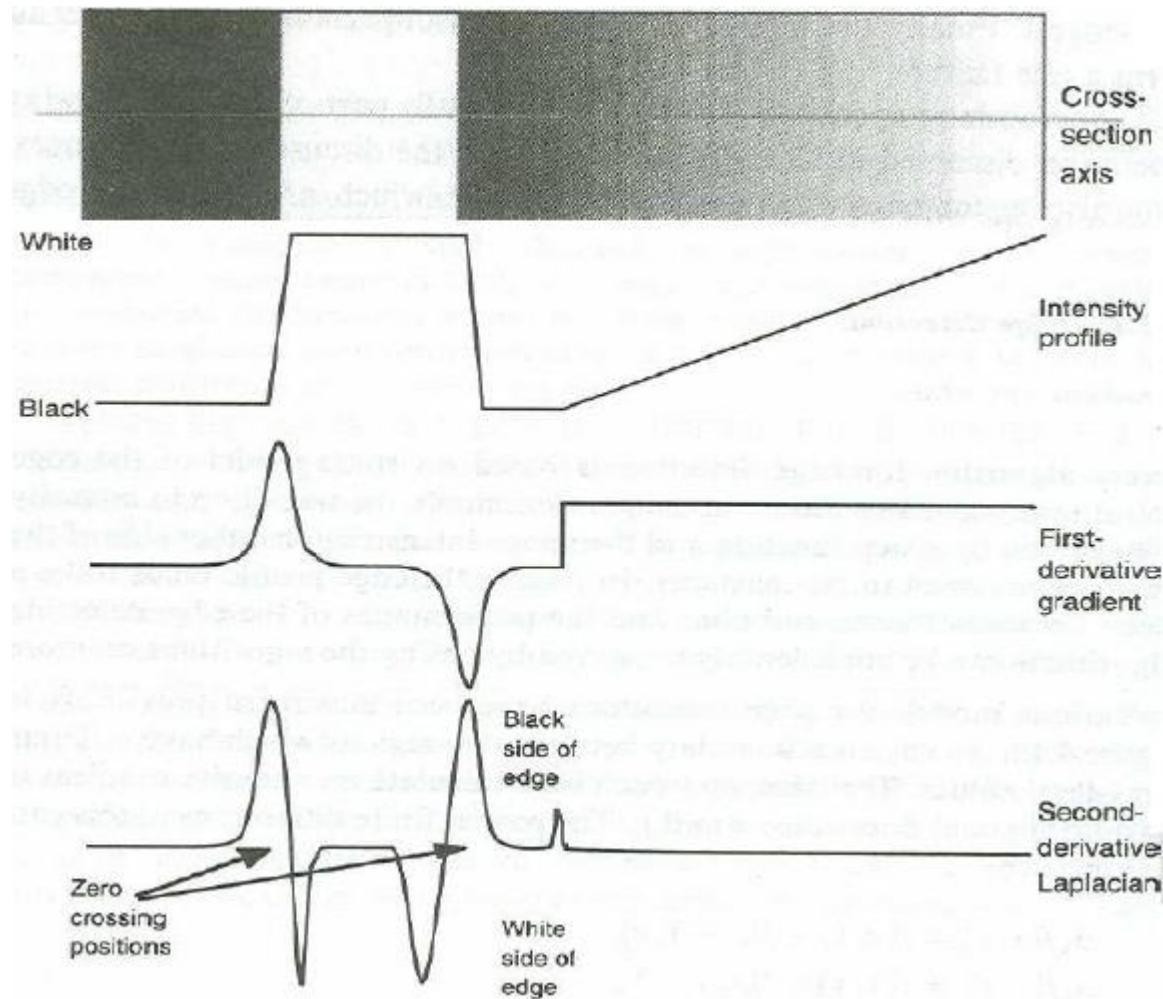
0	-1	-1	-1	-1	0	0	6	-6	0	0	0	1	2	-2	-1	0	0	0	7	0	0	0
---	----	----	----	----	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---	---	---	---

مشتق دوم

-1	0	0	0	0	1	0	6	-12	6	0	0	1	1	-4	1	1	0	0	7	-7	0	0
----	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	----	---	---	---	---	---	----	---	---



فصل سوم – تبدیلات شدت



نکات

- مشتق دوم به تغییرات بسیار حساس است و بواسطه استفاده از آن، کوچکترین تغییرات نیز ثبت می‌گردد
- در استفاده از مشتق اول هنگامی که مشتق اول یک ماکریم محلی باشد لبه خواهیم داشت
- در مشتق دوم محل‌های عبور از صفر، نشانگر لبه خواهد بود

فصل سوم – تبدیلات شدت

- فیلتر همسانگرد (isotropic)
 - فیلتری است که پاسخ آن مستقل از جهت گستینگی ها در تصویری است که فیلتر به آن اعمال می شود. فیلترهای همسانگرد نسبت به دوران ثابت هستند زیرا نتیجه چرخش (دوران) و سپس اجرای فیلتر با نتیجه اجرای فیلتر و سپس چرخش، یکسان خواهد بود

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 x} + \frac{\partial^2 f}{\partial^2 y}$$

- فیلتر لاپلاسین
 - فیلتر لاپلاسین از رابطه زیر بدست می آید

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

برای اعمال به تصویر در جهت محور x ها خواهیم داشت
و در جهت محور y :

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

فصل سوم – تبدیلات شدت

▪ بنابراین خواهیم داشت:

$$\begin{aligned}\nabla^2 f = & [f(x+1, y) + f(x-1, y) \\ & + f(x, y+1) + f(x, y-1)] \\ & - 4f(x, y)\end{aligned}$$

▪ بر این اساس فیلتری به شکل زیر می توان درنظر گرفت:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

فصل سوم – تبدیلات شدت

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

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

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

- فیلتر لاپلاسین می تواند بصورت های روبرو در نظر گرفته شود

- مجموع مقادیر داخل فیلتر باید صفر باشد تا در نواحی هموار پاسخ صفر دهد و تنها لبه را مشخص کند

- هنگامی که فیلتر لاپلاسین به تصویر اعمال گردد جزیيات و لبه های تصویر بهتر آشکار خواهد شد

Org image

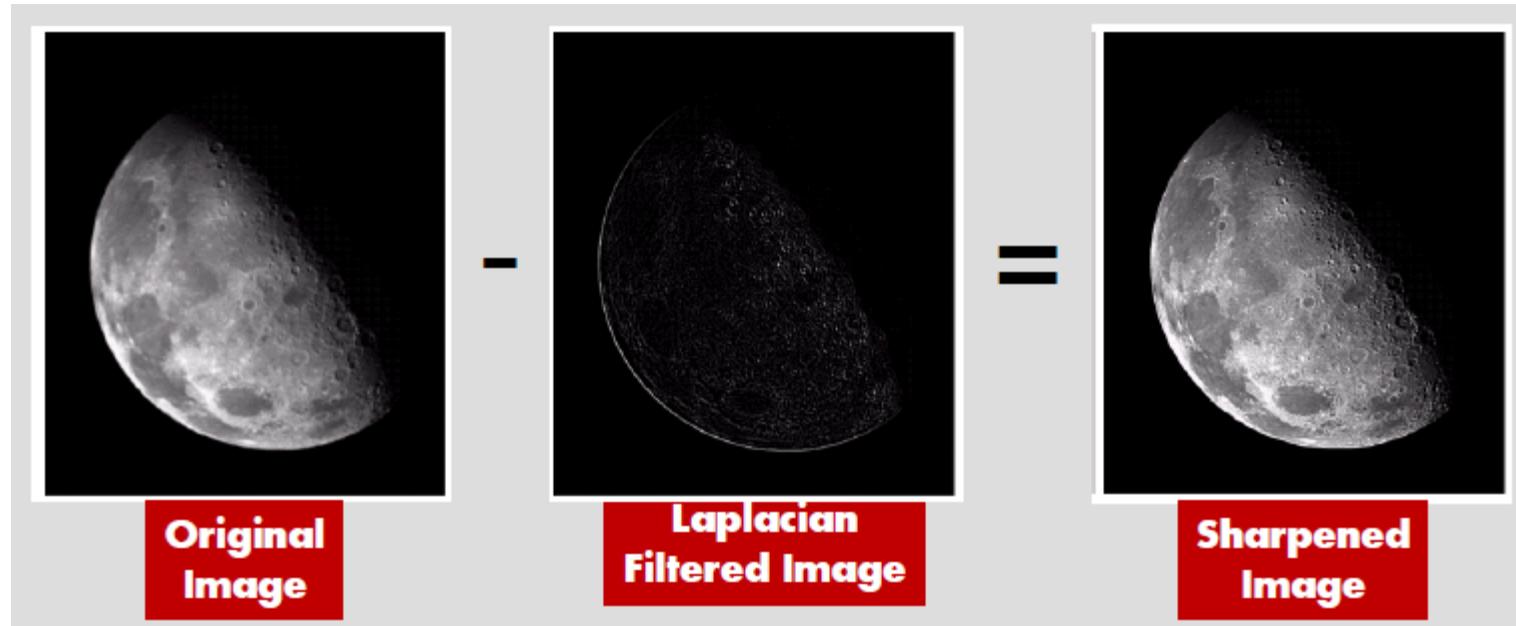


Laplacian Filtered



فصل سوم – تبدیلات شدت

- برای هر چه بیشتر آشکار شدن لبه ها و جزیيات تصویر می توان به طریق زیر عمل نمود
- اضافه کردن تصویر اصلی به لاپلاسین، موجب بازیابی کل تغییرات شدت در تصویر می شود بطوری که لاپلاسین، کنتراست را در مکان هایی با گستگی های شدت، افزایش می دهد. نتیجه اش تصویری است که جزیيات کوچک آن ارتقا یافته و **tonality** پس زمینه بطور معقول حفظ شده است



فصل سوم – تبدیلات شدت



- دریچه تیز کننده **sharpening filter**
- اگر پیکسل مرکزی فیلتر مقدار مثبت داشته باشد بواسطه جمع نمودن تصویر اصلی و مشتق دوم آن، تصویر تیز شده و در غیر اینصورت از کسر نمودن دو مقدار مطلوب نتیجه می شود

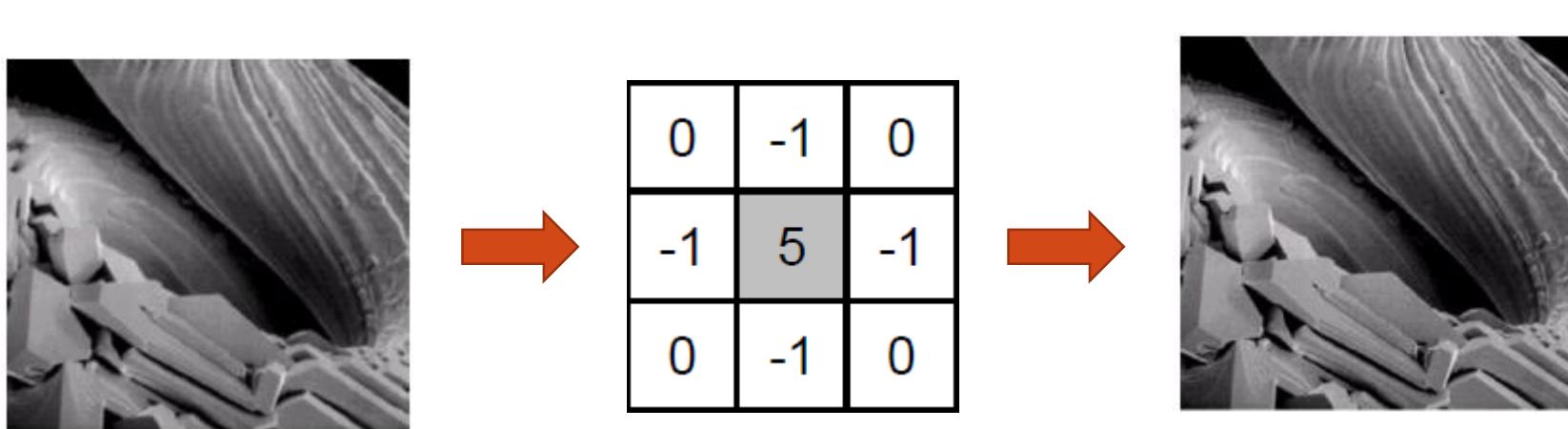
$$g(x,y) = \begin{cases} f(x,y) - \nabla^2 f(x,y) & \text{if the center of Laplacian mask is negative} \\ f(x,y) + \nabla^2 f(x,y) & \text{if the center of Laplacian mask is positive} \end{cases}$$

فصل سوم – تبدیلات شدت

- فرایند صورت گرفته برای تیز کنندگی تصویر را می توان در یک فیلتر خلاصه کرد

$$\begin{aligned}g(x, y) &= f(x, y) - \nabla^2 f \\&= f(x, y) - [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)] \\&= 5f(x, y) - f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1)\end{aligned}$$

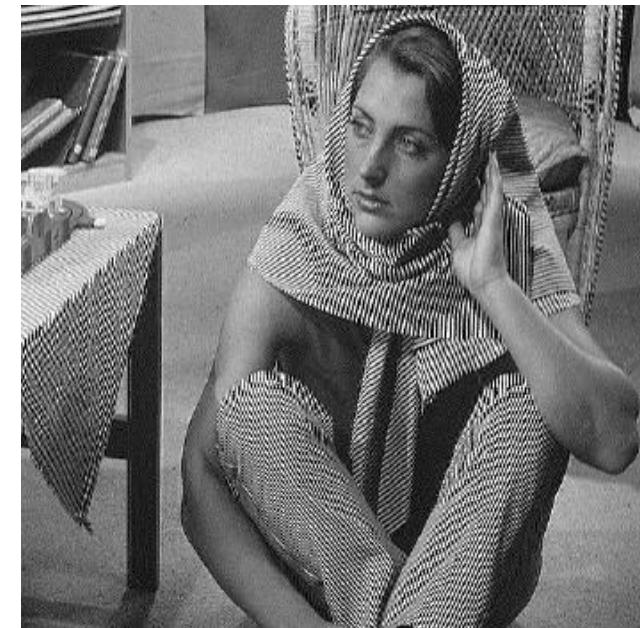
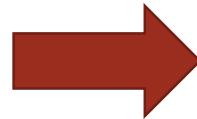
- با استفاده از فیلتر بدست آمده خواهیم داشت



فصل سوم – تبدیلات شدت

```
I = imread('barb.gif') ;
w=(-1)*ones(3) ;
w(2,2)=5;
w(1,1)=0;w(1,3)=0;w(3,1)=0;w(3,3)=0;
gd=imfilter(I,w);imshow(I)
figure, imshow(gd,[]) ;
```

- مثالی از دریچه تیز کننده



فصل سوم – تبدیلات شدت

`h = fspecial(type, parameters)`

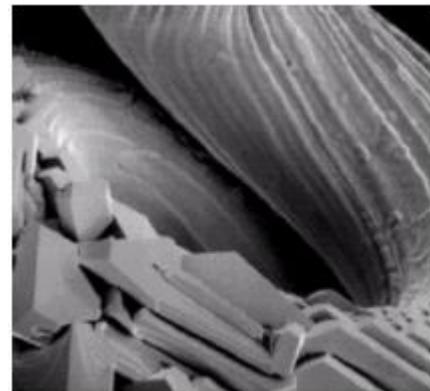
`W = fspecial('laplacian', 0)`

`W =`

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

تعریف فیلتر لابلسی در Matlab

$$\begin{matrix} \frac{\alpha}{1+\alpha} & \frac{1-\alpha}{1+\alpha} & \frac{\alpha}{1+\alpha} \\ \frac{1-\alpha}{1+\alpha} & \frac{-4}{1+\alpha} & \frac{1-\alpha}{1+\alpha} \\ \frac{\alpha}{1+\alpha} & \frac{1-\alpha}{1+\alpha} & \frac{\alpha}{1+\alpha} \end{matrix}$$



فیلتر لابلسین

ساخترهای متفاوتی از فیلترهای لابلسی را می‌توان در نظر گرفت

Simple
Laplacian

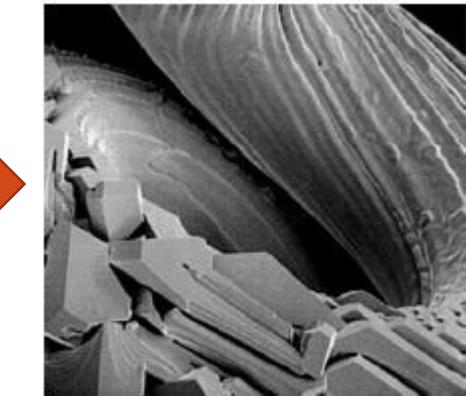
0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Variant of
Laplacian

1	1	1
1	-8	1
1	1	1



-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1



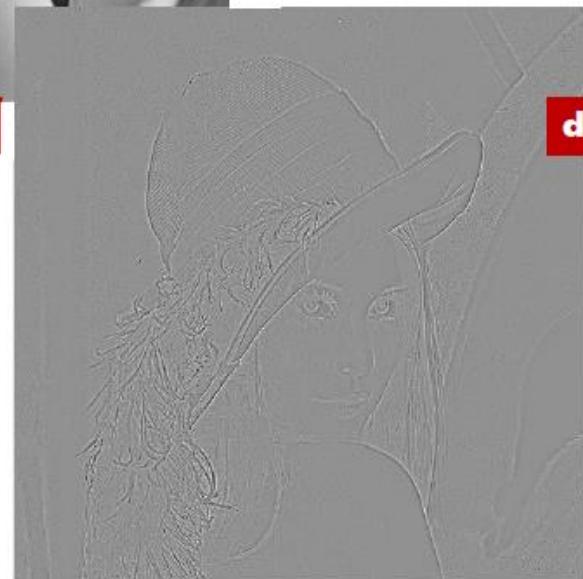
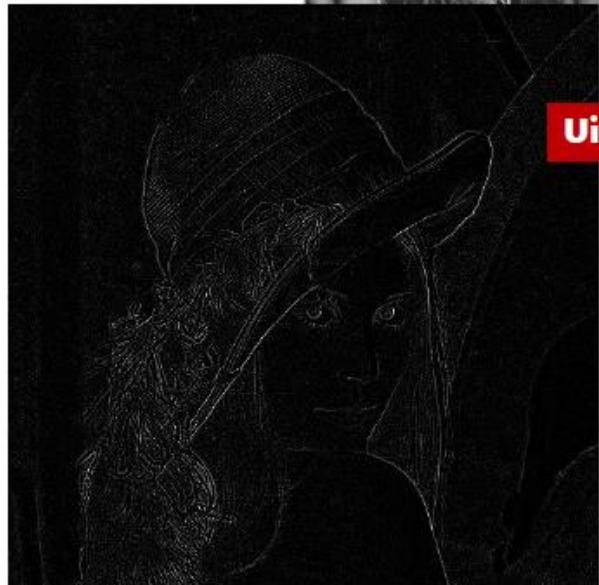
فصل سوم – تبدیلات شدت



```
I = imread('lena.gif');
w=[0 1 0;1 -4 1;0 1 0];
g1=imfilter(I,w,'replicate');
imshow(I);
figure, imshow(g1,[]);
```

- مثال هایی از فیلتر لاپلاسین

بروزدی `imfilter` از هر کلاسی باشد مفروهمی نیاز
از هنس همان کلاس است.



```
I = imread('lena.gif');
w=[0 1 0;1 -4 1;0 1 0];
imshow(I);
f2=im2double(I);
g2=imfilter(f2,w,'replicate');
figure;imshow(g2,[]);
```

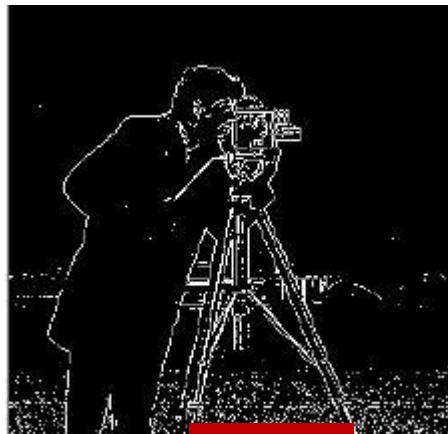
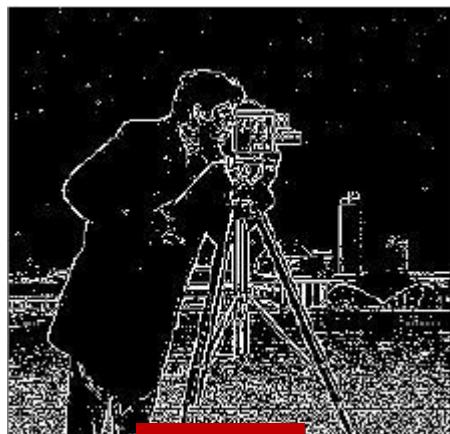
فصل سوم – تبدیلات شدت

```
I = imread('lena.gif');  
w=[0 1 0;1 -4 1;0 1 0];  
imshow(I);  
f2=im2double(I);  
g2=imfilter(f2,w,'replicate');  
figure;imshow(g2,[]);  
g=f2-g2;  
figure;imshow(g);
```



- مثال هایی از فیلتر لاپلاسین

فصل سوم – تبدیلات شدت



فیلتر لاپلاسین

هنگامی که فیلتر مذکور به تصویر اعمال می شود بوسیله مشخص نمودن یک مقدار آستانه تعیین می شود پیکسل مورد نظر جزیی از لبه خواهد بود یا خیر؟ اگر مقدار آستانه خیلی بزرگ یا خیلی کوچک باشد نتیجه مطلوب بدست نمی آید

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

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

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

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

فصل سوم – تبدیلات شدت

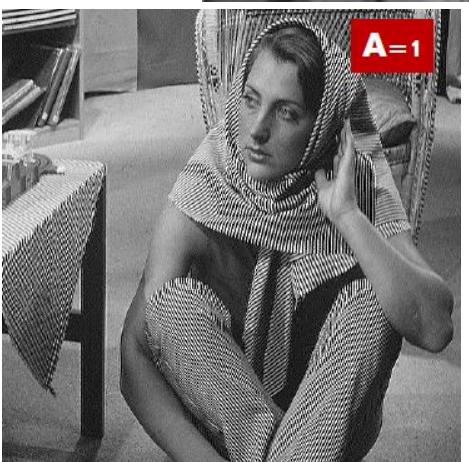
تصویر مات شده

$$f_s(x,y) = f(x,y) - \bar{f}(x,y)$$
$$f_{hb}(x,y) = (A-1)f(x,y) + f_s(x,y)$$

- فیلتر با تقویت بالا (**High-boost**)
 - این فیلتر شامل مراحل زیر است
 - .1 تصویر اصلی را مات کنید
 - .2 تصویر مات شده را از تصویر اصلی تفregیق کنید (ماسک)
 - .3 ماسک را به تصویر اصلی اضافه کنید

- کاربرد فیلتر **High-boost**
 - تاکید به روی جزئیات تصویر بویژه لبه ها
 - کاربرد در فرایندهایی چون آشکار سازی رگ های خونی و یا آنژیوگرافی

فصل سوم – تبدیلات شدت



- فیلتر High-boost
- به منظور تیز نمودن تصویر می توان از فیلتر زیر استفاده نمود

$$g(x,y) = \begin{cases} Af(x,y) - \nabla^2 f(x,y) & \text{if the center of Laplacian mask is negative} \\ Af(x,y) + \nabla^2 f(x,y) & \text{if the center of Laplacian mask is positive} \end{cases}$$

- اگر $A = 1$ باشد تیز کننده با فیلتر لاپلاس معمولی خواهیم داشت (حالت استاندارد)

0	-1	0
-1	$A+4$	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	$A+8$	-1
-1	-1	-1

فصل سوم – تبدیلات شدت

- تیز کردن تصویر با استفاده از گرادیان تصویر
- برای تابع $f(x,y)$ ، گرادیان ∇f در مختصات (x,y) بصورت بردار ستونی دو بعدی تعریف می شود. این بردار دارای خاصیت مهم هندسی است که به جهتی با بزرگترین نرخ تغییر f در مکان (x,y) اشاره می کند

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

- اندازه بردار ∇f بصورت زیر محاسبه می شود این تصویر را می توان تصویر گرادیان یا به اختصار گرادیان نامید

$$\nabla f = mag(\nabla f) = \left[G_x^2 + G_y^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- از نظر محاسباتی، بهتر است اندازه بردار ∇f بصورت زیر محاسبه شود

$$\nabla f \approx |G_x| + |G_y|$$

فصل سوم - تبدیلات شدت

z_1	z_2	z_3
z_4	z_5	z_6
z_7	z_8	z_9

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_9 - z_5)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_8 - z_6)$$

0	-1
1	0

-1	0
0	1

عملگر روبرتز (Roberts) ▪

عملگر سobel (sobel) ▪

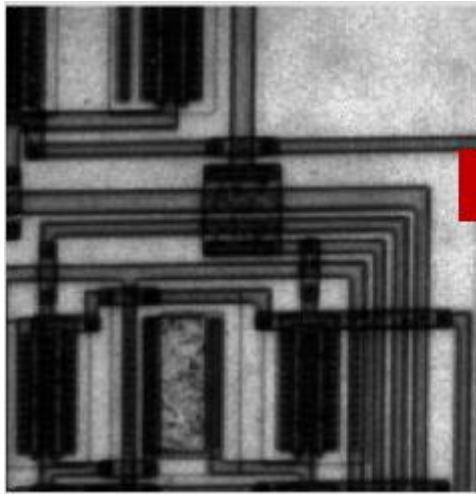
$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7)$$

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

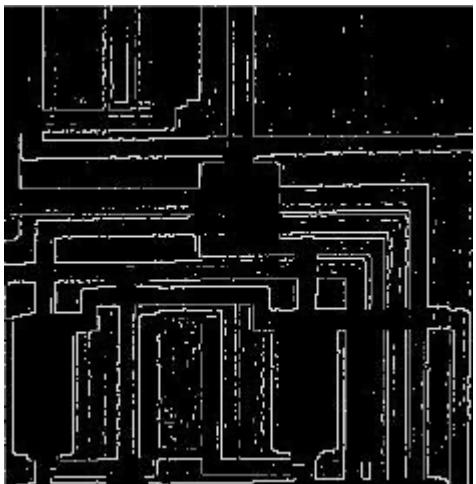
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

فصل سوم – تبدیلات شدت

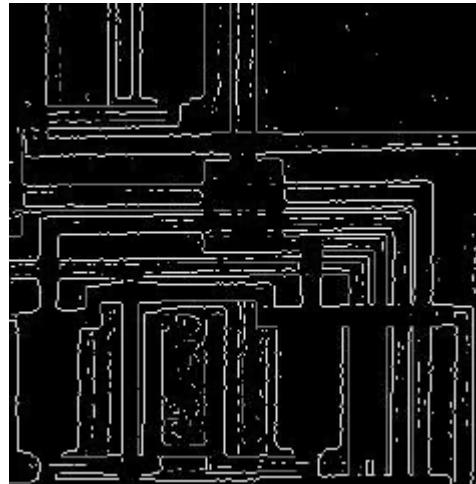


Org

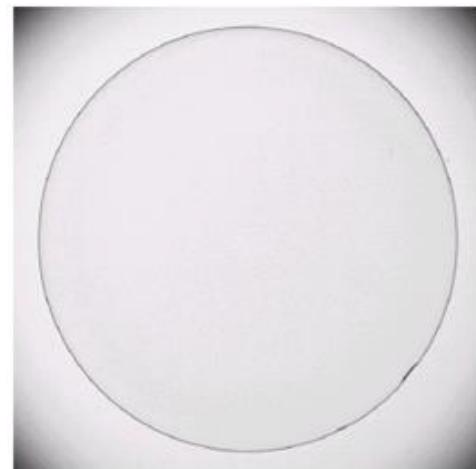
تصویر اصلی



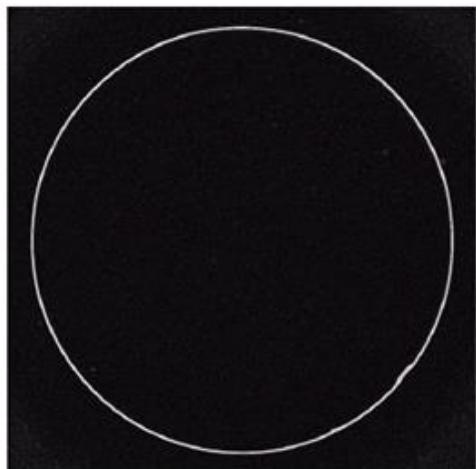
Roberts



Sobel



تصویر اصلی



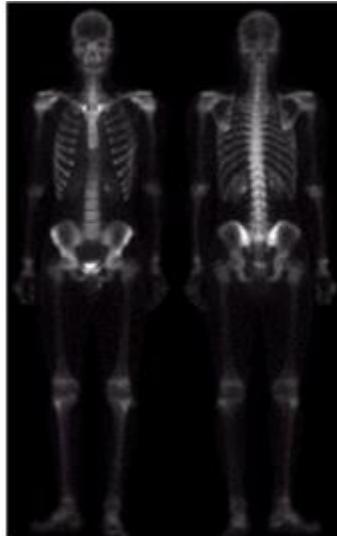
Sobel

- مثالی از فیلترهای مشتق گیر
- گرادیان غالبا در بازرگانی صنعتی برای کمک به افراد در تشخیص عیوب ها یا بعنوان مرحله پیش پردازش در بازرگانی خودکار به کار می رود
- بعنوان مثال گرادیان می تواند برای ارتقای عیوب ها بکار رود و ویژگی های پس زمینه یا تغییرات کند را حذف نماید

فصل سوم – تبدیلات شدت

- اسکن هسته ای استخوان کامل انسان
- هدف ما، ارتقای این تصویر از طریق تیز کردن و برجسته کردن جزیيات اسکلت است. بازه باریک سطوح شدت و محتوای با نویز بالا، ارتقای این تصاویر را دشوار می سازد. بکارگیری لاپلاسین برای برجسته کردن جزیيات ریز و گرادیان برای ارتقای لبه های قابل رویت است. یک روش کاهش نویز در تصاویر پزشکی که به ذهن می رسد استفاده از فیلتر میانه است اما فیلتر میانه یک پردازش غیر خطی ویژگی های تصویر است که در پردازش تصاویر پزشکی قابل قبول نیست
- همانگونه که شکل نشان می دهد لبه های سوبل نسبت به تصویر لاپلاسین برجسته تر هستند. لاپلاسین که عملگر مشتق مرتبه دوم است در ارتقای جزیيات ریز تصویر، خوب عمل می کند اما نتیجه این روش نسبت به گرادیان نویز بیشتری دارد

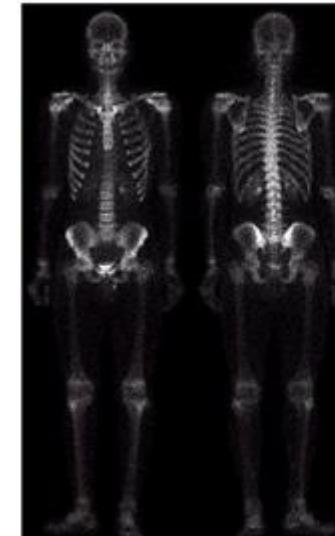
(الف) تصویر اصلی



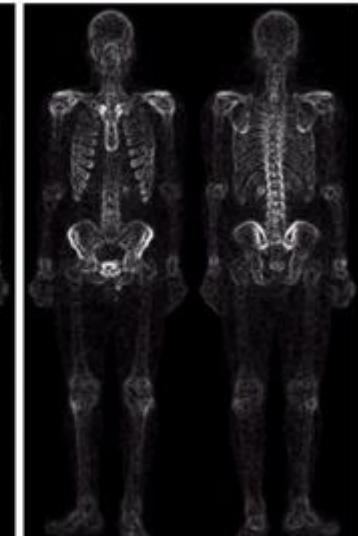
(ب) لاپلاسین



(پ) تصویر تیز شده (جمع الف و ب)



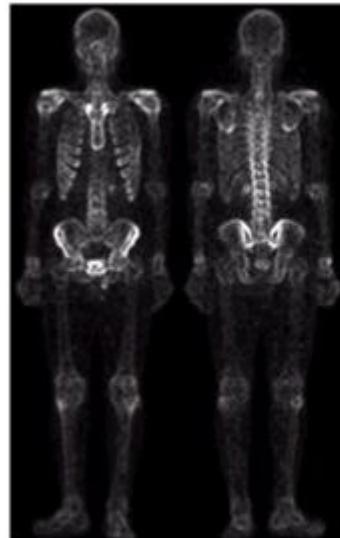
(ت) گرادیان سوبل



فصل سوم – تبدیلات شدت

- ایده کلی این است که گرادیان هموار شود و در تصویر لایکنین ضرب گردد. ضرب، جزیات را در ناحیه های قوی حفظ می کند در حالی که در ناحیه های نسبتا هموار از نویز می کاهد. این فرایند را می توان بهترین ترکیب ویژگیهای لایکنین و گرادیان دانست نتیجه به تصویر اصلی اضافه می شود تا تصویر واضح نهایی بدست آید
- مرحله نهایی در کار ارتقا، افزایش بازه تصویر تیز شده است که با اعمال قانون توان صورت می گیرد. روشی که در اینجا شرح داده شد، نماینده انواع پردازش هایی است که می توانند بهم پیوند داده شوند تا نتایج بهتری بدست آید

(ث) تصویر سوبل هموار شده



(ج) ضرب (پ) و (ث)



(ح) اعمال قانون توان به (چ) (چ) تصویر تیز شده (جمع الف و ج)

