



Image enhancement Filtering

Spatial Domain

انواع فیلترینگ:

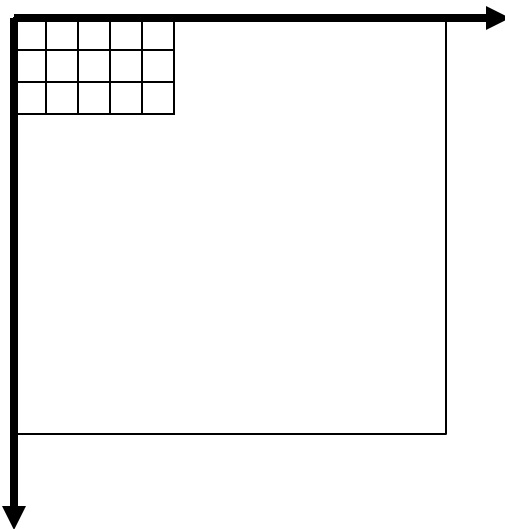
- روشهای فیلترینگ به دو دسته تقسیم می شوند: **smoothing** و **sharpening**
- هدف از **smoothing** کاهش نویز و محو یا تار کردن (**blurring**) جزئیات ریز (فرکانس های بالا) در تصویر است. ولی در نتیجه **smoothing**، غالباً لبه ها (**edges**) نیز که حامل اطلاعات مهمی هستند تار (**blur**) می شوند.
- **sharpening** بر اساس گرادیان (مشتق) محلی تابع تصویر کار می کند. هر جا که تابع تصویر تغییرات تندی دارد مقدار گرادیان بزرگتر است. هدف از **sharpening** یافتن چنین نقاطی در تصویر است. نتیجه اعمال **sharpening** پر رنگ شدن یا تشدید جزئیات ریز و کمرنگ یا محو شدن فرکانس های پایین است.
- چون نویز دارای فرکانس بالاست در اثر **sharpening** مقدارش افزایش می یابد.
- بطور کلی کار **smoothing** حذف فرکانس های بالا و کار **sharpening** تشدید فرکانس های بالا است ولی هر دو روش در عمل اثرات ناخواسته بر تصویر دارند.

- روشهای فیلترینگ روی پیکسلهای تصویر در یک همسایگی کوچک و مقادیر متناظر یک ماتریس هم اندازه با همسایگی مذکور عمل می کنند. این ماتریس فیلتر، کرنل، ماسک یا تمپلت نامیده می شود. البته فیلتر را می توان بصورت یک بعدی نیز تعریف کرد که در این حالت بجای ماتریس یک بردار از ضرایب فیلتر را خواهیم داشت.

- اعمال یک فیلتر خطی در هر پیکسل بصورت زیر انجام می شود:

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t)$$

به این روش اصطلاحاً کانولوشن گفته می شود.



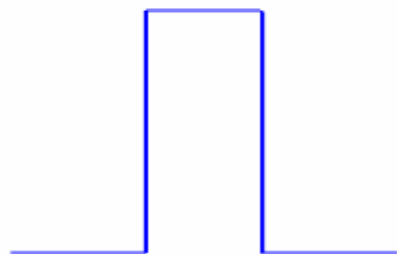
فیلترهای Smoothing :

- به فیلترهای smoothing اصطلاحاً گفته می شود low pass filters (به دلیل این نامگذاری در قسمت فیلترینگ در حیطه فرکانس اشاره می شود).

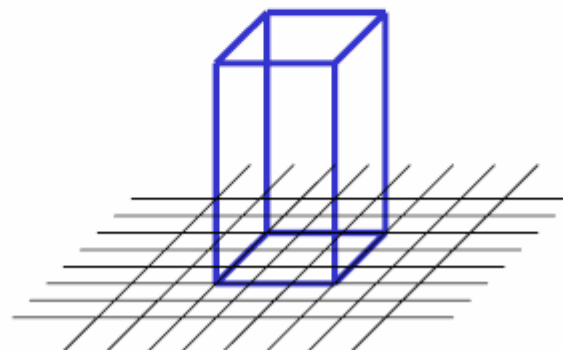
- ساده ترین فیلتر smoothing بر اساس جایگزین کردن مقدار هر پیکسل با یک مقدار میانگین در یک همسایگی پیکسل مورد نظر می باشد. برای این منظور می توان از یک کرنل ساده بصورت زیر استفاده کرد:

$$h = \frac{1}{9} \times \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

- به این کرنل simple averaging kernel گفته می شود. با انتخاب ابعاد بزرگتر برای کرنل smoothing می توان مقادیر بیشتری از نویز و جزئیات ریز در تصویر را محو کرد. به کرنل میانگین گیر ساده فیلتر Box هم گفته می شود.



Box filter



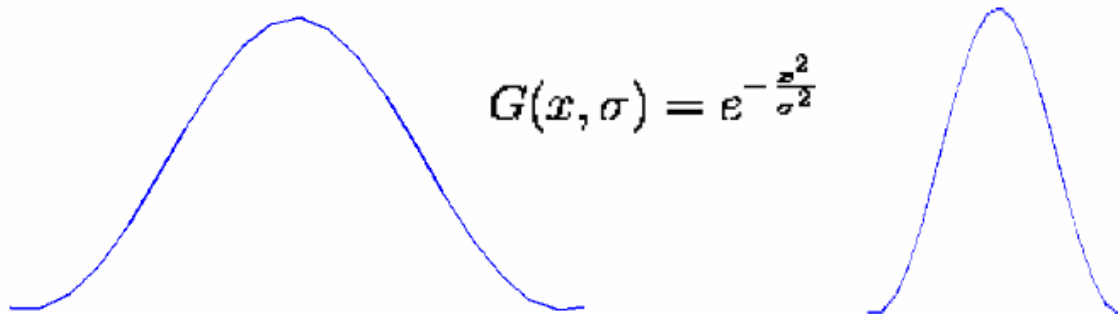
فیلترهای Smoothing :

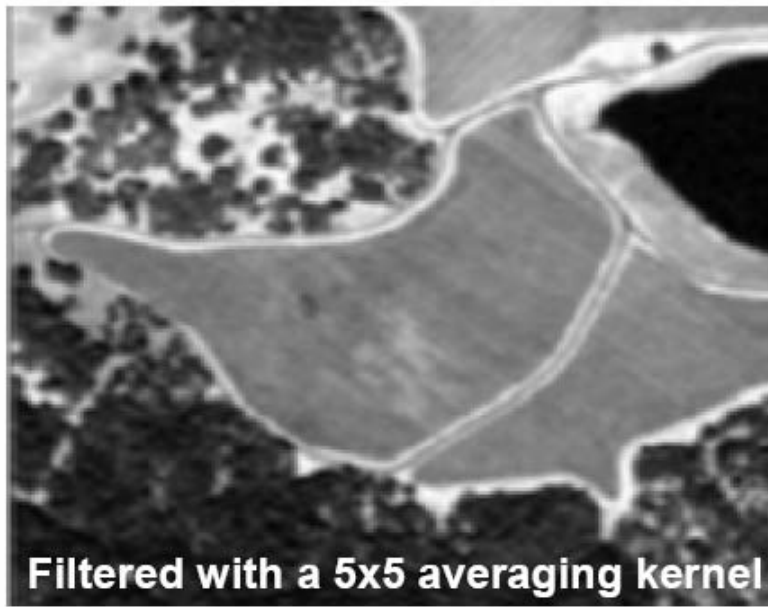
- به جای میانگین ساده می توان میانگین وزن دار را در یک همسایگی پیکسل محاسبه کرد. برای این منظور می توان از یک کرنل مشابه کرنل زیر استفاده کرد:

$$h = \frac{1}{16} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

که در واقع وزن بیشتری به پیکسل های نزدیک به پیکسل مورد نظر اختصاص می دهد.

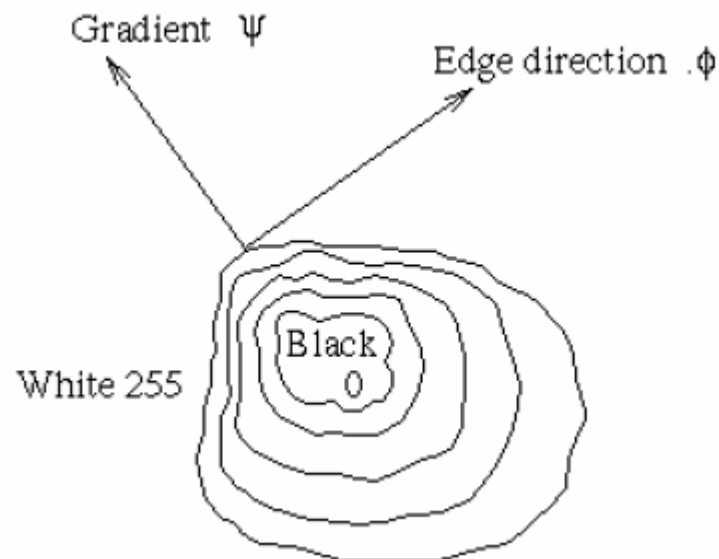
- در اینجا هم میزان smoothing در تصویر تابعی از ابعاد فیلتر است. کرنل میانگین وزن دار در واقع تقریبی از رویه گوسین است و به همین دلیل به آن فیلتر گوسین نیز گفته می شود. با کرنل های بزرگتر مثل 9x9 و 15x15 بهتر می توان گوسین را تقریب زد ولی کرنل های بزرگ از نظر محاسباتی گران هستند. معمولا 3x3 و 5x5 استفاده می شود.





Sharpening (edge enhancement):

- Sharpening در واقع بهبود بخشیدن و جلوه دادن به جزئیات تصویر (فرکانس های بالا) بخصوص edge هاست.
- فیلتر های smoothing عمل جمع (انتگرال) در همسایگی پیکسل انجام می دهند. فیلتر های sharpening در همسایگی عمل تفریق (دیفرانسیل) انجام می دهند. به فیلتر هایی که عمل sharpening انجام می دهند high pass filters گفته می شود.
- پیکسل های edge را می توان با محاسبه گرادیان تابع تصویر در هر پیکسل پیدا کرد. گرادیان برداری است با دو مولفه: بزرگی و جهت



$$|\text{grad } g(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial g}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y}\right)^2}$$

$$\psi = \text{arg}\left(\frac{\partial g}{\partial x}, \frac{\partial g}{\partial y}\right)$$

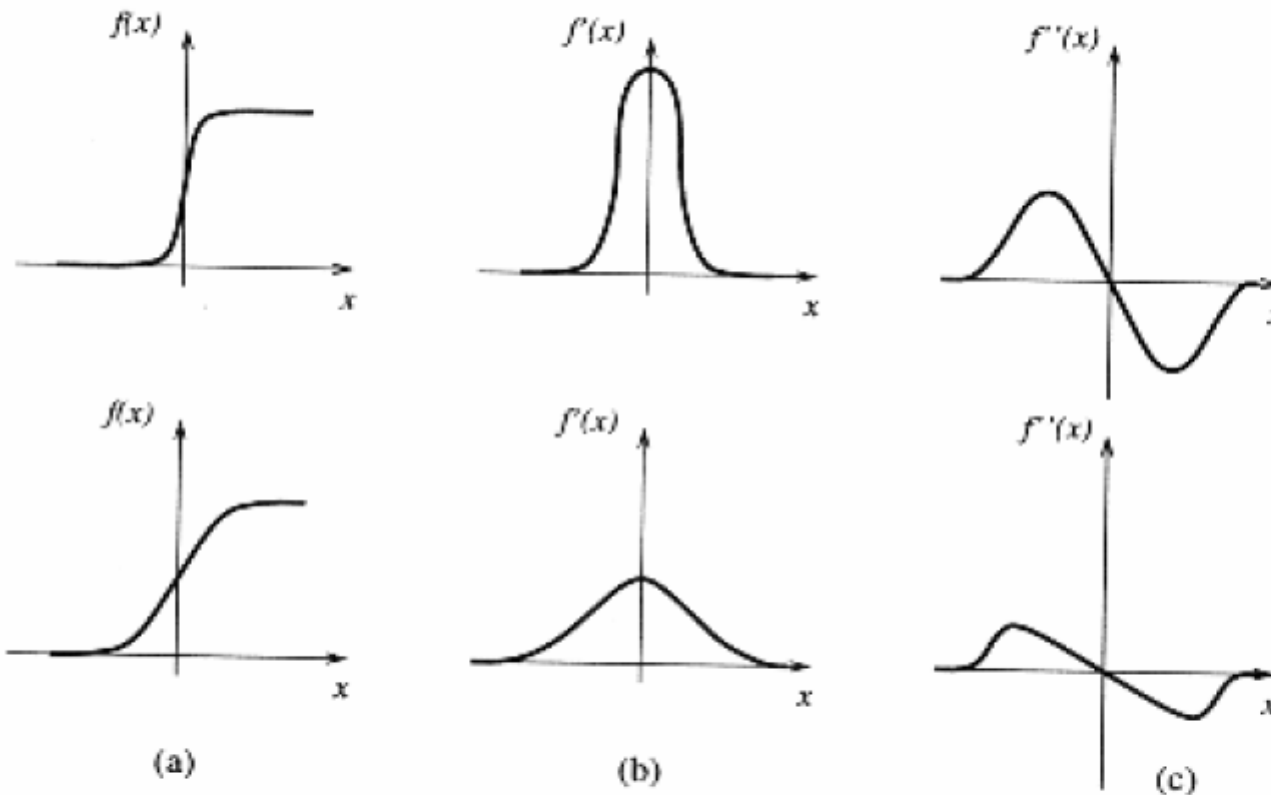
مشتق گیری در فضای تصویر گسسته: اپراتور سوبل

- از کانولوشن این اپراتورها با تابع تصویر برای محاسبه مشتق در جهت افقی $G_x = \frac{\partial g}{\partial x}$ و عمودی $G_y = \frac{\partial g}{\partial y}$ استفاده می شود.

$$a = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- با اعمال اپراتورهای سوبل به کل تصویر می توان یک تصویر گرادیان محاسبه کرد که دارای پیکسلهای با مقدار بیشتر در لبه ها، خطوط و نقاط نویزی است.
- با استفاده از یک حد آستانه (threshold) می توان پیکسل هایی که بزرگی گرادیان آنها بالاست را بعنوان پیکسل های edge شناسایی کرد.
- اشکال این روش: به نویز حساس است و دقت موقعیت edge در آن پایین است.

استفاده از مشتق دوم تصویر برای Sharpening



برای محاسبه مشتق دوم از اپراتور لاپلاسین استفاده می شود:

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

محاسبه لاپلاسیان در فضای گسسته تصویر

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

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

$$\nabla^2 f = f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) - 4f(x, y)$$

ماسک های مختلف برای محاسبه لاپلاسیان:

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

1	1	1
1	-8	1
1	1	1

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

ماسک sharpening :

بسته به نوع ماسک انتخاب شده برای محاسبه لاپلاسیان، می توان با جمع یا تفریق تصویر لاپلاسیان با تصویر اصلی تصویر شارپ شده بدست آورد.

در عمل برای اینکار یک ماسک شارپ کننده بصورت زیر محاسبه کرد:

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

ماسک های شارپ کننده:

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

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

تقویت لبه ها با روش unsharp masking:

در این روش با استفاده از یک فیلتر smoothing تصویر بلر (unsharp) می شود و درصدی از تفاضل تصویر بلر شده از تصویر اصلی به تصویر اصلی اضافه می گردد.

$$f_s(x, y) = f(x, y) - \bar{f}(x, y)$$

$$f_{USM}(x, y) = f(x, y) + k.f_s(x, y)$$

میزان شارپنس با پارامتر k قابل کنترل است.

