



Jundi Shapur
University of Technology-Dezful

پردازش تصاویر رقومی
فصل چهارم: بهبود تصاویر

Nurollah Tatar
Digital Image Processing
Semester 2021

فهرست مطالب

- چرا بهبود تصویر؟
- همسایگی و نقاب
- پالایش مکانی
- حذف و کاهش نویز
- بهبود لبه
- بهبود تصاویر رنگی

چرا بهبود تصویر؟

- مهمترین دلیل بهبود تصویر این است که استخراج اطلاعات از تصویر بهبود یافته هم به صورت بصری و هم به صورت محاسباتی دقیقتر انجام می گیرد.
- بهبود تصویر در دو حوزه **مکان** و **فرکانس** انجام می گیرد؛ که در این فصل تنها بهبود تصویر در حوزه مکان ارائه می گردد.
- بسته به کاربرد و هدف، بهبود اتوماتیک تصویر چگونه باید باشد؟

چرا بهبود تصویر؟

- به دلیل مشکلات زیر تصویر بایستی بهبود یابد
 1. کنتراست پایین در سراسر تصویر
 2. کنتراست پایین در برخی نواحی تصویر (مثل سایه ها)
 3. وجود نویزهای مختلف تصویر
 4. نرم شدگی و تار بودن لبه ها
 5. بایاس در میانگین و سایر پارامترهای آماری تصویر

چرا بهبود تصویر؟

- بهبود تار شدن لبه‌ها



چرا بهبود تصویر؟

- بهبود کنتراست تصویر در نواحی سایه

Original Image



Recovered Image

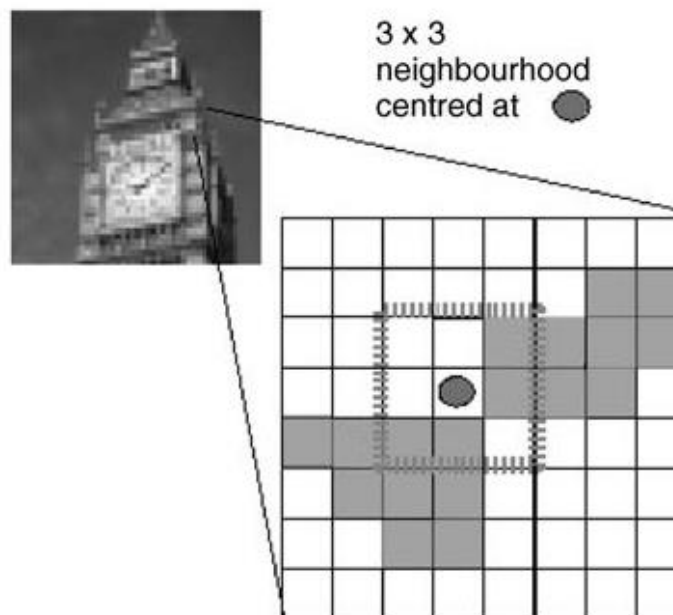


Neighborhoods and kernels

همسایگی و نقاب

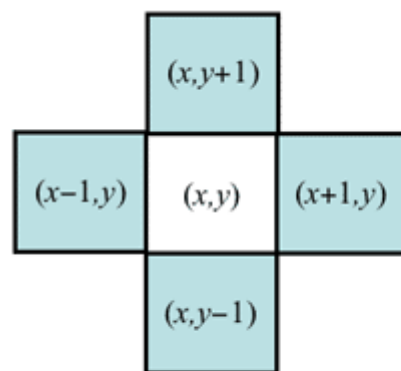
- برای بهبود مکانی تصویر از پیکسل‌های همسایه استفاده می‌شود.
- در شکل زیر یک همسایگی 3×3 به مرکزیت (i, j) نمایش داده شده است.

NW	N	NE
W	(i,j)	E
SW	S	SE

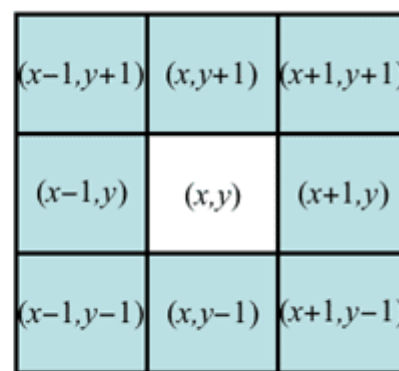


همسایگی و نقاب

- به پنجره‌ی تعریف شده اطراف پیکسل مرکزی نقاب (کرنل) می‌گویند.
- براساس سیستم مختصات دکارتی تصاویر رقومی، اگر مختصات پیکسل مرکزی (x, y) باشد، مختصات سایر پیکسل‌های همسایه به صورت زیر خواهند بود.



4-neighbourhood



8-neighbourhood

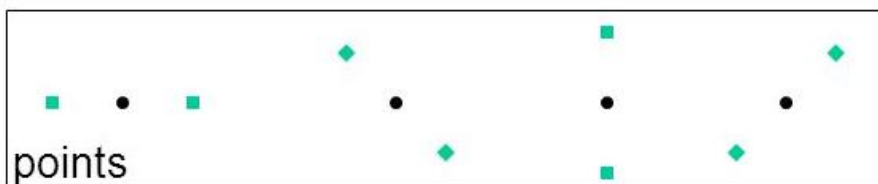
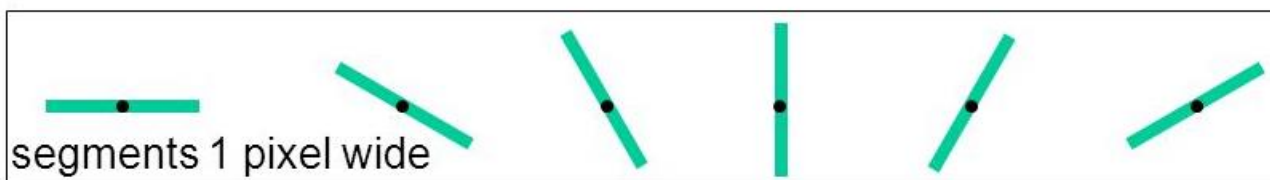
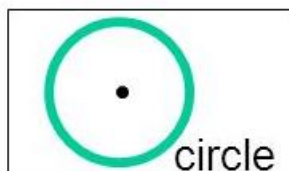
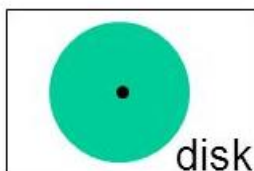
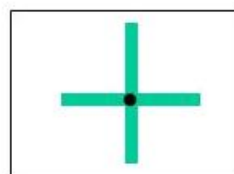
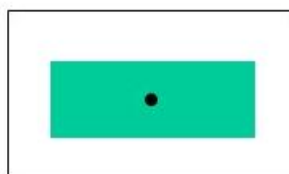
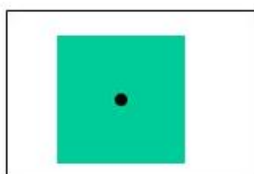
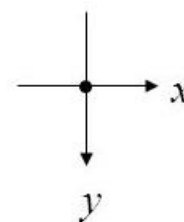
همسایگی و نقاب

- شکل نقاب می تواند مربع، مستطیل، دایره و ... باشد.
- در نقاب های مربعی و مستطیلی جهت نیز مهم است.
- ابعاد نقاب بایستی یک عدد فرد باشد (مثل 3×3 ، 5×5 و ...).
- اگرچه در شرایط خیلی خاص می تواند زوج هم تعریف شود.
- با این شرایط به طور معمول در پردازش تصویر از نقاب مربعی با ابعاد فرد استفاده می شود.

همسایگی و نقاب

• نمونه ای از نقاب‌های با اشکال مختلف.

• = origin

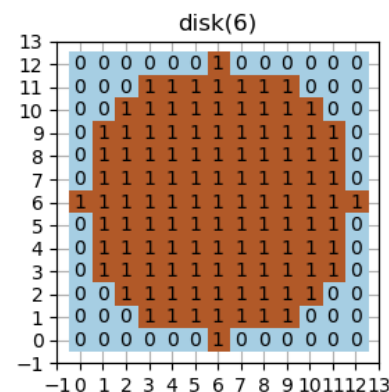
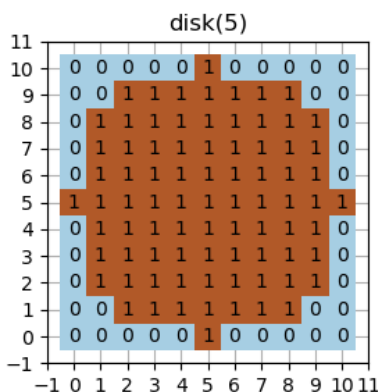
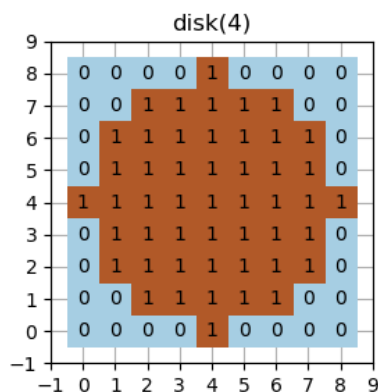
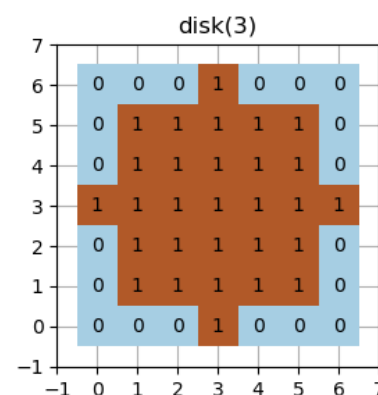
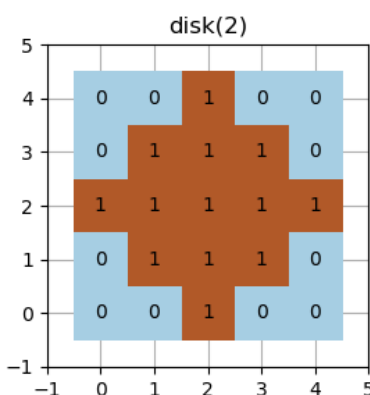
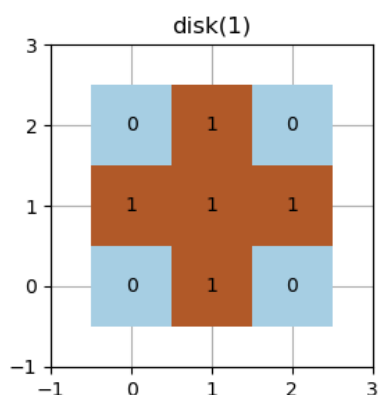


Note that here :

$$B = \check{B}$$

همسایگی و نقاب

- نمونه ای از نقاب‌های دیسکی شکل با ابعاد مختلف.



Spatial Filtering

پالایش با نقاب

- یکی از روش‌های بهبود تصویر، پالایش آن در حوزه مکان است.
- برای پالایش مکانی یک تصویر از کانولوشن نقاب با تصویر بهره گرفته می‌شود.
- در پالایش مکانی بایستی نوع عملیات محاسباتی مشخص شود.
- عموماً از عملیات محاسباتی خطی برای پالایش مکانی تصویر استفاده می‌شود. اما بسته به کاربردهای خاص ممکن است روش‌های غیر خطی نیز به کار برده شوند.

پالایش با نقاب

- چنانچه تصویر ورودی و نقاب به ترتیب $w(s,t)$ و $f(x,y)$ باشند؛ آنگاه تصویر پالایش شده $g(x,y)$ با نقاب فوق از رابطه زیر بدست می آید:

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

- و به طور کلی:

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

پالایش با نقاب

• مراحل پالایش خطی یک تصویر به صورت زیر است:

1. تعریف یک نقاب

2. چرخاندن نقاب بر روی تمامی پیکسل‌های تصویر ورودی

3. در هر موقعیتی که نقاب قرار گرفت، مقادیر پیکسل‌های

متناظر با درایه‌های نقاب در هم ضرب شده و سپس همه این

مقادیر با هم جمع می‌شوند.

4. ذخیره مقدار مرحله قبل به عنوان خروجی در تصویر خروجی

پالایش با نقاب

- مثال: فرض کنید تصویر و نقاب به صورت زیر باشند، آنگاه برای پیکسل مرکزی با مقدار ۳۵، مقدار پالایش شده ۱۴ خواهد بود.

$$f_i = \sum_{k=1}^9 w_k I_k(i)$$

$$= (-1 \times 10) + (-1 \times 11) + (-1 \times 8) + (-1 \times 40) + (8 \times 35) \\ + (-1 \times 42) + (-1 \times 38) + (-1 \times 36) + (-1 \times 46) = 14$$

w_1	w_2	w_3
w_4	w_5	w_6
w_7	w_8	w_9

=

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

Image

12	11	12	13	13	9
10	8	10	11	8	13
32	36	40	35	42	40
40	37	38	36	46	41
41	36	89	39	42	39
42	37	39	43	45	38

پالایش با نقاب

- از آنجا که در مرز تصاویر پیکسلی با موقعیت خارج از ابعاد هندسی تصویر وجود ندارد، برای جلوگیری از اعلان خطا هنگام برنامه نویسی از یک حاشیه استفاده می شود.
- مقادیر حاشیه می توانند کپی مقادیر مرزی، صفر و یا ... باشند.
- یکی دیگر از راهکارها عدم ایجاد حاشیه و عدم پالایش آنهاست
- اندازه حاشیه برابر با نصف ابعاد نقاب خواهد بود. به عنوان مثال اگر نقاب 3×3 باشد، حاشیه یک پیکسلی ایجاد خواهد شد.

پالایش با نقاب

- حاشیه صفر با ابعاد یک پیکسل برای پالایش تصویر با نقاب 3×3
- ابعاد تصویر در این مثال 6×6 است، اما هنگام برنامه نویسی به

دلیل اضافه کردن حاشیه 8×8 می شود.

0	0	0	0	0	0	0	0
0	3	3	4	4	7	0	0
0	9	7	6	5	8	2	0
0	6	5	5	6	9	2	0
0	7	1	3	2	7	8	0
0	0	3	7	1	8	3	0
0	4	0	4	3	2	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0

$6 \times 6 \rightarrow 8 \times 8$

تصویر ورودی

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

3×3

نقاب

=

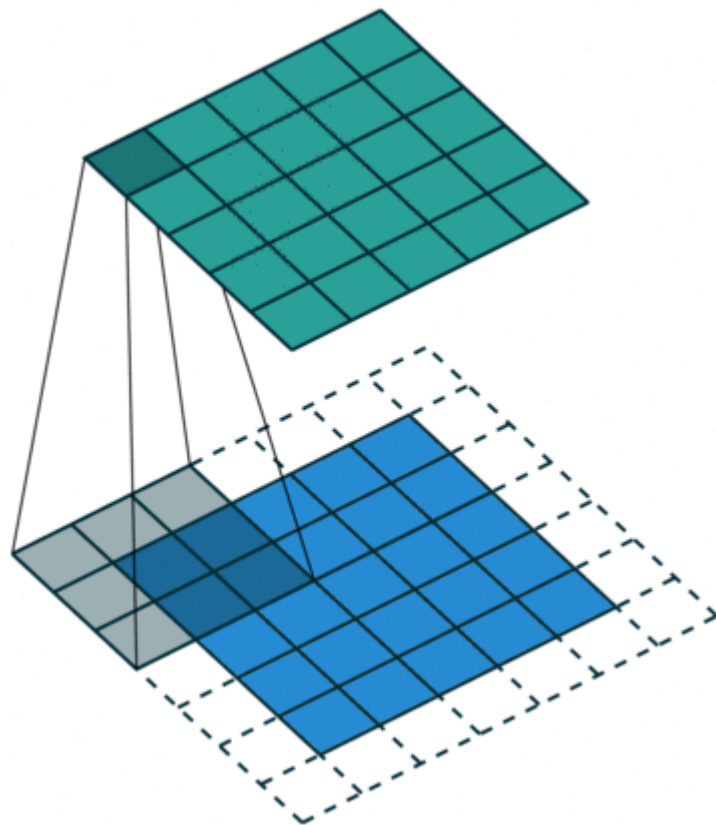
-10	-13	1			
-9	3	0			

6×6

تصویر پالایش شده خروجی

پالایش با نقاب

- نحوه چرخاندن نقاب با
- در نظر گرفتن حاشیه
- پالایش برای همه
- پیکسل‌های تصویر
- انجام می‌گیرد.



پالایش با نقاب

- تفاوت کانولوشن با همبستگی در این است که نقاب در آنها ۱۸۰ درجه اختلاف دارد.

- رابطه همبستگی

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

- رابطه کانولوشن

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

Noise Removal

حذف و کاهش نویز

- **فیلتر میانگین:**
- برای حذف جزئیات نامرتبط از فیلترهای هموارساز استفاده می‌شود.
- یکی از فیلترهای هموارساز معروف، فیلتر میانگین است.
- در فیلتر میانگین، میانگین درجات خاکستری نقاب به جای پیکسل مرکزی قرار داده می‌شود.
- فیلتر میانگین می‌تواند به صورت ساده یا وزندار به کار گرفته شود.

حذف و کاهش نویز

- فیلتر میانگین:

- رابطه فیلتر میانگین ساده:

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

$$M = 2a + 1 \quad N = 2b + 1$$

- رابطه فیلتر میانگین گیری وزندار:

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

حذف و کاهش نویز

• فیلتر میانگین :

• نمونه ای از نقاب‌های فیلتر میانگین

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

1	1	1
1	1	1
1	1	1

نقاب میانگین‌گیری ساده

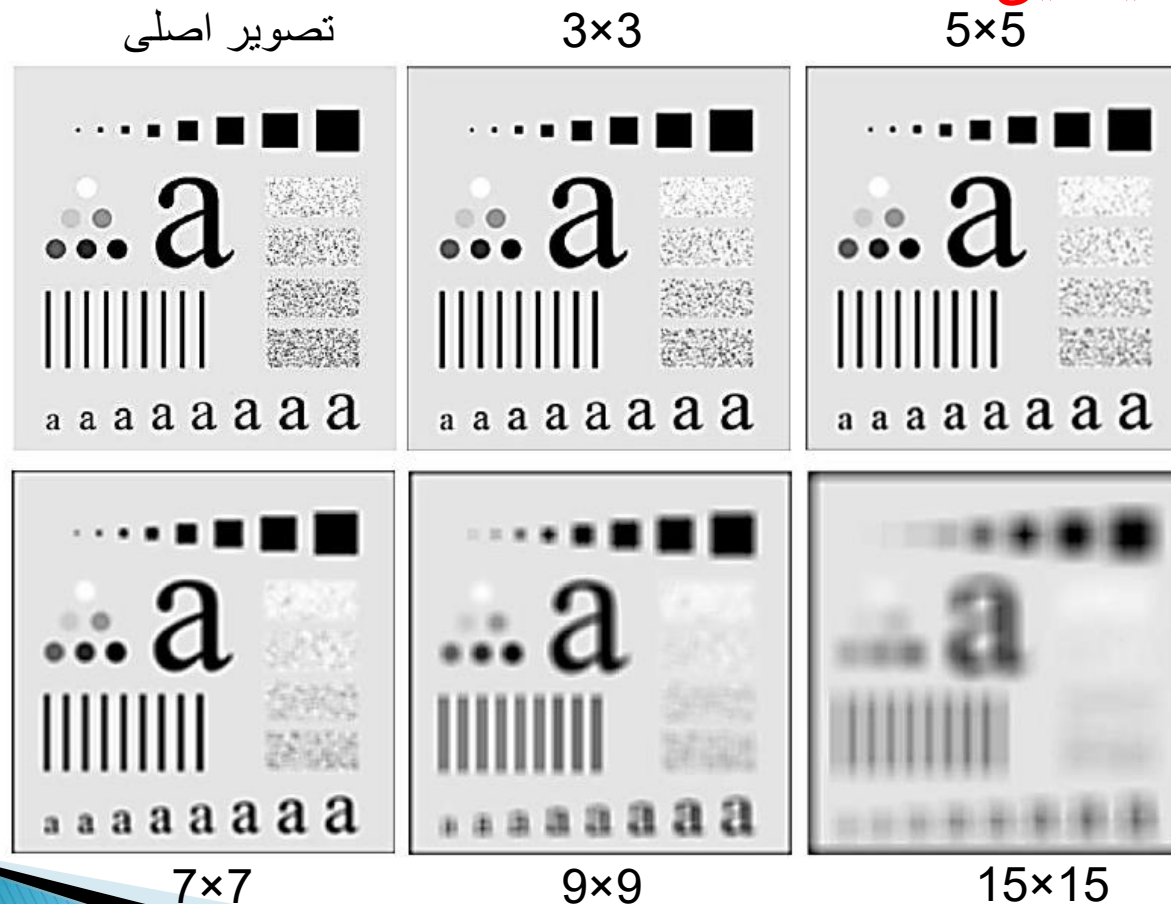
$$\frac{1}{16} \times$$

1	2	1
2	4	2
1	2	1

نقاب میانگین‌گیری وزندار

حذف و کاهش نویز

• فیلتر میانگین:



حذف و کاهش نویز

- فیلتر میانگین:

- فیلترهای میانگین اگرچه اثر جزئیات نامربوط تصاویر را کاهش می دهند؛ اما باعث تارشدن لبه ها می شوند.

- اگر پیکسل های فیلتر میانگین وزندار باشند میزان تارشدگی لبه ها کاهش می یابد.

- فیلترهای میانگین اثر نویز را کاهش می دهند ولی نویز را حذف نمی کنند!

حذف و کاهش نویز

- **فیلتر میانه:**

- یکی از فیلترهای پرکاربرد در پردازش تصویر، فیلتر میانه است.
- در این فیلتر، میانه درجات خاکستری واقع در نقاب به عنوان خروجی معرفی می شود.
- فیلتر میانه نویز را حذف می کند.
- برخلاف فیلتر میانگین، فیلتر میانه لبه ها را تار نمی کند.
- این فیلتر ممکن است لبه ها را جابجا کند.

حذف و کاهش نویز

- فیلتر میانه:

- مراحل این فیلتر به صورت زیر است:

1. تعریف یک نقاب و چرخاندن آن روی تصویر

2. در هر موقعیتی که نقاب قرار داشت، درجات خاکستری واقع در

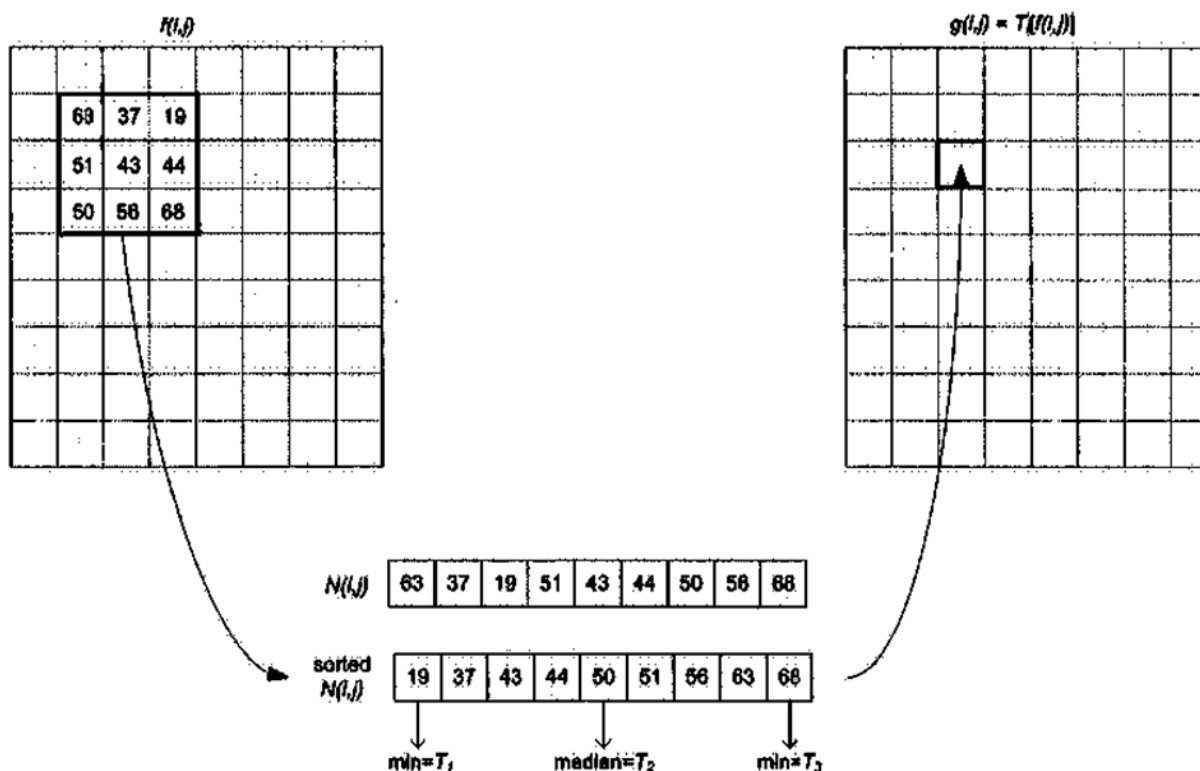
آن به صورت صعودی مرتب شده و مقدار میانه انتخاب می شود.

3. معرفی مقدار میانه مرحله قبل به عنوان خروجی برای هر

موقعیتی که نقاب روی آن قرار گرفته است.

حذف و کاهش نویز

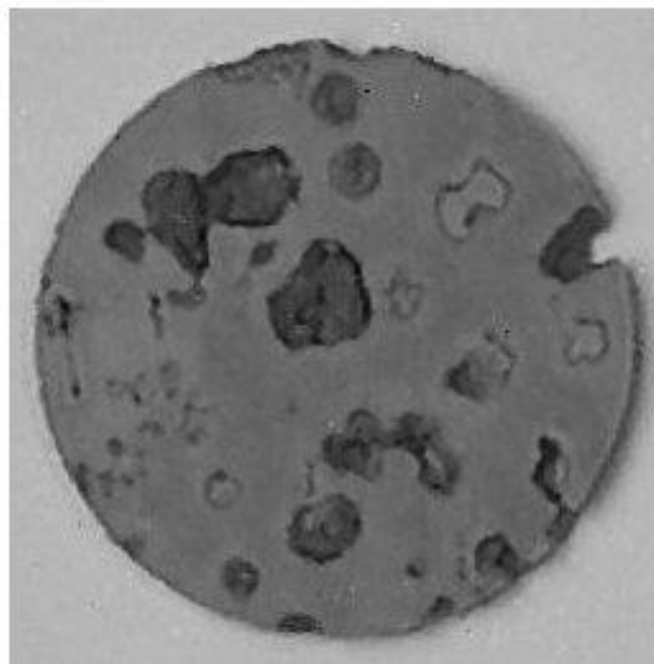
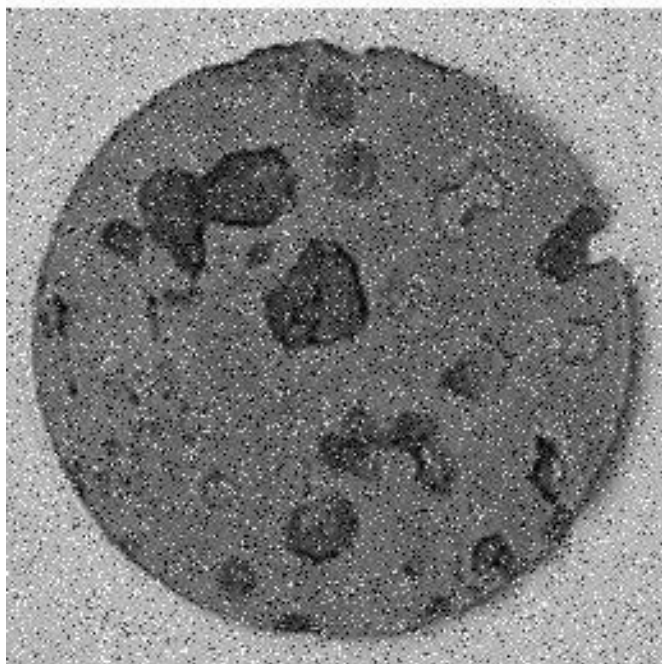
- مثالی از فیلتر میانه با نقاب 3×3 :



حذف و کاهش نویز

- فیلتر میانه:

MEDIAN FILTER



حذف و کاهش نویز

- **فیلتر میانه:**
- فیلتر میانه یک فیلتر غیر خطی است.
- فیلتر میانه همه مقادیر درجات خاکستری را تغییر می دهد!
- در صورتی که ابعاد نویزهای فلفل-نمکی کوچکتر از نقاب باشند، فیلتر میانه آنها را حذف می کند.
- برای حذف نویزهای با ابعاد بزرگ باید نقاب را بزرگتر انتخاب کرد، اما نقاب بزرگتر جزئیات را بیش از اندازه تغییر می دهد.

حذف و کاهش نویز

add salt&pepper noise to cameraman.tif



after 3*3 median filter



• فیلتر میانه:

the original image



after 7*7 median filter



after 15*15 median filter



حذف و کاهش نویز

- فیلتر گوسیین:

- این فیلتر از تابع توزیع گوسی برای تعریف ضرایب نقاب استفاده می کند.

- در حالت پیوسته تابع توزیع گوسی به صورت زیر نوشته

$$w(s, t) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{s^2 + t^2}{2\sigma^2}\right)$$

می شود:

- که در آن σ انحراف معیار و مبدا (یا میانگین) آن صفر فرض شده است. s و t نیز محورهای مختصات دکارتی اند.

حذف و کاهش نویز

- فیلتر گوسیین:

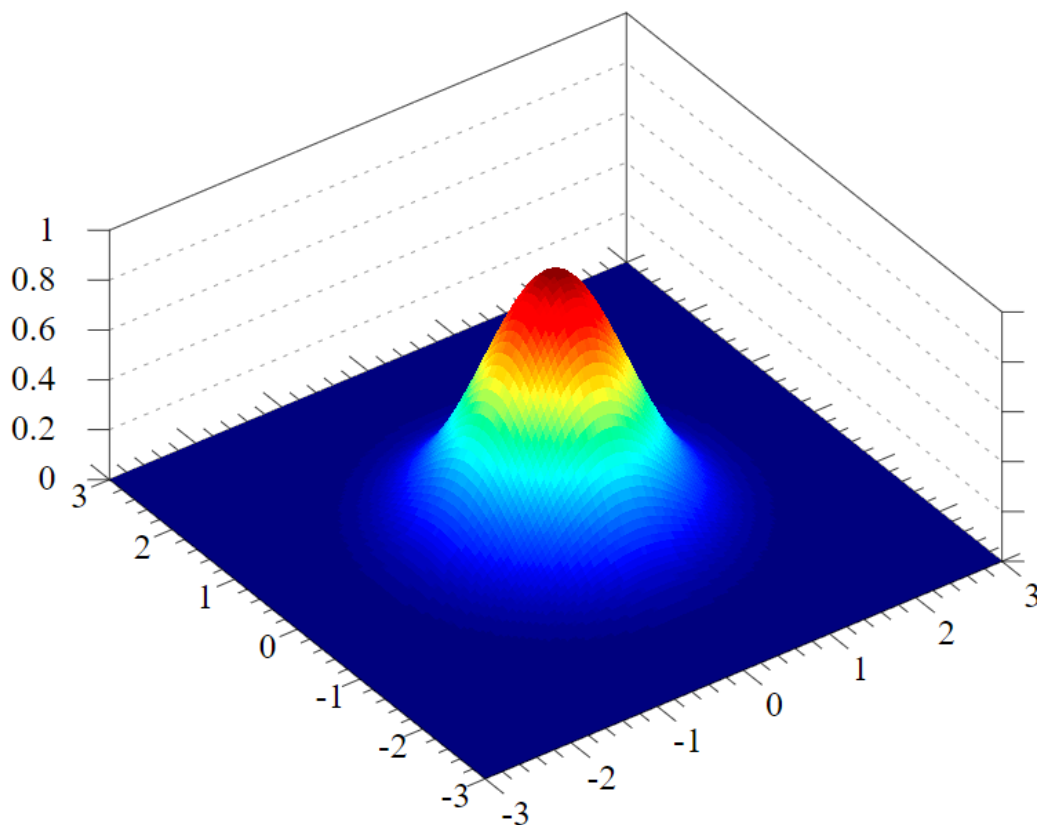
- شکل این تابع در

حالت دو بعدی

به مبدا $(0, 0)$

شبیه شکل روبرو

است.



حذف و کاهش نویز

- فیلتر گوسین:

- در این روش فرض می‌کند توزیع خطای تصادفی از یک تابع توزیع نرمال پیروی می‌کند.
- آزمایشات نشان داده باتوجه به کیفیت لنز و سایر اجزای سیستم تصویربرداری، درجات خاکستری متاثر از تابع توزیع گوسی اند.
- بنابراین با کانولوشن یک فیلتر گوسین مناسب می‌توان تا حدودی به تصویری نزدیک به واقعیت رسید.

حذف و کاهش نویز

• فیلتر گوسین:

- چنانچه تابع توزیع گوسی با انحراف معیار ۱ در حالت گسسته نوشته شود، نقاب‌های 3×3 و 5×5 زیر می توانند ایجاد شوند.

$$\frac{1}{16} \times \begin{array}{|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline 2 & 4 & 2 \\ \hline 1 & 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$\frac{1}{330} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ \hline 4 & 20 & 33 & 20 & 4 \\ \hline 7 & 33 & 54 & 33 & 7 \\ \hline 4 & 20 & 33 & 20 & 4 \\ \hline 1 & 4 & 7 & 4 & 1 \\ \hline \end{array}$$

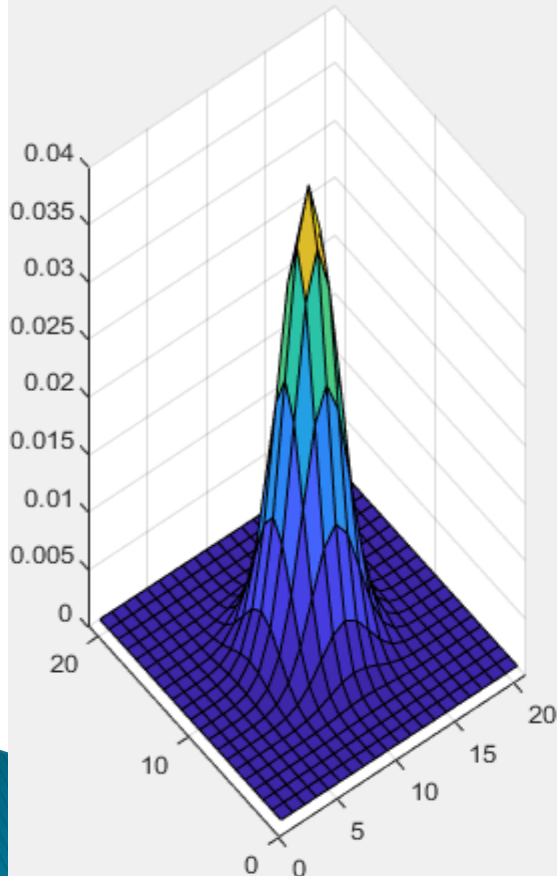
- هر چقدر σ کوچکتر باشد، وزن پیکسل مرکزی بیشتر می شود

حذف و کاهش نویز

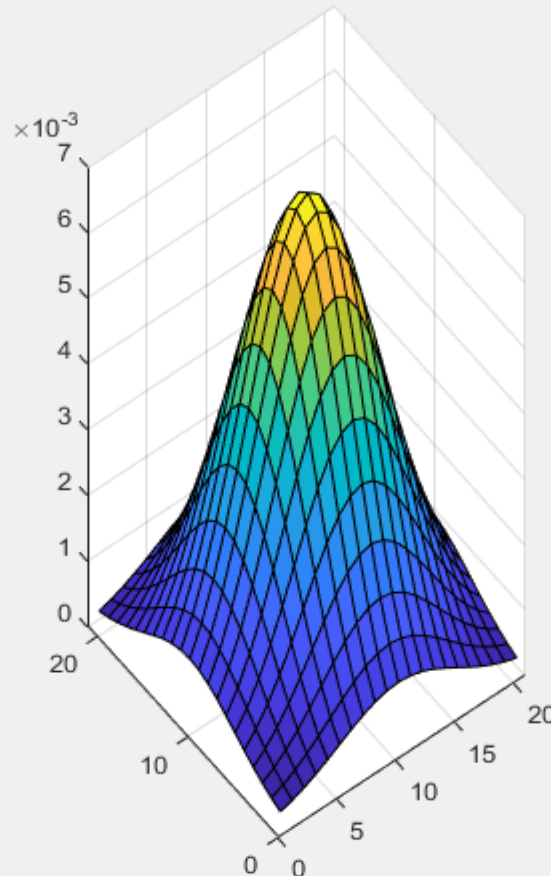


• فیلتر گوسین:

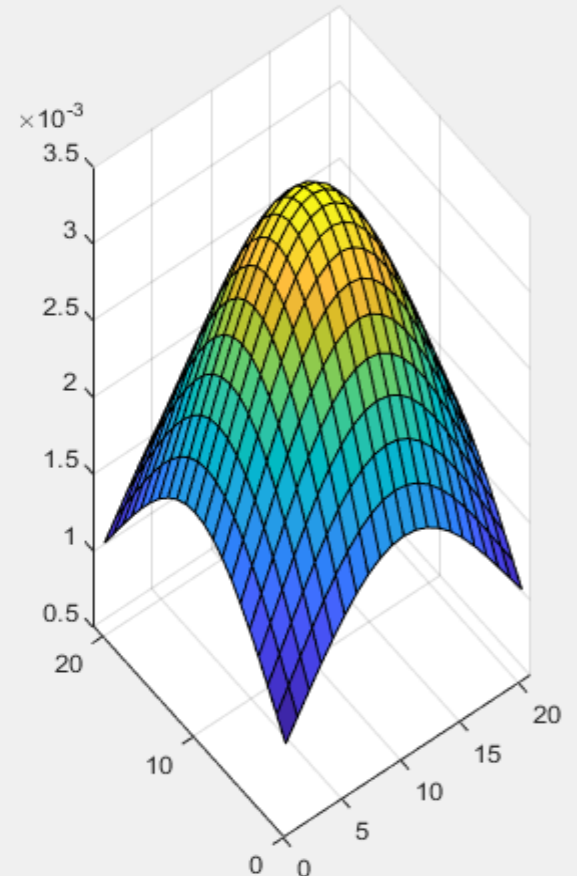
gaussian kernel- sigma =2 and size = 21



gaussian kernel- sigma =5 and size = 21



gaussian kernel- sigma =9 and size = 21



حذف و کاهش نویز

• فیلتر گوسین:

• اعمال فیلتر گوسی به تصویر اولیه مرد عکاس با نقاب 3×3

the original image



the filter image by gaussian filter 3×3



حذف و کاهش نویز

the original image

add gaussian noise to the original image



- فیلتر گوسین:

- مثالی از اعمال فیلتر

گوسی به تصویر مرد

عکاس نویزی شده

- انحراف معیار در هر

دو نقاب ۱ انتخاب

شده است.

the filter image by gaussian filter 3*3

the filter image by gaussian filter 5*5



Enhancement
Jundi Shapur

حذف و کاهش نویز

- فیلتر گوسی اثر نویز را کاهش می‌دهد اما نویز را به طور کامل حذف نمی‌کند. اما فیلتر میانه نویز را تقریباً حذف می‌کند.
- فیلترهای میانگین و گوسی باعث نرم شدن لبه‌ها می‌شوند.
- تقریباً می‌توان ادعا کرد که فیلترهای میانگین و گوسی به نرم L2 و فیلتر میانه از نرم L1 پیروی می‌کنند. لذا فیلترهای میانگین و گوسی نسبت به خطاهای فاحش حساسیت دارند.

Edge Enhancement

بهبود لبه

- فیلترهای ارائه شده در اسلایدهای قبل تا حد مشخصی می‌توانند اثر اطلاعات نامرتب را کاهش دهند.
- یکسری اثرات و مشکلات در تصویر وجود دارد که برای کاهش اثر آنها به فیلترهای پیشرفته‌تری نیاز است.
- عمده این فیلترها بر روی حفظ لبه و بهبود تصاویر در لبه‌ها تمرکز دارند. اگرچه در سایر قسمت‌های تصویر نیز عملکرد مطلوبی دارند.

بهبود لبه

- یکی از فیلترهایی که در بهبود لبه عملکرد خوبی داشته، فیلتر بای لتریال (bilateral) است.
- در این فیلتر نقاب و وزن‌های آن براساس فاصله هندسی و رادیومتریکی تعریف می‌شوند.
- هر چقدر فاصله رادیومتریکی و هندسی کوتاهتر باشد، وزن آن همسایه بالاتر است.
- این فیلتر یک فیلتر غیر خطی است.

• Bilateral Filtering

- در این فیلتر از تابع توزیع گوسی استفاده می کند، اما برخلاف فیلتر گوسی که تنها فاصله هندسی را مبنای وزن های نقاب در نظر گرفته بود، وزن رادیومتریکی را نیز در نظر می گیرد.
- رابطه این فیلتر به صورت زیر است:

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

• Bilateral Filtering

• نقاب این فیلتر عبارتست از:

$$w(x, y, s, t) = \exp\left(-\frac{s^2 + t^2}{2\sigma_d^2} - \frac{\|I(x, y) - I(x + s, y + t)\|^2}{2\sigma_r^2}\right)$$

- که در آن σ_d و σ_r به ترتیب پارامتر کنترل رادیومتریکی و هندسی هستند. برای تصاویر ۸ بیتی معمولاً پارامتر رادیومتریکی ۲۰ و پارامتر کنترل هندسی نصف ابعاد نقاب در نظر گرفته می شود.

the original image



189	188	189	192	187
181	180	179	181	179
26	24	22	24	23
19	18	18	19	19
17	18	17	17	17

بهبود لبه



• Bilateral Filtering

• مثال: یک نقاب 5×5 در تصویر مرد عکاس

$$\sigma_d = 3 \quad \sigma_r = 20$$

0.85	0.88	0.89	0.88	0.85
0.88	0.92	0.95	0.92	0.88
0.89	0.95	1.00	0.95	0.89
0.88	0.92	0.95	0.92	0.88
0.85	0.88	0.89	0.88	0.85

نقاب وزن هندسی

\times

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.98	1.00	1.00	1.00	1.00
0.99	0.98	0.98	0.99	0.99
0.97	0.98	0.97	0.97	0.97

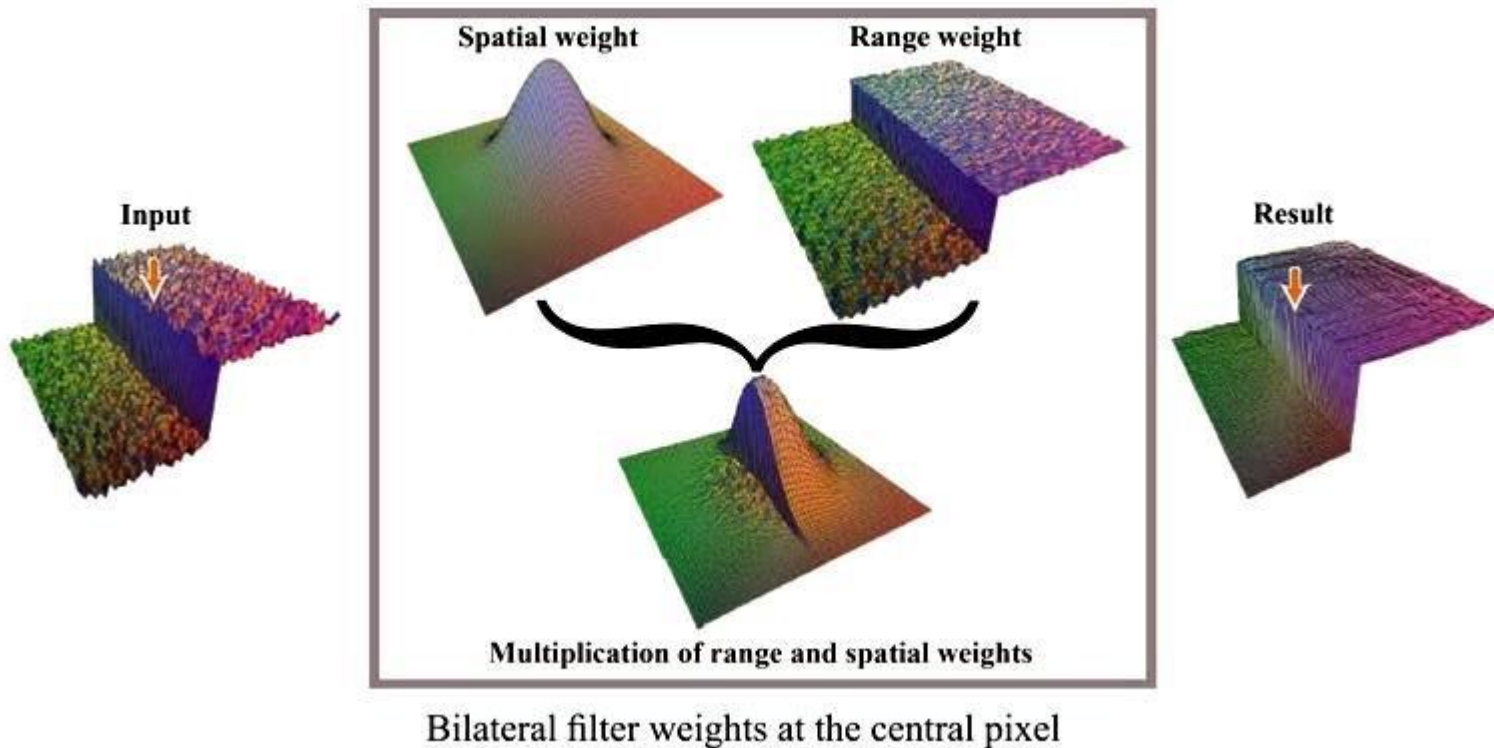
نقاب وزن رادیومتریکی

$=$

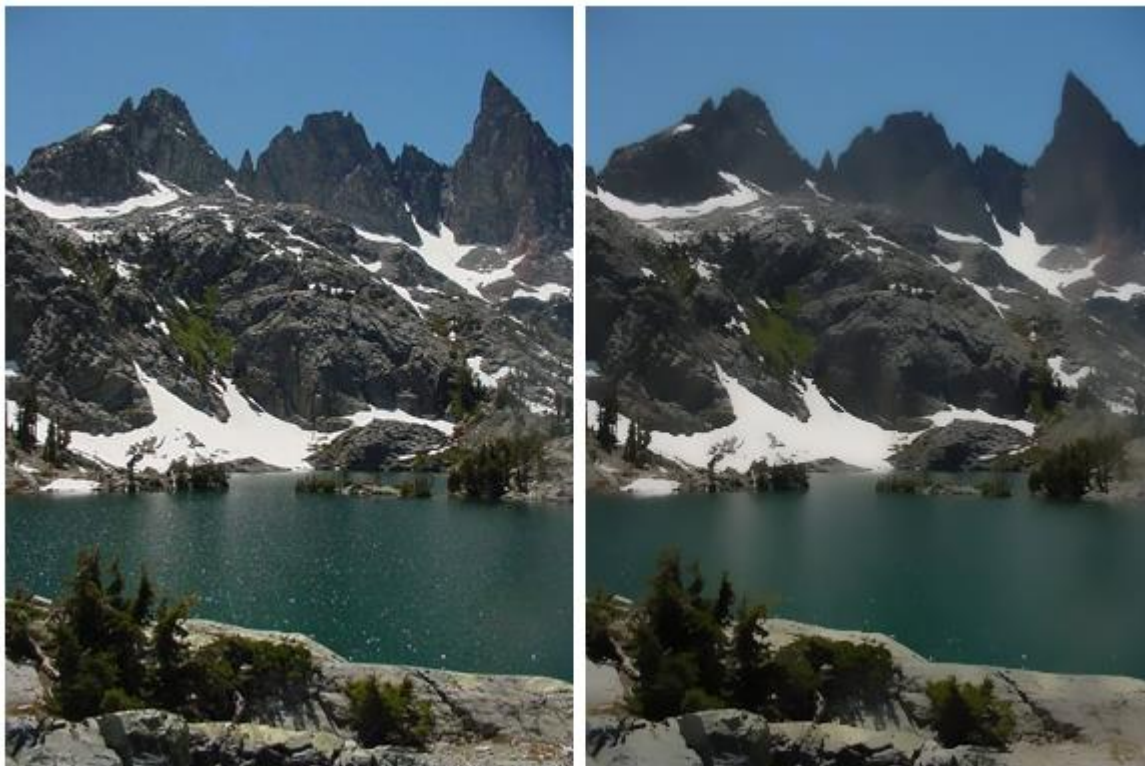
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.88	0.94	1.00	0.94	0.89
0.87	0.91	0.93	0.91	0.87
0.83	0.87	0.87	0.86	0.83

نقاب فیلتر بای لترال

Bilateral Filtering •



Bilateral Filtering •



• بهبود لبه



Original Image

تصویر اصلی



OpenCV's BF (896ms)

بعد از فیلتر بای لترال



Gaussian Blur

بعد از فیلتر گوسی

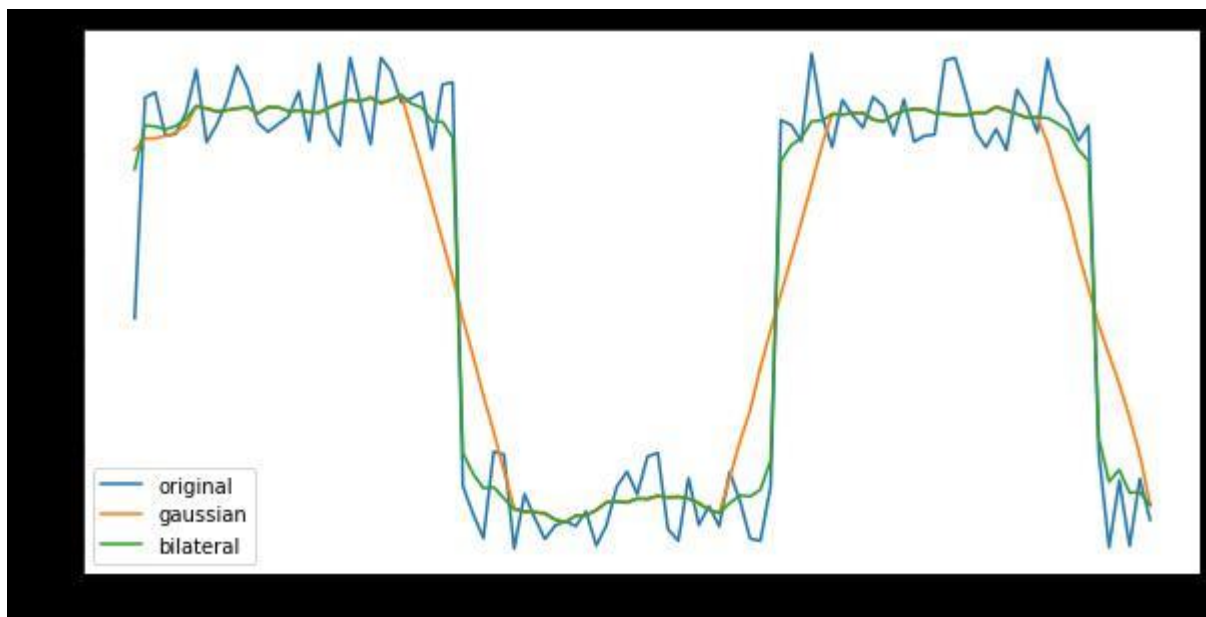


Median Blur

بعد از فیلتر میانه

بهبود لبه

- فیلتر بای لترال اثر ناهمواری‌های تصویر را کاهش داده و تصویر را نرم می‌کند. اما لبه‌ها را حفظ می‌کند.



Color image enhancement

بهبود تصاویر رنگی

- عمده پردازش‌هایی که در اسلایدهای قبل توضیح داده شد مربوط به تصاویر خاکستری (یا به عبارتی تصاویر تک باند) بود.
- برای بهبود تصاویر رنگی با فیلترینگ مکانی، می‌توان مانند بهبود هیستوگرام تصاویر رنگی عمل نمود. به عبارتی استفاده از تبدیلات فضای رنگی.
- اما به طور معمول فرآیندهای پیشین برای هر باند به طور جداگانه انجام می‌گیرد.

بهبود تصاویر رنگی

- برای پردازش تصاویر رنگی ابتدا باندهای طیفی RGB را از هم جدا کنید.
- نوع داده را از int یا uint8 به نوع double تغییر دهید.
- سپس هر باند را بسته به نوع فیلترینگ، پالایش کنید.
- نوع داده باند پالایش شده را به uint8 تغییر دهید.
- و در نهایت باندهای پالایش شده را در کنار هم قرار دهید.

نکات کد نویسی

- حتما حتما حتما قبل از اعمال هر نوع فیلتری نوع داده را از `int` به نوع `double` تغییر دهید.
- در پایان فیلترینگ نیز نوع داده را به `uint8` تغییر دهید.

تمرین شماره ۴ - برنامه نویسی

- برنامه ای بنویسید که در آن بعد از فراخوانی تصویر (هم تصاویر خاکستری و هم رنگی) نتیجه اعمال فیلترهای میانه، میانگین (هم ساده و هم وزن دار) و فیلتر گوسی را نمایش دهد.
- در برنامه هایتان کاربر بتواند ابعاد نقاب را انتخاب کند.
- نتیجه این فعالیت را اجرا کرده و از نتایج آن عکس بگیرید. کدها و عکس را تا جلسه بعد از عید به آدرس noorollah.tatar@gmail.com با موضوع "تمرین شماره ۴ درس پردازش تصویر" ایمیل کنید.

سوال؟