

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

تمرين سرى يك

درس بینایی ماشین

فرهاد دلیرانی

۹۶۱۳۱۱۲۵

dalirani@aut.ac.ir

dalirani.1373@gmail.com

فهرست

۱	ابزارهای استفاده شده
۲	تمرین ۱
۳	تمرین ۲
۵	تمرین ۳
۶	تمرین ۴
۷	تمرین ۵
۸	تمرین ۶
۹	تمرین ۷
۱۷	تمرین ۸
۲۳	تمرین ۹

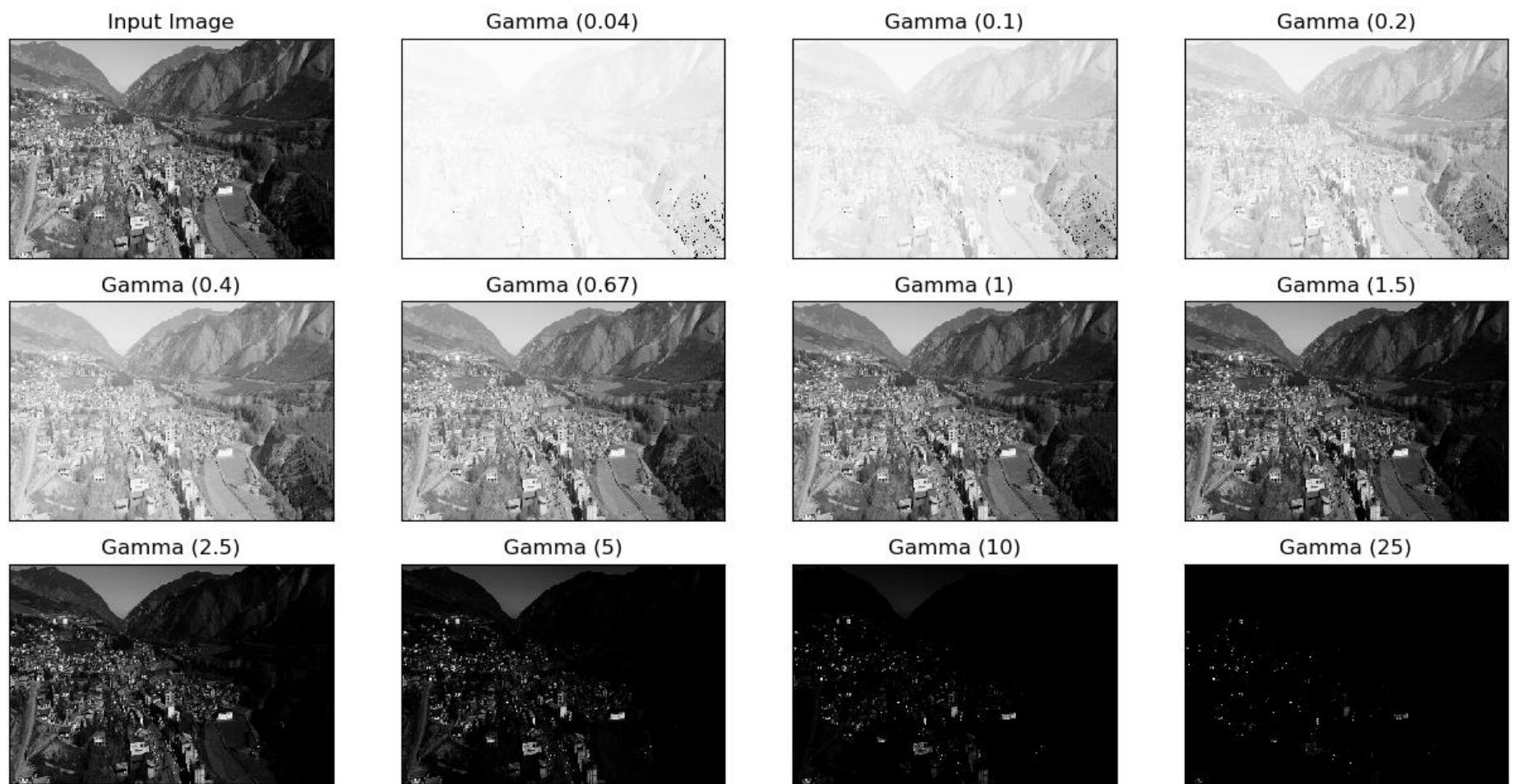
ابزارهای استفاده شده

زبان برنامه نویسی: پایتون ۳.۶

محیط توسعه: PyCharm

سیستم عامل: Windows 10

کدهای این قسمت در `problem-1.py` قرار دارد. در زیر خروجی کد را مشاهده می‌کنید:



تصویر زیر از فصل ۳ و زیر بخش شماره‌ی ۲ کتاب گنزالس برداشته شده است.

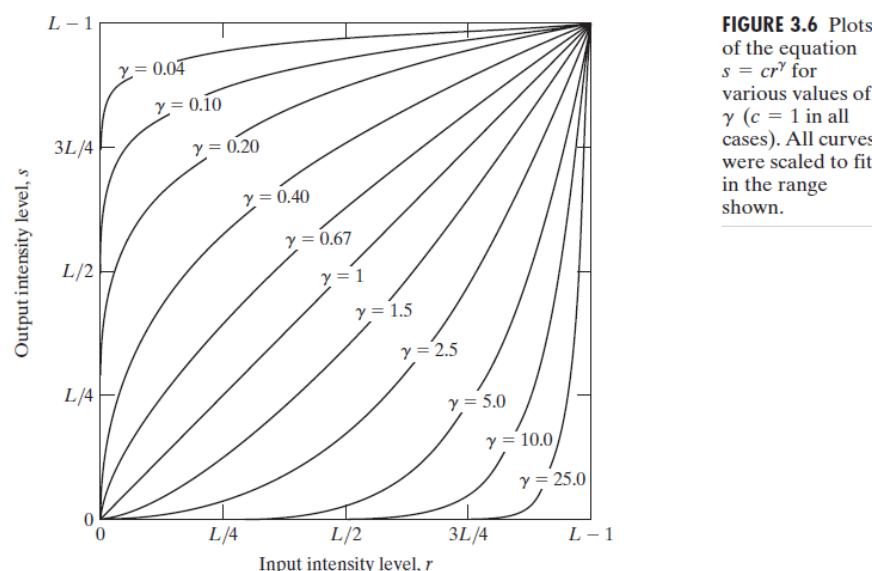
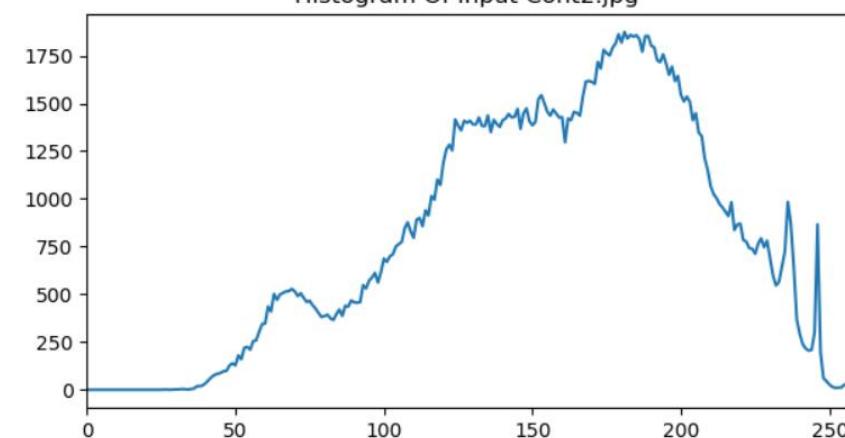
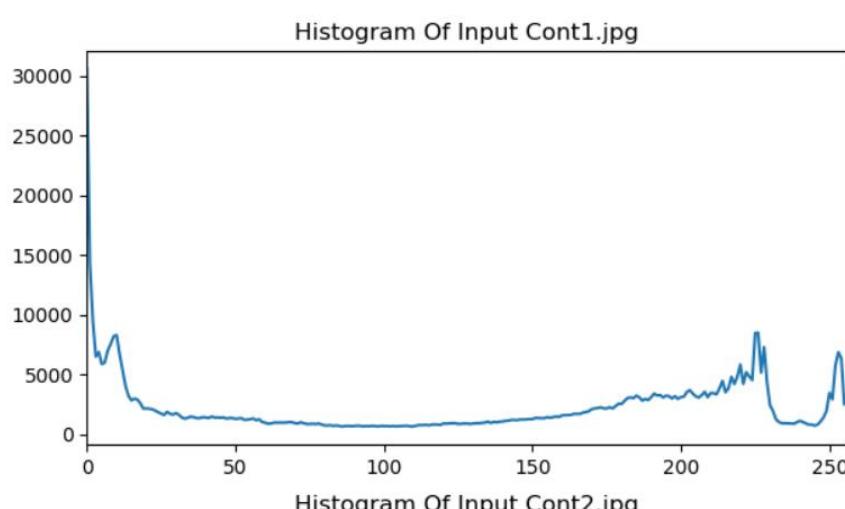
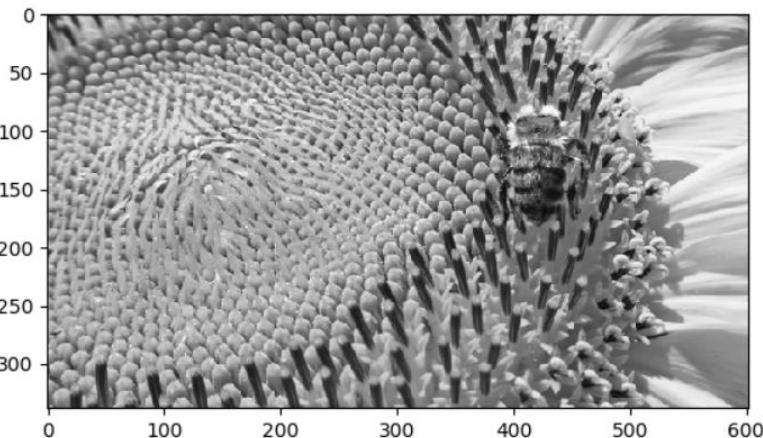


FIGURE 3.6 Plots of the equation $s = cr^\gamma$ for various values of γ ($c = 1$ in all cases). All curves were scaled to fit in the range shown.

همین طور که در نمودار بالا مشاهده می‌شود با کمتر شدن مقدار گاما از یک، ناحیه‌های تاریک در بازه‌ی بزرگی از شدت روشنایی‌ها پخش می‌شود. به همین دلیل در این موارد ناحیه‌های تاریک موجود در تصویر روشن‌تر می‌شوند. این مورد در خروجی حاصل از کد برای گاماهای کمتر از یک قابل مشاهده است. نمودار بالا نشان می‌دهد وقتی گاما بیشتر از یک است ناحیه‌ی روشن در بازه‌ی زیادی از شدت روشنایی‌ها پخش می‌شود و ناحیه‌های تاریک تر می‌شوند. این مورد در تصویر خروجی برای گاماهای بزرگ‌تر از یک قابل مشاهده است. ناحیه‌های مسکونی در تصویر در بازه‌ی روشن از شدت روشنایی قرار دارند و وقتی از گاما با مقدار کمتر از یک استفاده شده است ناحیه‌های سفید روشن‌تر شده‌اند و تمایز بین خانه‌ها کم شده است و همچنین ناحیه‌های تاریکی مانند درختان سمت راست تصویر که جز ناحیه‌های مسکونی نیستند روشن‌تر شده‌اند و جزئیاتشان قابل مشاهده شده است، به همین دلیل گاماهای کمتر از یک مناسب نیست. در گاماهای بیش از یک ناحیه‌های تاریک، تاریک‌تر می‌شوند و ناحیه‌های روشن شدت روشنایی‌شان در بازه‌ی بزرگی پخش می‌شود و این اتفاق خوب است زیرا باعث می‌شود ناحیه‌های تاریکی مانند درختان سمت راست و کوهها تاریک‌تر شوند و به خوبی از ناحیه‌های مسکونی جداسوند. در گاما برابر با ۱,۵ میزان تاریک شدن درختان، مزرعه‌ها و کوهها به اندازه‌ای نیست که سبب تمایز از مکان‌های مسکونی شود. در گاماهای بسیار بزرگ (۲۵ و ۱۰) نقاط غیر مسکونی کاملا سیاه شده است ولی بسیاری از نقاط مسکونی هم سیاه شده است و جزئیات مهمی از مکان‌های مسکونی از بین رفته است. بهترین گاماهای ۲,۵ و ۵ است زیرا کوهها، مزارع و درختان سیاه شده‌اند و قسمت‌های مسکونی شدت روشنایی‌های بالایی دارند. از بین دو گاما ۵ و ۲,۵ که آن‌ها را به عنوان بهترین گاما معرفی کردیم، گاما ۵ عملکرد بهتری داشته است.

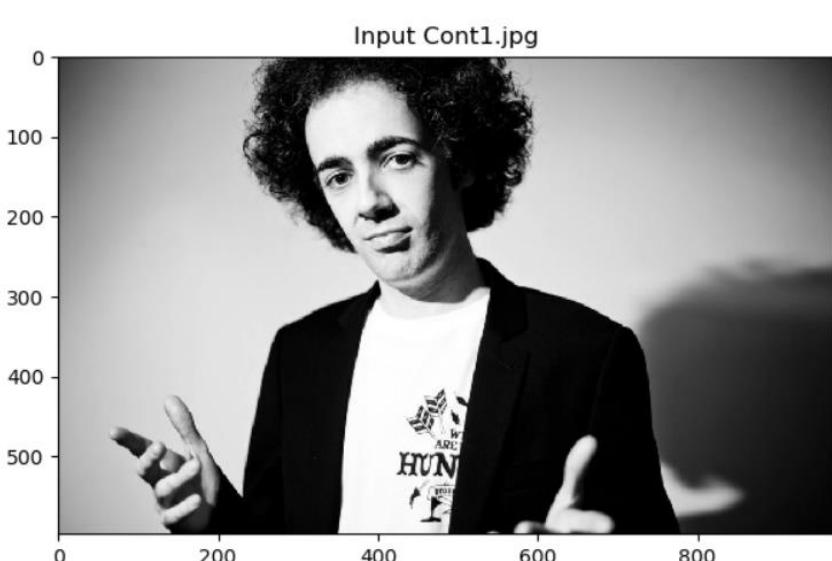
تمرین ۲

کدهای این سوال در فایل `problem-2.py` قرار دارد. ابتدا تصویرها را به صورت سطح خاکستری می‌خوانیم و بعد هیستوگرام آن‌ها را رسم می‌کنیم:

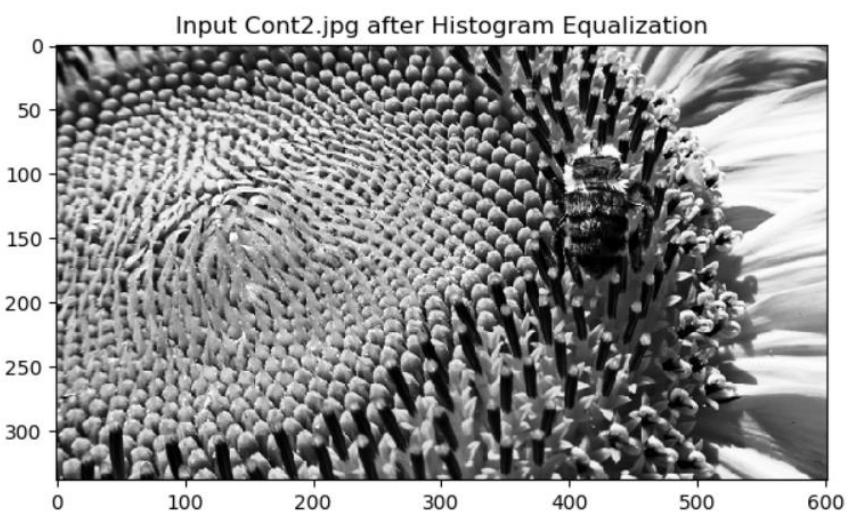
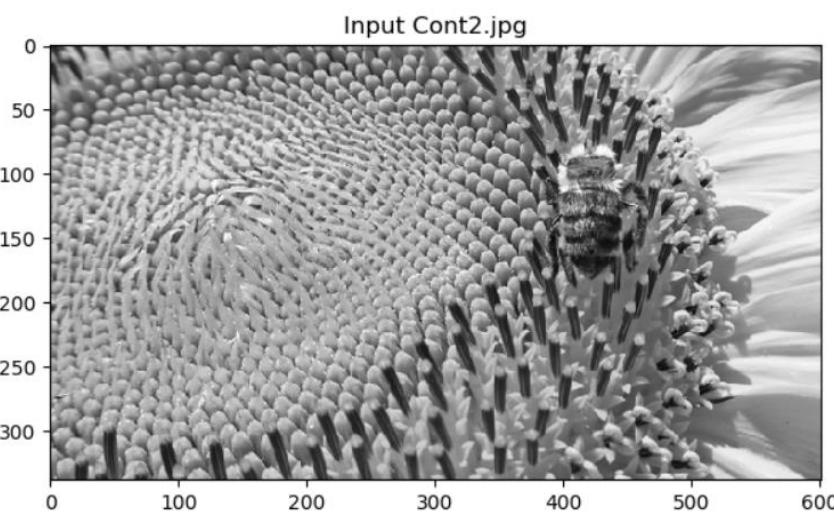


هیستوگرام تصویر `Cont1.jpg` در بیشتر شدت‌های روشنایی به صورت یکنواخت است بجز شدت روشنایی‌های ۰ تا ۲۰ که بسیار بیشتر از سایر شدت روشنایی‌ها استفاده شده است. به همین دلیل از آنجایی که شدت روشنایی‌های ۰ تا ۲۰ بسیار بیشتر از سایر شدت روشنایی‌های دیگر استفاده شده است باید از تبدیلی استفاده کنیم که ناحیه‌های تاریک را در بازه‌ی بزرگی از شدت روشنایی‌ها بگستراند، برای این کار می‌توان از تبدیل توانی با گام‌ای کمتر از یک و یا تبدیل لوگاریتمی استفاده کرد. برای بهبود تصویر `Cont1.jpg` از روش تبدیل تابع توانی با گام‌های مختلف و کمتر از یک و `Histogram Equalization` استفاده کرد. در بین روش‌هایی که آزموده شده، تبدیل توانی با گام‌ای برابر با ۰,۵ از سایر روش‌ها بهتر عمل کرد.

هستوگرام تصویر `Cont2.jpg` نشان می‌دهد شدت روشنایی‌های بین ۰ تا ۴۰ استفاده نشده اند و به طور کلی شدت روشنایی‌های تاریک بسیار کمتر از شدت روشنایی‌های روشن استفاده شده‌اند. به همین دلیل تصویر بسیار روشن و سفید است. تصویر از کنتراست مناسبی برخودار نیست. برای بهبود این موضوع باید از تبدیل‌هایی استفاده کنیم که شدت روشنایی‌های روشن را در بازی بزرگ‌تری بگستراند. برای این کار می‌توان از تبدیل گاما به گام‌ای بزرگ‌تر از یک، تبدیل معکوس لگاریتم استفاده کرد. همچنین می‌توان از `Histogram Equalization` بهره برد. از تمام تبدیل‌هایی که به آن‌ها اشاره شد استفاده کرد که در میان آن‌ها `Histogram Equalization` بهترین عملکرد را داشت. در زیر خروجی‌هایی که را مشاهده می‌کنید.



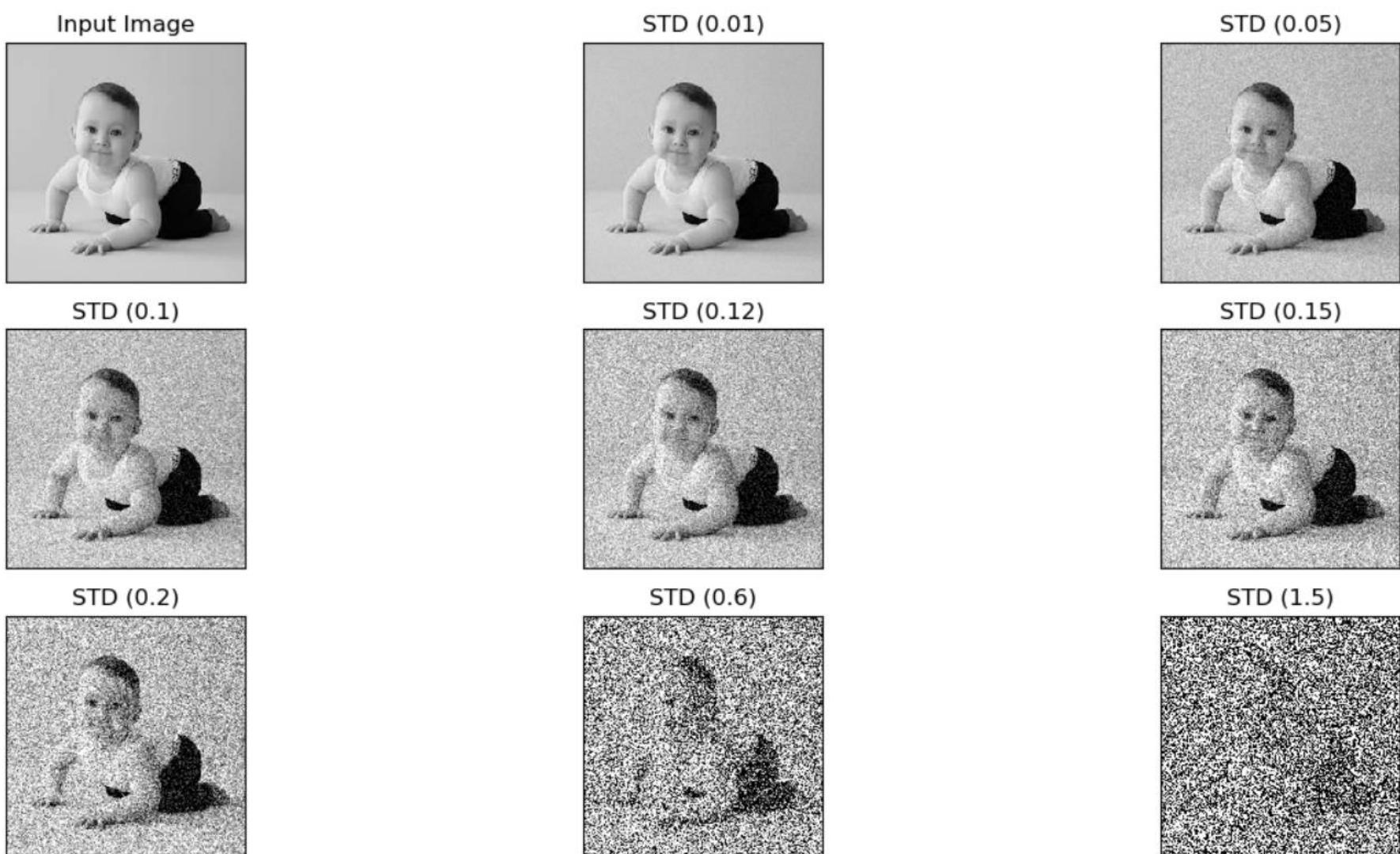
به مشکلات تصویر `Cont1.jpg` در پیش‌تر اشاره شد. در این تصویر قبل از بهبود تمام کت فرد درون تصویر سیاه است و جزئیات و بافت آن مشخص نیست، کف دستش تاریک است و چیزی مشخص نیست، موها بیش کاملاً سیاه دیده می‌شود و جزئیات و بافت آن قابل مشاهده نیست، گوش سمت راست دیده نمی‌شود. تمام این مشکل‌ها در تصویر بعد از بهبود، رفع شده است. بافت و جزئیات کت به خوبی قابل مشاهده است. سوراخ محل دکمه روی کت دیده می‌شود، یقه‌هایی کت قابل مشاهده شده است، محل اتصال آستین‌ها به بدنه‌ی اصلی کت قابل مشاهده است. موهای فرد جزئیات بیشتری نشان می‌دهد، گوش سمت راست دیده می‌شود و



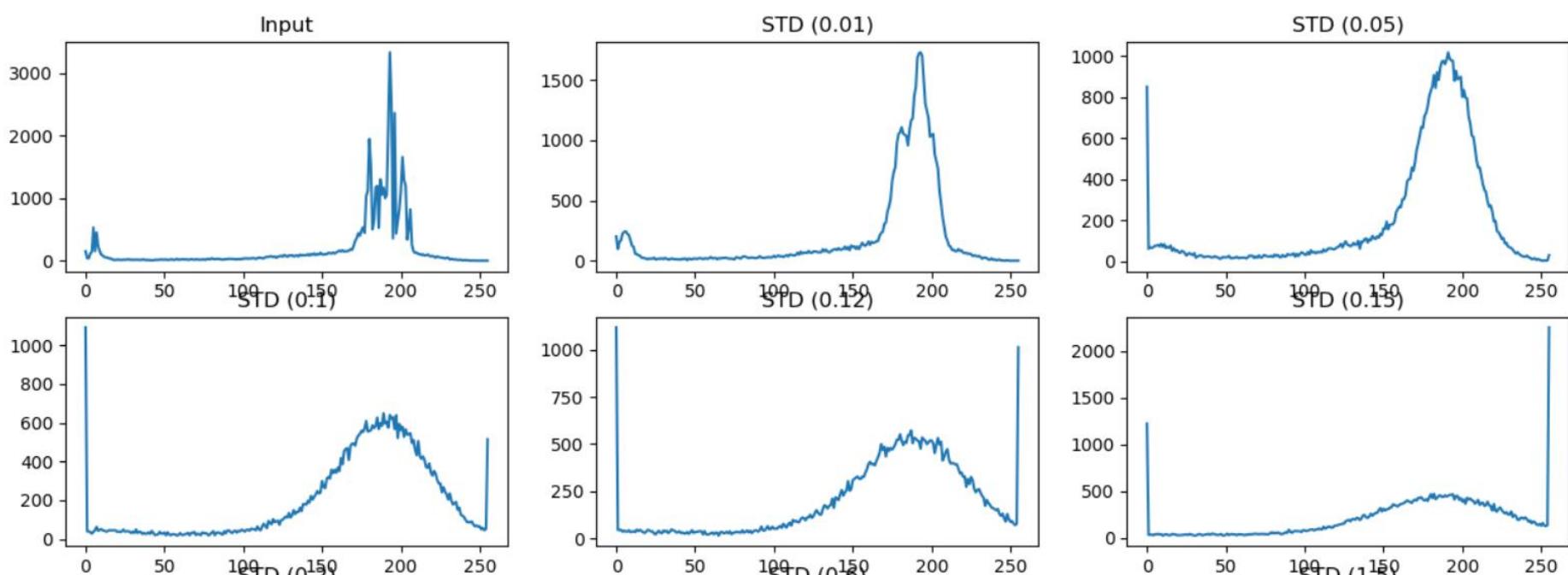
در پیش‌تر به مشکلات تصویر Const2.jpg اشاره کردیم. این تصویر حالت سفید مانند دارد و از بسیاری از شدت روش‌نایی‌های تاریک استفاده نشده است یا کم استفاده شده است. بعد از اعمال یکنواخت سازی هیستوگرام این مشکل برطرف شده است و کنتراست تصویر بهبود یافته است.

تمرین ۳

کد این سوال در `problem-3.py` قرار دارد. در این کد ابتدا تصویر ورودی خوانده می‌شود و سپس تصویرهایی جدید با افزودن نویز گوسی با استفاده انحراف از معیارهای ۰.۰۱، ۰.۰۵، ۰.۱، ۰.۱۲، ۰.۱۵، ۰.۲، ۰.۶، ۱.۵ ساخته می‌شوند. در زیر خروجی حاصل از اجرای کد را مشاهده می‌کنید.



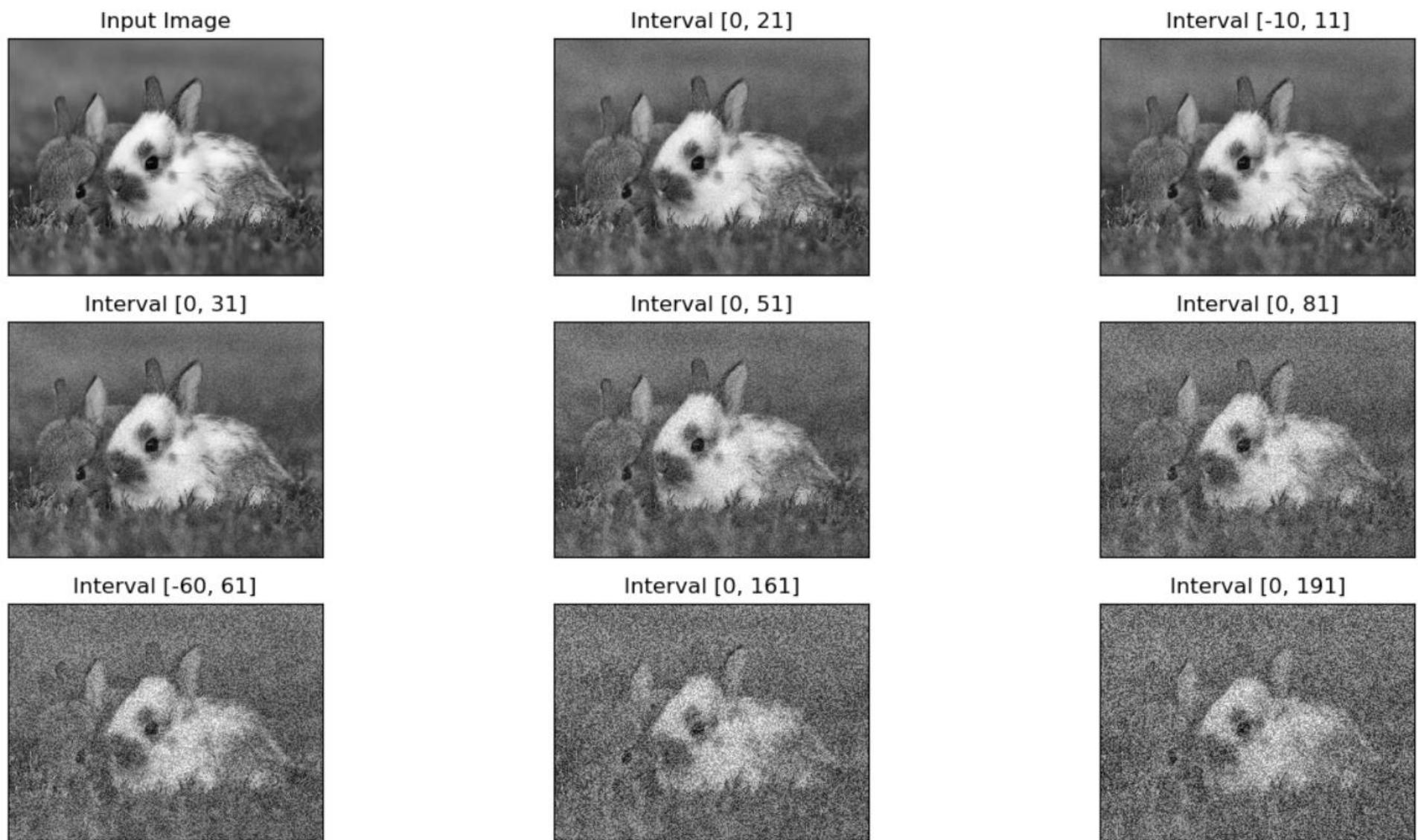
هرچه میزان انحراف از معیار افزایش یافته است، نویز گوسی قوی‌تر شده است به‌طوری‌که در نویز گوسی با انحراف از معیار ۱.۵ چیزی مشخص نیست. همچنین تاثیر افزودن نویز گوسی به هیستوگرام تصویرها را بررسی کردم که در زیر هیستوگرام بعضی از تصویرهای بالا را مشاهده می‌کنید.



همین‌طور که مشاهده می‌شود با افزودن نویز گوسی به تصویر، هیستوگرام تصویر در محل‌های پیک حالت گوسی پیدا می‌کند و هر چه انحراف از معیار بیشتر شده است قله‌ی به وجود آمده در هیستوگرام پهن‌تر شده است. در ابتدا و انتهای بازه‌ی شدت روشنایی در هیستوگرام‌ها، ارتفاع زیاد شده است و آن به دلیل استفاده از **clipping** است. در صورتی که با افزودن نویز به تصویر، شدت روشنایی جدید از بازه‌ی شدت روشنایی‌های تصویر خارج شود به صورت ۰ یا ۲۵۵ در می‌آید.

تمرین ۴

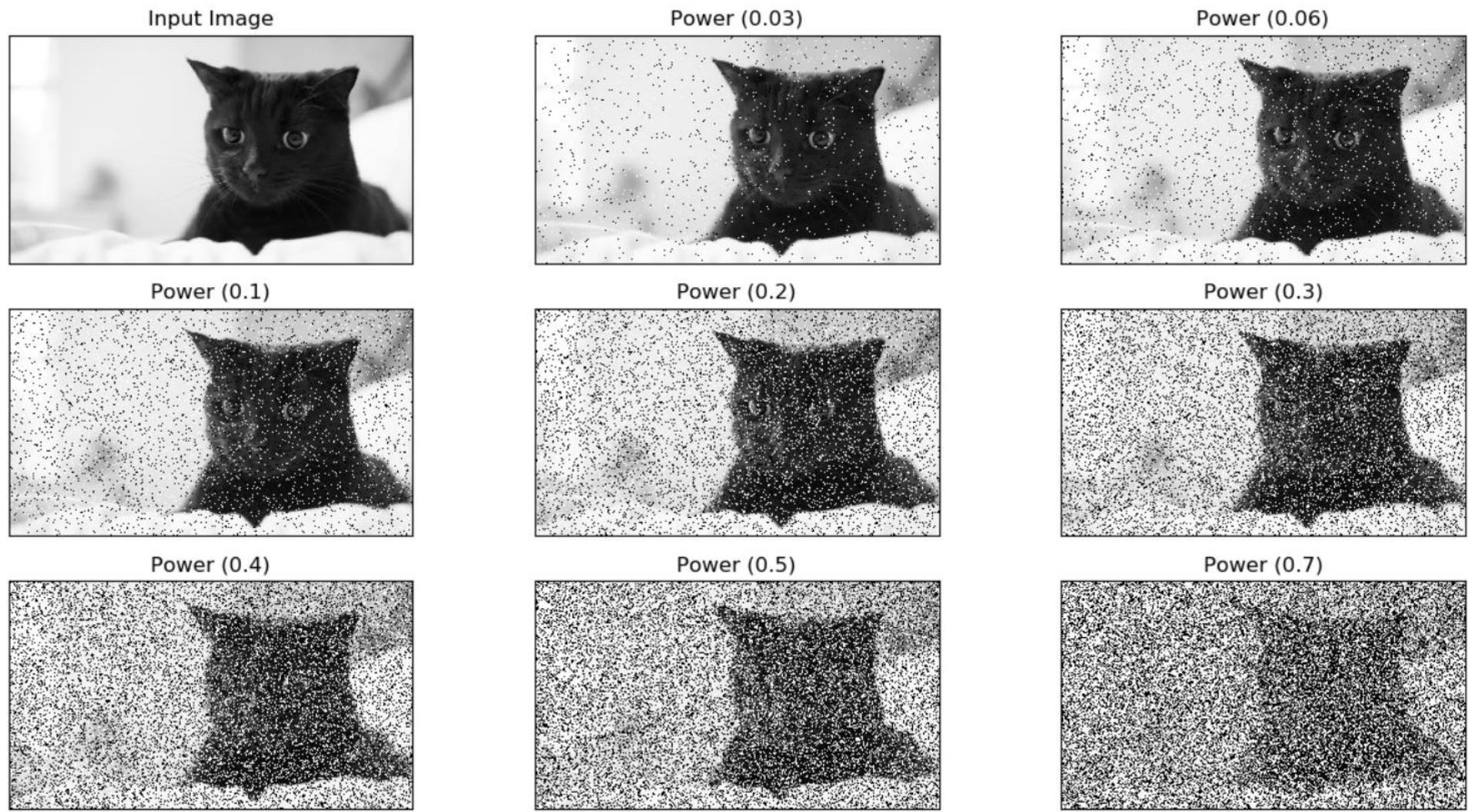
کد این سوال در `problem-4.py` قرار دارد. در این کد تصویرهای جدیدی با افزودن نویز یکنواخت به تصویر ورودی ساخته می‌شود. برای ساخت نویز از هشت بازه‌ی مختلف $[0, 21]$, $[-10, 11]$, $[0, 31]$, $[0, 51]$, $[0, 81]$, $[-60, 61]$, $[0, 161]$, $[0, 191]$ استفاده شده است. در زیر خروجی‌ها حاصل از اجرای کد را مشاهده می‌کنید:



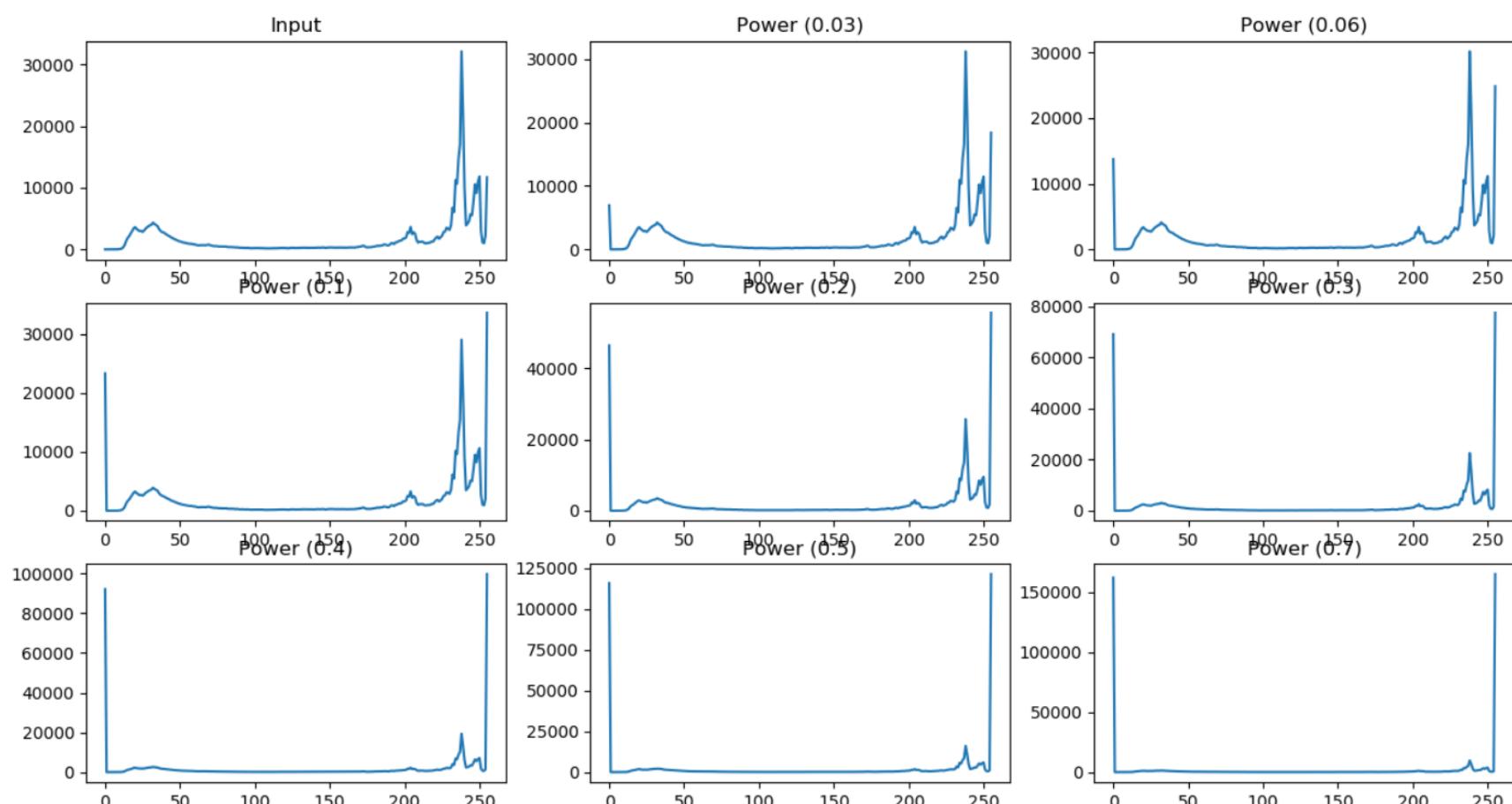
بعد از اعمال نویز به تصویر ممکن است که شدت روشنایی‌های بعضی از نقاط بیش از ۲۵۵ و یا کمتر از ۰ شوند. به همین دلیل بعد از اعمال نویز شدت روشنایی‌های تصویر مقیاس داده می‌شوند تا در بازه‌ی ۰ تا ۲۵۵ درآیند به همین دلیل مهم نیست که میانگین بازه‌ی انتخاب شده منفی یا مثبت باشد. هر چه طول بازه بیشتر شده است شدت نویز بیشتر شده است و تصویر بیشتر دچار تخریب شده است.

تمرین ۵

کدهای این قسمت در `problem-5.py` قرار دارد. در این سوال ۸ تصویر جدید با افودن نویز نمک و فلفل به تصویر ساخته شده‌اند. قدرت نویز نمک و فلفل را می‌توان در بازه‌ی ۰ تا ۱ انتخاب کرد. برای ساخت تصویرهای جدید از نویزهایی با قدرت‌های ۰.۰۳، ۰.۰۶، ۰.۱، ۰.۲، ۰.۳، ۰.۴، ۰.۵، ۰.۷ استفاده شده است. در تصویر زیر خروجی کد را مشاهده می‌کنید:



همین‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش قدرت نویز نمک و فلفل از ۰ به ۱ میزان نویز بیشتر شده است و تصویر بیشتر دچار تخریب شده است. برای بررسی تاثیر افزایش قدرت نویز، هیستوگرام تصویرها را رسم کرده‌ام:



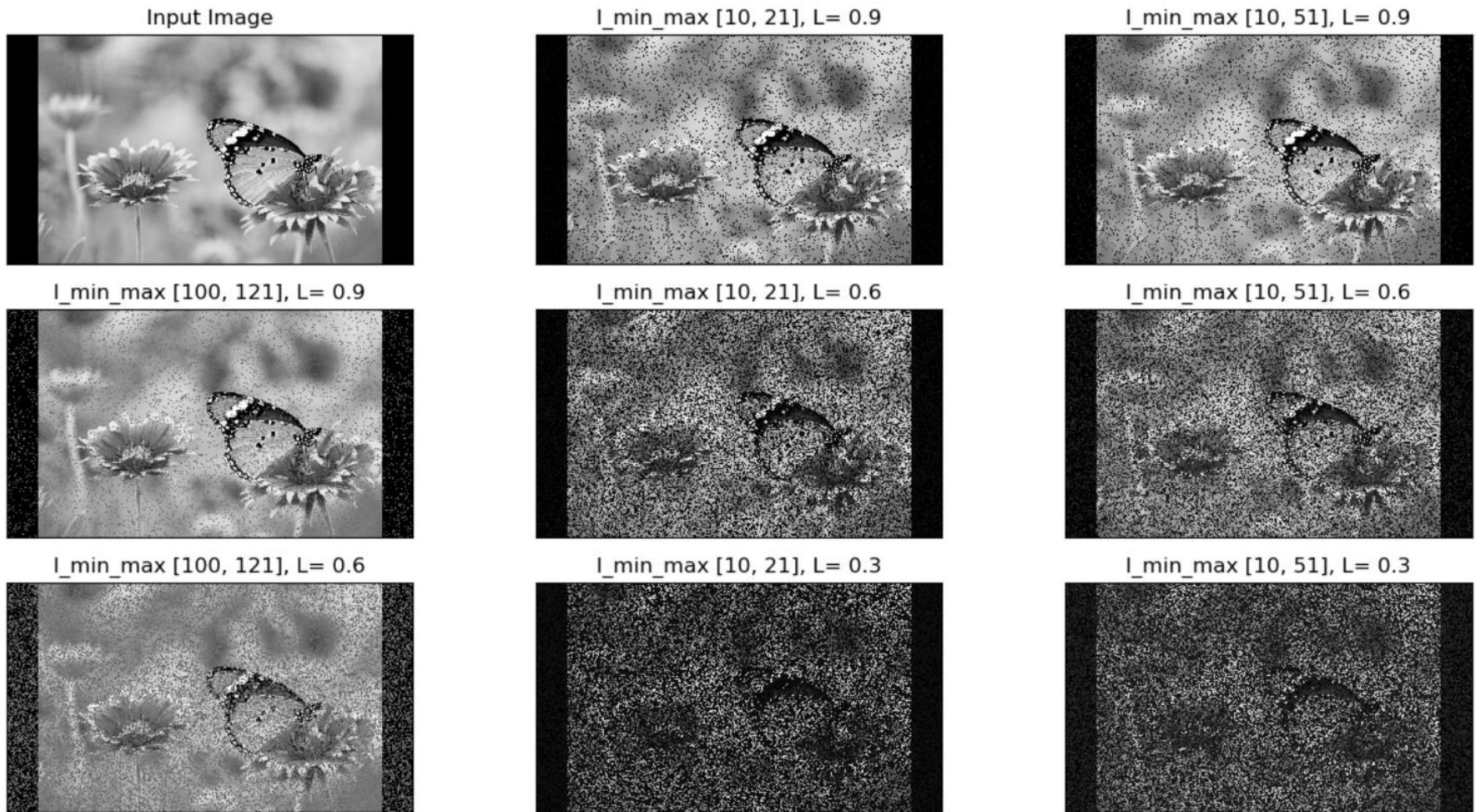
هرچه قدرت نویز از صفر به سمت یک افزایش پیدا کرده است، میزان استفاده از شدت روشنانی‌های ۰ و ۲۵۵ افزایش پیدا کرده است و از میزان استفاده از سایز شدت روشنانی‌ها کاسته شده است.

تمرین ۶

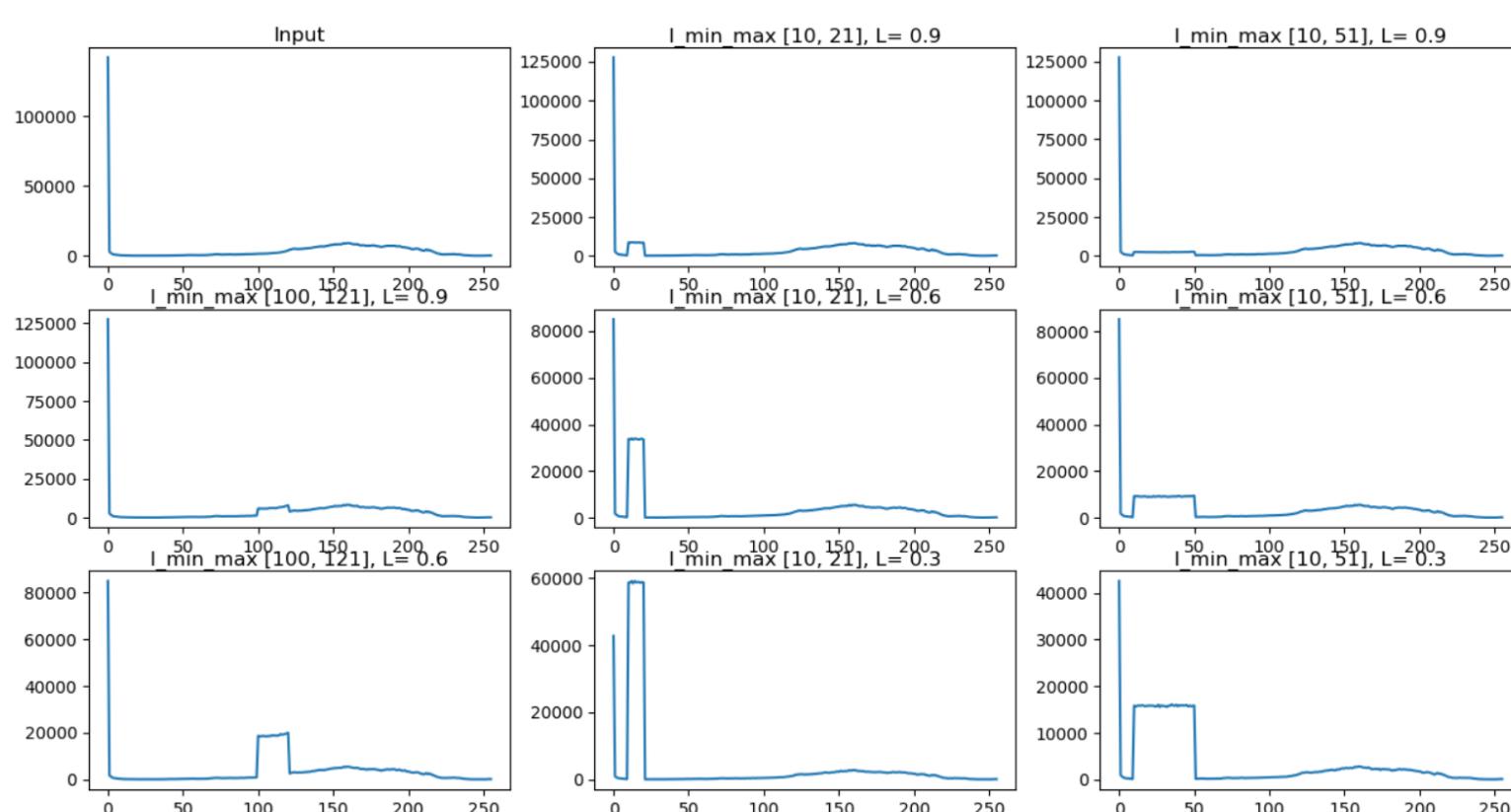
کدهای این سوال در `problem-6.py` قرار دارد. در این کد بر اساس فرمول زیر از نویز `strike` استفاده شده است:

$$f_{\text{Im}}(m, n) = \begin{cases} f(m, n) & \text{تصویر پاک} \\ i_{\min} + (i_{\max} - i_{\min})y & \text{تصویر نویزی} \end{cases} \quad \begin{array}{l} x < l \\ x \geq l \end{array}$$

X و Y دو متغیر تصادفی یکنواخت بین صفر و یک است. هر چه i_{\min} و i_{\max} پارامترهای نویز هستند. در زیر خروجی کد را به ازای پارامترهای مختلف مشاهده می‌کنید.



هرچه میزان $|L|$ کمتر شده است، میزان نویز درون تصویر افزایش یافته است. هر چه i_{\min} افزایش یافته است شدت روشنایی نویز افزوده شده به تصویر نیز افزایش یافته است. برای بررسی بیشتر این نویز، هیستوگرام مربوط به تصویر ورودی و تصویرهای نویزی را رسم می‌کنیم.



اثر موج ضربه‌ای در هیستوگرام‌های تصویرهای نویزی نسبت هیستوگرام تصویر ورودی بدون نویز به خوبی مشخص است. در تصویرهای نویزی بخشی از هیستوگرام مانند مستطیل برآمده شده که هر چه میزان L کمتر شده است ارتفاعش بیشتر شده است و هر چه i_{\min} افزایش یافته است این برآمدگی مستطیل شکل به سمت راست حرکت کرده است و هرچه اختلاف $i_{\max} - i_{\min}$ بیشتر شده است پهنای برآمدگی بیشتر شده است.

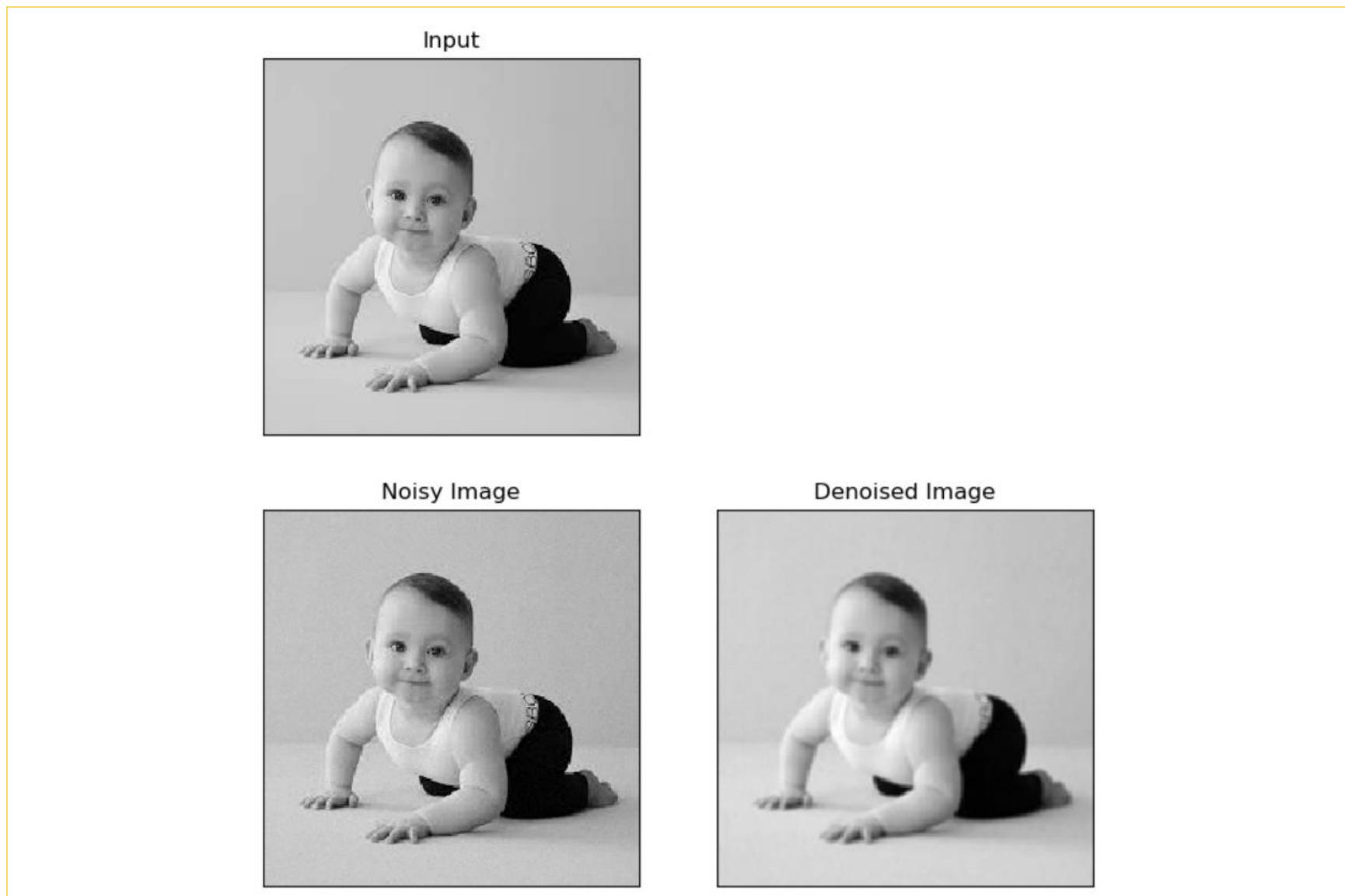
تمرین ۷

کدهای این سوال در `problem-7.py` قرار دارد. در سوال‌های قبل خواسته شده بود ۴ تصویر نویزی با استفاده از چند نوع نویز بسازیم ولی برای تحقیق بیشتر در سوال‌های قبل برای هر نویز بیش از ۴ تصویر نویزی ایجاد شد. ولی در این سوال از همان چهار تصویر نویزی که در سوال به آن اشاره شده است استفاده می‌کنیم. تصویرهای نویزی مختلف ایجاد شده در سوال‌های قبل را در پوشه‌ی "noisy_images" ذخیره کردیم. اکنون از آن تصاویر استفاده می‌کنیم و با اعمال فیلتر مناسب و کانوالو کردن آن با تصویر سعی می‌کنیم نویزها را از بین ببریم.

یکی از روش‌های مناسب برای از بین بردن نویز گوسی بلور کردن تصویر است. در صورتی که نویز وارد شده میانگینش صفر باشد با میانگین گیری از یک ناحیه می‌توان انتظار داشت تخمین خوبی از مقدار واقعی پیکسل بزنیم. به این موضوع در کتاب گنزالس اشاره شده است. به این منظور از فیلتر زیر استفاده شده است:

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

در ۴ تصویر زیر، چهار تصویر نویزی شده و تصویرهای رفع نویز شده‌ی آن‌ها را مشاهده می‌کنید:



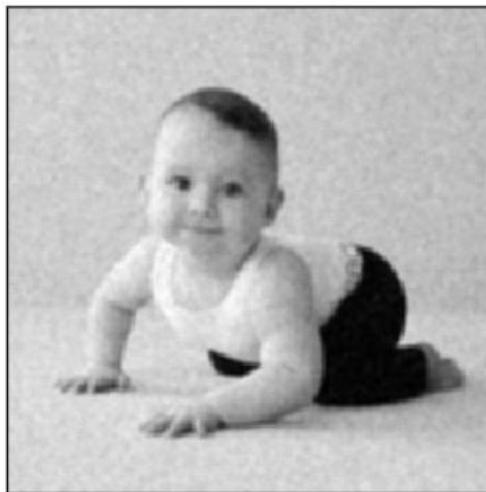
Input



Noisy Image



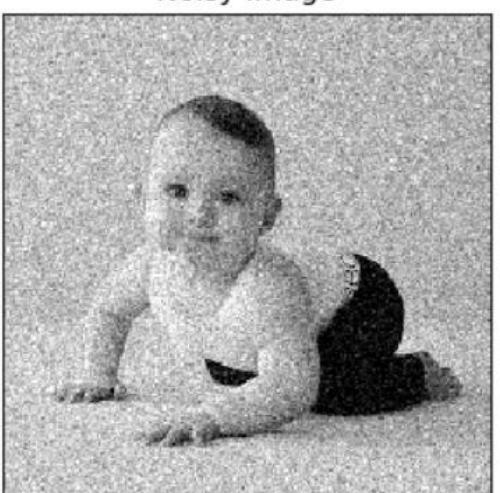
Denoised Image



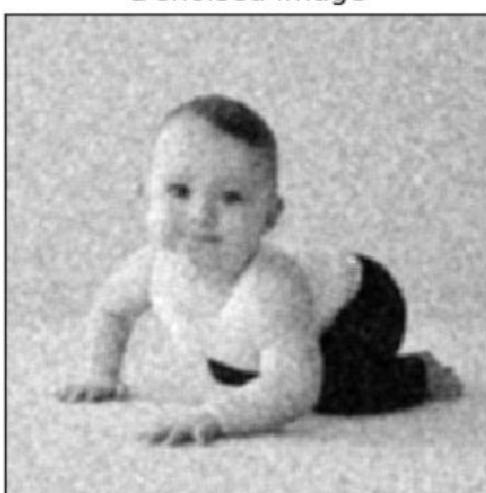
Input

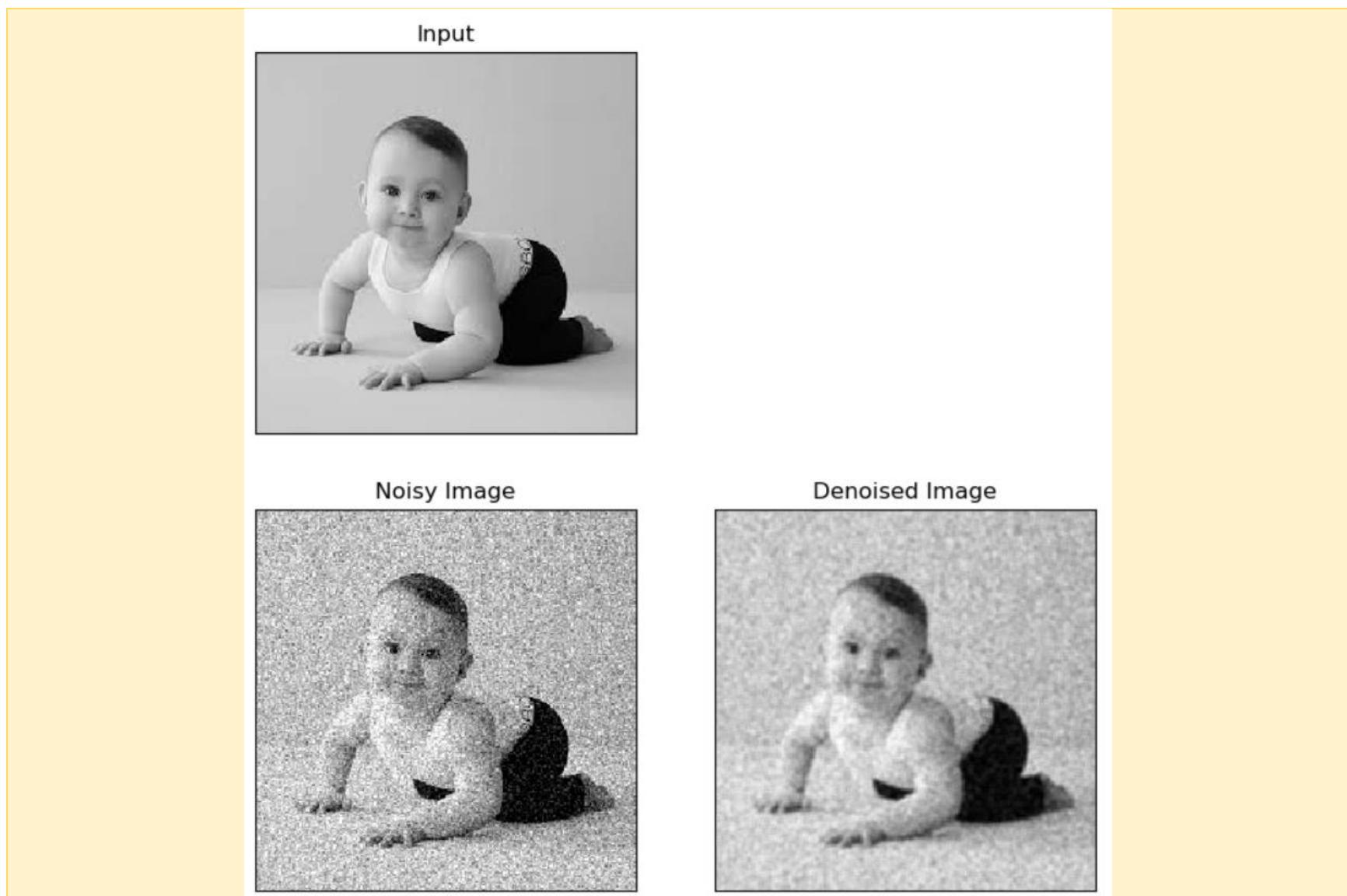


Noisy Image



Denoised Image





همین طور که مشاهده می شود، هر چه نویز قوی تر شده است، عملکرد فیلتر انتخابی ضعیفتر شده است.

یکی از روش های مناسب برای از بین بردن نویز یکنواخت بلور کردن تصویر است. نویز یکنواخت یک نویز **addictive** است که باعث تغییر شدت روشنایی های بعضی از پیکسل ها در تصویر می شود. در یک همسایگی پیکسل های زیادی دچار تغییر می شوند که در حوزه های فرکانس (حوزه های فوریه) این تغییرات کوچک معادل فرکانس های بالا می شود که برای از بین بردن اثر این فرکانس های بالا می توان از فیلتر هایی استفاده کرد که فرکانس پایین را عبور می دهند که این فیلترها در حوزه های مکان معادل فیلتر های بلور کردن تصویر اند. به این منظور از فیلتر بلور کردن وزن دار زیر استفاده شده است:

$$\begin{matrix} 1/24 & 2/24 & 1/24 \\ 2/24 & 4/24 & 2/24 \\ 1/24 & 2/24 & 1/24 \end{matrix}$$

در ۴ تصویر زیر، چهار تصویر نویزی شده و تصویرهای رفع نویز شده ای آن ها را مشاهده می کنید:

Input



Noisy Image



Denoised Image



Input

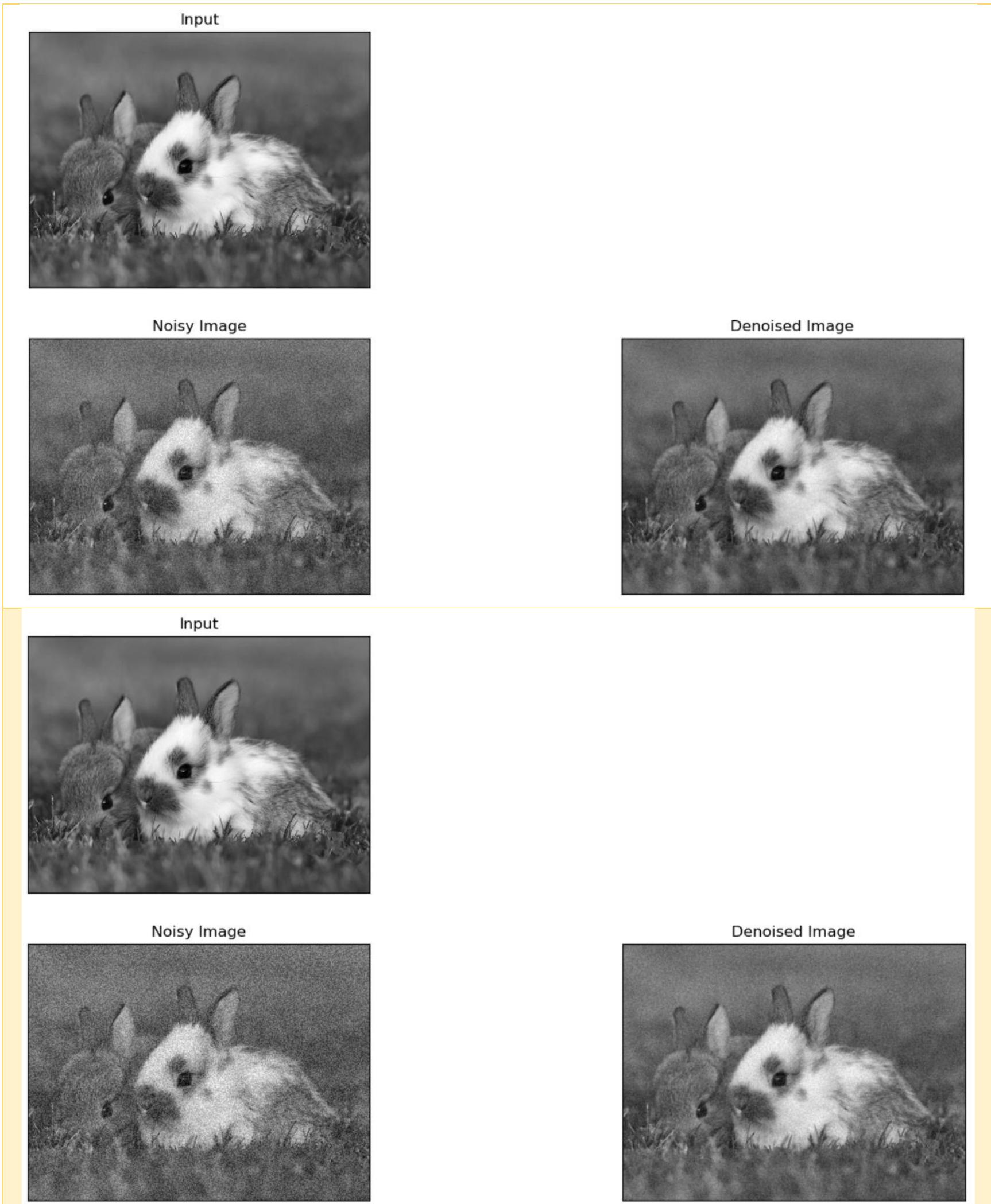


Noisy Image



Denoised Image





همین طور که مشاهده می شود، هر چه نویز قوی تر شده است، عملکرد فیلتر انتخابی ضعیفتر شده است. فیلتر انتخاب شده عملکرد بسیاری خوبی در هنگام رفع نویز از خود نشان می دهد.

یکی از روش‌های مناسب برای از بین بردن نویز نمک و فلفل استفاده از فیلترهای First Order مانند میانه است. نویز نمک و فلفل در یک همسایگی به این صورت رخ می دهد که مقدار شدت روشنایی یک پیکسل بسیار زیاد و یا بسیار کم می شود. با توجه به قدرت نویز پراکندگی این نقاط با شدت روشنایی های تغییر پیدا کرده متفاوت است ولی در بیشتر مواقع به دلیل پراکندگی زیاد می توان آنها را با استفاده از فیلتر میانه حذف کرد. کرنل میانه انتخاب شده 3×3 است.

در ۴ تصویر زیر، چهار تصویر نویزی شده و تصویرهای رفع نویز شده‌ی آنها را مشاهده می کنید:

Input



Noisy Image



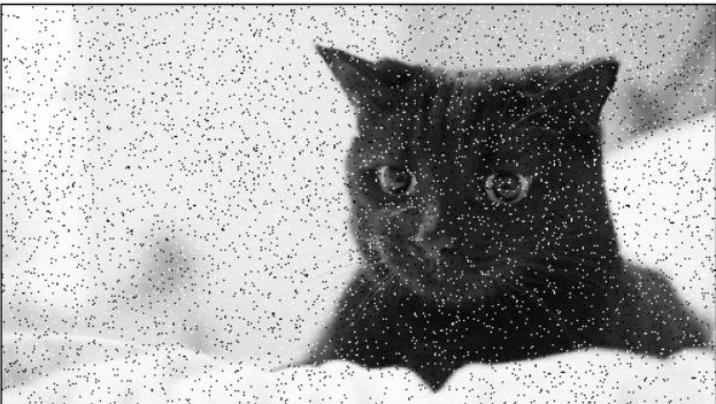
Denoised Image



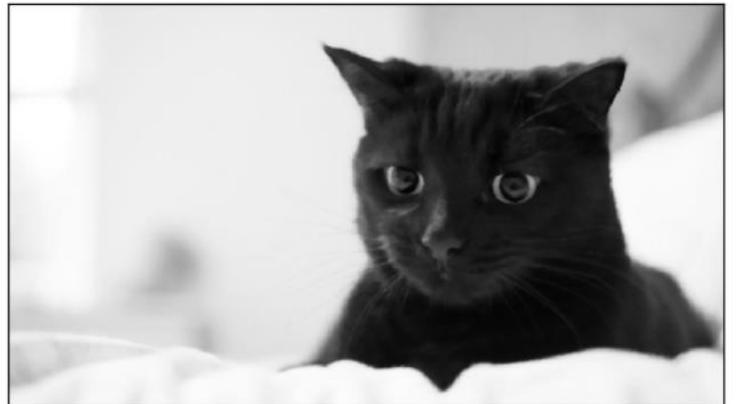
Input



Noisy Image



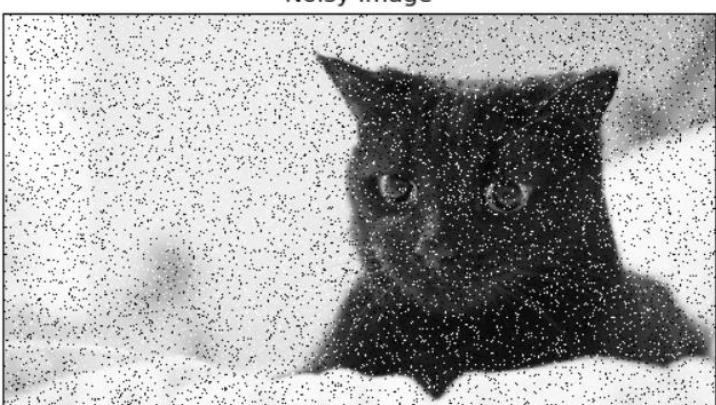
Denoised Image



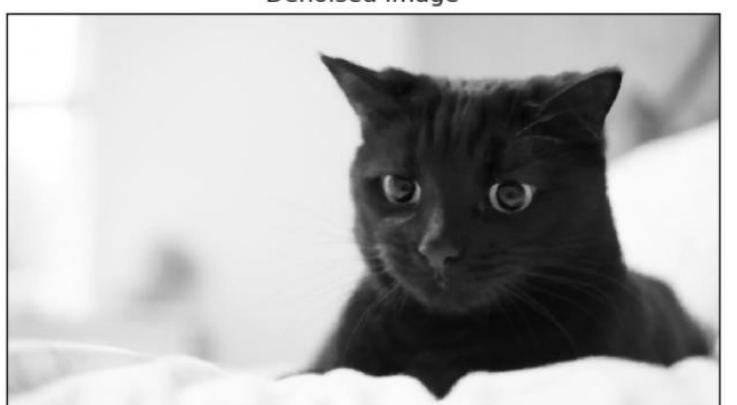
Input

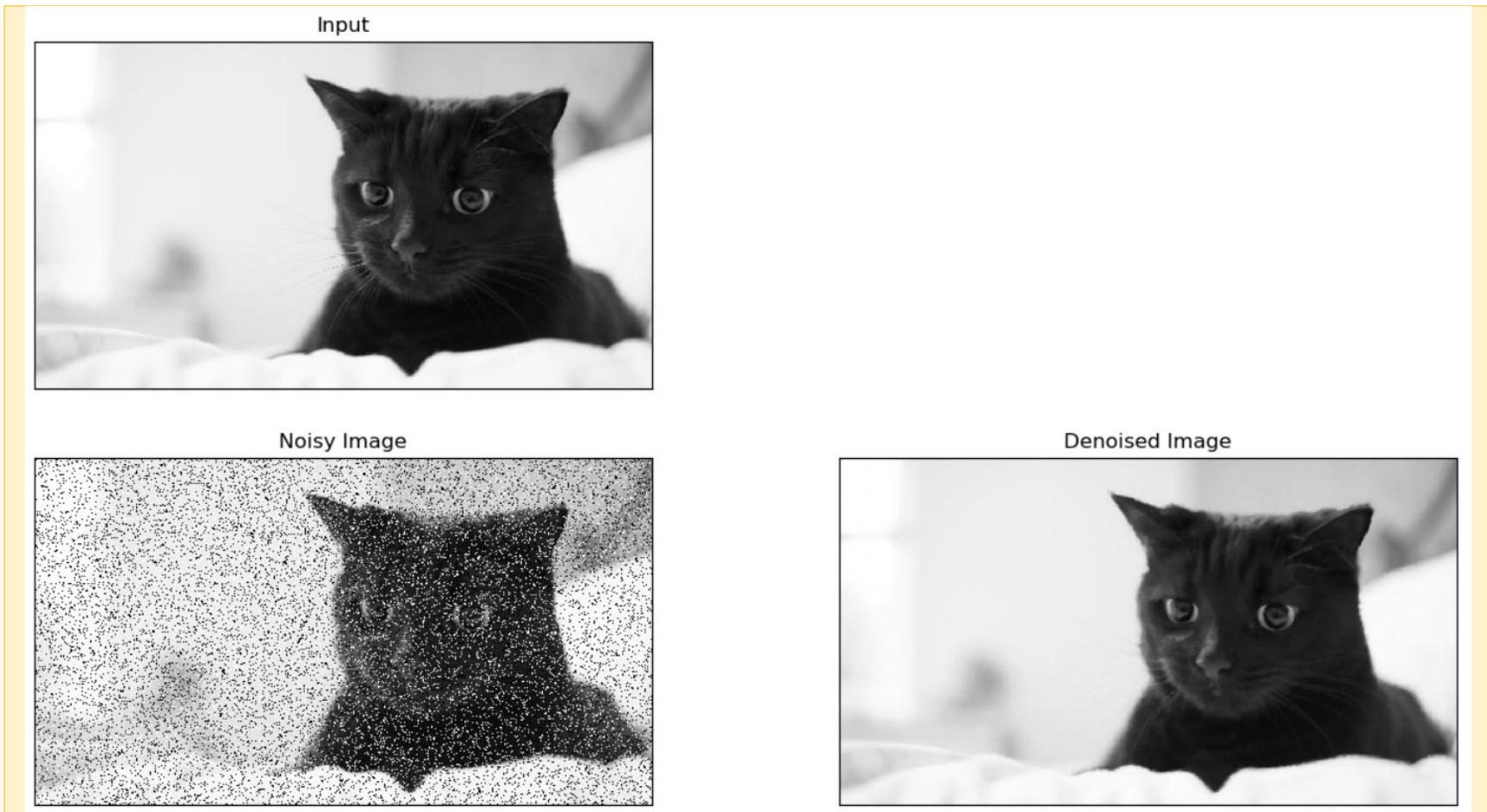


Noisy Image



Denoised Image

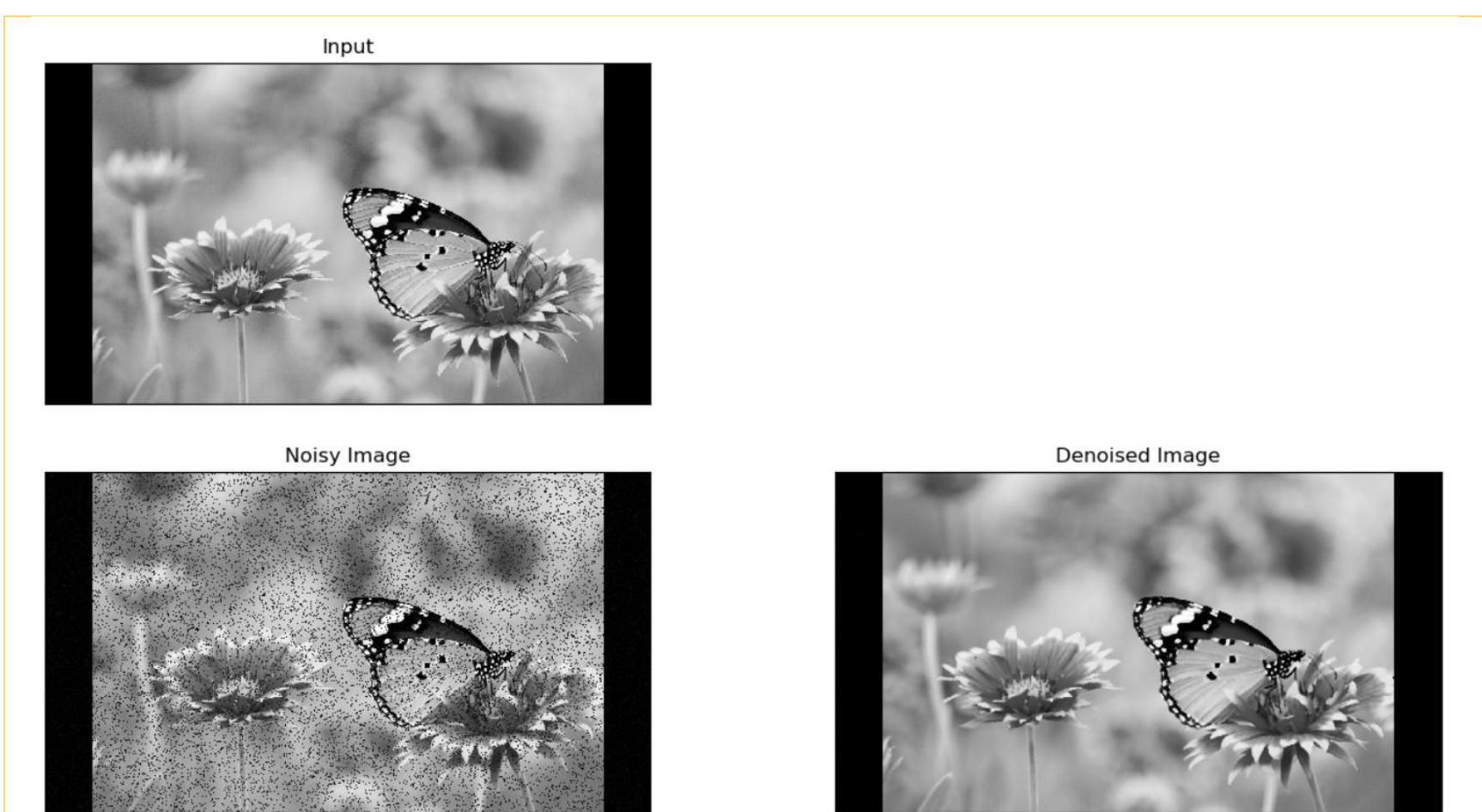


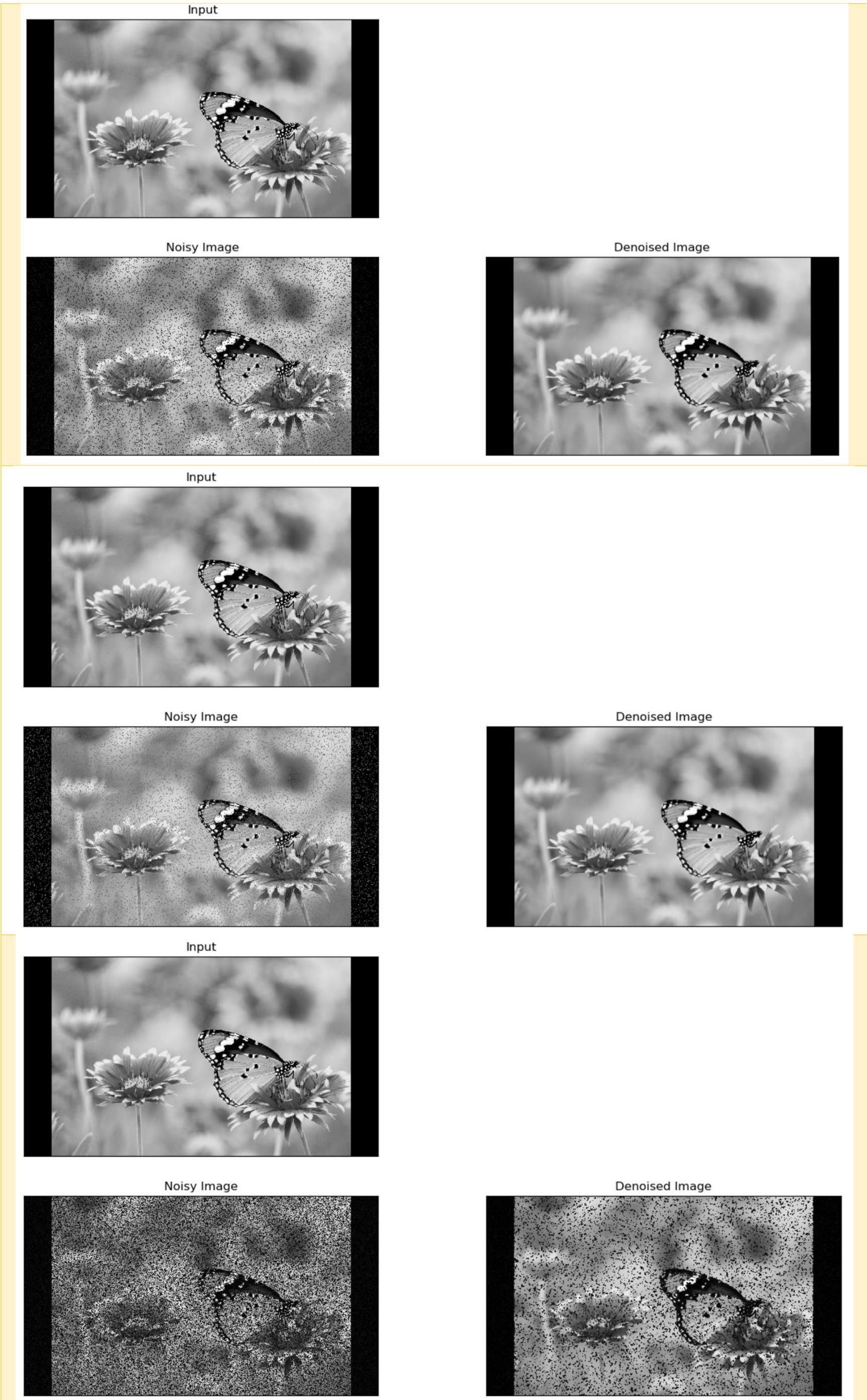


فیلتر انتخاب شده عملکرد بسیاری خوبی در هنگام رفع نویز از خود نشان می‌دهد.

یکی از روش‌های مناسب برای از بین بردن نویز **strike** استفاده از فیلترهای First Order مانند میانه است. نویز **strike** در یک همسایگی به این صورت رخ می‌دهد که مقدار شدت روشنایی یک پیکسل دچار تغییرات زیادی می‌شود. با توجه به قدرت نویز پراکندگی این نقاط با شدت روشنایی‌های تغییر پیدا کرده متفاوت است ولی در بیشتر مواقع به دلیل پراکندگی زیاد می‌توان آن‌ها را با استفاده از فیلتر میانه حذف کرد. کرنل میانه انتخاب شده 5×5 است.

در ۴ تصویر زیر، چهار تصویر نویزی شده و تصویرهای رفع نویز شده‌ی آن‌ها را مشاهده می‌کنید:





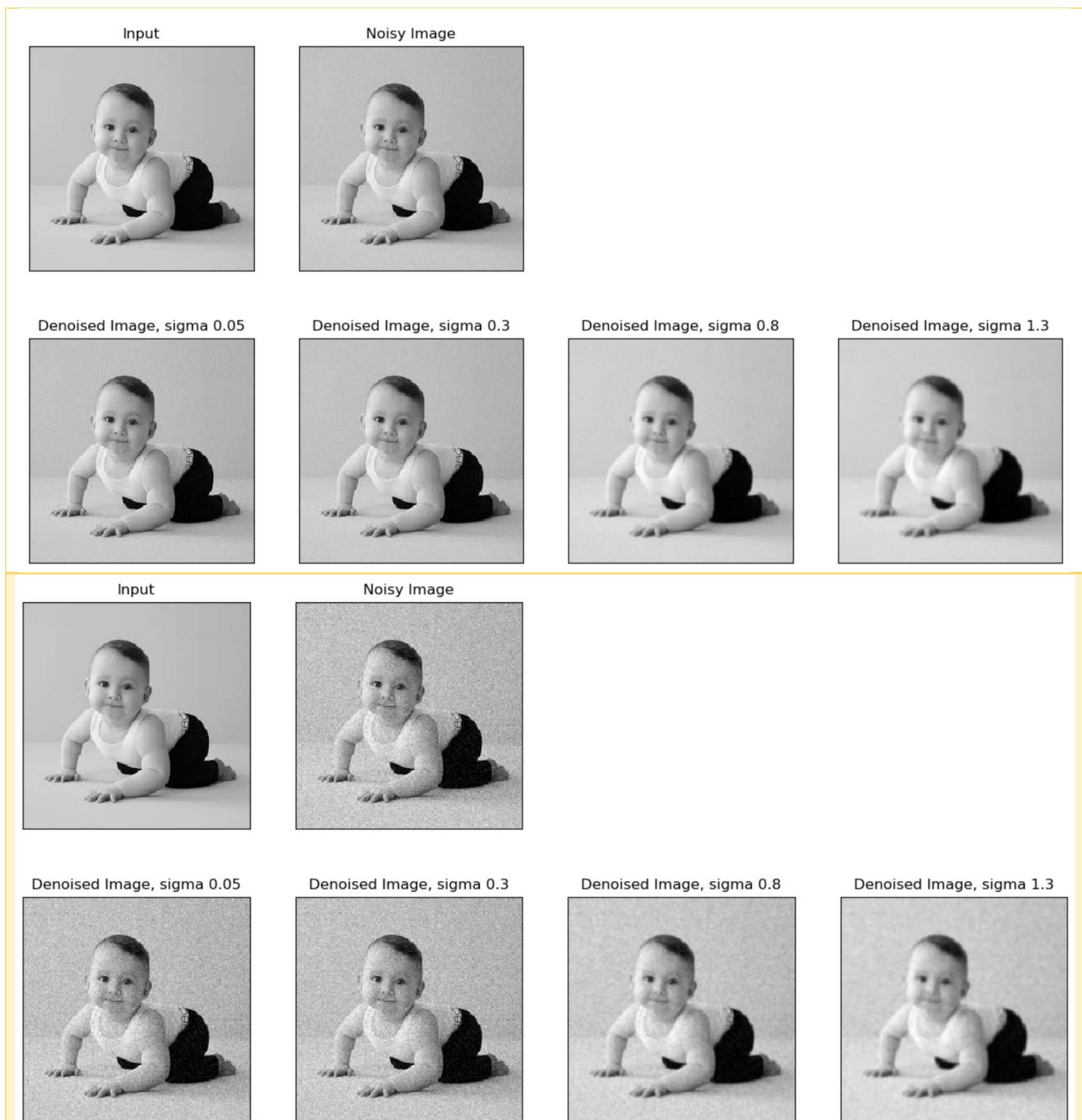
فیلتر انتخاب شده عملکرد بسیاری خوبی در هنگام رفع نویز از خود نشان می‌دهد.

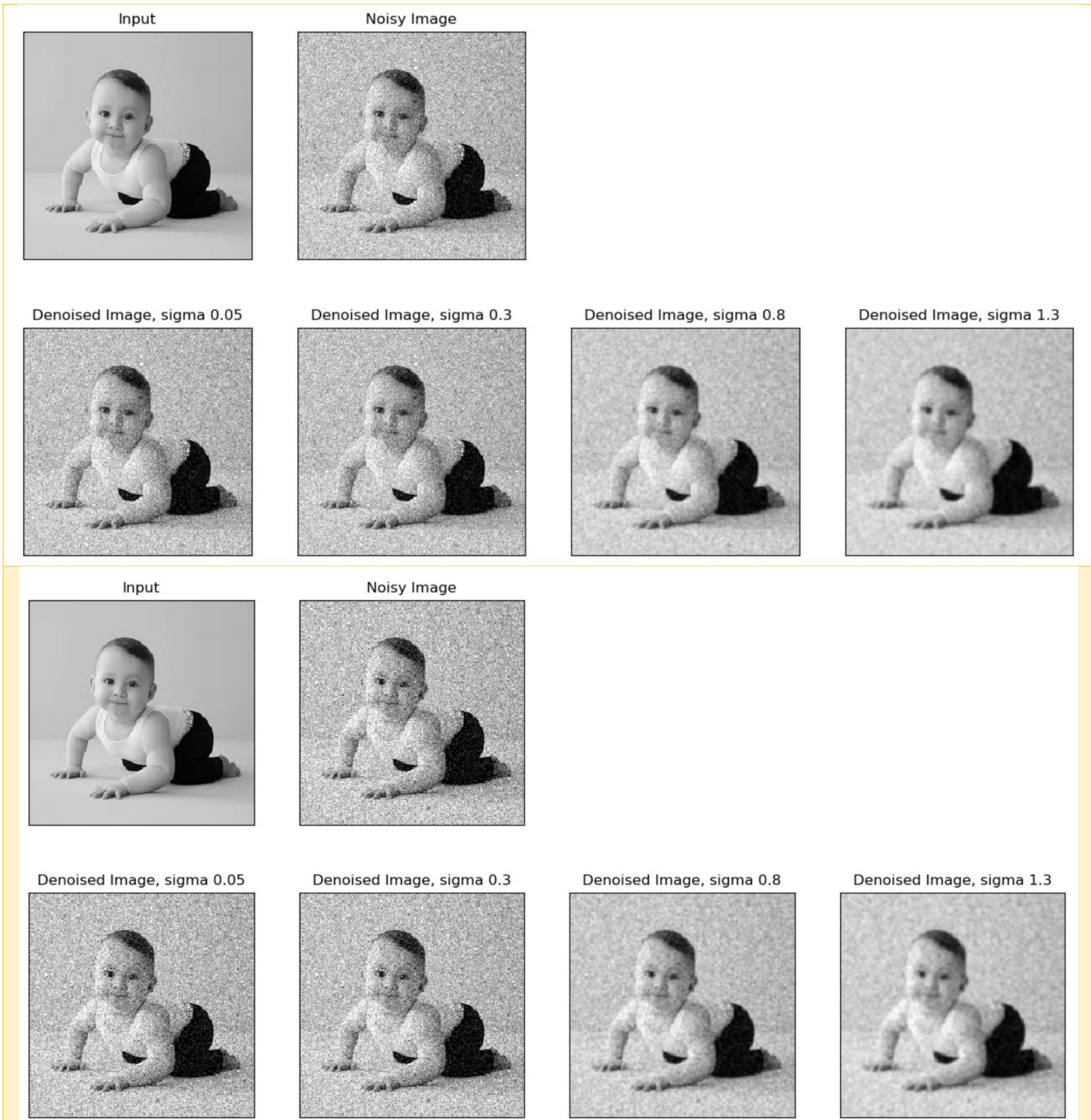
تمرین ۸

کدهای این تمرین در `problem-8.py` قرار دارد. در سوال‌های قبل خواسته شده بود از ۴ نوع نویز Gaussian, Uniform, Salt and Pepper استفاده کنیم و آن‌ها را به یک سری تصویر اضافه کنیم و برای هر نوع نویز ۴ عدد تصویر نویزی ایجاد کنیم.

در این قسمت به هر کدام از آن تصویرها ۴ فیلتر گاووسی با پارامتر سیگما مختلط و سایز ۵*۵ اعمال می‌کنیم تا تاثیر اعمال فیلتر گاووسی برای رفع انواع نویزها را بررسی کنیم و اهمیت تعیین سیگما را دریابیم.

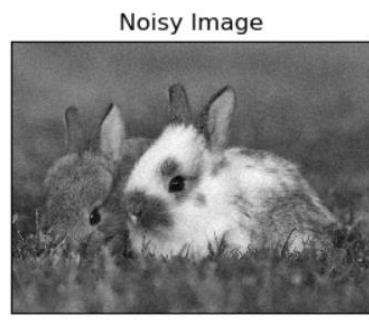
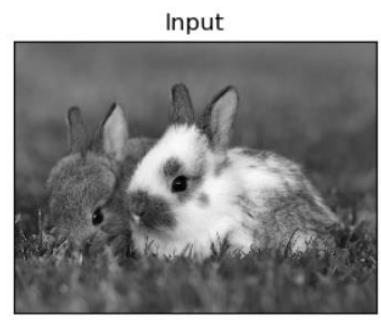
اعمال فیلتر گاووسی با سیگماهای مختلف بر روی تصاویر نویزی که نوع نویز آن‌ها Gaussian است.





فیلتر گاوسی برای نوع نویز گوسی عملکرد خوبی داشته است و تصاویر از معیار نویز بیشتر شده است این تصاویر مات‌تر شده‌اند. فیلتر گاوسی را بر روی نویزهای گاوسی با قدرت‌های مختلف اعمال کردیم همانطور که در نتایج دیده می‌شود فیلتر گاوسی با پارامتر سیگما کم برای نویزهای گاوسی با قدرت کم مناسب است و فیلتر گاوسی با پارامتر سیگما زیاد برای نویزهای گاوسی با قدرت زیاد مناسب است.

اعمال فیلتر گاوسی با سیگماهای مختلف بر روی تصاویر نویزی که نوع نویز آنها Uniform است.



Denoised Image, sigma 0.05



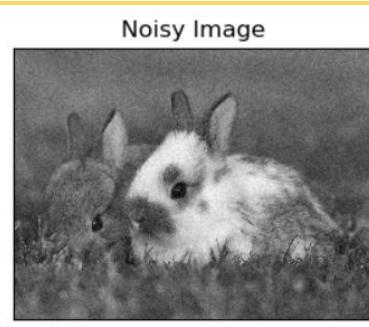
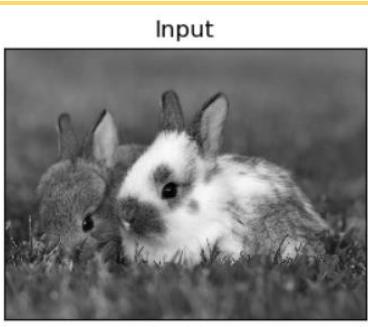
Denoised Image, sigma 0.3



Denoised Image, sigma 0.8



Denoised Image, sigma 1.3



Denoised Image, sigma 0.05



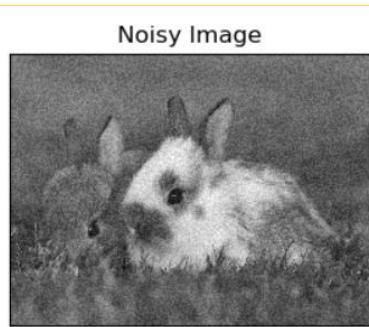
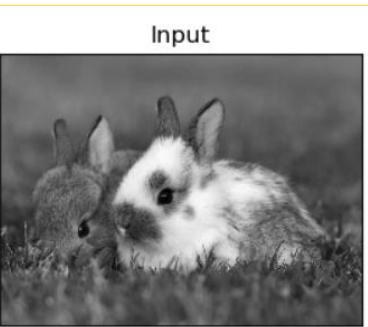
Denoised Image, sigma 0.3



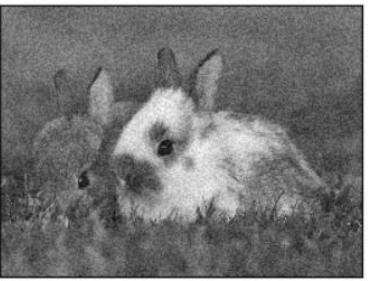
Denoised Image, sigma 0.8



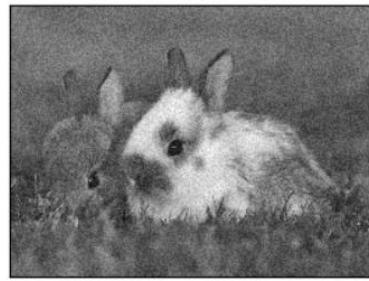
Denoised Image, sigma 1.3



Denoised Image, sigma 0.05



Denoised Image, sigma 0.3

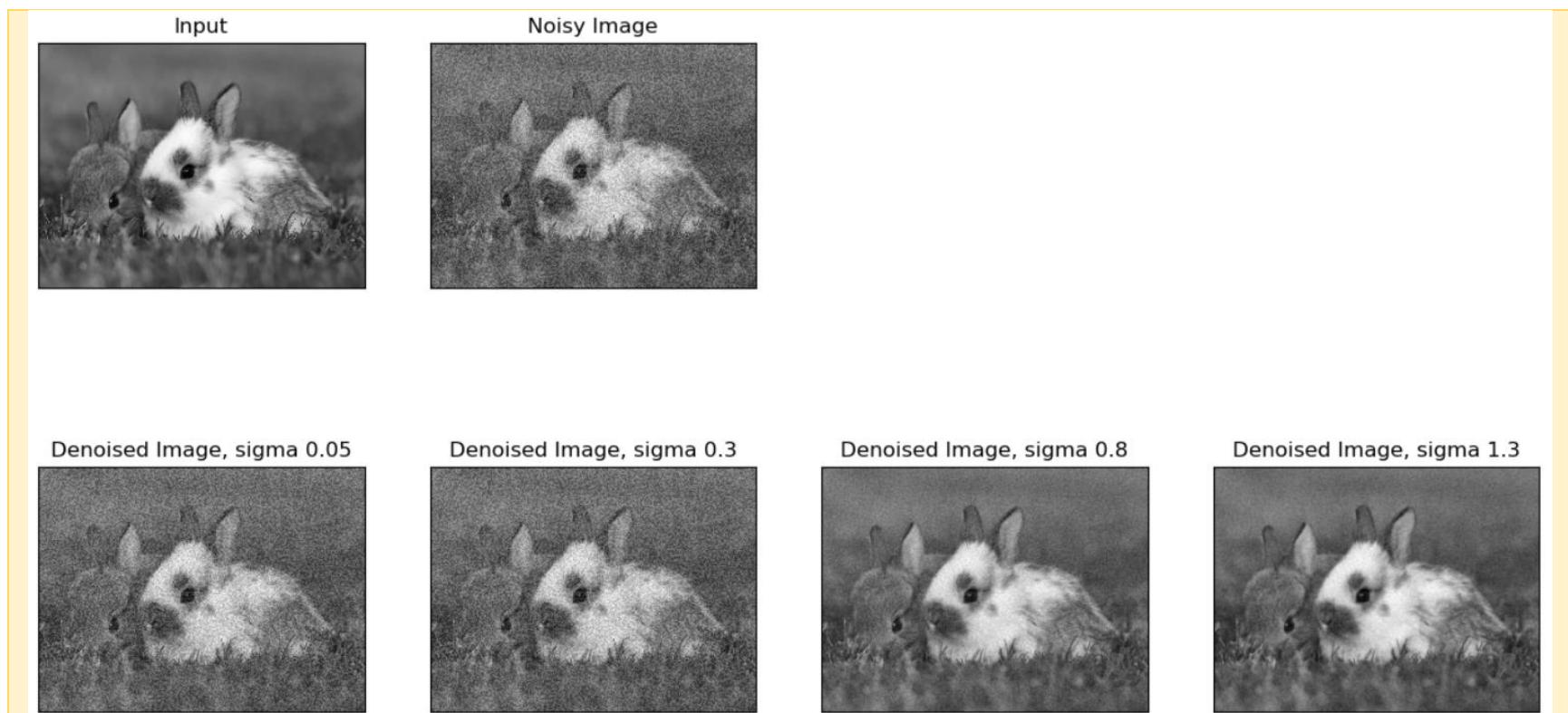


Denoised Image, sigma 0.8



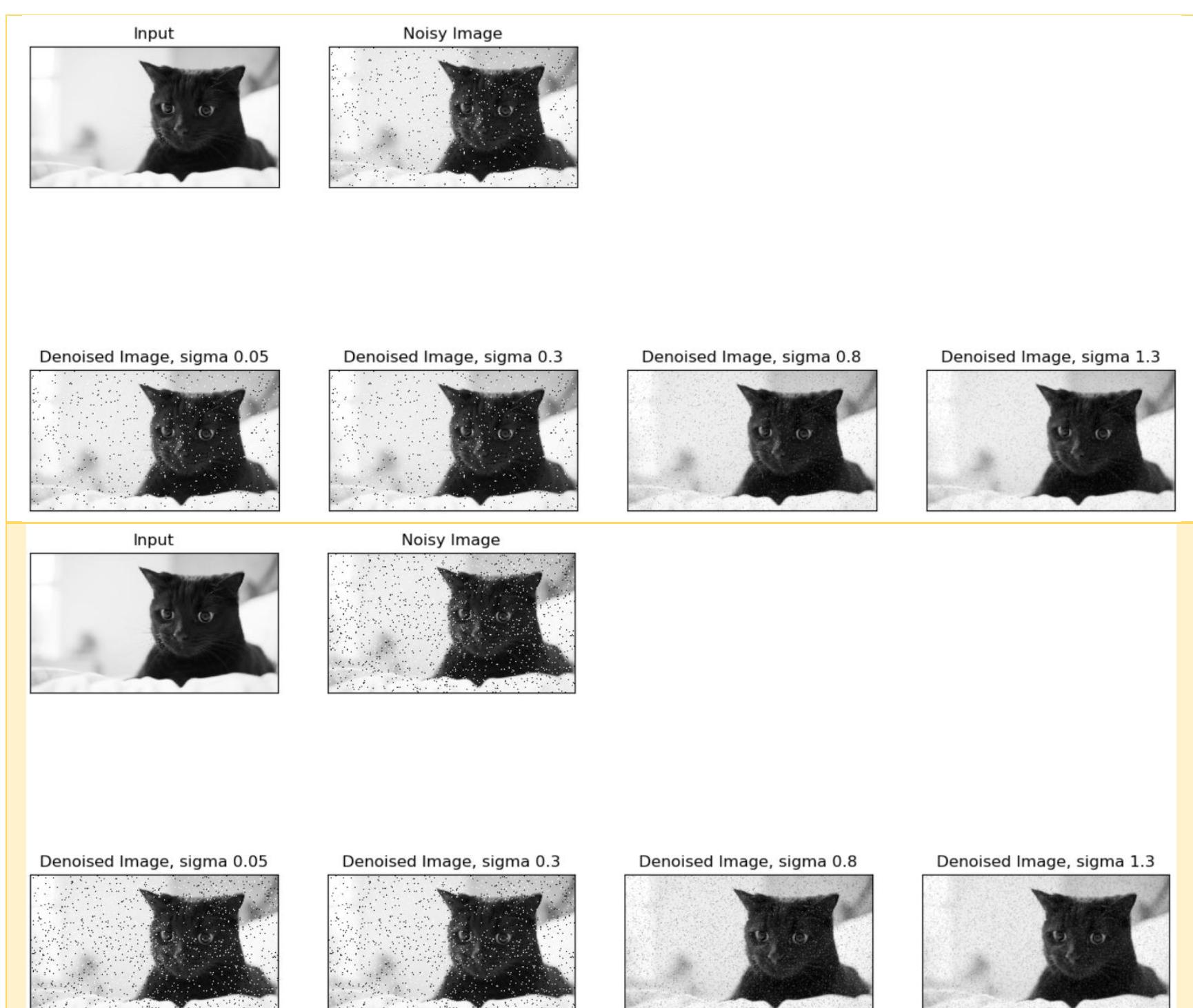
Denoised Image, sigma 1.3

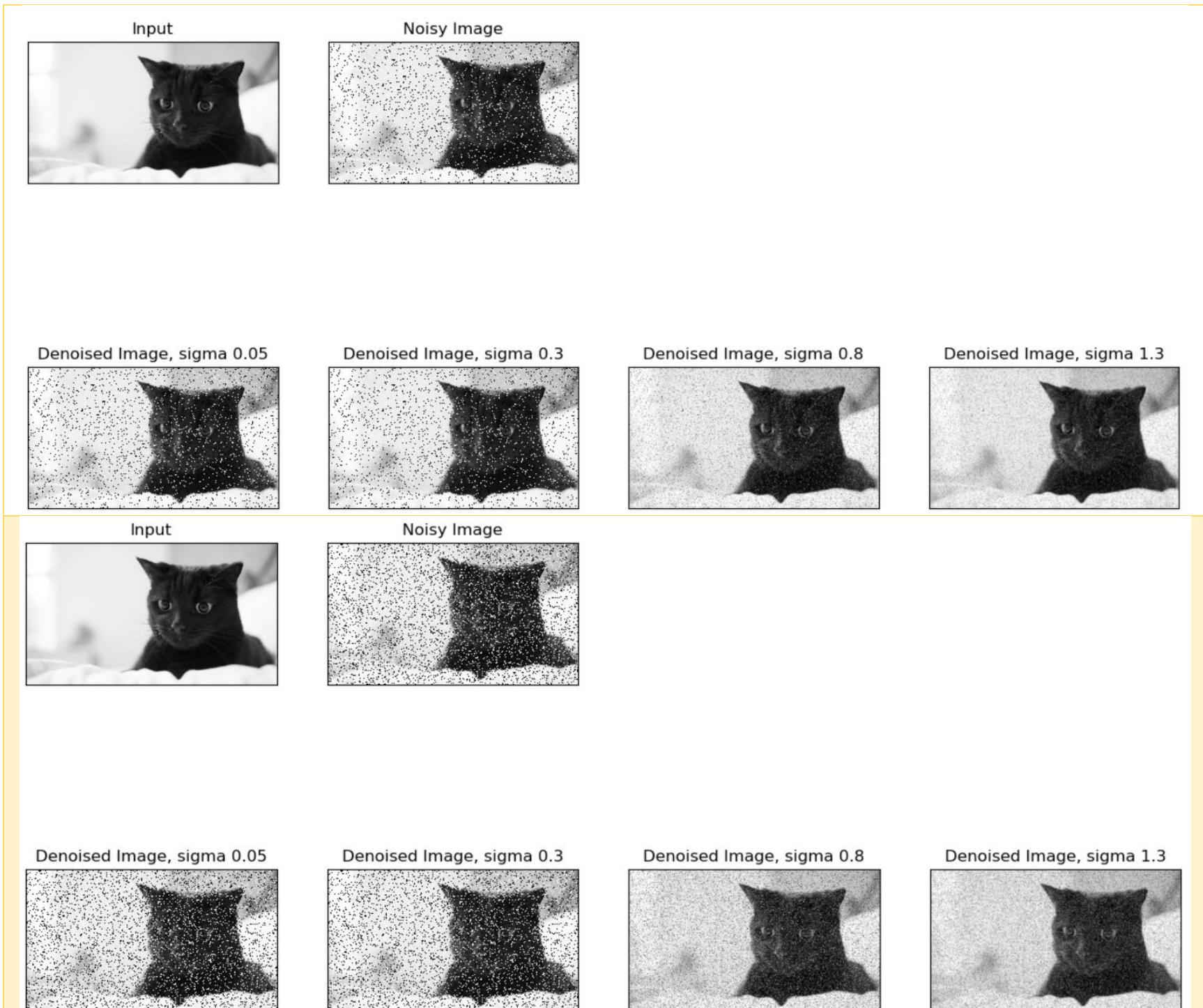




فیلتر گاوی برای نوع نویز یکنواخت عملکرد خوبی داشته است و تصاویر را بهبود داده است. هر چه میزان انحراف از معیار نویز بیشتر شده است این تصاویر مات‌تر شده‌اند. فیلتر گاوی را بر روی نویزهای یکنواخت با قدرت‌های مختلف کردیم همانطور که در نتایج دیده می‌شود فیلتر گاوی با پارامتر سیگما کم برای نویزهای یکنواخت با قدرت کم مناسب است و فیلتر گاوی با پارامتر سیگما زیاد برای نویزهای یکنواخت با قدرت زیاد مناسب است.

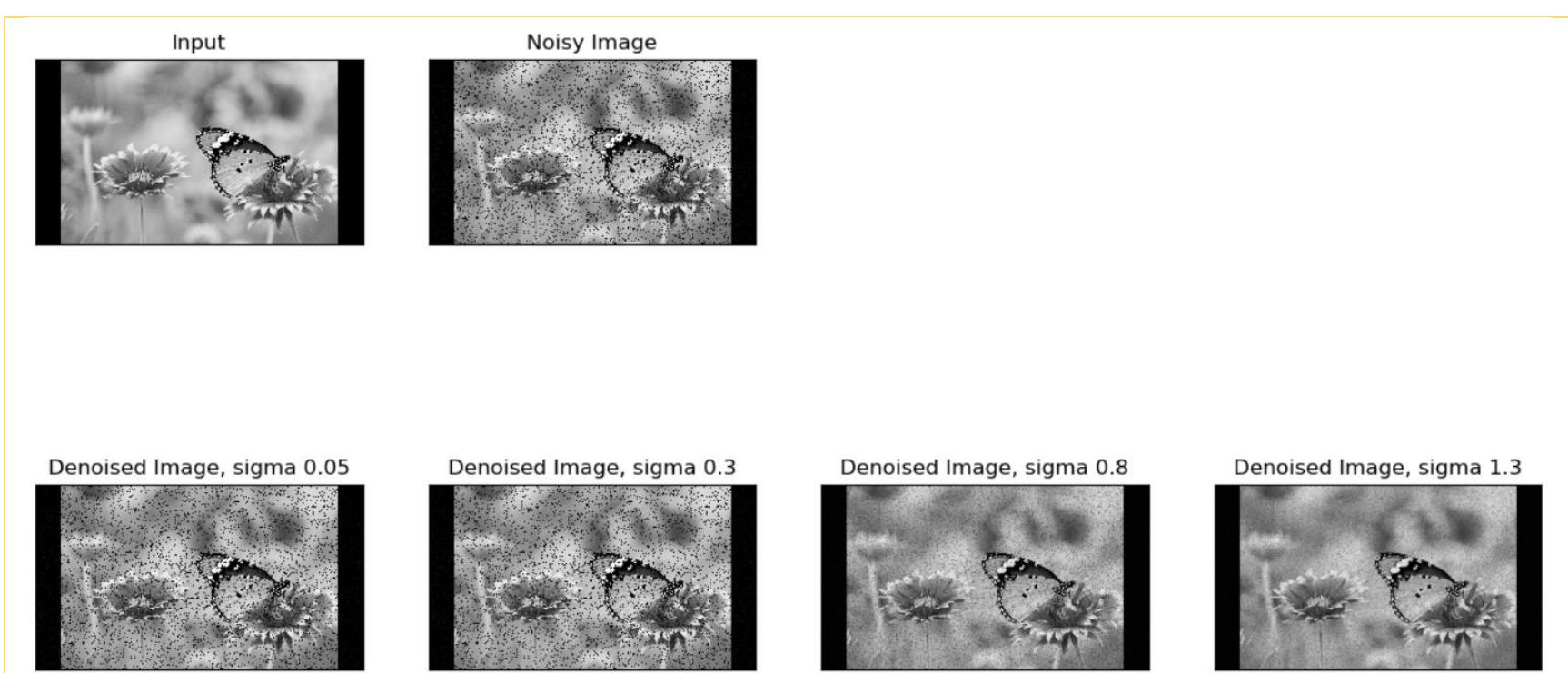
اعمال فیلتر گاوی با سیگماهای مختلف بر روی تصاویر نویزی که نوع نویز آنها Salt and Pepper است.

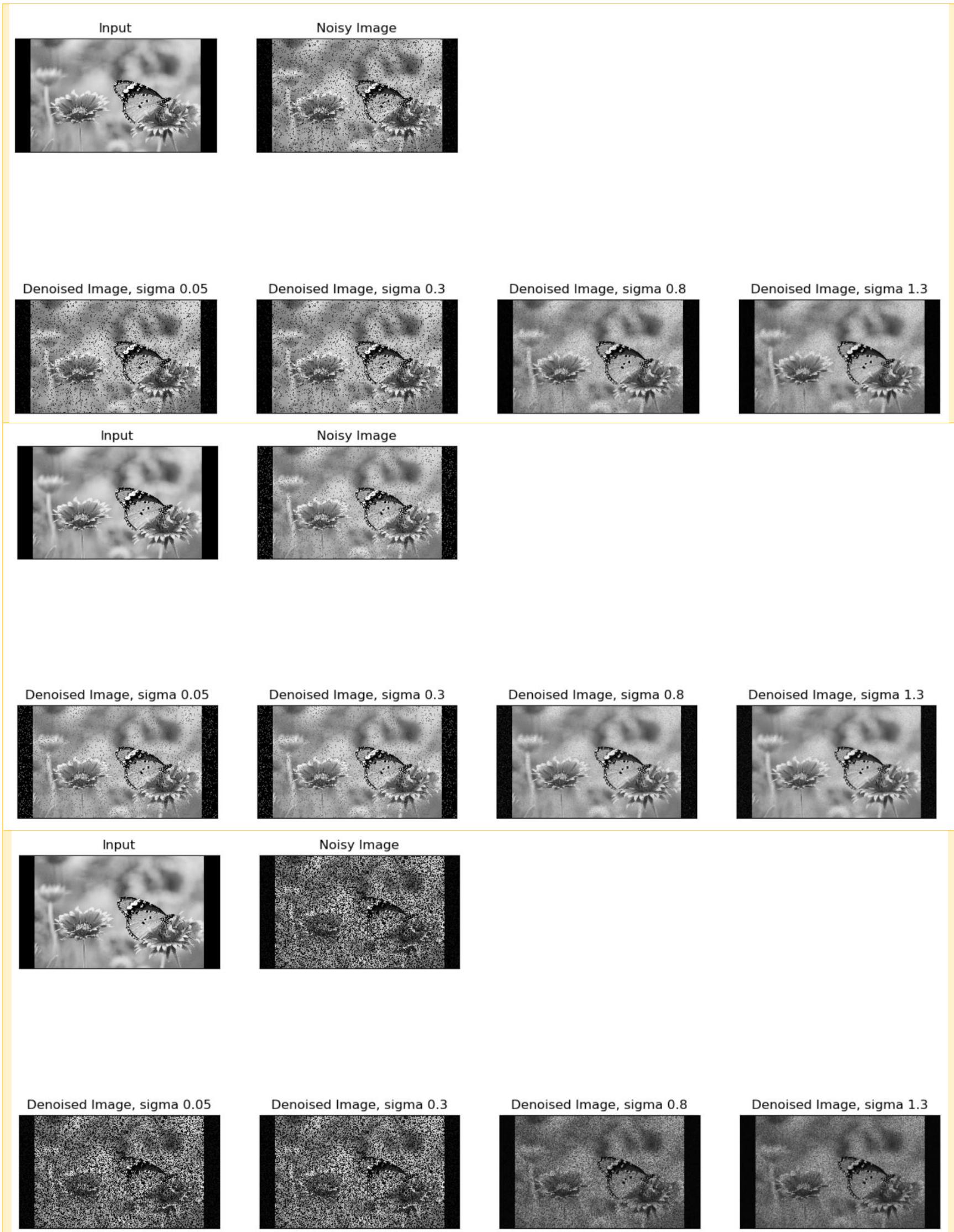




فیلتر گاوسی برای نوع نویز نمک و فلفل عملکرد خوبی نداشته است و تصاویر را بهبودی قابل ملاحظه نداده است. به دلیل اینکه پراکندگی پیکسل‌ها نویزی زیاد است و پیکسل‌های نویز مقدار بسیار زیاد یا بسیار کم شدت روشنایی دارند، فیلترهای گاوسی با سیگما کم بهبود قابل ملاحظه‌ای ایجاد نکرده‌اند. فیلترهای گاوسی با سیگما زیاد تصاویر را بهبود داده‌اند ولی این بهبود به اندازه‌ی عملکرد فیلترهای میانه که در سوال قبل آن را نشان دادیم نیست.

اعمال فیلتر گاوسی با سیگماهای مختلف بر روی تصاویر نویزی که نوع نویز آن‌ها Strike است.





فیلتر گاوی برای نوع نویز ضربه‌ای نسبت به فیلتر میانه که در سوال قبل آن را تست کردیم عملکرد خوبی نداشته است و تصاویر را بهبودی قابل ملاحظه نداده است. به دلیل اینکه پراکندگی پیکسل‌های نویزی زیاد است، فیلترهای گاوی با سیگماهای کم بهبود قابل ملاحظه‌ای ایجاد نکرده‌اند. فیلترهای گاوی با سیگماهای زیاد تصاویر را بهبود داده‌اند ولی این بهبود به اندازه‌ی عملکرد فیلترهای میانه که در سوال قبل آن را نشان دادیم نیست.

تمرین ۹

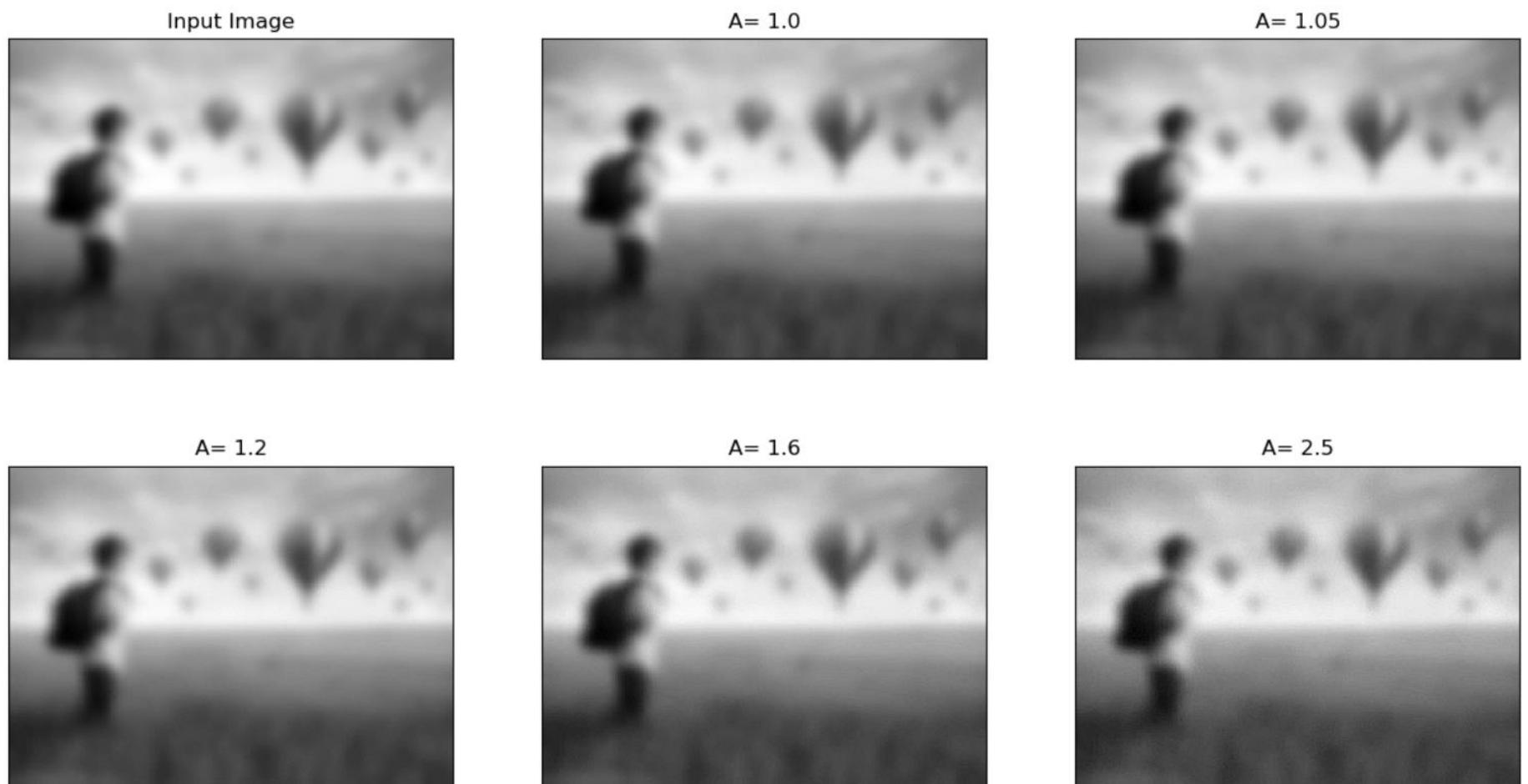
کد این قسمت از سوال در problem-9.py قرار دارد. برای اعمال فیلتر High Boost از فیلتر زیر به ازای مقدار ضرایب مختلف، ۱، ۱.۰۵، ۱.۲، ۱.۴، ۱.۸ استفاده شده است:

$$I_{hb} = I_o + c I_{hp} = (W_{ap} + c W_{hp}) * I_o = W_{hb} * I_o$$

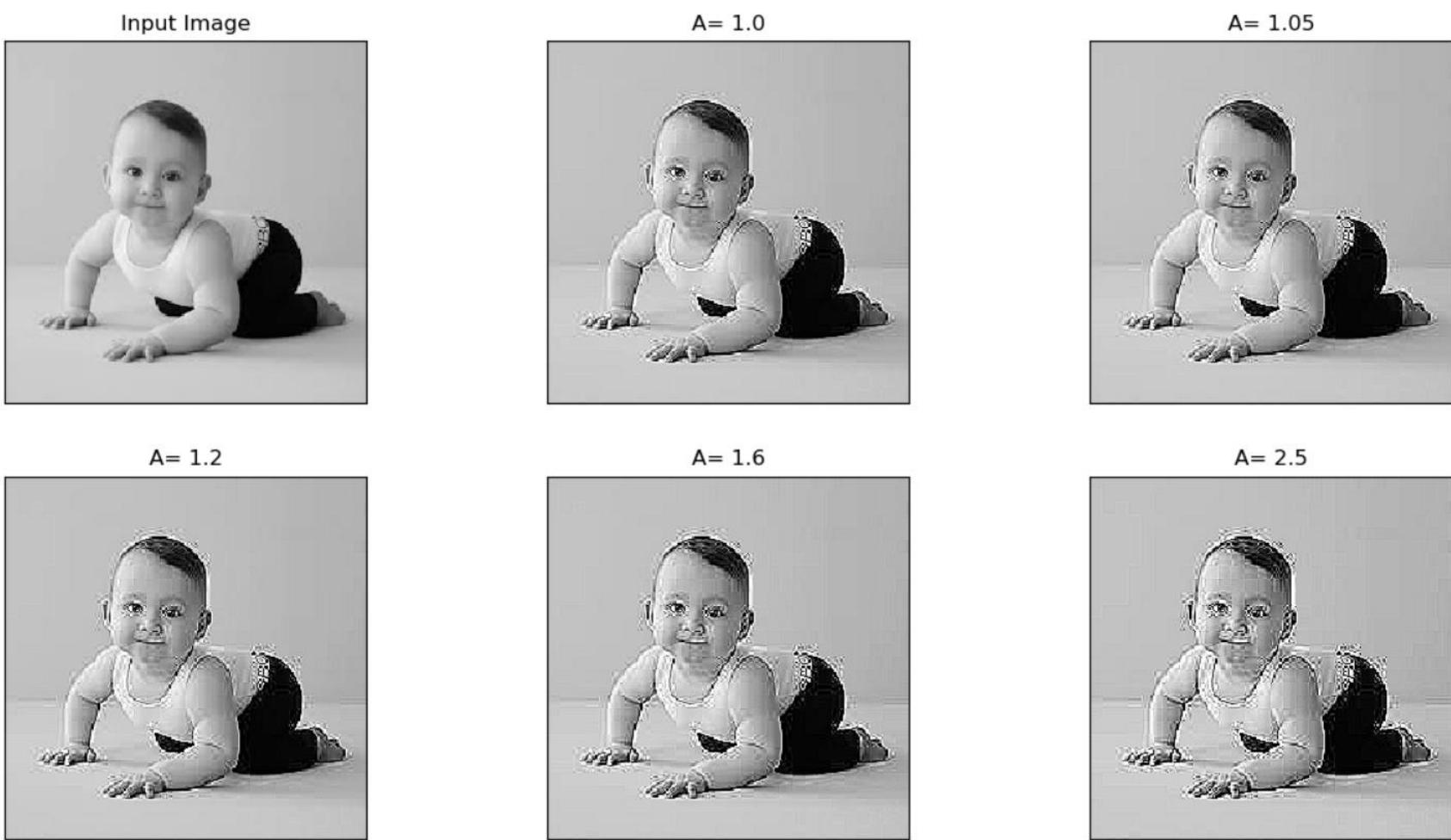
$$W_{hb} = W_{ap} + c W_{hp} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + c \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -c & 0 \\ -c & 4c+1 & -c \\ 0 & -c & 0 \end{bmatrix}$$

$$W_{hb} = W_{ap} + c W_{hp} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + c \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -c & -c & -c \\ -c & 8c+1 & -c \\ -c & -c & -c \end{bmatrix}$$

برای بررسی بهتر و دقیق‌تر این فیلتر علاوه بر تصویر ورودی خواسته شده (blur.jpg)، فیلتر را بر تصویرهای دیگر اعمال کرده‌ام. در زیر خروجی این کد را مشاهده می‌کنید:



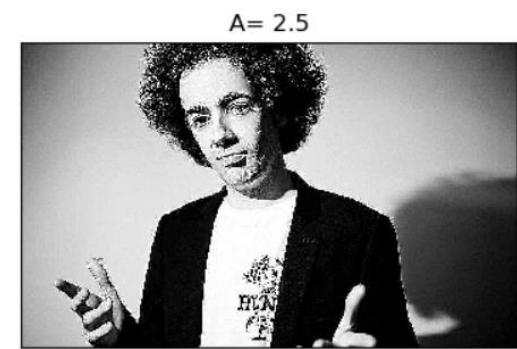
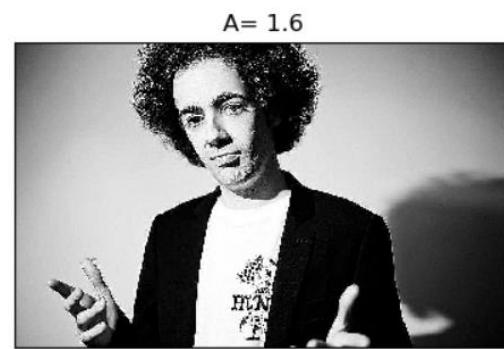
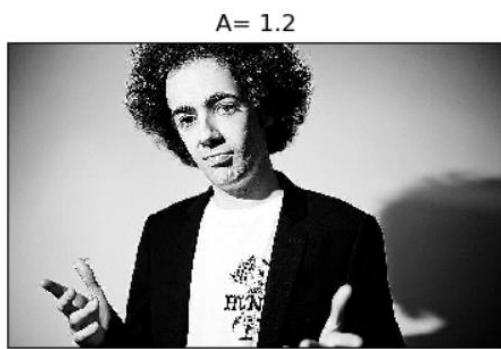
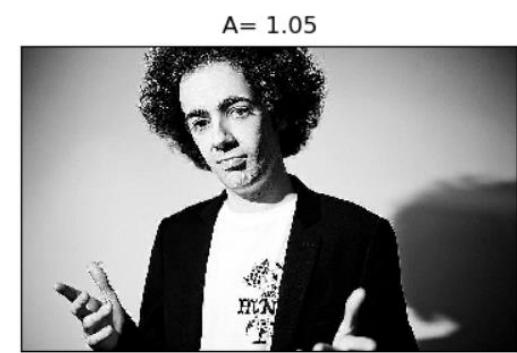
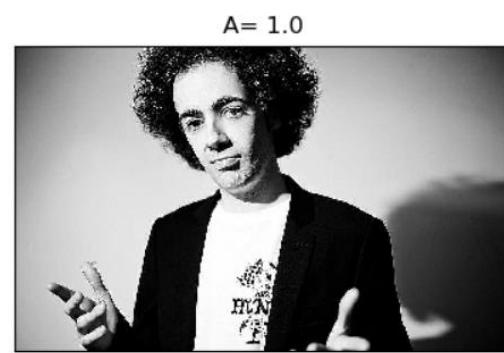
تصویر ورودی بسیار blur شده است و بعد از اعمال فیلتر high boost با A برابر با ۱، کیفیتش بهتر شده است و لبه‌ها نسبت به تصویر ورودی تیز شده‌اند. با افزایش بیشتر مقدار A وزن بیشتری به لبه‌ها داده می‌شود به همین دلیل لبه‌ها در A ‌های بزرگ‌تر تیزتر اند و تصویر شارپ‌تر می‌شود.



با اعمال فیلتر **high boost** تصویر شارپ‌تر شده است و لبه‌ها تیز شده‌اند. این امر به خوبی در ناحیه‌های اطراف دست‌ها به خوبی قابل مشاهده است. هر چه مقدار A افزایش پیدا کرده است لبه‌ها تیزتر شده‌اند و بهتر دیده می‌شوند.



با اعمال فیلتر **high boost** می‌توان تیز شدن لبه‌ها را در تصویر گربه مشاهده کرد، این امر به خوبی در سیل‌های گربه دیده می‌شود. هر چه مقدار A افزایش پیدا کرده است لبه‌ها تیزتر شده‌اند و بهتر دیده می‌شوند.



با اعمال این فیلتر تصویر شارپ‌تر شده است این موضوع به خوبی در برآمدهای پوست صورت فرد مشخص است. هر چه مقدار A افزایش پیدا کرده است لبه‌ها تیزتر شده‌اند و بهتر دیده می‌شوند.