



بسمه تعالی
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

پردازش و تحلیل تصاویر پزشکی - بهار ۱۴۰۲-۱۴۰۳
تمرین سری اول
موحد تحویل:

نحوه تحویل:

گزارش پروژه خود را در قالب یک فایل pdf. تحویل دهید، گزارش باید شامل تمامی خروجی‌ها و نتایج نهایی، پاسخ سوالات، و توضیح مختصری از فرآیند حل مسئله هر قسمت باشد.

کد کامل تمرین آپلود شود، لازم است بخش‌های مختلف در section های جدا نوشته شده باشد و کد منظم و دارای کامنت گذاری باشد. کد باید به صورت کامل اجرا شود و در صورت وجود خطا، ممکن است کل امتیاز بخش را از دست بدهید.

مجموعه تمامی فایل‌ها (گزارش، کد به همراه توابع) را در قالب یک فایل فشرده (rar/.zip) به فرمت: **HW#_std number_full name** در سامانه CW آپلود شود.

در انجام تمرین استفاده از اینترنت و مشورت مجاز می‌باشد اما کپی کردن تمرین حتی یک قسمت مجاز نمی‌باشد و در صورت مشاهده نمره کل تمرین صفر در نظر گرفته خواهد شد. لازم است اسم افرادی که با آن‌ها مشورت صورت گرفته و مراجع اینترنتی استفاده شده در گزارش ذکر شوند.

سیاست تاخیر:

در هر تمرین تا سقف ۷ روز و در مجموع می‌توانند تا ۲۱ روز تاخیر در کل داشته باشند. به ازای هر روز تاخیر اضافه، ۱۰٪ از نمره تمرین کم خواهد شد.

بخش تئوری

۱. Morphology

تصویر روبرو را در نظر بگیرید:

به طور تقریبی نشان دهید که نتایج هر کدام از تبدیل های زیر چه خواهد شد؟ (A تصویر نشان داده شده می باشد).



$$\begin{aligned} C &= A \ominus B, & D &= C \oplus B \\ E &= D \oplus B, & F &= E \ominus B \end{aligned}$$

۲. Gaussian Filter

نشان دهید تبدیل فوریه ی یک فیلتر گوسی در حوزه ی مکان، یک فیلتر گوسی در حوزه ی فرکانس است. برای این کار از فیلتر گوسی مکانی زیر تبدیل فوریه بگیرید.

$$g(x, y) = Ae^{\frac{-(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

فیلتر بدست آمده در حوزه ی فرکانس، بالاگذر است یا پایین گذر؟ چرا؟

۳. Total Variation

به ازای کدام مقدار صحیح p، رابطه ی زیر جهت حذف نویز نمک-فلفل مناسب است؟ دلیل خود را بیان کنید.

$$u = \operatorname{argmin}_u \left(\int_{\Omega} |\nabla u| \, d\mathbf{x} + \lambda \int_{\Omega} |u - v|_p^p \, d\mathbf{x} \right)$$

* راهنمایی: می توانید از خاصیت ۰ یا ۱ بودن پیکسلها در نویز نمک-فلفل استفاده کنید.

بخش عملی

۱. Morphology

هدف از این سوال این است که در انتها ماسکی برای لباس مرد در تصویر ایجاد کنید. تصویر q1.png را بخوانید. بدون اضافه کردن اطلاعات دیگری به تصویر و با اطلاعات موجود در این عکس روشی پیشنهاد کنید تا به کمک آن پیکسل های محدوده لباس تعیین شود. ماسک بدست آمده را با نام q1res01.jpg ذخیره کنید. پس از اینکه این پیکسل ها مشخص گردید به کمک روش های closing و opening حفره های تصویر را بپوشانید و ماسکی یکدست برای لباس ایجاد کنید و با نام q1res02.jpg ذخیره کنید. توضیح دهید که در هر مرحله از کدام روش استفاده کرده اید و علت آنرا بیان کنید. در انتها و به کمک ماسکی که به دست آوردید تمام منطقه ای که متعلق به لباس این فرد است را قرمز کنید و تصویر مربوطه با نام q1res03.jpg ذخیره کنید و نمایش دهید. (بدون حفره هایی که در تصویر اولیه و به رنگ سبز وجود دارد)

۲. Denoising Methods

تصویر hand.jpg را بخوانید. الف) ابتدا نویز گوسی با میانگین و واریانس ۰.۰۵ و ۰.۰۱ را به تصویر فوق اضافه کرده و سپس تصویر رنگی را به تصویر Gray_Scale تبدیل کرده و با استفاده از تابع montage دو تصویر grayscale شده و نویزی را کنار هم نمایش دهید. ب) در این قسمت میخواهیم عملکرد Classical Regression Filtering را در حذف نویز تصاویر مورد بررسی قرار بدهیم. بدین منظور فرمولاسیون کرنل گوسی به شکل زیر داده شده است. ابتدا نحوه عملکرد این کرنل برای تخمین تصویر denoise شده را توضیح داده و سپس به کمک این کرنل به حذف نویز تصویر پردازید.

$$K(X, Y; g(X), g(Y)) = K(X, Y) = \exp\left(-\frac{\|X - Y\|_2^2}{2h_x^2}\right) = G_{h_x}(\|X - Y\|)$$

ج) در این قسمت هدف آشنایی با Bilateral Filtering برای حذف نویز میباشد؛ بدین منظور فرمولاسیون این فیلتر به شکل زیر داده شده است. ابتدا نحوه عملکرد این فیلتر برای تخمین تصویر denoise شده را توضیح داده و سپس به کمک این کرنل به حذف نویز تصویر پردازید. (مقادیر مناسب h_x و h_g را تخمین بزنید.)

* دو پارامتر h_x (مربوط به اطلاعات مکانی) و h_g (مربوط به اطلاعات روشنایی) را از نظر مفهومی توضیح دهید. چه نوع تصاویری به h_x بزرگتر و چه نوع تصاویری به h_g بزرگتری نیازمند هستند؟

$$K(X, Y; g(X), g(Y)) = \exp\left(-\frac{\|X - Y\|_2^2}{2h_x^2}\right) \exp\left(-\frac{\|g(X) - g(Y)\|_2^2}{2h_g^2}\right)$$

۳. NLM

ابتدا دو تصویر image1 و image2 را بخوانید. سپس به صورت جداگانه دو نویز گوسی و فلفل نمک را به تصاویر اعمال کنید (نویز فلفل - نمک با مقدار یک درصد و نویز گوسی با میانگین ۰.۵ و واریانس ۰.۱). هدف حذف نویز تصاویر به کمک الگوریتم NLM و فیلتر گوسی می باشد.

پارامترهای الگوریتم NLM عبارتند از: W شعاع جستجوی همسای W_{sim} شعاع همسایگی شباهت و σ_{NLM} پارامتر فیلتر. شعاع W در یک پیکسل نشان دهنده اندازه پنجره $(2W + 1) * (2W + 1)$ در اطراف آن پیکسل است. همین امر در مورد W_{sim} نیز صدق می کند.

الف) نمودارهای PSNR بین تصویر اصلی و تمیز شده توسط NLM را برای مقادیر مختلف پارامتر فیلتر ۰.۱ تا ۰.۵ با گام ۰.۱ σ_{NLM} برای دو حالت زیر نشان دهید:

- i. $W = 3, W_{sim} = 3$
- ii. $W = 5, W_{sim} = 3$

ب) اکنون فیلتر NLM را با فیلتر گاوسی مقایسه می کنیم. تصاویر نویزی را با استفاده از فیلتر گاوسی با $\sigma_g = 0.1$ تا ۰.۵ با گام ۰.۱ و اندازه پنجره کرنل ۷۷ برای همه مقادیر σ_g فیلتر کنید. PSNR بین تصاویر حذف نویز شده و اصلی را محاسبه کنید. این نمودار را به پنجره نمودار در الف اضافه کنید.

بهترین تصویر حذف نویز شده توسط دو فیلتر گاوسی و NLM را در کنار تصاویر نویزی و تمیز شده نشان دهید. و در مورد نتیجه بحث کنید. (استفاده از کتابخانه مجاز نمی باشد).

۴. Total Variation

در این تمرین نیز قصد داریم مشابه با آنچه در درس بیان شد، فیلتر total variation را پیاده سازی کنیم. برای اینکار مطابق فرمول های زیر و با استفاده از روش پیمایش زمانی، این فیلتر را پیاده سازی کنید.

$$u_{i,j}^{n+1} = u_{i,j}^n + dt \left[\nabla_x^- \left(\frac{\nabla_x^+ u_{i,j}^n}{\sqrt{(\nabla_x^+ u_{i,j}^n)^2 + (m(\nabla_y^+ u_{i,j}^n, \nabla_y^- u_{i,j}^n))^2}} \right) + \nabla_y^- \left(\frac{\nabla_y^+ u_{i,j}^n}{\sqrt{(\nabla_y^+ u_{i,j}^n)^2 + (m(\nabla_x^+ u_{i,j}^n, \nabla_x^- u_{i,j}^n))^2}} \right) \right] + dt \lambda (f_{i,j} - u_{i,j}^n), \quad i, j = 1, \dots, N-1,$$

شرایط مرزی آن به صورت زیر است:

$$u_{0,j}^n = u_{1,j}^n, \quad u_{N,j}^n = u_{N-1,j}^n, \quad u_{i,0}^n = u_{i,1}^n, \quad u_{i,N}^n = u_{i,N-1}^n \\ i, j = 1, 2, \dots, N$$

که در آن تصویر نویزی اولیه است.

$$m(\nabla_{x1}^+ u, \nabla_{x1}^- u) = \left(\frac{\text{sgn} \nabla_{x1}^+ u + \text{sgn} \nabla_{x1}^- u}{2} \right) \min(|\nabla_{x1}^+ u|, |\nabla_{x1}^- u|)$$

$$\nabla_{x1}^+ u = u(x1 + 1, x2, t) - u(x1, x2, t)$$

$$\nabla_{x1}^- u = u(x1, x2, t) - u(x1 - 1, x2, t)$$

برای هماهنگی بیشتر در نتایج از پارامترهای زیر استفاده کنید.

$$\lambda = 10, \text{ iteration number} = 100, \Delta t = 0.01$$

الف) با استفاده از دستور Phantom فانتوم Modified Shepp-Logan با ابعاد 500×500 بسازید و به آن نویز گوسی با انحراف معیار ۵ درصد و میانگین صفر اضافه کنید. تصویر تمیز و تصویر نویزی را نشان دهید.

ب) فانتوم نویزی ساخته شده در قسمت اول را با فیلتر بالا حذف نویز کنید و در یک شکل سه تصویر تمیز، نویزی و حذف نویز شده را نشان دهید.

ج) معیار SNR را برای این فیلتر نیز محاسبه کنید.

۵. Total Variation

هدف از این سوال نویززدایی با استفاده از Total variation می باشد. با استفاده از کدهای موجود در فایل ارسالی TV_Chambolle.m و TV_GPCL.m عملیات نویززدایی را بر روی تصویر نویزی اعمال کنید و به طور خلاصه نحوه پیاده سازی کد را شرح دهید. پس از آن با توجه به توضیحات مقاله آورده شده تحلیل کرده و نتایج را گزارش کنید.