



بسمه تعالی
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی برق

پردازش و تحلیل تصاویر پزشکی - بهار ۱۴۰۲-۱۴۰۳

تمرین سری اول
موحد تحویل: ۱۲/۲۵

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 می‌توانید تا ۲۱ روز تاخیر در کل داشته باشید.
- به ازای هر روز تاخیر اضافه، ۱۰٪ از نمره تمرین کم خواهد شد.

• محمد کلباسی: @M_Cal, m.kalbasi.1999@gmail.com (شماره سوالات طراحی شده با رنگ آبی مشخص شده‌اند)

❖ علیرضا فیاضی: @alirezafay, Alirezafayyazi@ee.sharif.edu (شماره سوالات طراحی شده با رنگ سبز مشخص شده‌اند)

بخش تئوری

۱. دو تصویر $f(x,y)$ و $g(x,y)$ دارای هیستوگرام h_g, h_f هستند، آیا به صورت کلی می توان هیستوگرام

عبارات زیر با عبارت h_g, h_f بدست آورد؟ حال فرض کنید $g(x,y)$ مقدار ثابت $c \neq 0$ را دارد، حال

هیستوگرام عبارات را برحسب h_g, h_f بیان کنید.

الف) $f(x,y) + g(x,y)$

ب) $f(x,y) - g(x,y)$

ج) $f(x,y) * g(x,y)$

د) $f(x,y)/g(x,y)$

۲. نشان دهید عملگر لاپلاسین ایزتروپیک (تغییر ناپذیر با دوران) است.

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

بخش عملی

۱. در این سوال فایل sub-0001_space-MNI_T1w.nii که یک volume از تصاویر sliceهای

مختلف MRI است به عنوان داده در اختیار شما قرار گرفته است.

۱.۱) ابتدا فایل را از حالت zip خارج کنید و سپس به شکل مناسب آنرا لود کنید و با دستور مناسب

اطلاعات آن را در آرایه ای قرار دهید. (می توانید از کتابخانه ی nibabel استفاده کنید).

۲.۱) در این تمرین بررسی و پردازش مقطع axial مد نظر است. (مقطع axial در اینجا شامل صفحه ی

x,y در داده ی مورد نظر است، بنابراین اسلایس های مختلف در بعد سوم دادگان قرار دارند). اسلایس ۹۰

از مجموعه ی دادگان را لود کنید، سپس این آرایه با به عنوان یک تصویر با فرمت png ذخیره کنید، سپس

تصویر ذخیره شده را لود کنید و آنرا نرمالیزه کنید و به سایز ۱۸۰ در ۱۸۰ ریسایز کنید و آنرا با نام `mri_reshaped.png` ذخیره کنید.

۳.۱) تابعی بنویسید که نویز `salt and pepper` را به بلاکی با ابعاد دلخواه درون تصویر اضافه کند، سپس با استفاده از این تابع، در بلاکی با ابعاد ۶۰ در ۶۰، نویز را به وسط تصویر ذخیره شده در مرحله قبل اضافه کنید. مشخصه‌ی نویز گفته شده چیست؟

۴.۱) تابعی بنویسید که واریانس موجود در یک بلاک از تصویر با ابعاد دلخواه را محاسبه کند.

۵.۱) در این مرحله با انتخاب سایز بلاک مناسب و تکان دادن بلاک مورد نظر بر روی تصویر و استفاده از تابع محاسبه‌ی واریانس، واریانس محلی هر تکه از تصویر را تعیین کنید (در اینجا تصویر به ۹ بخش تقسیم بندی می شود)، بزرگ ترین مقدار واریانس را محاسبه کنید و مشخص کنید این واریانس مربوط به کدام بخش از تصویر است. چه نتیجه‌ای می گیرید؟

۶.۱) حال که بلاک با بیشترین واریانس را دارید، عملیات حذف نویز را با ۳ فیلتر دلخواه انجام دهید و با توجه به اینکه نویز موجود، `salt and pepper` است، بهترین فیلتر را برای حذف نویز انتخاب کنید و نتایج مختلف حذف نویز شده و تصویر اصلی را نمایش داده و با یکدیگر مقایسه کنید.

۷.۱) ۲ معیار `median absolute error` و `SSIM` (Structural Similarity Index Measurement) را به صورت خلاصه توضیح دهید و این دو معیار را بر روی تصاویر حذف نویز شده از فیلترهای مختلف محاسبه و مقایسه کنید.

۲. با استفاده از روش های تبدیل سطح روشنایی `Logarithmic` و `Law-Power`، بر روی تصویر `retina.png` تغییر ایجاد کرده و نتیجه را تفسیر کنید. در روش `Law-Power`، مقدار مناسب پارامتر تبدیل را خودتان تعیین کنید.

۳. تصویر `hand_xray.jpg` را با تنها با دستکاری تبدیل فوریه به صورت مستقیم ۱۸۰ درجه بچرخانید.

۴. دو تصویر `monkey.jpg` و `lion.jpg` را خوانده و به صورت سیاه و سفید دریاورید، حال تبدیل

فوریه دو تصویر را محاسبه کرده و فاز دو تصویر را با یکدیگر عوض کنید و خروجی‌ها را نشان دهید، از خروجی بدست آمده چه نتیجه‌ای می‌شود گرفت.

۵. تصویر `retina.jpg` را بخوانید. فرض کنید `degredation function` به فرم فیلتر میانگین‌گیر به ابعاد

5×5 اعمال وجود دارد و نویز اضافه شونده به صورت گاوسی باشد، می‌خواهیم با استفاده از فیلتر `winer` تصویر را بازسازی کنیم.

(الف) ابتدا تابعی نوشته که تصویر را به عنوان ورودی گرفته و تصویر فیلتر شده را در خروجی بدهد.

(ب) در رابطه با معیار `PSNR` به صورت مختصر توضیح دهید و تابعی نوشته که بتواند آن را محاسبه کند.

(ج) سه تصویر : ۱- تنها با `degredation function` ۲- تنها با نویز گاوسی و ۳- با اعمال هر دو بر تصویر را فیلتر کرده و معیار `PSNR` را در هر سه حالت محاسبه و مقایسه کنید.

۶. در این سوال می‌خواهیم با استفاده از `morphological operation` به صورت بسیار ساده ماسکی

برای جدا کردن بخش اصلی تصویر از `background` تولید کنیم.

(الف) تصویر `brain_ct.jpeg` را لود کنید، به صورت دستی مقدار آستانه‌ای را مشخص کنید و اگر روشنایی پیکسل‌ها از این مقدار بیشتر باشد، در خروجی مقدار یک قرار دهید تا ماسک اولیه‌ای تولید شود.

(ب) حال با استفاده از `morphological operation` حفره‌های ماسک را ببیند، ماسک نهایی بدست آمده و تصویر اصلی را درکنار یکدیگر رسم کرده و نتیجه را مقایسه کنید.

(ج) حال به تصویر اصلی نویز گاوسی اضافه کنید و بخش الف و ب را دوباره تکرار کنید، آیا نویز بر روی کیفیت ماسک تولید شده اثری دارد؟

۷. تصویر `pca_xray` را لود کنید و آن را سیاه و سفید بکنید، در این سوال می‌خواهیم با استفاده از تبدیل PCA تصویر را فشرده کنیم. فرض کنید در تصویر لود شده، سطرها نمونه‌های مختلف ما هستند، تبدیل PCA را محاسبه کنید (برای محاسبه PCA از کتابخانه آماده می‌توانید استفاده کنید).

الف) ۵۰ بزرگترین مقادیر ویژه را نگه دارید و براساس آن تصویر را بازسازی کنید و با تصویر اصلی مقایسه کنید.

ب) نمودار کیفیت بازسازی تصویر (خطای MSE بین تصویر اصلی و تصویر بازسازی شده) برحسب تعداد بردار ویژه نگه داشته شده برای بازسازی تصویر رسم کنید.

۸. در این سوال با عملیات مختلف morphological، سعی می‌کنیم که `contrast` تصویر را بهبود بدهیم.

الف) در مورد `top-hat transform` و `bottom-hat transform` تحقیق کنید و شرح مختصری از این دو تبدیل ارائه کنید، همچنین معادله‌ی تبدیل‌ها را نیز بر حسب اپراتورهای `opening` و `closing` بنویسید.

ب) تبدیلات `top-hat` و `bottom-hat` را بر روی تصویر `mri_low_contrast` اعمال کنید و نتایج را ذخیره کنید. (مجاز به استفاده از تابع آماده‌ی `top-hat` و `bottom-hat` نیستید، اما از توابع اپراتورهای `opening` و `closing` می‌توانید استفاده کنید.) برای اعمال این دو تبدیل، در قسمت `opening` و `closing` می‌توان از چند نوع `mask` استفاده کرد (مانند `square`، `disk`) به انتخاب خود دو نوع `mask` را انتخاب کنید و تبدیلات را با آنها اعمال کنید. (منظور از `mask`، `B` در عملیات `opening` و `closing` است، اگر فرمولاسیون را به صورت $A.B$ در نظر بگیریم که A تصویر ما خواهد بود و B ، `mask` مورد نظر است.)

ج) یک روش برای بهبود `contrast` تصاویر، به این صورت است که مناطق روشن تصاویر (نتیجه‌ی `opening`) را به تصویر اضافه می‌کنیم و مناطق تیره‌ی آن (نتیجه‌ی `closing`) را از تصویر کم می‌کنیم تا به

تصویر بهبود یافته برسیم. این عملیات گفته شده را پیاده سازی کنید و به ازای چند mask معرفی شده در مرحله ی قبل و mask با اندازه های مختلف، تصاویر بهبود یافته را به دست آورید و نتیجه را گزارش کنید.

*امتیازی: تحقیق کنید در تصاویر پزشکی از کدام نوع mask بیشتر استفاده می شود و دلیل استفاده از آن چیست.

(د) یک معیار برای ارزیابی contrast تصاویر، معیار CIR (Contrast Improvement Ratio) است. در این روش مقدار میانگین شدت های روشنایی بر روی دو پنجره ی مختلف که هر دو به مرکزیت یک پیکسل مشخص هستند، به شکل زیر حساب می شود که به این نسبت، کنتراست محلی گفته می شود:

$$c(x, y) = \frac{|p - a|}{|p + a|}$$

در اینجا p میانگین شدت روشنایی یک پنجره ی سه درسه به مرکزیت پیکسل است، و a میانگین شدت روشنایی یک پنجره ی 7×7 به مرکزیت پیکسل است. CIR نیز به شکل زیر محاسبه می شود:

$$CIR = \frac{\sum_{(x,y) \in R} (c(x, y) - \hat{c}(x, y))^2}{\sum_{(x,y) \in R} c^2(x, y)}$$

که در اینجا R ، منطقه ی مورد نظر در تصویر است. $c(x, y)$ مربوط به تصویر اولیه است و $\hat{c}(x, y)$ مربوط به تصویر بهبود یافته می باشد. تابعی بنویسید که برای یک منطقه ی مشخص از تصویر، این معیار را محاسبه کند. (این منطقه باید سایز مناسبی داشته باشد تا معیار کنتراست را به خوبی نشان دهد).

ه) یک سایز کوچک برای mask انتخاب کنید. یک روش انتخاب mask بهینه، انتخاب سایز کوچک mask و اعمال عملیات dilation بر روی آن است تا سایز mask به نوعی افزایش یابد، و در هر مرحله نتیجه ارزیابی شود. برای چندی مرحله سایز mask را با dilation افزایش دهید و عملیات بهبود کیفیت تصویر را با توجه به قسمت ج) در هر مرحله انجام دهید و برای هر مرحله، معیار CIR را محاسبه کنید.

این عملیات افزایش سایز را تا جایی ادامه دهید که CIR افزایش نیابد. در این مرحله به mask بهینه رسیده اید و نتیجه‌ی عملیات بهبود کنتراست بر روی تصویر را نیز ذخیره کنید.