



بسمه تعالی  
دانشگاه صنعتی شریف  
دانشکده مهندسی برق

پردازش و تحلیل هوشمند تصاویر پزشکی – بهار ۱۴۰۳-۱۴۰۴  
تمرین سری اول  
موعد تحویل: ۳۱/فروردین/۱۴۰۴

## نحوه تحویل:

- گزارش پروژه خود را در قالب یک فایل pdf و یا فایل ipynb 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 جدا نوشته شده باشد، کدها منظم و دارای کامنت‌گذاری 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#\_StdNumber\_FullLastName.zip
- در سامانه CW آپلود شود.
- در انجام تمرین استفاده از اینترنت و مشورت مجاز می‌باشد اما کپی کردن حتی یک قسمت تمرین مجاز نمی‌باشد، 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.
- استفاده از مدل‌های زبانی بزرگ بلامانع است (با ذکر منبع و Prompt مورد استفاده)
- بخش اصلی نمره تمرین متعلق به تحلیل نتایج و مشاهدات است.

- کدهای آپلود شده بر روی دیتاستی پنهان ارزیابی می‌شوند، به این منظور علاوه بر فایل کد اصلی، یک فایل `py` دیگر نیز باید تحویل داده شود که به عنوان ورودی فولدر دارای تصاویر نویزی و خروجی را در فولدر دیگر بعد از تمیز شدن ذخیره کند.

```
input_folder/
| — Question_1_subfolder/
|   | — image_noisy_1.png
|   | — image_noisy_2.png
| — Question_2_subfolder/
|   | — image_noisy_3.png
|   | — image_noisy_4.png
output_folder/
| — Question_1_subfolder /
|   | — image1_denoised.png
|   | — image2_denoised.png
| — Question_2_subfolder /
|   | — image3_denoised.png
|   | — image4_denoised.png
```

همچنین نیاز است که یک فایل `requirements.txt` نیز به همراه کد باشد که در آن تمامی کتابخانه‌های مورد نیاز برای اجرای کد باید به همراه ورژن آن‌ها مشخص شوند. این فایل باید به صورت یک لیست متنی ساده باشد که در هر خط نام یک کتابخانه به همراه نسخه‌ی آن ذکر شده باشد.

- دانشجویانی که علاوه بر فایل‌های مورد نیاز، یک `Dockerfile` برای بخش ارزیابی ارائه دهند که اجرای کد را قابل تکرار کند، امتیاز اضافه دریافت خواهند کرد.

- سیاست تاخیر: در هر تمرین تا سقف ۵ روز و در مجموع می‌توانید تا ۱۵ روز تاخیر در کل داشته باشید.

## مسئله اول ( آشنایی با پردازش‌های مقدماتی تصاویر)

تمامی خواسته‌های این مسئله بر روی تصویر Prob#1.png انجام می‌شود.

(کدهای قسمت‌های \*دار می‌بایست در پایین‌ترین سطح ممکن (عدم استفاده از کتابخانه‌های آماده) و توسط خودتان نوشته شود.

۱-الف\*) تصویر Prob#1.png را فراخوانده و قرینه این تصویر نسبت به دو محور عمودی (منتهی‌الیه چپ و منتهی‌الیه راست) را رسم نمایید.

۱-ب\*) این تصویر را به میزان ۳۷ درجه در جهت مثلثاتی دوران داده، آن را با نام Prob#1\_rot.png به شکل بدون تلفات ذخیره نمایید (مثلاً فرمت png)، حال تصویر Prob#1\_rot.png را فراخوانده و آن را به میزان منفی ۳۷ درجه در جهت مثلثاتی دوران دهید و به شکل بدون تلفات با نام Prob#1\_antirot.png ذخیره نمایید، سپس تصویر اخیر را فراخوانده و معیار MSE و MAE بین این تصویر و تصویر اصلی (Prob#1.png) را محاسبه کنید، اگر این مقدار صفر نیست دلایل آن را شرح دهید.

۱-پ) اندازه تبدیل فوریه تصویر Prob#1.png را به گونه‌ای نمایش دهید که فرکانس (0,0) در وسط تصویر و فرکانس‌های مثبت و منفی در جهات استاندارد تصاویر باشند (fftshift) (مبحث)

۱-پ-۱) اگر تبدیل فوریه بخوبی قابل مشاهده نیست، با انجام یک تبدیل غیرخطی آن را به طرز مناسب نمایش دهید.

۱-پ-۲) اندازه تبدیل فوریه را با متغیر تصادفی  $uniform(0,1)$  جایگزین نموده و با محاسبه تبدیل معکوس فوریه، تصویر حاصل را نمایش دهید (حواستان به لزوم تقارن هرمیتی در حوزه فرکانس باشد)، حال همین عملیات را بر روی فاز انجام داده و تصویر حاصل را نمایش دهید حواستان به لزوم تقارن هرمیتی در حوزه فرکانس باشد) ۱-پ-۳) با اعمال سه فیلتر زیر در حوزه فرکانس، تصویر فیلتر شده در حوزه مکان را نمایش داده و تفسیر نمایید. (مهم: تصاویر حوزه مکان حتماً باید حقیقی باشند)

$$D_1(u, v) = \begin{cases} 1, & \sqrt{u^2 + v^2} \leq 100 \\ 0, & o.w. \end{cases}$$

$$D_2(u, v) = \begin{cases} 1, & 100 \leq \sqrt{u^2 + v^2} \leq 500 \\ 0, & o.w. \end{cases}$$

$$D_3(u, v) = \begin{cases} 1, & \sqrt{u^2 + v^2} \geq 500 \\ 0, & o.w. \end{cases}$$

۱-ت\*) تصویر Prob#1.png را فراخوانده با حذف ستون‌ها و سطرهاى زوج، ابعاد آن را به  $512 \times 512$  برسانید حال بعد از هر سطر و هر ستون این تصویر جدید، یک سطر و یک ستون برابر با صفر قرار دهید (ابعاد تصویر شما اکنون  $512 \times 512$  است)، این تصویر را نمایش دهید، اکنون با استفاده از یک الگوریتم میانیابی مناسب، سطرها و ستون‌های صفر را با مقادیر مناسبی پر نمایید و این تصویر را Prob#1\_int.png بنامید، تصویر اصلی (Prob#1.png) را در کنار تصویر جدید نمایش داده و با محاسبه PSNR بین این دو تصویر تحلیل خود را ارائه دهید (هدف استفاده از الگوریتم میانیابی مناسب است که بتواند حداکثر PSNR را ایجاد نماید)

### مسئله دوم ( بررسی روش‌های حذف نویز کلاسیک)

متداول‌ترین فرمت تصاویر پزشکی NIFTI می‌باشد، در این تمرین ضمن آشنایی با این فرمت به بررسی تطبیقی روش‌های حذف نویز کلاسیک می‌پردازیم.

فایل Prob#2.nii.gz دارای ۱۳۰ برش هر یک به ابعاد  $256 \times 256$  است، عملیات خواسته شده در ادامه را بر روی برش‌های ۶۰ الی ۶۹ انجام دهید.

۲-الف) این برش‌ها را با نویز گوسی جمع شونده با متوسط صفر و انحراف از معیاری برابر  $0.02$  حداکثر شدت روشنایی موجود در مجموعه ۱۳۰ تصویر، آلوده کرده و به قسمت بعدی بروید.

۲-ب) با استفاده از روش‌های Total Variation, BM3D, NLM, WNNM فرآیند نویز زدایی را انجام دهید و متوسط و انحراف از معیار PSNR بین تصویر تمیز و تصویر نویززدایی شده را محاسبه و تحلیل نمایید (در این قسمت از هر کد آماده و متن باز با ذکر منبع و مآخذ می‌توانید استفاده کنید، تنظیمات: پیش فرض کد انتخابی و یا تنظیماتی که خودتان انتخاب می‌کنید)

۲-پ) اگر در فرمول Total Variation بجای توان اول از توان دوم استفاده کنیم، پیش‌بینی می‌کنید چه اتفاقی خواهد افتاد؟ حال در کد/الگوریتم انتخاب شده، توان اول را به توان دوم تبدیل کرده (توجه: تغییر اساسی در کد لازم است) و نتیجه را مشاهده و تفسیر نمایید.

۲-ت) تصویر Prob#1.png را بدون افزودن نویز به عنوان ورودی روش‌های حذف نویز (Total Variation, BM3D, NLM, WNNM) استفاده کرده و PSNR تصویر ورودی و تصویر خروجی الگوریتم را حساب نمایید. با بررسی چشمی و عددی بگویید کدام روش آسیب کمتری به تصویر تمیز و بدون نویز می‌زند؟

### مسئله سوم ( بررسی تطبیقی روش‌های حذف نویز مدرن و مبتنی بر یادگیری ماشین)

۳-الف) تصاویر نویزی ایجاد شده در مسئله قبل را با استفاده از دو مدل Noise2Clean آموزش دیده (به انتخاب خودتان از میان مدل‌های بحث شده در کلاس، بر اساس امکان استفاده از اکانت رایگان CoLap) نویززدایی نمایید (نیازی به Fine Tuning نیست و فقط inference انجام دهید) و نتایج را با بند قبل مقایسه و تحلیل کنید (هر نوع کمبود اطلاعات، داده و تفاوت را با تحلیل مهندسی خودتان تکمیل نمایید، مثلاً تفاوت ابعاد ورودی مدل با ابعاد تصاویر در دسترس)

### مسئله چهارم (تغییر در مدل‌های پایه حذف نویز)

۴-الف) در مدل Noise2Noise تابع هدف زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد،

$$\begin{cases} y_1 = x + n_1 \\ y_2 = x + n_2 \end{cases}, \quad \mathbb{E}\{\|f(y_1|\theta) - y_2\|_2^2\}$$

حال می‌خواهیم مدل را با تغییر زیر fine tune کنیم:

$$\begin{cases} y_1 = x + n_1 \\ y_2 = x + n_2 \end{cases}, \quad \mathbb{E}\{\|f(y_1|\theta) - y_2\|_2^2\} + \mathbb{E}\{\|f(y_2|\theta) - y_1\|_2^2\}$$

۴-الف-۱) شهودی از این فرمول‌بندی ارائه دهید که چگونه می‌تواند منجر به جواب بهتری شود، توجه کنید

پارامترهای هر دو شبکه یکسان هستند ( $\theta$ )

۴-الف-۲) حال با استفاده از [مدل موجود](#) در [گیت](#) این پروژه (برای حالت نویز گوسی) مدل جدیدی جهت آموزش

(Fine Tune) شبکه با تابع هزینه پیشنهادی تهیه کرده و بر روی داده‌ها تا حداکثر ۱۰ اپیاک اجرا نمایید.

**داده‌ها:** دو برداشت تصادفی متفاوت ( $n_1, n_2 \sim N(0, 0.01 \max(\text{GrayLevel}))$ ) و هر یک به تعداد ۱۰۰۰ نمونه (برای

تصویر  $x$  از فایل Prob#4.png استفاده کنید)

۴-الف-۲) حال نویززدایی با مجموعه ۲۰۰۰ تصویر موجود را با مدل پایه مقاله و نیز مدل تنظیم شده خودتان

اجرا و نتایج PSNR و SSIM را گزارش کنید.

نکته: کلیه تنظیمات همانند مدل پایه مقاله باشد.

۴-ب) در مدل [Self2Self](#) تابع هدف بر اساس تخمین پیکسل‌های حذف شده (با توزیع برنولی) ارایه شده است،

در برخی سیستم‌های تصویربرداری به دلیل سوختن تصادفی سنسورها تعدادی خط از تصویر حذف (سیاه یا سفید) می‌شوند، تابع هدف و ورودی‌های آموزشی این مدل را به شکلی تغییر دهید که بتواند خطوط افقی حذف شده را بر

حسب خطوط افقی موجود تخمین بزند، برای آموزش (Fine Tune) تعداد ۱۰۰۰ مشاهده تصادفی از تصویر Prob#4.png

ایجاد نماید که در هرکدام ۲۰ درصد خطوط افقی از بین رفته‌اند (با احتمال ۵۰ درصد سفید مطلق و با احتمال ۵۰

درصد سفید مطلق)، تابع هدف جدید شما باید بتواند این ۲۰ درصد خط را بر اساس ۸۰ درصد خط موجود تخمین

بزند (تا حداکثر اپیاک ممکن و لازم ولی کمتر از ۱۰۰)

**گزارش شماره یک:** ۱۰۰ مشاهده تصادفی دیگر که یک بار ۱۰ درصد و بار دیگر ۳۰ درصد خطوط افقی آن از میان

رفته‌اند را به عنوان ورودی بدهید و نتایج PSNR و SSIM را گزارش کنید.

**گزارش شماره دو:** ۱۰۰ مشاهده تصادفی دیگر که یک بار ۱۰ درصد و بار دیگر ۳۰ درصد خطوط عمودی آن از میان

رفته‌اند را به عنوان ورودی بدهید و نتایج PSNR و SSIM را گزارش کنید.

### مسئله پنجم (تبدیل یک الگوریتم کلاسیک به مدل یادگیری عمیق)

۵) الگوریتم نویززدایی به روش wavelet را دقیق مطالعه کنید:

۵-الف) کدام اجزای این الگوریتم متناظری در مدل‌های شبکه‌های کانولوشنی دارند؟ (شرح دهید)

۵-ب) اگر فرض کنیم حداکثر سطح تجزیه تصویر (Decomposition) برای تصویری به ابعاد  $256 \times 256$  برابر با ۵

باشد، یک مدل مبتنی بر شبکه کانولوشنی پیشنهاد کنید که بتواند روال حذف نویز به روش wavelet را اما به شکل با

سرپرست حتی المقدور پیاده‌سازی نماید. (فرض: وجود مجموعه تصاویر نویزی و متناظر تمیز آنها)

۵-پ) شبکه خود را با استفاده از مجموعه تصاویر Prob#2.nii.gz آموزش دهید و کارایی آن را بیازمایید (تمام

تنظیمات بر عهده خودتان است)