



باسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

۲۵۷۴۲ گروه ۴ - سیگنال‌ها و سیستم‌ها - بهار ۹۸-۱۳۹۷

## تمرین متلب سری سوم

موعد تحویل: جمعه ۳ خرداد ۱۳۹۸، ساعت ۲۳:۵۵

## نحوه‌ی تحویل:

- گزارش تمرین خود را در قالب یک فایل pdf. تحویل دهید. در گزارش لازم است تمامی خروجی‌ها و نتایج نهایی، پرسش‌های متن تمرین، و توضیح مختصری از فرآیند حل مسأله‌ی خود در هر قسمت را ذکر کنید.
- کد کامل تمرین را در قالب یک فایل m. تحویل دهید. لازم است بخش‌های مختلف تمرین در section‌های مختلف تفکیک شوند و کد تحویلی منظم و دارای کامنت‌گذاری مناسب باشد. بدیهی است آپلود کردن کدی که به درستی اجرا نشود، به منزله‌ی فاقد اعتبار بودن نتایج گزارش شده نیز می‌باشد.
- توابعی را که (در صورت لزوم) نوشته‌اید، در قالب فایل‌های m. در کنار فایل‌های گزارش و کد اصلی تمرین، ضمیمه کنید.
- مجموعه‌ی تمامی فایل‌ها (گزارش، کد اصلی، توابع، و خروجی‌های دیگر در صورت لزوم) را در قالب یک فایل zip/.rar. ذخیره کرده و از طریق سامانه‌ی CW تحویل دهید.
- نام‌گذاری فایل‌های تحویلی را به صورت zip/.rar/.m/StudentNumber\_HW03 انجام دهید.

## معیار نمره دهی:

- ساختار مرتب و حرفه‌ای گزارش
- استفاده از توابع و الگوریتم‌های مناسب
- پاسخ به سؤالات تئوری و توضیح روش‌های مطلوب سوال
- کد و گزارش خروجی کد برای خواسته‌های مسأله

## نکات تکمیلی:

- همواره در تمامی تمارین و پروژه‌ها، تا سقف ۱۰٪ نمره اضافه برای قسمت‌های امتیازی و نیز هر گونه روش‌های ابتکاری و فرادرسی در نظر گرفته می‌شود و سقف نمره‌ی قابل کسب معادل با ۱۱۰/۱۰۰ می‌باشد.
- شرافت انسانی ارزشی به مراتب بالاتر از تعلقات دنیوی دارد. رونویسی تمارین، زیر پا گذاشتن شرافت خویشتن است؛ به کسانی که شرافتشان را زیر پا می‌گذارند هیچ نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

# ۱ الگوریتم‌های یافتن لبه در تصاویر دیجیتال

در این بخش به بررسی دو روش معروف برای یافتن لبه‌های موجود در یک تصویر دیجیتال می‌پردازیم.

## ۱.۱ Sobel Operator

عملگر Sobel-Feldman، که در سال ۱۹۶۸ توسط Irwin Sobel و Garry Feldman معرفی شد، یک روش کلاسیک برای تشخیص لبه‌های یک تصویر است. این عملگر، یک عملگر مشتق‌گیری است که تقریبی از گرادیان شدت نور تصویر را در هر نقطه ارائه می‌کند. قدرت این روش در این است که از نظر محاسباتی بسیار ساده است و به این دلیل تا کنون نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این عملگر از دو کرنل استفاده کرده و دو تصویر زیر را تولید می‌کند.  $3 \times 3$

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A \quad (۱)$$

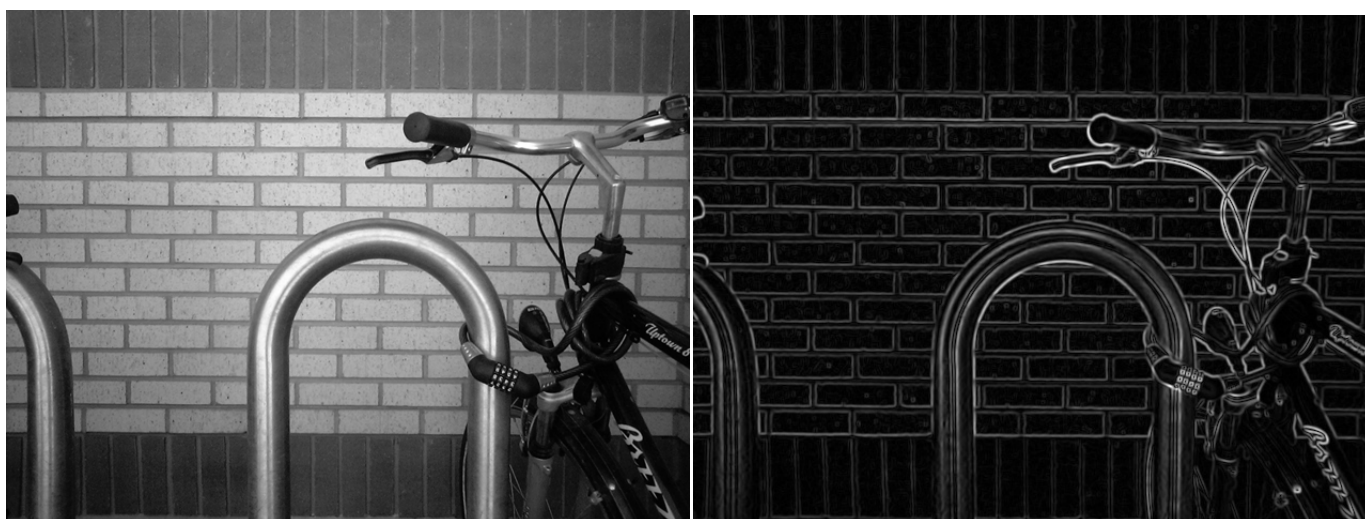
و

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A \quad (۲)$$

که در آن ماتریس  $A$  سیگنال دو بعدی تصویر دیجیتال ماست. دو تصویر فوق، تقریبی از مشتق تصویر در جهت عمودی و افقی هستند. از تصویر

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

استفاده خواهیم کرد. برای مشاهده‌ی مثالی از عملگر این عملگر، به شکل (۱) توجه کنید.



شکل ۱: نمونه‌ای از اعمال عملگر Sobel

## ۲.۱ Kirsch Operator

در این روش، همانند روش Sobel عمل کرده اما از تعداد بیشتری کرنل استفاده خواهیم کرد. در واقع یک کرنل را در نظر گرفته و با چرخاندن آن به اندازه‌ی مضارب ۴۵ درجه، به یک کرنل به ازای هر یک از ۸ جهت قطب‌نما

می‌رسیم. تصویر خروجی این الگوریتم برابر

$$h[n, m] = \max_{z \in \{1, 2, \dots, 8\}} (g^{(z)} * A)[n, m]$$

است که در آن

$$g^{(1)} = \begin{bmatrix} +5 & +5 & +5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}, g^{(2)} = \begin{bmatrix} +5 & +5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}, g^{(3)} = \begin{bmatrix} +5 & -3 & -3 \\ +5 & 0 & -3 \\ +5 & -3 & -3 \end{bmatrix}, g^{(4)} = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ +5 & 0 & -3 \\ +5 & +5 & -3 \end{bmatrix}, \dots$$

شکل (۲) عملکرد این روش را بر یک تصویر نمایش می‌دهد.



شکل ۲: نمونه‌ای از اعمال عملگر Kirsch

بعد از پیاده‌سازی هر دو الگوریتم، و با انتخاب تصاویر مناسب، عملکرد این دو الگوریتم را از نظر زمان اجرا و کیفیت مقایسه کنید. در انتخاب تصویرهای خود برای مقایسه این دو الگوریتم، چه ویژگی‌هایی را مد نظر داشتید؟

## ۲ الگوریتمی برای شمارش دایره در تصویر

در این قسمت از شما خواسته می‌شود تا الگوریتمی ارایه کنید که تعداد اجسام گرد تصویر شماره چهار را به عنوان خروجی بدهد. می‌توانید الگوریتم خود را بر تصویر circles.png که به ضمیمه‌ی این تمرین ارائه شده است آزمایش کنید

راهنمایی: می‌توانید کمی در مورد Hough Transform مطالعه کنید.

## ۳ اهمیت اندازه و فاز تبدیل فوریه در سیگنال تصویری

با استفاده از تابع fft2 متلب، تبدیل فوریه تصاویر pic1.png و pic2.png را حساب کنید. تصویری بسازید که فاز تبدیل فوریه‌ی آن برابر فاز تبدیل فوریه‌ی تصویر اول و اندازه‌ی تبدیل فوریه‌ی آن، برابر اندازه‌ی تبدیل فوریه‌ی تصویر دوم باشد.

با توجه به نتایج این سوال، در تصاویر، آیا فاز اطلاعات مهم‌تری در بر دارد یا اندازه‌ی تبدیل فوریه؟ برای این موضوع چه دلیلی دارید؟ می‌توانید برای توجیه حتی به ساختمان و عملکرد چشم انسان اشاره کنید.

## ۴ حذف نویز

(الف) شناخت انواع نویز و همچنین عوامل ایجاد کننده آن‌ها و روش‌های حذف هر یک بسیار مهم هستند، به همین جهت در این قسمت از تمرین، به این مباحث می‌پردازیم.

در ابتدا در مورد هر یک از چهار نوع نویز زیر مطالعه کرده و خلاصه‌ای از مطالعات خود را در گزارش خود ذکر نمایید.

(a) Salt & Pepper

(b) Gaussian

(c) Poisson

(d) Speckle

به دلخواه خود، یک تصویر انتخاب کرده و هر بار به آن یکی از چهار نویز بالا را اضافه کنید. توجه داشته باشید که توان نویز آنقدر زیاد نباشد که تصویر قابل شناسایی نبوده و آنقدر نیز کم نباشد که نویز مشهود نباشد.

(ب) در مورد فیلتر میانه‌گیر Median Filter و فیلتر گوسی Gaussian Filter به دقت مطالعه کرده و در مورد هر یک به طور مختصر در گزارش کار خود توضیح دهید.

(ج) در این بخش قصد داریم فیلتر گوسی و میانه‌گیر را پیاده‌سازی کنیم و عملکرد هر یک را برای حذف انواع مختلف نویز با هم مقایسه کنیم.

۱. تابعی در متلب بنویسید که با گرفتن عکس، سایز کرنل و انحراف معیار، فیلتر گوسی یا Gaussian Filter را روی تصویر ورودی اعمال کند و در خروجی تصویر فیلترشده را به ما بدهد. لازم به ذکر است که در این قسمت اجازه‌ی استفاده از توابع آماده متلب را ندارید. (راهنمایی: هنگام پیاده‌سازی ممکن است در لبه‌ها به مشکل برخوردید، اما می‌توانید با اضافه کردن صفر به کناره‌های تصویر مشکل خود را حل کنید!)

۲. تابعی بنویسید که با دریافت سایز کرنل، فیلتر میانه‌گیر یا Median Filter را بر تصویر ورودی اعمال کند و تصویری فیلترشده را بازگرداند.

۳. در این بخش، دو تابعی که در بخش‌های قبل نوشته‌اید را بر عکس‌های آلوده به هر یک از چهار نوع نویز معرفی شده اعمال کرده و کیفیت تصویر خروجی هر یک از آن‌ها را بازگرداند. برای هر عکس، تلاش کنید بهترین پارامترهای فیلتر را انتخاب کنید.

۴. (امتیازی) با جست‌وجو در اینترنت سعی کنید که روش‌های دیگری برای فیلترکردن تصاویر پیدا کنید و در صورت امکان آن‌ها را پیاده‌سازی کنید و منطق ریاضی آن‌ها را نیز حتماً در گزارش کار خود بیاورید.

## ۵ تصاویر fMRI

نورون‌های مغز، به خودی خود دارای ذخیره‌ی انرژی (به صورت قند و اکسیژن) نیستند در نتیجه افزایش فعالیت آن‌ها نیاز به این دارد که انرژی (غذا) از طریق خون به سرعت به آن‌ها رسانده شود، در نتیجه افزایش محلی غلظت اکسیژن در خون یک ناحیه از مغز، می‌تواند مستقیماً مرتبط با فعالیت نورون‌های آن ناحیه از مغز باشد. خون به نورون‌های فعال با نرخ بیشتری اکسیژن می‌رساند در نتیجه فعالیت نورون‌های یک ناحیه، می‌تواند باعث تغییر غلظت Oxyhemoglobin و Deoxyhemoglobin در آن ناحیه شود. در سال ۱۹۹۰، Seiji Ogawa نشان داد که Deoxyhemoglobin یک ماده‌ی پارامغناطیس است در حالی که Oxyhemoglobin یک دیامغناطیس است. این تفاوت بین هموگلوبین با و بدون اکسیژن امکان این را فراهم می‌کند که در تصویر برداری MRI، بین آن‌ها تفاوت

وجود داشته باشد. در Functional Magnetic Resonance Imaging یا fMRI با عنایت به این ویژگی، به طور غیر مستقیم، غلظت Deoxyhemoglobin را اندازه‌گیری کرده و با توجه به توضیحات بالا، می‌تواند نمایانگر فعالیت نوروئی در یک ناحیه از مغز باشد.

در این نوع تصویربرداری، مغز به مستطیل‌هایی سه بعدی، به نام واکسل (در مقابل پیکسل) تقسیم می‌شود که ابعاد هر واکسل از مرتبه‌ی  $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1\text{cm}$  است.

داده‌ی fMRI یک داده چهار بعدی است که سه بعد اول آن نمایشگر مکان و بعد چهارم آن زمان است. در هر زمان تصویری سه بعدی از مغز برداشته شده که هر درایه‌ی آن، سیگنالی متناسب با غلظت Deoxyhemoglobin در واکسل متناظر و در زمان مشخص شده است.

یک نکته‌ی بسیار مهم که در پردازش سیگنال‌های fMRI باید به آن توجه داشت این است که سر شخص مورد آزمایش، ممکن است در حین این آزمایش (در زمان‌های مختلف) تکان خورده باشد و پیش از انجام هر پردازشی باید تصاویر زمان‌های مختلف را با هم Align کنیم. برای این کار روش‌های متعددی وجود دارد که در این تمرین به بررسی ساده‌ترین آن‌ها می‌پردازیم.

همچنین در این تمرین برای سادگی به جای داده‌ی چهار بعدی، داده‌ی سه بعدی در اختیار شما قرار گرفته شده (تصویر یک ارتفاع ثابت از مغز) که دو بعد اول آن مکان و بعد سوم آن زمان است همچنین تنها دو نقطه‌ی زمانی از تصاویر به شما داده شده است.

در این تمرین قصد داریم به کمک دوران و انتقال، دو تصویر (مربوط به دو نقطه‌ی زمانی) را طوری Align کنیم که میزان همبستگی دو تصویر بیشینه شود. برای این کار با تغییر پارامتر زاویه‌ی دوران و دو پارامتر انتقال، مقادیر هر پارامتر را طوری بیابید که همبستگی دو تصویر بیشینه شود. تصاویر Align شده و همچنین پارامترهای تبدیل‌های خود را در گزارش کار درج کنید.