

به نام خدا

تمرین کامپیوتری دوم

سیگنال‌ها و سیستم‌ها – نیمسال دوم 1400

دکتر اخوان

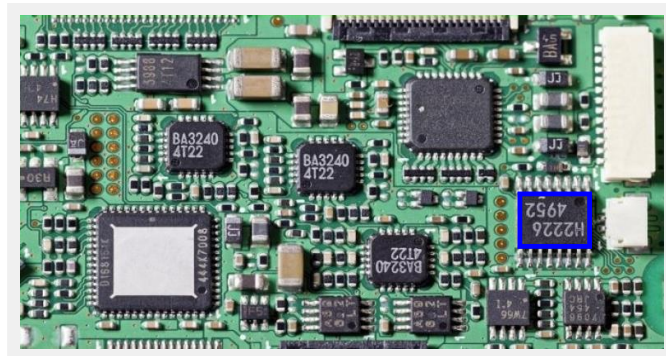


مقدمه

تطابق الگو^۱ روشی در پردازش تصاویر دیجیتال است که جهت پیدا کردن قطعات کوچکی از یک تصویر که با یک تصویر الگو مطابقت دارند، به کار می‌رود. از تطابق الگو در صنعت می‌توان برای کنترل کیفیت، روشی برای ناوبری ربات، یا به عنوان راهی برای شناسایی لبه‌های تصاویر استفاده کرد. تطابق الگو کاربردهای زیادی دارد و در حوزه‌های مهندسی مثل، تشخیص چهره و کاربردهای پزشکی نظیر پردازش تصاویر پزشکی استفاده می‌شود.

برخلاف انسان‌ها که به سادگی تعداد زیادی از الگوها را از زوایای دید مختلف، با مقیاس‌های مختلف می‌توانند شناسایی کنند، این امر برای سیستم‌های بینایی ماشین چالش برانگیز است.

در این تمرین کامپیوتری می‌خواهیم با روش تطابق الگو، اسکرپیت متلبی بنویسیم که مشابه تصویر 1، قطعه‌ای که تصویر آن به عنوان ورودی داده می‌شود را بر روی تصویر یک برد مدار چاپی^۲ شناسایی کند و در صورت وجود اطراف آن(ها) مستطیل رسم کند.



تصویر 1 – تصویر یک برد مدار چاپی که قطعه مورد نظر روی آن شناسایی و مشخص شده است.

ابتدایی‌ترین روش برای تطابق الگو استفاده از ضریب همبستگی نرمالایز شده است که برای دو سیگنال تک بعدی x و y (با میانگین صفر) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Correlation Coeff}(x, y) = \frac{\sum_{n=1}^L x[n]y[n]}{\sqrt{(\sum_{n=1}^L x^2[n]) \times (\sum_{k=1}^L y^2[k])}}$$

سوالات مفهومی

1. با توجه به رابطه ضریب همبستگی فوق الذکر، بیان کنید که چه هنگام اندازه این ضریب به صفر نزدیک است و چه زمانی به یک نزدیک است؟
2. با توجه به اینکه سیگنال تصویر یک سیگنال دو بعدی است، رابطه‌ای مشابه برای ضریب همبستگی دو سیگنال دو بعدی x و y (با میانگین صفر) ارائه دهید. (راهنمایی: با توجه به دوبعدی شدن سیگنال‌ها، باید هر سیگما با دو سیگما جایگزین شود تا تمام مولفه‌های سیگنال دوبعدی در محاسبه ضریب همبستگی استفاده شود).
3. به صورت مختصر بیان کنید که چگونه با استفاده از ضریب همبستگی در سیگنال‌های دو بعدی، می‌توان از تطابق الگو برای شناسایی یک قطعه مثل یک مدار مجتمع^۳ در تصویر یک برد مدار چاپی استفاده کرد؟

پیاده‌سازی

همانطور که گفته شد در این تمرین کامپیوتری می‌خواهیم یک اسکریپت متلب بنویسیم که تصویر یک برد مدار چاپی و تصویر قطعه مورد نظر را گرفته و آن را در برد مدار چاپی شناسایی کند.

توجه: لطفاً هر کدام از توابع خواسته شده در ادامه را در یک فایل با پسوند m با همان نام تابع ذخیره کرده و در کنار گزارش خود ضمیمه کنید.

در ابتدا تابعی با نام `select_image` تعریف کنید که ورودی ندارد و با فراخوانی آن یک پنجره برای انتخاب فایل تصویر باز شود، بعد از انتخاب تصویر، محتوای آن به صورت یک ماتریس سه بعدی به عنوان خروجی تابع برگردانده شود. (راهنمایی: می‌توانید از توابع `imgetfile` و `imread` متلب برای این منظور استفاده کنید).

در ماتریس سه بعدی بدست آمده، هر کانال تصویر مربوط به یکی از کانال‌های رنگ قرمز، سبز و آبی است؛ برای کاهش پیچیدگی محاسبات می‌توان تصویر رنگی را به تصویر خاکستری^۴ تبدیل کرد زیرا که اطلاعات موجود در تصویر خاکستری نیز برای شناسایی و تطابق الگو کافی است. برای این کار تابع `rgb_to_gray` را تعریف کنید که در آن با کمک ترکیب خطی کانال رنگ‌های قرمز، سبز و آبی تصویر ورودی به صورت زیر، تصویر رنگی سه کاناله را به یک تصویر تک کاناله خاکستری که تنها بیانگر شدت روشنایی برای هر پیکسل است تبدیل می‌کند و آن را به عنوان خروجی تابع قرار می‌دهد: (توجه: طبیعتاً هدف پیاده‌سازی این تابع به صورت دستی است و استفاده از توابع داخلی متلب مجاز نیست).

$$Gray_{channel} = 0.299 \times Red_{channel} + 0.578 \times Green_{channel} + 0.114 \times Blue_{channel}$$

حال تصویر برد مدار چاپی و قطعه BA3240 که در کنار این فایل ضمیمه شده‌است را با کمک تابعی که بالاتر نوشته‌اید در متلب وارد کرده و به تصویر خاکستری تبدیل کرده و در نهایت دو تصویر خاکستری شده را با دستور `imshow` نمایش داده و خروجی را در گزارش خود بیاورید.

با توجه به رابطه‌ای که برای ضریب همبستگی برای سیگنال دو بعدی در قسمت قبل ارائه کردید، تابع `corr_2d` را تعریف کنید که در ورودی دو تصویر (دو ماتریس) گرفته و ضریب همبستگی آن دو را محاسبه می‌کند. (راهنمایی: برای ضرب درایه به درایه دو ماتریس در متلب باید از اپراتور `*` استفاده کرد؛ همچنین استفاده از توابع ریاضی داخلی متلب نظیر `sum` و `sqrt` نیز بلامانع است. طبیعتاً هدف پیاده‌سازی این تابع به صورت دستی است و استفاده از توابع داخلی متلب مجاز نیست).

تابع `corr_matrix` را به این صورت تعریف کنید که تصویر خاکستری قطعه را از گوشه بالا سمت چپ، روی تصویر خاکستری برد مدار چاپی حرکت داده و ضریب همبستگی تصویر قطعه و بخشی از تصویر برد مدار چاپی که در هر مرحله زیر تصویر قطعه قرار گرفته را حساب کرده و مقدار آن را در ماتریسی ذخیره کنید و در پایان این ماتریس را در خروجی تابع قرار دهید.

توجه: در رابطه مربوط به ضریب همبستگی فرض شده بود که میانگین سیگنال‌ها صفر است بنابراین در اینجا هم میانگین هر تصویر را از آن کم باید کرد تا میانگین سیگنال‌ها (تصاویر) صفر شود.

راهنمایی: می‌توانید تابع زیر را تکمیل کنید.

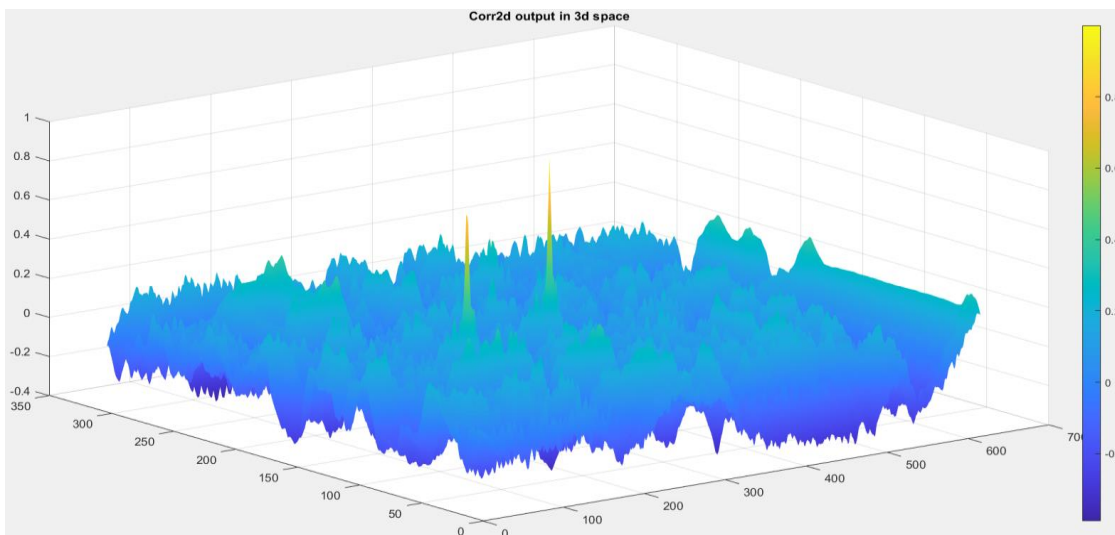
```
function M = corr_matrix(PCB, IC)

[PCB_row, PCB_col] = size(PCB);
[IC_row, IC_col] = size(IC);
IC = double(IC);

%کدی بنویسید که میانگین تصویر IC را از آن کم کند.
%کدی بنویسید که یک ماتریس با درایه‌های صفر به نام M با ابعاد
[PCB_row - IC_row + 1, PCB_col - IC_col + 1] تعریف کند.

for i=1:(PCB_row - IC_row + 1)
    for j=1:(PCB_col - IC_col + 1)
        PCB_cropped = double(PCB(i:i + IC_row - 1, j:j + IC_col - 1));
        %کدی بنویسید که میانگین تصویر PCB_cropped را از آن کم کند. و بعد کدی بنویسید که ضریب
        %همبستگی بین PCB_cropped و IC را محاسبه کرده و در درایه j,i ماتریس M ذخیره کند.
    end
end
end
```

تابع `plot_surface` را طوری تعریف کنید که خروجی تابع `corr_matrix` را گرفته و آن را به صورت سه بعدی (که برحسب ابعاد سیگنال تصویر برد مدار چاپی است) مشابه تصویر 2 رسم کند.



تصویر 2- نمایش سه بعدی ماتریس ضرایب همبستگی

شکل خروجی کد خود که مشابه تصویر 2 است را برای تصویر برد مدار چاپی و قطعه BA3240 که در کنار این فایل ضمیمه شده را در گزارش خود آورده و شرح دهید، پستی و بلندی‌ها (قله‌ها) در این نمودار به چه علت ایجاد شده و نمایانگر چیست؟ (راهنمایی: تابع surf متلب برای رسم چنین سطوحی مناسب است).

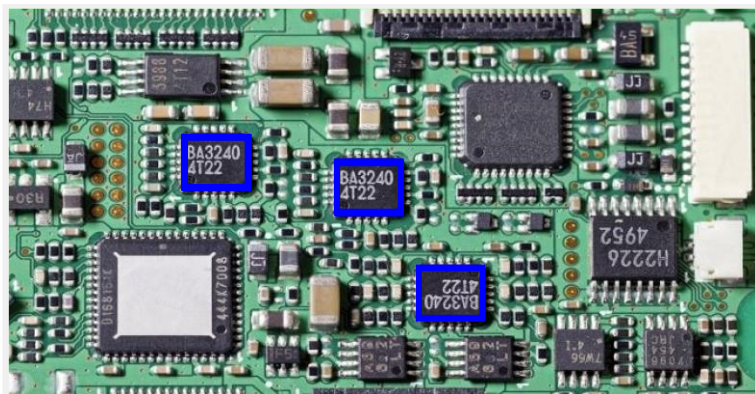
حال با توجه به نمودار فوق باید یک حد آستانه⁵ تعیین کنید تا اگر مقدار ضریب همبستگی بیشتر از آن بود، آن بخش به عنوان الگوی مورد نظر شناسایی شود (توجه: لطفاً مقداری که برای این حد آستانه تعیین کرده اید را در گزارش خود نیز ذکر کنید)؛ در ادامه تابع plot_box را تعریف کنید که تصویر برد مدار چاپی، تصویر خاکستری قطعه و ماتریس ضرایب همبستگی (خروجی تابع corr_matrix) را به عنوان ورودی گرفته و در نقاطی که مقدار ضریب همبستگی از حد آستانه تعیین شده بیشتر است (نقاط متناظر با درایه‌های ماتریس همبستگی بدست آمده)، روی تصویر برد مدار چاپی یک مستطیل به عنوان مکان شناسایی شده برای قطعه رسم کند و این تصویر را خروجی دهد؛ توجه کنید که مقدار حد آستانه را باید طوری تعیین کنید که تمام قطعات مورد نظر در تصویر برد مدار چاپی شناسایی و اطراف آن‌ها مستطیل رسم شود و همچنین در مکان‌های دیگر نیز به اشتباه مستطیل رسم نشود. همچنین قطعات می‌توانند دوران داشته باشند همانطور که در تصویر ضمیمه شده برد مدار چاپی دیده می‌شود؛ برای سادگی فرض می‌کنیم قطعات فقط 180 درجه می‌توانند دوران داشته باشند؛ پس در ورودی این تابع ماتریس‌های ضرایب همبستگی برای تصویر اصلی و نیز تصویر 180 درجه دوران یافته به صورت یک آرایه سلولی داده می‌شود. یعنی این تابع باید به صورت زیر قابل فراخوانی باشد و خروجی آن (result) تصویری مشابه تصویر 3 باشد:

```
M = corr_matrix(PCB_image_gray, IC_image_gray);
M_rotated = corr_matrix(PCB_image, IC_image_gray_rotated);
M_cell = {M; M_rotated};
result = plot_box(PCB_image, IC_image_gray, M_cell);
```

راهنمایی: می‌توانید تابع زیر را تکمیل کنید.

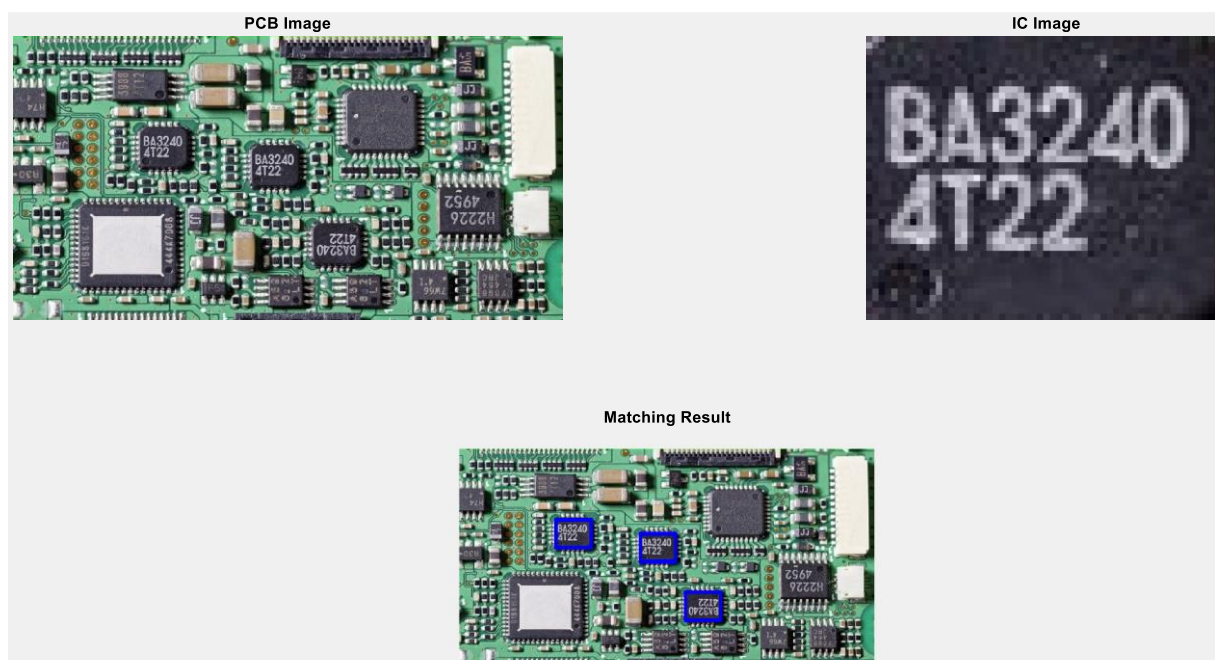
```
function result = plot_box(PCB, IC, M_cell)
    [IC_row, IC_col] = size(IC);
    threshold = 0;

    figure, imshow(PCB);
    hold on;
    for l=1:length(M_cell)
        %کدی بنویسید که با کمک تابع find متلب، تمام درایه‌های l امین عنصر
        % M_cell که مقدارشان از threshold بیشتر است را خروجی دهد و بعد این خروجی را به صورت
        % [rows, cols] در دو متغیر rows و cols ذخیره کنید.
        for k=1:length(rows)
            %کدی بنویسید که با کمک تابع rectangle متلب یک مستطیل در مکان
            % شناسایی شده k امین قطعه رسم کند.
        end
    end
    F = getframe(gcf);
    result = frame2im(F);
end
```



تصویر 3 - تصویر برد مدار چاپی داده شده که مکان قطعات BA3240 روی آن مشخص شده است.

در نهایت یک تکه کد بنویسید که برای تصویر برد مدار چاپی و تصویر قطعه BA3240 که در کنار این فایل ضمیمه شده، با کمک توابعی که تعریف کردیم خروجی مشابه تصویر 4 ایجاد کند؛ این تکه کد را در فایلی به نام main.m ذخیره و در کنار گزارش خود ضمیمه کنید. این کد باید قابلیت اجرای مجدد داشته باشد یعنی با اجرای آن، پنجره انتخاب تصویر برد مدار چاپی و قطعه باز شود و بعد از انتخاب این تصاویر توسط کاربر، خروجی مشابه تصویر 4 ایجاد و نمایش داده شود. (راهنمایی: برای دوران 180 درجه تصویر قطعه می‌توانید از تابع imrotate استفاده کنید).



شکل 4 - خروجی مد نظر نهایی مربوط به یافتن قطعات BA3240 در تصویر برد مدار چاپی داده شده.

نکات کلی درباره تمرین کامپیوتری:

- تمام پیاده‌سازی‌ها باید در محیط متلب صورت بگیرد.
- فایل نهایی شما باید به صورت یک فایل زیپ شامل گزارشکار(.pdf)، کدهای متلب و سایر فایل‌های خواسته شده باشد. آن را به صورت SS_CA2_SIDs.zip نامگذاری کنید که SIDs شماره دانشجویی اعضای گروه می‌باشد.
- برای آپلود این تمرین تا روز یکشنبه 18 اردیبهشت ساعت 17 فرصت دارید.
- در صورت بروز هرگونه مشکل با [امیرحسین دبیری](#) در ارتباط باشید.