

**اصول بینایی کامپیوتر (۱-۲۲۹۲۶) زمستان ۱۳۹۸**  
**تمرینات سری اول**  
**مهلت تحویل: ۳۰ فروردین ۱۳۹۹ (شنبه) ساعت ۱۲ شب**

---

**لطفاً به نکات زیر توجه بفرمایید.**

۱. نتایج و پاسخ های خود را در یک فایل zip (rar نباشد) در سایت CW قرار دهید (ایمیل نکنید). در صورت رعایت نکردن این موارد، ۱۰ نمره از شما کسر خواهد شد.
۲. اغلب تمرینات نیاز به برنامه نویسی خواهند داشت. در چنین تمرین هایی، کسب نمره کامل در هر سؤال مستلزم تحویل سه مورد **نتایج، کدها، و توضیحات** می باشد. نتایج مورد نیاز در هر تمرین توضیح داده شده است. نتایج ۳۰ درصد نمره شما را تشکیل می دهند. حتی با وجود توضیحات کامل و کدهای قابل اجرا، اگر نتایج در بین فایل های شما نباشند این ۳۰ درصد به شما تعلق نمی گیرد. در مورد کدها و توضیحات در زیر توضیح بیشتری داده می شود.
۳. برای سؤالاتی که نیاز به برنامه نویسی دارند، باید حتماً کدهای استفاده شده که منجر به نتایج فرستاده شده است همراه فایل های شما باشند. با اجرای این کدها باید همان نتایجی که فرستاده اید قابل بازیابی باشند. برنامه اصلی شما باید با نام مرتبط با شماره سؤال ذخیره شده باشد که در هر سؤال به آن اشاره خواهد شد. برنامه شما باید به گونه ای باشد که بدون نیاز به هیچ تغییری در هر کامپیوتری قابل اجرا باشد، در غیر اینصورت هیچ نمره ای تعلق نخواهد گرفت. کدهای شما ۴۰ درصد نمره هر سؤال را تشکیل می دهند و در صورت عدم وجود و یا کار نکردن کد این نمره به شما تعلق نخواهد گرفت. در صورت استفاده از فایل های متعدد لطفاً تمام آن ها را به همراه پاسخ های خود بفرستید تا برنامه شما قابل اجرا باشد. در چنین مواردی، می توانید فایل ها را با نام های دلخواه خود ذخیره نمایید ولی فایل اصلی باید با نام اشاره شده در هر سؤال ذخیره شود و طوری باشد که با اجرای آن برنامه تمام قسمت های برنامه مورد نظر اجرا شود. در صورتی که چند کد در یک سؤال از شما خواسته شده باشد، باید تمام آن ها را با توضیحات خواسته شده در سؤال ذخیره نموده و بفرستید. کدهای شما تماماً باید توسط خودتان نوشته شده باشند. هرگونه استفاده از کد دیگران، اعم از دوستان و اینترنت، به هر شکل ممکن، اعم از کپی کردن یا یاد گرفتن یا همکاری کردن، تقلب محسوب می شود و نمره تمام تمرینات جاری و تمام تمرینات تحویل داده شده قبلی صفر خواهد شد.
۴. برای تمام سؤالات، باید تمام جزئیات روشی که استفاده کرده اید را توضیح دهید. این توضیحات برای تمام سؤالات می تواند در یک فایل pdf باشند. این قسمت ۳۰ درصد نمره هر سؤال شما را تشکیل می دهد. در توضیحات، باید اشاره کامل به کارهایی که انجام داده اید بنمایید به طوری که یک شخص آگاه از موارد درس بتواند به آسانی متوجه کاری که شما انجام داده اید شود.
۵. تمام فایل های مربوط به یک سری تمرین را باید با هم تحویل دهید. در صورتیکه قسمت های مختلف یک سری تمرینات را در زمان های مختلف در سایت CW قرار داده باشید، آخرین زمان بارگزاری به عنوان تاریخ تحویل شما در نظر گرفته خواهد شد.

## سؤالات:

### ۱. Harris Corner Detection and Matching (۲۵ نمره)

در تصاویر 01.jpg و 02.jpg نقاط متناظر (corresponding point) را با استفاده از روش هریس (Harris) پیدا کنید. با استفاده از روش هریس، تعدادی نقطه مطلوب (interest point) در هریک از تصاویر پیدا کنید. اطراف هر نقطه یک همسایگی در نظر بگیرید و آن را به صورت بردار نشان دهید تا ویژگی (feature vector) آن نقطه شود. بردار ویژگی نقاط بین دو تصویر را با هم مقایسه کرده و نقاط متناظر را پیدا کنید. می توانید به اسلاید ۸۱ و ۸۲ جلسه دوم مراجعه کنید.

برای هر یک از تصاویر مراحل می شود را انجام دهید.

- مشتق تصویر در راستای عمودی ( $I_x$ ) و راستای افقی ( $I_y$ ) را به دست آورید. می توانید از توابع و کتابخانه های آماده استفاده نمایید.
- مقادیر  $I_x^2$ ,  $I_y^2$  و  $I_x I_y$  را برای هر پیکسل محاسبه کنید. دقت بفرمایید که هریک از این عبارت ها را می توانید به صورت یک ماتریس به اندازه تصویر اصلی منهای چند سطر و ستون دور تصویر در نظر بگیرید.
- بزرگی گرادیان تصویر را به دست آورده و نمایش دهید. بزرگی گرادیان را می توانید از رابطه  $\sqrt{I_x^2 + I_y^2}$  به دست آورید. دقت نمایید که محدوده مقادیر گرادیان را باید در بازه ای قرار دهید که قابل نمایش باشد. مقادیر گرادیان تصویر 01.jpg را با نام r01\_grad.jpg و گرادیان تصویر 02.jpg را با نام r02\_grad.jpg ذخیره نمایید.
- یک فیلتر گوس در نظر گرفته و روی ماتریس های  $I_x^2$ ,  $I_y^2$  و  $I_x I_y$  اعمال نمایید. نتایج را با نام های  $S_{xy}$ ,  $S_x^2$  و  $S_y^2$  نشان دهید. برای این کار می توانید از توابع و کتابخانه های آماده استفاده نمایید. مقدار مناسب انحراف معیار را به صورت تجربی به دست آورده و در گزارش خود ذکر نمایید. بدین ترتیب، مقدار مؤلفه های تنسور ساختار (structure tensor) که میانگین وزن دار داخل یک همسایگی در اطراف هر پیکسل می باشند به دست می آید.
- دترمینان و اثر تنسور ساختار را به دست آورید. دترمینان برابر  $S_x^2 S_y^2 - S_{xy}^2$  می باشد و اثر برابر  $S_x^2 + S_y^2$  می باشد.
- مقدار تابع هریس  $(\det - k(\text{trace})^2)$  را برای هر پیکسل به دست آورید. مقدار  $k$  را به صورت تجربی انتخاب نموده و در گزارش خود ذکر نمایید. مقدار  $k = 0.06$  می تواند انتخاب خوبی باشد. ماتریس حاصل را نمایش دهید. دقت نمایید که محدوده مقادیر را باید در بازه ای قرار دهید که قابل نمایش باشد. مقادیر مربوط به تصویر 01.jpg را با نام r01\_score.jpg و مقادیر تصویر 02.jpg را با نام r02\_score.jpg ذخیره نمایید.
- یک مقدار آستانه (threshold) در نظر گرفته و مقادیر بیشتر از آن را نگه داشته و مقادیر دیگر را حذف نمایید. حاصل را نمایش دهید. مقادیر مربوط به تصویر 01.jpg را با نام r01\_thresh.jpg و مقادیر تصویر 02.jpg را با نام r02\_thresh.jpg ذخیره نمایید.
- از روش non-maximum suppression که پیکسل با بیشترین مقدار در بین پیکسل های یک مؤلفه را به دست می آورد استفاده نموده و برای تعدادی نقطه مجاور هم که بیشتر از مقدار آستانه بوده اند فقط یک نقطه انتخاب کرده و بقیه را حذف نمایید. نقاط باقیمانده را روی تصاویر اصلی نشان داده و ذخیره نمایید. نتیجه مربوط به تصویر 01.jpg را با نام r01\_harris.jpg و نتیجه تصویر 02.jpg را با نام r02\_harris.jpg ذخیره نمایید.
- برای هریک از نقاط به دست آمده، یک همسایگی به اندازه  $n \times n$  در نظر بگیرید و پیکسل های داخل این همسایگی را در یک بردار  $n^2$  بعدی قرار دهید. مقدار مطلوب  $n$  را به صورت تجربی به دست آورده و در گزارش خود ذکر نمایید. بدین صورت، برای هر یک از نقاط مطلوب یک بردار ویژگی به دست می آید.

حال که در هریک از تصاویر تعدادی نقطه مطلوب به دست آمده است، نقاط متناظر در دو تصویر را پیدا کنید.

- بردارهای ویژگی تمام نقاط دو تصویر را با هم مقایسه نمایید.
- برای هر نقطه از تصویر اول ( $q$ )، دو نقطه از تصویر دوم که کمترین فاصله را با آن نقطه دارند در نظر بگیرید. نزدیک ترین نقطه را  $p_1$  و دومین نزدیک ترین را  $p_2$  بنامید. فاصله آن ها تا  $q$  را  $d_1$  و  $d_2$  بنامید.
- اگر نسبت  $d_2$  به  $d_1$  کمتر از یک مقدار آستانه شد،  $q$  متناظر  $p_1$  می شود، در غیر این صورت،  $q$  هیچ نقطه متناظری ندارد. مقدار آستانه را انتخاب نموده و در گزارش خود ذکر نمایید.
- همین کار را برای نقاط از تصویر دوم به اول انجام دهید.
- چنانچه یک جفت نقطه متناظر هم در تناظر از تصویر اول به دوم هم در تناظر از تصویر دوم به اول به دست آمده بود، آن را به عنوان تناظر خوب نگهداشته و بقیه را حذف نمایید.
- چنانچه یک نقطه از یک تصویر به بیش از یک نقطه از تصویر دیگر متناظر شده بود، تمام آن ها حذف نمایید.
- نقاط مطلوب باقیمانده را در تصاویر خودشان نمایش دهید. نتیجه مربوط به تصویر 01.jpg را با نام r09\_corres.jpg و نتیجه تصویر 02.jpg را با نام r10\_corres.jpg ذخیره نمایید.
- دو تصویر را کنار هم قرار داده و تعدادی از نقاط متناظر به دست آمده را روی آن ها نمایش داده و بین دو نقطه متناظر در دو تصویر یک خط بکشید. تعداد نقاطی را به اندازه ای انتخاب نمایید که نتیجه حاصل قابل تشخیص باشد. نتیجه را با نام r11.jpg ذخیره نمایید.

کد اصلی خود را با نام Q1 ذخیره نمایید. دقت بفرمایید که تعداد ۱۱ تصویر که در بالا گفته شده است باشد در نتایج شما باشند. همچنین تعداد ۵ پارامتر که شامل انحراف معیار،  $n, k$  و دو مقدار آستانه می باشد باید در گزارش شما ذکر شده باشند.

## ۲. آرم دانشگاه (۲۰ نمره)

قصد داریم آرم دانشگاه صنعتی شریف را در وسط زمین فوتبال با چمن های کوتاه تر بسازیم. اگر طرح آرم را به شکل اصلی روی زمین بسازیم، هنگام فیلم برداری تلویزیونی توسط دوربین هایی که از کنار زمین فیلم برداری می کنند این طرح به شکل واقعی خود دیده نمی شود. هدف ساختن آرم تغییر یافته در وسط زمین به گونه ای می باشد که در فیلم برداری توسط دوربین مرکزی آرم به شکل اصلی خود دیده شود.

قصد داریم تصویری از آرم تغییر یافته به دست آورده و به پیمانکار بدهیم تا طبق آن تصویر مناسب روی زمین ساخته شود. برای این کار، فرض می کنیم تصویر آرم دانشگاه که در فایل logo.png می باشد توسط دوربین فیلم برداری دیده شده است. این تصویر را طوری تغییر می دهیم که طرحی که روی زمین باید ساخته شود به دست آید. این طرح مشابه تصویری می باشد که توسط دوربینی که به صورت عمود به پایین در وسط زمین قرار بگیرد گرفته می شود. این دوربین فرضی را هم ارتفاع مکان دوربین تلویزیون در نظر می گیریم، فاصله کانونی آن را مساوی فاصله کانونی دوربین قرار می دهیم، و تصویر آن را به اندازه کافی بزرگ در نظر می گیریم تا تمام آرم در آن جای شده و نقطه وسط زمین در وسط تصویر قرار گیرد. دوربین تلویزیونی در فاصله ۴۰ متری از وسط زمین و در ارتفاع ۲۵ متری قرار دارد. فاصله کانونی دوربین ۵۰۰ پیکسل می باشد.

تصویر مطلوب را به دست آورده و با نام r12.jpg ذخیره نمایید. کد اصلی خود را با نام Q2 ذخیره نمایید. روش خود را در فایل توضیحات به طور کامل توضیح دهید.

### ۳. Panorama (۳۰ نمره)

با استفاده از تصاویر 03.jpg تا 10.jpg یک تصویر پانوراما درست کنید.

تصاویر را بر روی یک صفحه یا یک استوانه و یا یک کره منتقل نموده و با هم ترکیب نمایید. یکی از تصاویر را به عنوان تصویر مرجع انتخاب نموده و با توجه به این تصویر تصاویر دیگر را روی صفحه یا استوانه یا کره مطلوب منتقل نمایید. برای این کار، بین هر تصویر و تصویر مرجع تعدادی نقطه متناظر پیدا کنید و با استفاده از آن ها و RANSAC یک هوموگرافی بین این دو تصویر به دست آورید. می دانیم که هنگام گرفتن تصاویر مکان دوربین ثابت بوده و فقط دوربین چرخیده است، پس این تصاویر را می توان با نگاشت هوموگرافی به هم مربوط کرد. تصویر مورد نظر را تحت هوموگرافی به دست آمده تغییر داده و با تصویر مرجع ترکیب نمایید. اگر بین دو تصویر قسمت مشترکی وجود نداشته باشد باید از تصاویر که با این دو تصویر اشتراک دارند استفاده نموده و ارتباط بین این دو تصویر را با کمک آن تصاویر پیدا کنید. در این مرحله، برای ادغام قسمت های مشترک تصاویر، بین مقادیر پیکسل ها میانگین گیری نمایید. تصویر حاصل را با نام r13.jpg ذخیره نمایید.

### ۴. هوموگرافی (۲۵ نمره)

در تصاویر 11.jpg (تصویر اول) و 12.jpg (تصویر دوم) ساختمان هتل قدیمی را در نظر بگیرید. در تصویر اول تمام ساختمان در تصویر جای گرفته است ولی به دلیل زاویه زیاد دوربین ساختمان به خوبی مشخص نیست. در تصویر دوم زاویه دوربین مناسب تر است ولی تمام ساختمان در تصویر جای نگرفته است. هدف این است که تصویر اول را به گونه ای تغییر دهید که ساختمان هتل از زاویه دید تصویر دوم دیده شود.

مراحل زیر را انجام دهید:

- تعدادی نقطه مطلوب در دو تصویر به دست آورید. برای این کار از SIFT استفاده نمایید.
- نقاط به دست آمده را با رنگ سبز روی هر یک از تصاویر نمایش داده و ذخیره نمایید. هر دو تصویر را در یک فریم کنار هم نمایش دهید: تصویر اول سمت چپ، تصویر دوم سمت راست. نقاط به دست آمده را روی تصاویر با رنگ سبز نمایش دهید. نتیجه را با نام r14\_corners.jpg ذخیره نمایید.
- نقاط متناظر بین دو تصویر را با SIFT به دست آورده و در دو تصویر با رنگ آبی نشان دهید. همانند قسمت قبل دو تصویر را در یک فریم نمایش داده، تمام نقاط مطلوب را با رنگ سبز نمایش دهید، و نقاطی که متناظر شده اند را با رنگ آبی نمایش دهید. نتیجه را با نام r15\_correspondences.jpg ذخیره نمایید.
- تمام نقاط متناظر را به هم وصل نمایید. در تصویر به دست آمده در مرحله قبل، نقاطی که با هم متناظر شده اند را با یک خط آبی به هم وصل کنید. نتیجه را با نام r16\_SIFT.jpg ذخیره نمایید. با کمی دقت به احتمال زیاد قادر خواهید بود تعدادی نقطه که به اشتباه به هم متناظر شده اند را پیدا کنید.
- در تصویر حاصل مرحله قبل، خطوط یکدیگر را پوشانده اند و ابتدا و انتهای خطوط به آسانی قابل تشخیص نیست. در یک تصویر مشابه، تعداد ۲۰ نقطه متناظر از بین تمام نقاط انتخاب نموده و تنها آن ها را به هم وصل نمایید. نتیجه را با نام r17.jpg ذخیره نمایید.
- با استفاده از تمام نقاط متناظر و با استفاده از RANSAC ماتریس هوموگرافی از تصویر اول به تصویر دوم را محاسبه نمایید. در توضیحات خود ذکر نمایید که تعداد تکرار در RANSAC چند بار است. ماتریس هوموگرافی به دست آمده را در گزارش خود بنویسید.

- نقاطی که به عنوان نقاط **inlier** در نهایت به دست آمده اند را روی تصویر مانند مراحل قبل با رنگ قرمز نمایش دهید.
- تمام نقاط را با سبز، نقاط متناظر را با آبی، و نقاط **inlier** را با قرمز نشان دهید. نتیجه را با نام **r18.jpg** ذخیره نمایید.
- بررسی نمایید که آیا تمام نقاط **inlier** تناظر های درستی هستند؟ و آیا تمام آنها روی دیوار ساختمان قرار دارند؟ چنانچه مثالی از تناظر نادرست پیدا کردید در یک تصویر با نام **r19\_mismatch.jpg** ذخیره نمایید.
- ماتریس هموگرافی را روی تصویر اول اعمال نمایید و تصویر حاصل را با نام **r20.jpg** ذخیره نمایید.

۵. نمره اضافی (۲۰ نمره)

تصویر **13.jpg** را در نظر بگیرید. می خواهیم تصویری به دست بیاوریم که در آن جلد کتاب به طور مستقیم از رو به رو دیده می شود. نقاط مطلوب را می توانید دستی انتخاب کنید. نکته مهم این است که می خواهیم نسبت طول به عرض تصویر کتاب مساوی نسبت واقعی باشد. چطور این کار را انجام می دهید؟ روش خود را به طور دقیق توضیح داده و روی تصویر اعمال نمایید. توجه بفرمایید که کسب نمره از این تمرین منوط به ارائه روش صحیح می باشد و در غیر اینصورت نمره ای نمی گیرید. نتیجه را با نام **r21.jpg** ذخیره نمایید. روش خود را روی تصویر هتل به دست آمده در تمرین قبل اعمال نموده و نتیجه را با نام **r22.jpg** ذخیره نمایید.