

اصول بینایی کامپیوتر (۱- ۲۲۹۲۶) زمستان ۱۳۹۹
تمرینات سری اول
مهلت تحویل: ۲۱ فروردین ۱۴۰۰ (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 میشود.

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 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 همکاری کردن، تقلب محسوب می شود و نمره تمام تمرینات جاری و تمام تمرینات قبلی صفر خواهد شد.

۴. برای تمام سؤالات، باید 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 (۳۰ نمره)

تصاویر im01.jpg و im02.jpg را به ترتیب تصاویر اول و دوم می نامیم. با استفاده از روش هریس (Harris) تعدادی نقطه مطلوب (interest point) در هریک از تصاویر پیدا کنید. در اطراف هر نقطه یک همسایگی در نظر بگیرید و ناحیه داخل آن را توسط یک بردار ویژگی (features vector) توصیف کنید. بردار ویژگی نقاط بین دو تصویر را با هم مقایسه کرده و نقاط متناظر (corresponding points) را پیدا کنید.

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

- مشتق تصویر در هر پیکسل را در راستای عمودی (I_x) و راستای افقی (I_y) 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.
- 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 برای نمایش بزرگی گرادیان محدوده مقادیر گرادیان را باید در بازه ای قرار دهید که قابل نمایش باشد.
- مقادیر گرادیان تصویر اول را با نام res01_grad.jpg و تصویر دوم را با نام res02_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_x^2 ، S_y^2 و S_{xy} نمایش 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، برای هر پیکسل مقدار درایه های ماتریس تنسور ساختار (structure tensor) که میانگین وزن دار داخل یک همسایگی در اطراف آن پیکسل می باشند را می توانید به دست آورید.
- دترمینان (det) و اثر (trace) تنسور ساختار را برای هر پیکسل به دست آورید. دترمینان برابر $S_y^2 - S_{xy}^2$ و اثر $S_x^2 + S_y^2$ می باشد.
- مقدار تابع هریس $R = \det - k (\text{trace})^2$ را برای هر پیکسل به دست آورید. 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 اول را با نام res03_score.jpg و تصویر دوم را با نام res04_score.jpg ذخیره نمایید.
- در قسمت قبل، مقدار k را به صورت تجربی انتخاب نموده و در گزارش خود ذکر نمایید. برای انتخاب مقدار مناسب، می توانید تابع $z = x y - k (x + y)^2$ را برای مقادیر مختلف k بررسی 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 اول را با نام res05_thresh.jpg و تصویر دوم را با نام res06_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 اول را با نام res07_harris.jpg و تصویر دوم را با نام res08_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 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 و 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 را حذف نمایید.
- نقاط مطلوب باقیمانده را در تصاویر خودشان نمایش دهید. نتیجه مربوط به تصویر اول را با نام `res09_corres.jpg` و تصویر دوم را با نام `res10_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 نقاط را به اندازه ای انتخاب نمایید که نتیجه حاصل قابل ملاحظه باشد. نتیجه را با نام `res11.jpg` ذخیره نمایید.

روش خود را به طور کامل در فایل pdf توضیحات و یا در فایل ipynb توضیح دهید. فایل کد اصلی خود را با نام `q1.py` ذخیره نمایید. دقت بفرمایید که تعداد ۱۱ تصویر که در بالا ذکر شده اند را ذخیره نمایید. همچنین تعداد ۵ پارامتر که شامل انحراف معیار، n ، k ، و دو مقدار آستانه می باشند باید در گزارش شما ذکر شده باشند.

۲. Perspective (۳۰ 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 نقطه وسط زمین و در امتداد خط عرضی 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 `res12.jpg` ذخیره نمایید. روش خود را به طور کامل در فایل pdf توضیحات و یا در فایل ipynb توضیح دهید. فایل کد اصلی خود را با نام `q2.py` ذخیره نمایید.

تصاویر im03.jpg و im04.jpg را به ترتیب تصاویر اول و دوم می نامیم. ساختمان تصویر اول قسمتی از تصویر دوم است. تصویر اول تقریباً از رو به رو گرفته شده است ولی تصویر دوم زاویه پرسپکتیو زیادی دارد. هدف در این مسأله ایجاد یک تصویر جدید از تصویر دوم می باشد به طوری که تصویر حاصل از زاویه دید تصویر اول شود.

مراحل زیر را انجام دهید:

- تعدادی نقطه مطلوب در دو تصویر به دست آورید. برای این کار از SIFT و یا هر روش دلخواه استفاده نمایید. می توانید از توابع و کتابخانه های موجود 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 res13_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 res14_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 res15_matches.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، به احتمال زیاد 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 نمایش داده و به هم وصل نمایید. نتیجه را با نام res16.jpg ذخیره نمایید.
- با استفاده از تمام نقاط متناظر و با استفاده از RANSAC ماتریس هوموگرافی از تصویر دوم به تصویر اول را محاسبه نمایید. می توانید از توابع و کتابخانه های موجود استفاده نمایید. در توضیحات خود ذکر نمایید که تعداد تکرار در RANSAC چند بار بوده است. ماتریس هوموگرافی به دست آمده را در گزارش خود بنویسید.
- نقاط متناظری که به عنوان نقاط inlier در نهایت به دست آمده اند را روی تصویر با رنگ قرمز نمایش دهید. تمام نقاط متناظر را با آبی نمایش داده و با خط آبی به هم وصل کنید و آنهایی که inlier هستند را با قرمز نشان دهید. نتیجه را با نام res17.jpg ذخیره نمایید.
- بررسی نمایید که آیا تمام نقاط inlier تناظرهای درستی هستند؟ و آیا تمام آنها روی دیوار ساختمان قرار دارند؟ چنانچه مثالی از تناظر نادرست پیدا کردید در یک تصویر با نام res18_mismatch.jpg ذخیره نمایید.
- ماتریس هوموگرافی را روی تصویر دوم اعمال نمایید و تصویر حاصل را با نام res19.jpg ذخیره نمایید.

روش خود را به طور کامل در فایل pdf توضیحات و یا در فایل ipynb توضیح دهید. فایل کد اصلی خود را با نام q3.py ذخیره نمایید.

۴. محاسبه هموگرافی (۲۵ نمره)

برنامه ای بنویسید که با استفاده از RANSAC هموگرافی حساب کند. نحوه محاسبه هموگرافی و استفاده از RANSAC را به طور کامل خودتان بر اساس مطالب تدریس شده پیاده سازی نمایید. هموگرافی به دست آمده را با هموگرافی که در تمرین قبل به دست آوردید مقایسه نمایید. هموگرافی به دست آمده را برای حل تمرین قبل استفاده نموده و نتیجه نهایی را با نام res20.jpg ذخیره نمایید. روش خود را به طور کامل در فایل pdf توضیحات و یا در فایل ipynb توضیح دهید. فایل کد اصلی خود را با نام q4.py ذخیره نمایید.