

گزارش تمرین سری دوم

اصول بینایی کامپیوتر

رضا اکبریان بافقی - ۹۵۱۰۰۰۶۱

ابتدا به وسیله تابع `cv2.findChessboardCorners` کورنرهای داخلی صفحه شطرنج را مکان‌یابی می‌کند سپس با استفاده از تابع `cv2.cornerSubPix` این مکان‌ها را دقیق‌تر می‌کنیم. حال نقاط متناظر کرنرها و نقاط واقعی کرنرها را داریم. در شکل زیر در دو تصویر کرنرها مشخص شده‌اند.



شکل ۱ کرنرها مشخص شده در تصاویر شماره ۱۰ و ۱۱

حال به وسیله تابع `cv2.calibrateCamera` ماتریس کالیبره شده، با استفاده دو آرایه نقاط متناظری که به تابع می‌دهیم، برای ما ماتریس را محاسبه می‌کند. ماتریس محاسبه شده در چهار حالت گفته شده در سوال در قسمت زیر آورده شده است.

حالت اول:

```
[ [2.93177396e+03 0.00000000e+00 9.11529182e+02]
  [0.00000000e+00 2.95268998e+03 5.51572233e+02]
  [0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.00000000e+00] ]
```

حالت دوم:

```
[ [3.00203692e+03 0.00000000e+00 8.81479241e+02]
  [0.00000000e+00 2.99793099e+03 5.29842653e+02]
  [0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.00000000e+00] ]
```

حالت سوم:

```
[ [3.04618771e+03 0.00000000e+00 7.18337744e+02]
  [0.00000000e+00 3.03486923e+03 5.48585529e+02]
  [0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.00000000e+00] ]
```

حالت چهارم:

```
[ [2.98248880e+03 0.00000000e+00 8.37001029e+02]
  [0.00000000e+00 2.99047491e+03 5.12824457e+02]
  [0.00000000e+00 0.00000000e+00 1.00000000e+00] ]
```

حال در ادامه می‌خواهیم با استفاده از این نقاط متناظر به دست آمده با یک سری فرض‌های ساده‌کننده، فاصله کانونی را به دست آوریم. در درس دیدیم که ماتریسی هموگرافی‌ای که مختصات نقاط کورنرها در دنیای واقعی را به مختصات عکس می‌برد رابطه زیر برای آن برقرار می‌باشد:

$$h_1^t B h_r = \cdot$$

و از این رابطه فاصله کانونی از طریق رابطه زیر به دست می آید:

$$f^r = p_x \frac{h_{11}}{h_{r1}} + p_x \frac{h_{12}}{h_{r2}} + p_y \frac{h_{21}}{h_{r1}} + p_y \frac{h_{22}}{h_{r2}} - \frac{h_{11}h_{12} + h_{21}h_{22}}{h_{r1}h_{r2}} - p_x^r - p_y^r$$

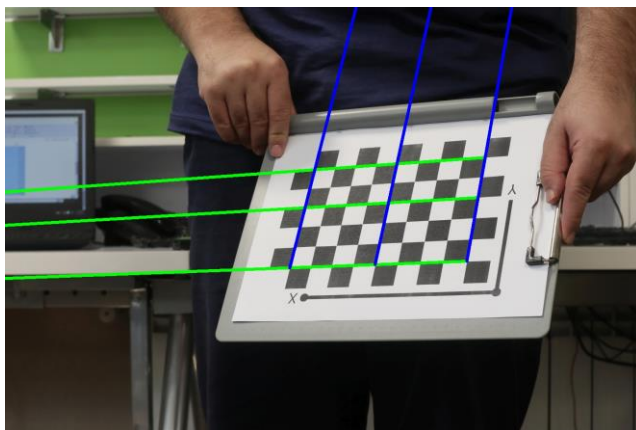
چون ما فرض های ساده کننده را از قبل داشتیم. حال ما ابتدا هموگرافی بین نقاط دنیای واقعی و تصویر را به دست می آوریم و با استفاده از این رابطه فاصله کانونی را به دست می آوریم. و وقتی که بخواهیم از ونیشینگ پوینت ها، فاصله کانونی را به دست بیاوریم می توانیم مانند بالا عمل کنیم. چون:

$$u^t B v = \cdot$$

یعنی هر جفت ونیشینگ پوینت یک معادله برای محاسبه ماتریس B می باشد و چون ما فرض های ساده کننده داشتیم می توانیم فاصله کانونی را مانند بالا محاسبه کنیم:

$$f^r = p_x \frac{v_1}{v_r} + p_x \frac{u_1}{u_r} + p_y \frac{v_r}{v_r} + p_y \frac{u_r}{u_r} - \frac{v_1 u_1 + v_r u_r}{v_r u_r} - p_x^r - p_y^r$$

ونیشینگ پوینت ها از این طریق به دست می آیند که ما سه خط موازی دو در هر دو جهت در نظر می گیریم و با میانگین گیری از تقاطع این نقاط ونیشینگ پوینت ها را به دست می آوریم. همان طور که در شکل زیر مشخص شده است، تقاطع سه خط هم رنگ به عنوان یک ونیشینگ پوینت در نظر گرفته می شود.



شکل ۲ با استفاده از سه خط موازی برای هر تصویر ونیشینگ پوینت ها به دست می آیند.

می توانیم فاصله کانونی های به دست آمده توسط هر روش را در قسمت زیر مشاهده کنیم. که method1 همان استفاده از هموگرافی و method2 همان استفاده از ونیشینگ پوینت ها می باشد. همان طور که می توانید مشاهده کنید برای بعضی از تصاویر عددها منفی به دست آمده اند که مقدارشان زیر رادیکال نمی توان به دست آورد که با nan مشخص شده اند.

pic 1	*method1:	nan	*method2:	7053.693713225717
pic 2	*method1:	4496.112962896158	*method2:	3876.3326740619154
pic 3	*method1:	3688.9300573690653	*method2:	3900.545474674023
pic 4	*method1:	2719.330027325143	*method2:	2734.50507404905
pic 5	*method1:	3091.2880903353043	*method2:	3368.1671573720923
pic 6	*method1:	2988.3128334610797	*method2:	3203.060255443222
pic 7	*method1:	3320.2517794433707	*method2:	3191.7761512988345
pic 8	*method1:	10735.99595021124	*method2:	4747.021487206478
pic 9	*method1:	2716.200923239562	*method2:	2953.2839348765638
pic 10	*method1:	2275.938231124893	*method2:	3070.2364729772853
pic 11	*method1:	46666.19523411683	*method2:	nan
pic 12	*method1:	2371.4017069460847	*method2:	2694.7504522682616
pic 13	*method1:	nan	*method2:	nan
pic 14	*method1:	2930.177416889075	*method2:	2846.3866567984046
pic 15	*method1:	3886.3747260473756	*method2:	3154.8415174141473
pic 16	*method1:	3070.9994295313845	*method2:	3701.262352225251
pic 17	*method1:	12496.357721783535	*method2:	6025.394426923436
pic 18	*method1:	3194.6019050942064	*method2:	4180.309199090421
pic 19	*method1:	nan	*method2:	8134.825136411969
pic 20	*method1:	4893.2968445155075	*method2:	nan

ابتدا با استفاده از الگوریتم SIFT، نقاط مناسب را پیدا می‌کنیم و سپس با استفاده از تابع cv2.BFMatcher نقاط خوب را جدا می‌کنیم. سپس با استفاده از تابع آماده cv2.findFundamentalMat با متود cv2.FM_RANSAC و نقاط خوب به‌دست آمده از مرحله قبل ماتریس فاندامنتال بین این دو تصویر را پیدا می‌کنیم. با استفاده از خروجی تابع نقاط متناظر را مشخص می‌کنیم. می‌توانید این نقاط متناظر در دو تصویر را در شکل زیر مشاهده کنید.

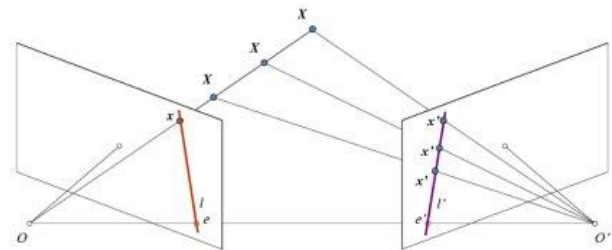


شکل ۳ نقاط متناظر در دو تصویر

حال ماتریس فاندامنتال را در دو نقطه از تصویر اول ضرب می‌کنیم، در این صورت معادله دو خط در تصویر دوم به دست می‌آید که تقاطع این دو خط epipole در تصویر دوم را به ما می‌دهد. همین کار را برای تصویر دوم انجام می‌دهیم با این تفاوت که معکوس ماتریس فاندامنتال را در دو نقطه از تصویر دوم ضرب می‌کنیم. به این ترتیب epipole در دو تصویر به‌دست خواهند آمد. توضیحات بالا به صورت زیر آمده است:

$$\begin{aligned}l_{11} &= Fx_{11} \\l_{12} &= Fx_{12} \\e_1 &= l_{11} \times l_{12}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_{21} &= F'x_{21} \\l_{22} &= F'x_{22} \\e_2 &= l_{21} \times l_{22}\end{aligned}$$



شکل ۴ معادله خط l' از طریق اعمال ماتریس فاندامنتال بر نقطه x به دست آمده است.

مختصات این دو نقطه برابر زیر می‌باشد:

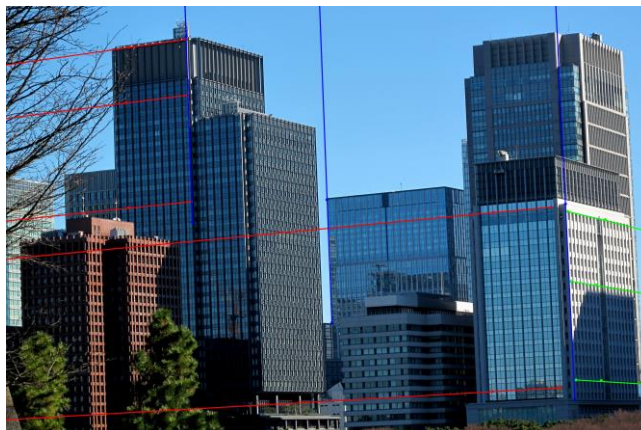
$$\begin{aligned}e1 &= [-256.72669864307954, 868.676609039482] \\e2 &= [-1812.9757376536547, 538.5335450707204]\end{aligned}$$

حال نقاط epipole به دست آمده را به نقاط متناظرشان در هر تصویر وصل می کنیم تا epiline ها به دست بیایند. می توانید نتیجه را در شکل زیر مشاهده کنید.



شکل ۵ epiline های متناظر در دو تصویر

برای شروع تعدادی نقطه را به صورت دستی همانطور که در شکل زیر مشخص شده است به عنوان خطوط موازی انتخاب کرده ام.



شکل ۶ سه دسته از خطوطی که به صورت دستی انتخاب شده اند

حال با استفاده مختصات هموگرافی نقاط، تقاطع آن ها را به دست می آوریم. به این صورت که حاصل ضرب دو نقطه، خط گذرا از این دو نقطه و حاصل ضرب دو خط، تقاطع آن ها را به ما می دهد. با میانگین گیری مختصات ونیشینگ پوینت ها را به دست آورده ام. مختصات این ونیشینگ پوینت ها به شرح زیر می باشد:

up = (-4011, -156507)

right = (9424, 2771)

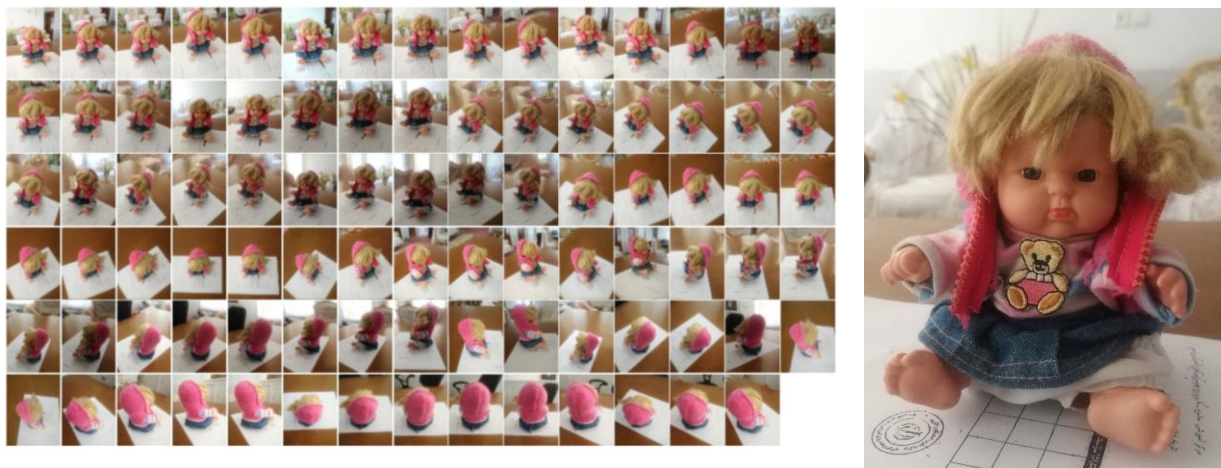
left = (-27196, 4255)

با وصل کردن ونیشینگ پوینت راست و چپ خط افق به دست می آید. می توانید خط افق به دست آمده را در شکل زیر مشاهده کنید.



شکل ۷ خط افق که بر اثر متصل کردن ونیشینگ پوینت راست و چپ به دست آمده است.

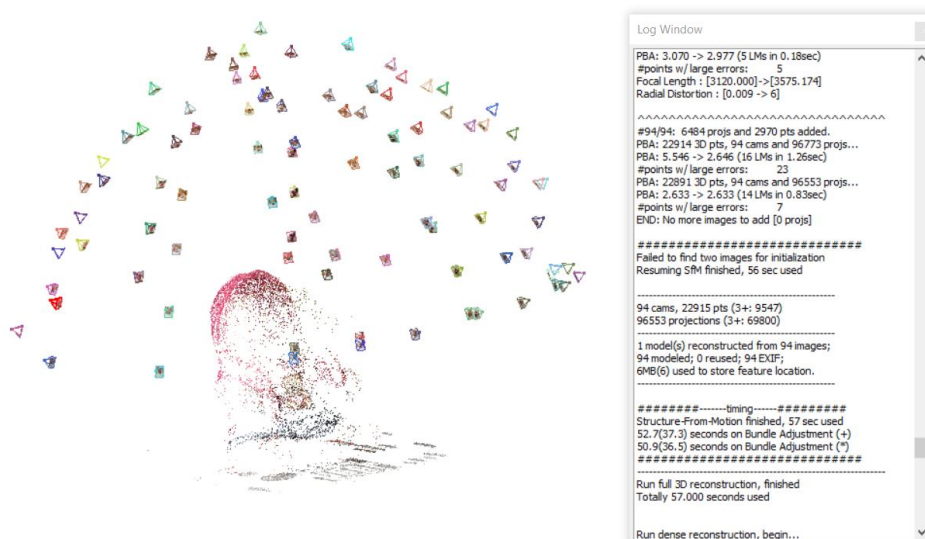
ابتدا به تعداد ۹۴ عدد عکس از جسم از زاویه‌های مختلف گرفتم، اضافه شدن این تصاویر در ۳۴ ثانیه انجام شد.



شکل ۸ عکس‌های گرفته شده از جسم

حالت نقاط خوب را در هر تصویر به وسیله SIFT پیدا می‌شود و در بین این نقاط اگر ارتباطی باشند، پیدا می‌کنیم. عمل SIFT در ۲۲ ثانیه و پیدا کردن ارتباط بین نقاط جفت تصویر ۳۴۹ ثانیه طول می‌کشد.

سپس عمل ۳D Reconstruction را انجام می‌دهیم. این عمل هم در ۵۷ ثانیه انجام می‌شود.



شکل ۹ شکل پس از انجام عمل ۳D Reconstruction



شکل ۱۰ شکل پس از انجام عمل ۳D Reconstruction از زاویه دیگر

پس از این مرحله Dense Reconstruction را انجام می‌دهیم. این عمل نیز در ۲۴ دقیقه انجام می‌شود. در شکل زیر ابتدا در شکل بازسازی شده عروسک نقاط اضافی زیادی هستند که می‌توان در محیط همان نرم‌افزار آن‌ها را پاک کرد.



شکل ۱۱ شکل سمت چپ از پاک کردن نقاط اضافی شکل راست به دست آمده است.