



## پروژه درس بینایی سه بعدی کامپیوتر

### پروژه اول

- در تمام سوالات استفاده از کتابخانه OpenCV مجاز می‌باشد.

#### بخش اول: آشنایی با ویژگی‌های تبدیلات در فضای $P^2$



شکل ۱

الف) ثابت کنید نگاشت بین شکل ۱ در دنیای واقعی به یک تصویر با استفاده از یک دوربین معمولی، یک هوموگرافی  $H$  بین دو فضای  $P^2$  است.

ب) یکی از ویژگی‌های مهم تصویر برای بازسازی مشخصات آن، محل Vanishing Line در آن می‌باشد. با توجه به نمایش برداری این خط، ثابت کنید تحت یک تبدیل Affine ثابت است اما تحت یک تبدیل Projective به یک خط با مختصات محدود تبدیل می‌شود.

ج) با کمک کتابخانه OpenCV، محل Vanishing Line را با انتخاب دستی خطوط موازی از تصویر پیوست ۱ پیدا کنید. مختصات دقیق این خط را بنویسید.

د) با توجه به مختصات بدست آمده و مختصات ایده آل Vanishing Line، یک تبدیل  $H_p$  تعیین کنید که مختصات ایده آل VL را به مختصات بدست آمده منتقل کند (نشان دهید این تبدیل یکتا نیست). با استفاده از معکوس این تبدیل، تصویر را به صورت Affine اصلاح کنید<sup>۱</sup>.

ه) نشان دهید با استفاده از ۴ نقطه از یک مستطیل در دنیای سه بعدی، می‌توان مطابق شکل ۲، ماتریس نگاشت  $H$  را به طور کامل تعیین و با استفاده از آن، شکل واقعی صحنه را بازسازی کرد (تصویر را به صورت similarity اصلاح کرد). این فرآیند را برای شکل پیوست ۲ پیاده سازی کنید.



a



b

شکل ۲

<sup>۱</sup> منظور از اصلاح تصویر به صورت Affine، برای تصویری که تحت تبدیل Projective تخریب شده، حذف (حداقل) اعوجاج Projective است. پس از حذف این اعوجاج، ممکن است تصویر همچنان دارای اعوجاج Affine باشد.



## پروژه درس بینایی سه بعدی کامپیوتر

### بخش دوم: تعیین پارامترهای داخلی دوربین با یک تصویر

الف) همانطور که در درس دیدید، با تعریف  $\omega = (KK^T)^{-1}$  که  $K$  ماتریس پارامترهای داخلی دوربین است، رابطه  $v_1^T \omega v_2 = 0$  بین دو Vanishing point برقرار است. با توجه به این رابطه و فرض مقدار صفر برای skew و مربعی بودن پیکسل‌ها، با استفاده از سه Vanishing point می‌توان ماتریس  $\omega$  را بدست آورد. این فرآیند را برای تصویر پیوست ۳ انجام دهید.

ب) با استفاده از روش تجزیه Cholesky، ماتریس  $K$  را از  $\omega$  بدست آورید.

ج-امتیازی) ثابت کنید نقاط Principal تصویر، محل برخورد میانه‌های مثلث حاصل از اتصال سه VP هستند.

### بخش سوم: تعیین موقعیت دوربین (Camera Pose Estimation)

الگوریتم‌های CPE را می‌توان نسخه‌های خاصی از الگوریتم‌های کالیبراسیون دوربین در نظر گرفت که در آن پارامترهای داخلی دوربین معلوم، و هدف تعیین پارامترهای خارجی آن است.

الف) فرآیند کلی الگوریتم‌های CPE را به طور کلی توضیح دهید.

ب) یکی از کاربردهای مهم این الگوریتم‌ها، اندازه‌گیری فواصل در دنیای واقعی با استفاده از تعدادی اشیاء مرجع است. به عنوان مثال، با داشتن اندازه استاندارد پلاک خودروهای ایرانی، می‌توان فاصله و جهت خودروهای موجود در صحنه را تا دوربین اندازه گرفت. این کار را برای تصویر پیوست ۴ انجام دهید.

#### راهنمایی:

- گوشه بالا سمت چپ پلاک خودرو را به عنوان مرجع (۰،۰) مختصات جهانی در نظر بگیرید. تشخیص چهار گوشه پلاک خودرو را می‌توان با الگوریتم‌های آماده انجام داد، اما در این تمرین آن‌ها را به صورت دستی تعیین کنید.
- برای هر خودرو الگوریتم solvePNP را باید یک بار اجرا کنید.
- ماتریس پارامترهای داخلی دوربین به صورت زیر است:

$$\begin{bmatrix} 1.41546024e3 & 0 & 9.64916262e2 \\ 0 & 1.67670492e3 & 6.06212729e2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$