

«*In The Name Of GOD*»



دانشگاه صنعتی امیر کبیر
(پلی تکنیک تهران)

[Project-01-Report]

[3D COMPUTER VISION]

Hasan Masroor | [403131030] | November 12, 2025

Project #1: Single-View AR Cube

1. Image Choice and Manual Annotations

Yellow: Quadrilateral, Red/Blue: Two Directions



تصویر انتخابی یک راهرو متقارن را نشان می‌دهد که کف آن با کاشی‌های شطرنجی پوشیده شده و الگوی پرسپکتیو واضحی را ایجاد می‌کند. این تصویر برای کالیبراسیون هندسی تک‌نما بسیار مناسب است، زیرا شامل دو دسته اصلی از خطوط موازی است که هر کدام به نقاط گریز مجزایی همگرا می‌شوند. سطح کف تقریباً مسطح است و می‌توان آن را به عنوان صفحه مرجع در مراحل بعدی در نظر گرفت. همچنین، الگوی منظم و واضح کاشی‌ها باعث می‌شود انتخاب نقاط و برآورد دقیق خطوط و نقاط گریز با دقت بالاتری انجام گیرد.

در این مرحله، با کلیک دستی بر روی تصویر، ابتدا چهار گوشه‌ی ناحیه‌ی کف (به‌عنوان صفحه‌ی مرجع) و سپس هشت نقطه مربوط به چهار خط در دو جهت اصلی انتخاب شدند.

2. Vanishing Points, Horizon, and Intrinsics

در این بخش، هدف محاسبه‌ی نقاط گریز دو جهت اصلی تصویر و تعیین خط افق بر اساس خطوط انتخاب‌شده در بخش قبل بود. ابتدا با استفاده از چهار خط موازی در دو جهت عمود برهم (قرمز و آبی)، معادلات خطوط در فضای تصویری محاسبه شد. سپس با به‌دست آوردن نقاط تقاطع هر جفت از خطوط هم‌جهت، دو نقطه‌ی گریز استخراج گردید. اتصال این دو نقطه، خط افق تصویر را تشکیل داد که در تصویر نهایی با رنگ سبز نشان داده شده است. بر اساس اصل عمود بودن دو جهت در فضای سه‌بعدی، فاصله‌ی نقاط گریز از مرکز تصویر برای برآورد تقریبی فاصله‌ی کانونی (f) استفاده شد و همچنین ماتریس درونی دوربین (K) شامل f ، مرکز تصویر تخمین زده شد.

Vanishing Point 1: (1532.99, 783.84)

Vanishing Point 2: (-790.32, 726.76)

focal length (f): 1161.11 pixels

شکل زیر نتیجه‌ی نهایی این مرحله را نشان می‌دهد که در آن نقاط گریز، خط افق و نقطه‌ی اصلی تصویر مشخص شده‌اند. این اطلاعات در مراحل بعدی برای تخمین هموگرافی و بازسازی سه‌بعدی استفاده می‌شوند.

Vanishing Points, Horizon Line, and Intrinsic Calibration



3. Planar Homography and Pose Recovery

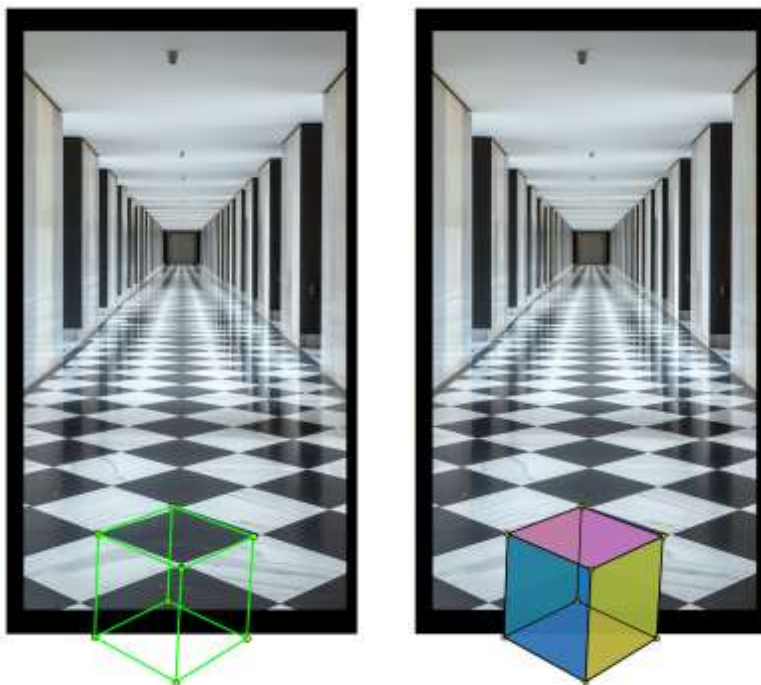
در این مرحله، با استفاده از نقاط چهارتایی انتخاب شده روی کف صحنه و مختصات مرجع در صفحه‌ی جهانی، هموگرافی بین صفحه‌ی کف و تصویر با روش DLT نرمال شده محاسبه شد. سپس با بهره‌گیری از ماتریس درونی که در بخش قبل به دست آمده بود، مؤلفه‌های چرخش (R) و انتقال (t) دوربین نسبت به صفحه‌ی زمین استخراج شدند و پس از نرمال‌سازی بردارها و تصحیح جهت دستگاه مختصات، محورهای دوربین روی تصویر اصلی ترسیم گردیدند تا موقعیت تقریبی و جهت دید دوربین به صورت بصری مشخص شود. این محورها با رنگ‌های قرمز، بنفش و آبی در خروجی زیر قابل مشاهده هستند:

Camera Pose Recovery



4. Cube Definition, Projection, and Rendering

در این مرحله یک مکعب واحد با طول ضلع $s=1$ روی صفحه‌ی مرجع تعریف شد. مختصات سه‌بعدی رأس‌ها با ماتریس تصویر $P=K[R|t]$ به صفحه تصویر نگاشته و به‌صورت wireframe و سایه‌دار رسم شدند. نتیجه‌ی wireframe نشان‌دهنده‌ی تطابق درست پرسپکتیو مکعب با کف صحنه است. در حالت سایه‌دار، شدت روشنایی با مدل بازتاب لامبرت و جهت نور محاسبه شد. تمام رأس‌های مکعب دارای عمق مثبت بودند و از خط افق فاصله داشتند و در نتیجه پروجکشن پایدار و بدون ناپایداری عددی بدست آمد. مکعب نهایی با پرسپکتیو صحیح در تصویر قرار گرفته و واقع‌گرایی قابل قبولی ایجاد کرده است.



5. Face Shading Implementation

در این بخش، روشنایی هر وجه مکعب بر اساس مدل بازتاب لامبرت (Lambertian Reflection) محاسبه شد تا ظاهر واقع‌گرایانه‌ای از نوردهی و سایه‌ها بر روی مکعب ایجاد شود. جهت منبع نور در مختصات دوربین به‌صورت $l=[0,0,-1]$ در نظر گرفته شد، که بیانگر تابش نوری از روبه‌روی صحنه به سمت مکعب است. برای هر وجه، بردار نرمال n از حاصل ضرب برداری دو ضلع مجاور آن به‌دست آمد و سپس شدت روشنایی با رابطه‌ی زیر محاسبه شد: $l=\max(0.2, n \cdot (-l))$ مقدار 0.2 به‌عنوان حداقل روشنایی لحاظ گردید تا حتی سطوحی که در خلاف جهت نور قرار دارند کاملاً تاریک نشوند. در نهایت، رنگ نهایی هر وجه از حاصل ضرب شدت روشنایی l در رنگ پایه‌ی آن وجه به‌دست آمد. فایل shading_report.json شامل اطلاعات عددی هر وجه است که دربرگیرنده‌ی شاخص وجه، بردار نرمال، شدت روشنایی و رنگ نهایی محاسبه‌شده می‌باشد. در ادامه تصویر خروجی و نمونه‌ای از این نتایج فایل را آورده ایم:

```
"face_index": 0,  
"face_name": "bottom",  
"vertices": [  
  0,  
  1,
```

```
    2
  ],
  "normal_vector": [
    -0.047015,
    0.98904,
    0.139963
  ],
  "brightness": 0.2,
  "base_color": [
    0.9,
    0.9,
    0.9
  ],
  "final_color": [
    0.18000000000000002,
    0.18000000000000002,
    0.18000000000000002
  ]
},
```

