

姓名

- 倪诗宇

学号

- 201900180065

实验日期

- 2021.11.29

实验题目

- 基于OpenCV实现图像拼接，可以对两张或更多的输入图像，将图像对齐后拼接成一张全景图。对影响拼接效果的各种因素（特征匹配、相机位移、场景几何等）拍摄图像进行测试。

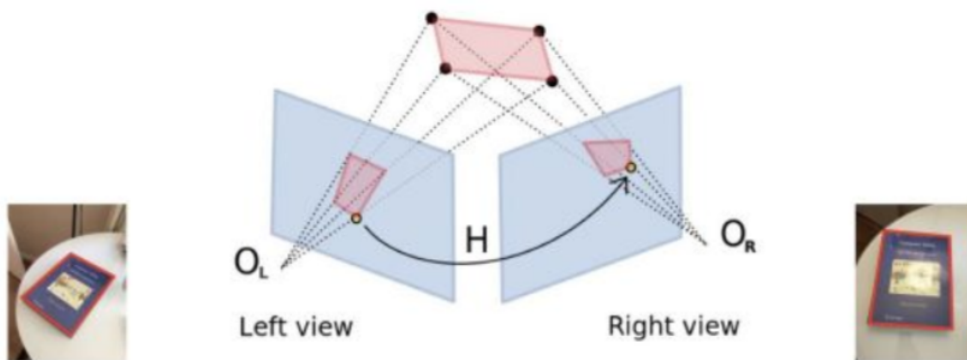
实验过程中遇到的问题和解决办法

- 问题一
 - 问题：很多时候利用sticher进行图像拼接会报错
 - 解决：换代码，先进行特征检测，然后计算两张图片之间的变换矩阵，最后再进行拼接
- 问题二
 - 问题：边移动，边旋转拍出的图片拼接效果很差
 - 解决：没法解决，就是找不到合适的变换矩阵 H

结论分析与体会

透视变换是针对位置的（从一个坐标系变换到另一个坐标系）,与内容无关

图像拼接的核心点就是根据特征点找到对应的变换矩阵 H ，然后将不同的图像映射到同一个坐标空间中，再根据特征点进行拼接



简单说就是：

$$\begin{pmatrix} x_l \\ y_l \\ 1 \end{pmatrix} = H_{3 \times 3} \times \begin{pmatrix} x_r \\ y_r \\ 1 \end{pmatrix}$$

那 H 应该怎么计算呢？

透视变换的矩阵是 3×3 的，其中有八个参数，因此我们需要八个等式才能解出。而一个点对可以构造出一个关于 x 的等式和一个关于 y 的等式。因此我们至少需要四个点对才能求解这 8 个参数

■ 8个参数，最少需要4个点对

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ g & h & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$



得到点对之后，可以利用最小二乘法或者直接求解

- 非线性最小二乘法

■ 方法1：非线性最小二乘

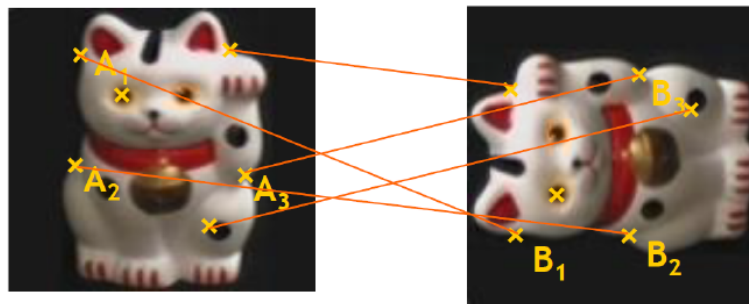
$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ w \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} 1+h_{00} & h_{01} & h_{02} \\ h_{10} & 1+h_{11} & h_{12} \\ h_{20} & h_{21} & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad \longrightarrow \quad \begin{aligned} x' &= \frac{(1+h_{00})x + h_{01}y + h_{02}}{h_{20}x + h_{21}y + 1} \\ y' &= \frac{h_{10}x + (1+h_{11})y + h_{12}}{h_{20}x + h_{21}y + 1} \end{aligned}$$

$$\mathbf{J} = \frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{p}} = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 & 0 & 0 & -x'x & -x'y \\ 0 & 0 & 0 & x & y & 1 & -y'x & -y'y \end{bmatrix}$$

$$D = h_{20}x + h_{21}y + 1$$

- 直接线性变换

■ 方法2：直接线性变换 (DLT, Direct Linear Transform)



Homogenous coordinates

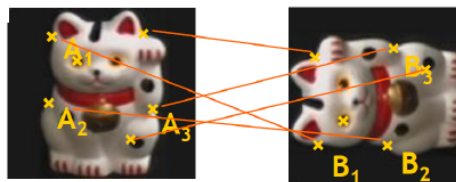
Image coordinates

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{A_1} &\leftrightarrow \mathbf{x}_{B_1} & x_{A_1} &= \frac{h_{11}x_{B_1} + h_{12}y_{B_1} + h_{13}}{h_{31}x_{B_1} + h_{32}y_{B_1} + 1} & y_{A_1} &= \frac{h_{21}x_{B_1} + h_{22}y_{B_1} + h_{23}}{h_{31}x_{B_1} + h_{32}y_{B_1} + 1} \\ \mathbf{x}_{A_2} &\leftrightarrow \mathbf{x}_{B_2} \\ \mathbf{x}_{A_3} &\leftrightarrow \mathbf{x}_{B_3} \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$x_{A_i} h_{31} x_{B_i} + x_{A_i} h_{32} y_{B_i} + x_{A_i} = h_{11} x_{B_i} + h_{12} y_{B_i} + h_{13}$$

■ 方法2: 直接线性变换 (DLT, Direct Linear Transform)

$$\begin{aligned} h_{11}x_{B_1} + h_{12}y_{B_1} + h_{13} - x_{A_1}h_{31} - x_{A_1}h_{32}y_{B_1} - x_{A_1} &= 0 \\ h_{21}x_{B_1} + h_{22}y_{B_1} + h_{23} - y_{A_1}h_{31} - y_{A_1}h_{32}y_{B_1} - y_{A_1} &= 0 \end{aligned}$$



$$\mathbf{x}_{A_1} \leftrightarrow \mathbf{x}_{B_1}$$

$$\mathbf{x}_{A_2} \leftrightarrow \mathbf{x}_{B_2}$$

$$\mathbf{x}_{A_3} \leftrightarrow \mathbf{x}_{B_3}$$

⋮

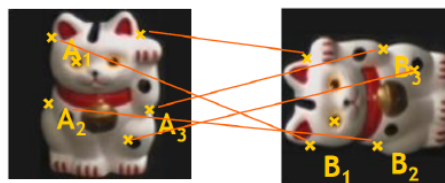
$$\begin{bmatrix} x_{B_1} & y_{B_1} & 1 & 0 & 0 & 0 & -x_{A_1}x_{B_1} & -x_{A_1}y_{B_1} & -x_{A_1} \\ 0 & 0 & 0 & x_{B_1} & y_{B_1} & 1 & -y_{A_1}x_{B_1} & -y_{A_1}y_{B_1} & -y_{A_1} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{12} \\ h_{13} \\ h_{21} \\ h_{22} \\ h_{23} \\ h_{31} \\ h_{32} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{bmatrix}$$

$$Ah = 0$$

■ 方法2: 直接线性变换 (DLT, Direct Linear Transform)

• Solution:

- Null-space vector of A
- Corresponds to smallest singular vector



$$\mathbf{x}_{A_1} \leftrightarrow \mathbf{x}_{B_1}$$

$$\mathbf{x}_{A_2} \leftrightarrow \mathbf{x}_{B_2}$$

$$\mathbf{x}_{A_3} \leftrightarrow \mathbf{x}_{B_3}$$

⋮

SVD

$$A = UDV^T = U \begin{bmatrix} d_{11} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & d_{99} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{11} & \cdots & v_{19} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{91} & \cdots & v_{99} \end{bmatrix}^T$$

$$\mathbf{h} = \frac{[v_{19}, \dots, v_{99}]}{v_{99}}$$

Minimizes least square error

sdu拼接

- 效果挺好





纯旋转拼接三张图

- 效果还行



一个转角

- 明显效果不好，地板弯曲，视角不同，显然是没有找到好的变换矩阵 H

