



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

VISÃO POR COMPUTADOR

Calibração Geométrica da Câmera

João Vítor Sgotti Veiga n°2017170563

Ulisses Reverendo n°2017243116

PL3

25 de abril de 2021

1 Objetivos

A proposta de trabalho para a terceira tarefa laboratorial procedeu à implementação de dois algoritmos para a calibração da câmara. Nomeadamente, o Algoritmo de transformação linear direta (DLT) e o algoritmo Gold Standard

2 Etapas do projecto

Nesta secção, apresentam-se as implementações adoptadas para cumprir os objectivos enunciados do projecto, bem como os resultados obtidos em cada etapa. Dividos em:

1. Aquisição de dados
2. Normalização dos dados
3. DLT
4. Gold Standart
5. Gold Standart com estimação da distorção radial

2.1 Aquisição dos dados

A aquisição de dados para obter as coordenadas tridimensionais em relação às coordenadas bidimensionais da imagem foi feita de forma manual. Fizemos uma pequena alteração no código da função `getpoints` para que depois de seleccionarmos de forma manual os pontos desejados estes sejam exportados para dois ficheiros `txt`, `xy.txt` e `XYZ.txt`.

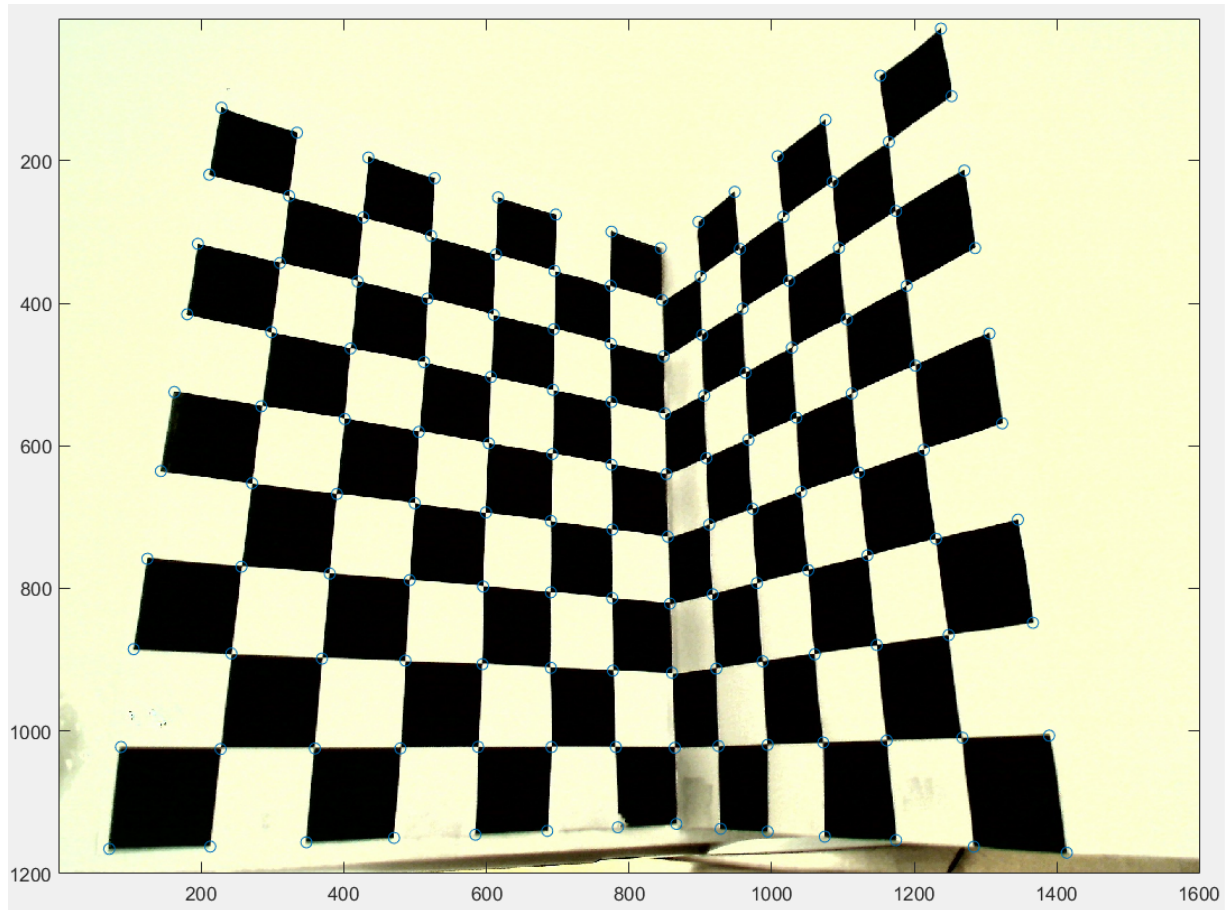


Figura 1: Obtenção manual dos pontos

2.2 Normalização dos dados

Esta etapa é essencial para a obtenção de bons resultados, especialmente os que envolvem o Gold Standart. A normalização foi realizada de forma que o centro (C_x, C_y) dos pontos $p(x,y,1)$, marcados na imagem, ficasse na origem e de forma que tivessem distância média de 2 desse mesmo ponto. Aos pontos $P(X,Y,Z,1)$ foi aplicado o mesmo tratamento, mas a distância média de cada ponto até a origem, nesse caso, é 3. Para esta normalização foram usadas as matrizes:

$$U = \begin{bmatrix} S_2D & 0 & C_x \\ 0 & S_2D & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad T = \begin{bmatrix} S_3D & 0 & C_x \\ 0 & S_3D & C_y \\ 0 & 0 & S_3D & C_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S_2D = \frac{\sqrt{2}}{\sum (x_i - C_x)^2 + (y_i - C_y)^2} \quad (1)$$

$$S_3D = \frac{\sqrt{3}}{\sum (X_i - C_x)^2 + (Y_i - C_y)^2 + (Z_i - C_z)^2} \quad (2)$$

2.3 Transformação Linear Direta

Esta função é necessária para estimarmos os parâmetro da câmera. Para isto foi usada a *formula (3)*, que caracteriza um sistema de equações, resolvido com a SVD da matriz da esquerda. A matriz da câmera equivale à última coluna da matriz de vetores próprios à direita.

$$\begin{bmatrix} w_i P_i^T & 0^T & -x_i P_i^T \\ 0^T & w_i P_i^T & -y_i P_i^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M^1 \\ M^2 \\ M^3 \end{bmatrix} = 0 \quad (3)$$

Antes disto, foi necessário realizar a desnormalização da matriz M, utilizando as matrizes T e U determinadas pelo passo anterior, através da expressão:

$$M_{desnormalizada} = T^{-1} \cdot M_{normalizada} \cdot U \quad (4)$$

Após isto, a matriz M foi decomposta em K (parâmetros intrínsecos), R(parâmetros de rotação) e C (coordenadas do centro da câmera). Seguindo $M = K \cdot (R | -R \cdot C)$

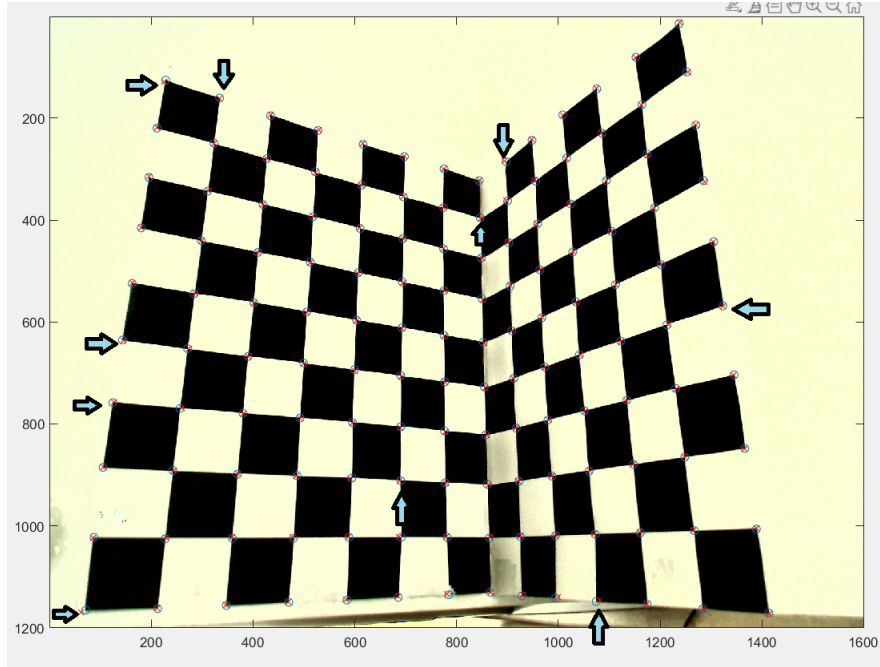


Figura 2: Projeção utilizando DLT, apontando principais erros

2.4 Gold Standart

No intuito de melhor a estimação dos parâmetros da câmera, foi utilizado o Gold Standart, que além do método DLT utiliza uma função de minimização de erro seguindo o modelo desta equação:

$$erro = \sum dist(\hat{p}_i, \tilde{M}\hat{P}_i)^2 \quad (5)$$

2.5 Gold Standart com estimação de distorção radial

A estimação dos parametros associados à distorção foi feita juntamente à função de minimização de erros, com a utilização da seguinte expressão:

$$\begin{bmatrix} X_d \\ Y_d \end{bmatrix} = L(\check{r}) \begin{bmatrix} \frac{x}{z} \\ \frac{y}{z} \end{bmatrix}$$

$L(\check{r}) \approx 1 + k_1 r^2 + k_2 r^4$ (aproximado pela serie de Taylor)

$$r = \sqrt{(x_{projetado} - p_x)^2 + (y_{projetado} - p_y)^2}$$

sendo (p_x, p_y) o ponto principal da imagem e aproximamos como o centro da distorção.

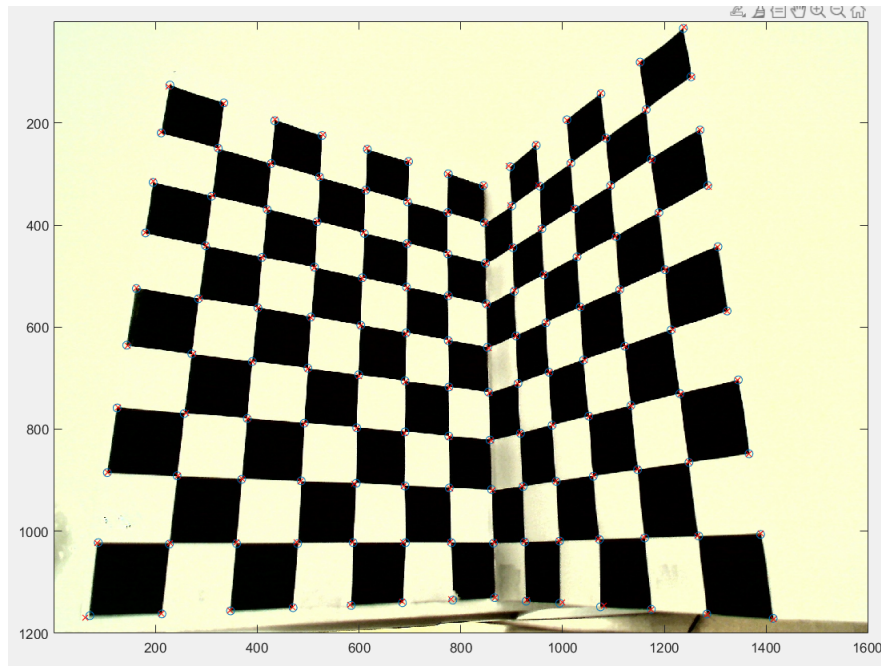


Figura 3: Projeção utilizando gold standart com supresão da distorção radial

3 Conclusões

Assim, foi possível perceber que em comparação do DLT com o Gold Standart tem o erro de projeção significativamente e é possível observar algumas diferenças nas imagens resultantes destes dois algoritmos. No entanto, quando comparamos o Gold Standart com o Gold Standart com estimação de distorção radial no nosso caso não obtivemos erros muito diferentes, mesmo sabendo que o algoritmo com estimação de distorção radial é necessário para que as distorções radiais não sejam ignoradas e que seja possível eliminá-las.

4 Referências

- Guia do trabalho prático 3
- Slides das aulas teóricas
- <https://www.mathworks.com/help/matlab/>