Visão Por Computador

Trabalho 3

Christophe Oliveira nº2011154912
Noé Godinho nº 2011159459

30 de Março de 2015

Conteúdo

Introdução

O objetivo deste trabalho tem como base a calibração de câmaras, fazendo uso do modelo de perspetiva.

Parte 1

1.1

De maneira a ser possível obter as coordenadas dos pontos de calibração pertencentes aos diferentes planos de calibração, é necessário fazer a leitura dos ficheiros fornecidos com o enunciado do trabalho.

Esses ficheiros contém os valores de cada ponto de calibração, correspondente às seguintes variáveis, por esta ordem:

- y_f
- x_f
- X_w
- Y_w
- Z_w

Estes valores vão permitir a criação da matriz **A**, necessária para a calibração da câmara.

1.2

Uma vez obtidos os valores dos ficheiros, para cada imagem, é possível criar a matriz **A** para cada uma delas.

A matriz **A** é constituida pelos seguintes valores:

$$A = \begin{bmatrix} X_w & Y_w & Z_w & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x_f.X_w & -x_f.Y_w & -x_f.Z_w & -x_f & -x_f \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_w & Y_w & Z_w & 1 & -y_f.X_w & -y_f.Y_w & -y_f.Z_w & -y_f & -y_f \end{bmatrix}$$

1.3

Após o preenchimento da matriz **A** para cada um dos pontos, foi a vez de calcular a matriz pseudo-inversa de **A** que está implementada na nossa função ***calculate_matrix_M()*** e onde contamos com a ajuda da função ***pinv()*** do Matlab para o fazer.

1.4

Tendo já a pseudo-inversa calculada, neste exercício foi nos pedido que calculássemos os elementos da matriz **M**, mas considerando a posição M_{12}=**1**. Esta matriz **M** foi obtida através da multiplicação entre a matriz pseudo-inversa de **A** e a matriz **B**, onde:

$$B = \begin{bmatrix} x_f \\ y_f \end{bmatrix}$$

1.5

Após a obtenção da matriz **M**, podemos calcular os pontos p', pontos estes que representam a projeção dos pontos 3D no plano da câmara, após a calibração e que são obtidos através da expressão:

p'= M x P$_w$

Ainda neste exercício, foi nos pedido que calculássemos a disparidade para cada ponto através da seguinte fórmula:

$$D = \sqrt{(x_f - x'_f)^2 + (y_f - y'_f)^2}$$

1.6

Quase mesmo no fim desta primeira parte, foi nos pedido o cálculo das disparidades máxima, mínima, mediana, média e o seu desvio padrão, onde obtemos os seguintes resultados:

Part One, exercise 6:
Max: 1.425346
Min: 0.043817
Mean: 0.439335
Median: 0.424248
Deviation: 0.221515

Após o cálculo da disparidade entre estes pontos e as coordenadas dadas nos ficheiros, podemos ter uma ideia da qualidade da calibração da câmara, ou seja, quanto mais próximos os pontos projetados estiverem dos pontos do ficheiro, menor é a disparidade e melhor será a calibração da câmara.

1.7

Por fim, foi nos pedido que fizéssemos um histograma com os valores das disparidades, onde o resultado foi o seguinte:

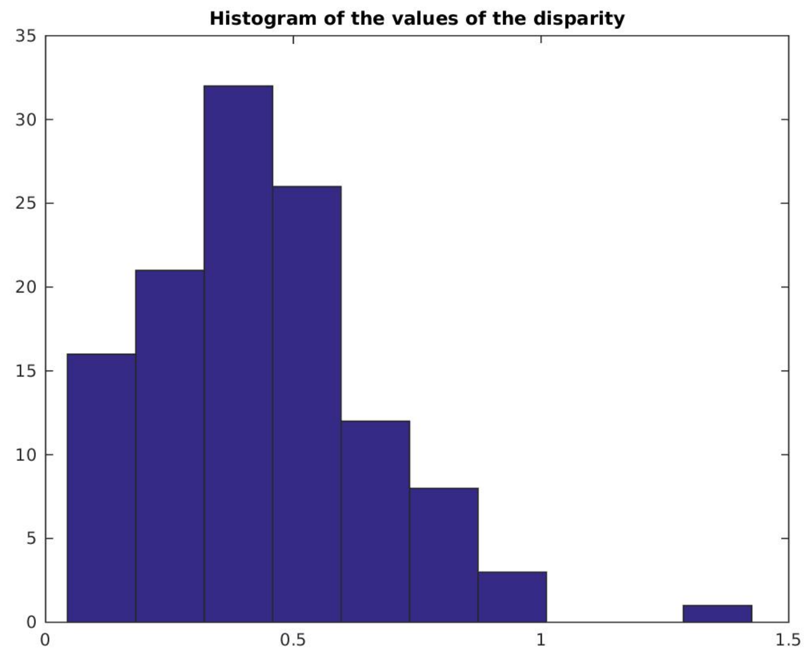

Figura 1: Histograma dos valores das disparidades

Como podemos observar na figura 1, a maioria dos pontos apresenta uma disparidade inferior a 0.5, o que podemos concluir que a câmara foi corretamente calibrada.

Parte 2

2.1

Nesta 2ª parte, mais uma vez é nos pedido o cálculo da matriz **M**, mas desta vez em vez de usarmos a restrição M_{12}**=1**, usámos a decomposição em valores singulares. Para isso foi necessário usar a matriz **A**, mas da seguinte forma:

$$A = \begin{bmatrix} X_w & Y_w & Z_w & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x_f.X_w & -x_f.Y_w & -x_f.Z_w & -x_f \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_w & Y_w & Z_w & 1 & -y_f.X_w & -y_f.Y_w & -y_f.Z_w & -y_f \end{bmatrix}$$

Para a decomposição em valores singulares desta nova matriz usámos a função ***svd()*** do Matlab, que devolve uma matriz que contém todos os valores singulares e devolve também uma matriz com todos os vetores singulares. Para o cálculo da matriz **M** apenas foi necessário retirar a coluna da matriz com os vetores singulares, correspondente ao menor valor próprio encontrado na matriz dos valores singulares.

2.2

Neste 2º ponto, tínhamos de calcular os parâmetros intrínsecos e extrínsecos a partir da matriz M, onde para isso tivemos de usar as seguintes expressões:

$$q1 = \begin{bmatrix} f_x * r_{11} & + & c_x * r_{31} \\ f_x * r_{12} & + & c_x * r_{32} \\ f_x * r_{13} & + & c_x * r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{11} \\ M_{12} \\ M_{13} \end{bmatrix}$$

$$q2 = \begin{bmatrix} f_y * r_{11} & + & c_y * r_{31} \\ f_y * r_{12} & + & c_y * r_{32} \\ f_y * r_{13} & + & c_y * r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{21} \\ M_{22} \\ M_{23} \end{bmatrix}$$

$$q3 = \begin{bmatrix} r_{31} \\ r_{32} \\ r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M_{31} \\ M_{32} \\ M_{33} \end{bmatrix}$$

Tendo por base os valores anteriormente demonstrados, é possível calcular os parâmetros intrínsecos da seguinte forma:

$$\mathbf{C}_x = \mathrm{q}_1^T * q_3$$

$$\mathbf{C}_y = \mathrm{q}_2^T * q_3$$

$$\mathbf{f}_x = \sqrt{q_1^T * q_1 - C_x^2}$$

$$\mathbf{f}_y = \sqrt{q_2^T * q_2 - C_y^2}$$

Tendo os parâmetros intrínsecos calculados, pode-se agora calcular facilmente os parâmetros extrínsecos seguindo as seguintes expressões:

$$\mathbf{r}_{11} = \frac{M_{11} - C_x * r_{31}}{f_x}$$

$$\mathbf{r}_{12} = \frac{M_{12} - C_x * r_{32}}{f_x}$$

$$\mathbf{r}_{13} = \frac{M_{13} - C_x * r_{33}}{f_x}$$

$$\mathbf{r}_{21} = \frac{M_{21} - C_y * r_{31}}{f_y}$$

$$\mathbf{r}_{22} = \frac{M_{22} - C_y * r_{32}}{f_y}$$

$$\mathbf{r}_{23} = \frac{M_{23} - C_y * r_{33}}{f_y}$$

$$\mathbf{r}_{24} = \frac{M_{24} - C_y * T_z}{f_y}$$

$$\mathbf{T}_{x} = \frac{M_{14} - C_x * T_z}{f_x}$$

$$\mathbf{T}_{z} = M_{34}$$

2.3

Mais uma vez, foi nos pedido o cálculo das disparidades máxima, mínima, mediana, média e o seu desvio padrão, onde obtemos os seguintes resultados:

Part Two, exercise 3:
Max: 1.423674
Min: 0.052778
Mean: 0.439800
Median: 0.416869
Deviation: 0.221556

2.4

Quase mesmo no fim desta segunda parte, mais uma vez, foi nos pedido que fizéssemos um histograma com os valores das disparidades, onde o resultado foi o seguinte:

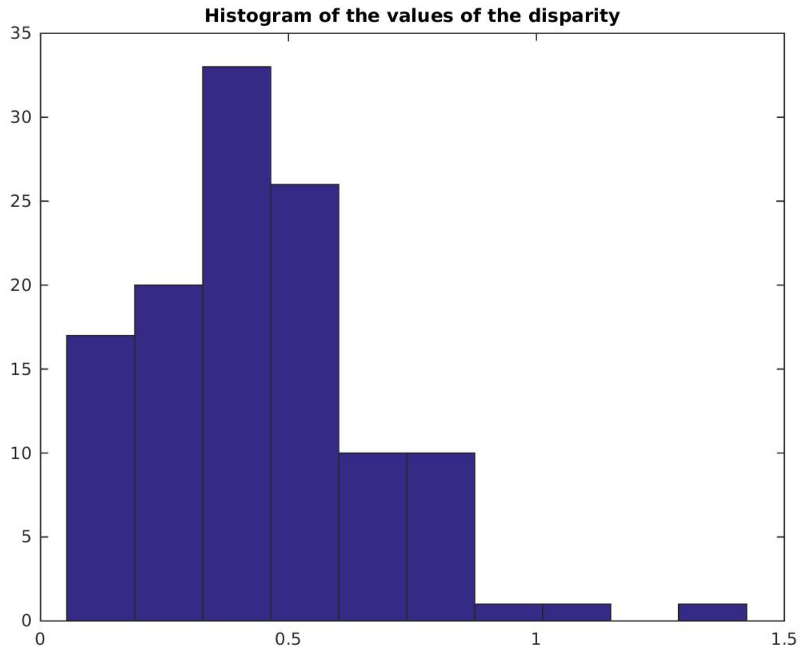

Figura 2: Histograma dos valores das disparidades usando o método da decomposição em valores singulares

Como podemos observar na figura 2, o método da decomposição em valores singulares apresenta a maioria dos seus pontos com uma disparidade inferior a 0.5 tal como o ocorrido na primeira parte, obtendo assim um histograma muito semelhante a este também.

2.5

Para terminar, é necessário calcular, mais uma vez, os parâmetros intrínsecos e extrínsecos, mas com a **decomposição QR** da matriz **M**.

Foi usada a função *qr* do Matlab, com a da matriz M, de maneira a ser possível obter as matrizes **R** e **K**, sendo **R** uma matriz ortogonal e **K** uma matriz triangular superior.

Uma vez calculadas as matrizes, temos de transformar a matriz **R** numa matriz de rotação e obter a matriz de translação **t**, sendo a junção das duas uma matriz extrínseca. Também é necessário transformar a matriz **K** numa matriz dos valores intrínsecas.
Estas matrizes são calculadas pela função *qr decomposition* criada para o propósito.

Como é possível verificar, com a **decomposição QR** é mais fácil calcular os valores necessários para a calibração da câmara.