**Centro Universitário FEI**
**CC6112 - Computação Gráfica**
**Aluno:** João Pedro Rosa Cezarino
**R.A:** 22.120.021-5
6 de outubro de 2022

## Resolução da Atividade 04 - Calibração de Câmeras

**Questão 01:**
Considere o modelo mostrado nas Figuras *1-a* e *1-b*, com duas câmeras em um sistema de imageamento stéreo (exatamente o mesmo apresentado nas vídeoaulas). Considere também que a distância focal de ambas as câmeras é = 3, e a distância entre os dois pontosfocais é B = 8. Se um ponto na imagem 1 é p1 = (2,3) e seu correspondente na imagem 2 é 2 = (-2,-3), quais os valores das coordenadas do ponto correspondente *W = (X, Y, Z)* nas coordenadas do mundo?

**Solução:**

$$\mathbf{P_1 = (2, 3), P_2 = (-2, -3)}$$

$$x = \frac{x.(\lambda - z)}{\lambda} = \frac{2.(3-9)}{3} = \frac{-12}{3} = -4$$
$$z = \lambda - \frac{\lambda.B}{x_2 - x_1} = 3 - \frac{3.8}{(-2)-2} = 3 - \frac{24}{-4} = 3 - (-6) = 9$$
$$y = \frac{y.(\lambda - z)}{\lambda} = \frac{3.(3-9)}{3} = -6$$
$$\therefore$$
$$\mathbf{w = (-4, -6, 9)}$$

**Questão 02:**
Suponha uma imagem de um rio mostrada na Figura 2 abaixo, cuja foto foi tirada pelo professor Flácido Caponi (fiscal da natureza) com uma câmera digital comum. Suponha também que seu objetivo agora é descobrir a posição da câmera em relação a todos os pontos $P$ em coordenadas do mundo cuja representação no plano da imagem são os pixels $p$ que representam o rio na imagem. De acordo com a teoria de calibração de câmera, para cada ponto $P$ do rio no mundo e cada ponto $p$ do rio no plano de imagem da câmera, existe uma matriz de transformação $A$ de $P$ para $p$ que contém os parâmetros intrínsecos e extrínsecos da câmera. Suponha também que, através de técnicas de segmentação e análise de imagens, foi possível determinar (reconhecer) todo $p$ que pertence ao rio mostrado na Figura 2. Também suponha que, um pouco antes do momento em que a foto foi tirada, Flácido estava com um desenho, mostrado na Figura 4, em mãos e esse desenho, por descuido porque sua mão estava toda engorduradade fritura, caiu no rio e acabou também saindo na foto. Assuma que o desenho que está flutuando na água do rio na Figura 2 é realmente o que aparece na Figura 3.

- a) Proponha uma maneira de calibrar a câmera.

- b) É possível, com a matriz de transformação $A$, obtida em a), obter as coordenadas do mundo para as árvores que aparecem na Figura 3 às margens do rio, ou as nuvens no céu? Explique com argumentos contra ou a favor.

- c) Se você encontrar em um mapa as larguras das margens do rio correspondentes a qualquer foto que tenha tirado dele, incluindo Origem do Sistema de Coordenadas Plano Z inclinação, quais os problemas que você enfrentaria para calibrar a câmera. Proponha uma maneira de resolver o problema para qualquer foto de qualquer ponto do rio.

**Solução:**

- **a)** Já que nenhum ponto $P$ foi fornecido, a única maneira de calibrar a câmera é utilizar o desenho no rio como um marcador para realizar a calibração.

- **b)** Não é possível obter as coordenadas das árvores ou das nuvens , já que só com o marcador não é possível obter coordenadas do mundo real.Para obter as coordenadas das árvores ou das nuvens precisaríamos de outros marcadores em seus respectivos planos.

- **c)** Se tivermos um mapa, consequentemente, teremos todos os pontos pertencentes às paisagens do rio. Isso somado com o marcador que corre pelas águas do rio, possibilitaria a calibração da câmera sem problemas. Caso a foto não contenha o marcador, podemos utilizar a técnica de calibração de 6 pontos para resolver a questão proposta.

**Questão 03:**
Considere o modelo mostrado nas Figuras *5-a* e *5-b* abaixo. O mesmo dado em sala, mas com acréscimo de um segundo ponto denominado $k$. Esse novo ponto possui a mesma coordenada $Z$ que $w$. No entanto, no plano 1 ele é projetado como *(x3,y3)* e no plano 2 como *(x4,y4)*. Sendo = 3, $B$ = 5, *(x1,y1)* = *(3,5)*, *(x2,y2)* = *(-3,-5)*, *(x3,y3)* = *(1,5)* e *(x4,y4)* = *(-5,-5)*, qual a distância entre $k$ e $w$?

**Solução:**

$$\mathbf{P_1} = (\mathbf{3}, \mathbf{5}), \mathbf{P_2} = (-\mathbf{3}, -\mathbf{5}), \mathbf{P_3} = (\mathbf{1}, \mathbf{5}), \mathbf{P_4} = (-\mathbf{5}, -\mathbf{5});$$

$$x = \frac{x.(\lambda - z)}{\lambda} = \frac{3.(3 - \frac{11}{2}}{3} = \frac{-5}{2} = 2,5$$

$$y = \frac{y.(\lambda - z)}{\lambda} = \frac{5.(3 - \frac{11}{2}}{3} = \frac{\frac{-25}{2}}{3} = \frac{-25}{2}.\frac{1}{3} = \frac{-25}{6} = -4,17$$

$$z = \lambda - \frac{\lambda.B}{x_2 - x_1} = 3 - \frac{3.5}{(-3) - 3} = 3 - \frac{15}{-6} = 3 + \frac{5}{2} = \frac{11}{2} = 5,5$$

$$x = \frac{x.(\lambda - z)}{\lambda} = \frac{1.(3 - 5,5)}{3} = -0,83$$

$$y = \frac{y.(1 - z)}{\lambda} = \frac{5.(3 - 5,5)}{3} = -4,17$$

$$\therefore$$

$$(-0,83;-4,17;5,5)-(-2,5;-4,17;5,5)=(\mathbf{1},\mathbf{67};\mathbf{0};\mathbf{0})$$

**Questão 04:**
Em Computação Gráfica, calibrar uma câmera é a tarefa de calcular os parâmetros da câmera no espaço *3D*, que é chamado na literatura de parâmetros extrínsecos. Essa calibração pode ser realizada com duas câmeras, a chamada calibração estéreo. No entanto, a calibração pode ser feita com o uso de uma única câmera também em uma condição especial. Qual é essa condição?

**Solução:**
Para a calibração através do uso de uma única câmera, a condição necessária é a utilização de um ponto de referência no mundo real. Através deste ponto de referência a câmera irá se basear para entender onde a imagem 3D deve ser posicionada, técnica conhecida como **"Calibração por realidade aumentada"**.

**Questão 05:**
A Figura 6 mostra um sistema de câmera que foi calibrado conhecendo-se pelo menos 6 pontos do mundo real, indicados na figura por (X1, Y1, Z1) a *(X6, Y6, Z6)*. Após a calibração, foi encontrada a seguinte matriz de transformação $A$:

$$A=\begin{bmatrix}3&3&2&0\\3&8&4&2\\6&1&-2&0\\0&2&0.933&3\end{bmatrix}$$

Sabendo-se que o ponto desconhecido *(X7, Y7, Z7)* tem coordenada *Z7 = 3*, e que esse ponto é projetado na imagem da câmera como o ponto *(x,y) = (3,-1)*, qual o valor das coordenadas *(X7, Y7)* do mundo real?

**Solução:**

$$\begin{bmatrix}x\\y\\0\\1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}3&3&2&0\\3&8&4&2\\6&1&-2&0\\0&2&0.933&3\end{bmatrix}.\begin{bmatrix}x_7\\y_7\\z_7\\1\end{bmatrix}=$$

$$=\begin{bmatrix}x7\\y7\\z7\\1\end{bmatrix}=A^{-1}.\begin{bmatrix}x\\y\\0\\1\end{bmatrix}$$

$$\therefore\begin{bmatrix}1.4\\-2.4\\3\\1\end{bmatrix}=(\mathbf{X_7},\mathbf{Y_7},\mathbf{Z_7})=(\mathbf{1.4},\mathbf{-2.4},\mathbf{3})$$