

Centro Universitário FEI
 CC6112 - Computação Gráfica
 Aluno: João Pedro Rosa Cezarino
 R.A: 22.120.021-5
 29 de setembro 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 estéreo (exatamente o mesmo apresentado nas vídeoaulas). Considere também que a distância focal de ambas as câmeras é $f = 3$, e a distância entre os dois pontos focais é $B = 8$. Se um ponto na imagem 1 é $p_1 = (2, 3)$ e seu correspondente na imagem 2 é $p_2 = (-2, -3)$, quais os valores das coordenadas do ponto correspondente $W = (X, Y, Z)$ nas coordenadas do mundo?

Solução:

$$P_1 = (2, 3), P_2 = (-2, -3)$$

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{x \cdot (\lambda - z)}{\lambda} = \frac{2 \cdot (3 - 9)}{3} = \frac{-12}{3} = -4 \\
 z &= \lambda - \frac{\lambda \cdot B}{x_2 - x_1} = 3 - \frac{3 \cdot 8}{(-2) - 2} = 3 - \frac{24}{-4} = 3 - (-6) = 9 \\
 y &= \frac{y \cdot (\lambda - z)}{\lambda} = \frac{3 \cdot (3 - 9)}{3} = -6 \\
 &\therefore \\
 \mathbf{w} &= (-4, -6, 9)
 \end{aligned}$$

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 engordurada de 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 e há uma segunda câmera presente, a única maneira de calibrar a câmera é utilizar o desenho no rio como um marcador para auxiliar durante a calibração.
- b) Não é possível obter as coordenadas das árvores ou das nuvens a partir da matriz de transformação obtida em a), já que só com o marcador não é possível obter coordenadas do mundo real.
- 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 (x_3, y_3) e no plano 2 como (x_4, y_4) . Sendo $\lambda = 3$, $B = 5$, $(x_1, y_1) = (3, 5)$, $(x_2, y_2) = (-3, -5)$, $(x_3, y_3) = (1, 5)$ e $(x_4, y_4) = (-5, -5)$, qual a distância entre k e w ?

Solução:

$$P_1 = (3, 5), P_2 = (-3, -5), P_3 = (1, 5), P_4 = (-5, -5);$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{x \cdot (\lambda - z)}{\lambda} = \frac{3 \cdot (3 - \frac{11}{2})}{3} = \frac{-5}{2} = 2,5 \\ y &= \frac{y \cdot (\lambda - z)}{\lambda} = \frac{5 \cdot (3 - \frac{11}{2})}{3} = \frac{-25}{3} = \frac{-25}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{-25}{6} = -4,17 \\ z &= \lambda - \frac{\lambda \cdot B}{x_2 - x_1} = 3 - \frac{3 \cdot 5}{(-3) - 3} = 3 - \frac{15}{-6} = 3 + \frac{5}{2} = \frac{11}{2} = 5,5 \\ x &= \frac{x \cdot (\lambda - z)}{\lambda} = \frac{1 \cdot (3 - 5,5)}{3} = -0,83 \\ y &= \frac{y \cdot (\lambda - z)}{\lambda} = \frac{5 \cdot (3 - 5,5)}{3} = -4,17 \end{aligned}$$

$$\therefore$$

$$(-0,83; -4,17; 5,5) - (-2,5; -4,17; 5,5) = (1,67; 0; 0)$$

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:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 3 & 3 & 2 & 0 \\ 3 & 8 & 4 & 2 \\ 6 & 1 & -2 & 0 \\ 0 & 2 & 0.933 & 3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_7 \\ y_7 \\ z_7 \\ 1 \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} x_7 \\ y_7 \\ z_7 \\ 1 \end{bmatrix} = A^{-1} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \\ \therefore \begin{bmatrix} 1.4 \\ -2.4 \\ 3 \\ 1 \end{bmatrix} &= (X_7, Y_7, Z_7) = (1.4, -2.4, 3) \end{aligned}$$