

*Disciplina:* DCC884 — Visão Computacional  
*Nome:* Elizabeth Duane Santos da Costa  
*Professor:* Mário Fernando Montenegro Campos

### 3ª Lista de Exercícios

*Data da entrega:* 07 de junho de 2010

## 1 Exercícios Teóricos

1. Quais são os problemas de utilizar o espaço de parâmetros  $(m, n)$  para a Transformada de Hough. Como o espaço de parâmetros  $(\theta, \rho)$  pode resolver esses problemas?

**Resp.:**

No espaço de parâmetro  $(m, n)$  uma reta pode ser representada por

$$y = mx + n \tag{1}$$

Porém, os parâmetros são ilimitados, logo à medida em que a reta torna-se vertical, os valores de  $m$  e  $n$  tendem ao infinito, sendo impossível representá-los para o cálculo da Transformada de Hough. Assim, para efeitos computacionais, é melhor parametrizar as retas usando dois outros parâmetros  $(\theta, \rho)$ . O problema pode ser resolvido usando a representação da normal da linha, expressa por :

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \tag{2}$$

É possível representar qualquer reta no espaço cartesiano e os parâmetros são limitados aos seguintes intervalos:

$$-90^\circ \leq \theta < 90^\circ \text{ e } 0 \leq |\rho| \leq \sqrt{w^2 + h^2}$$

onde  $w$  e  $h$  são respectivamente a largura e altura da imagem em pixels.

2. Um dos problemas ao se utilizar o método de ajuste dos mínimos quadrados é quando existem erros grosseiros (*outliers*) nos dados. Proponha uma abordagem que não utilize RANSAC baseada nos seus conhecimentos para obter uma reta de um conjunto de dados com muitos *outliers*.

**Resp.:**

Quando a amostra de dados possui muitos *outliers* é necessário o uso de técnicas estatísticas robustas para minimizar as incertezas. As técnicas de regressão robusta fornecem respostas similares a regressão por mínimos quadrados quando existe relação linear entre as variáveis com os erros normalmente distribuídos, porém diferem significativamente dos ajustes de mínimos quadrados quando os erros não são normalmente distribuídos ou quando os dados contêm *outliers* significantes. Um método robusto que pode ser utilizado é o Método da Mediana dos Quadrados (MMQ). Este método minimiza a mediana dos quadrados dos resíduos, no lugar da soma dos quadrados dos resíduos.

$$\min_b (\text{mediana}_i(r_i^2)) \quad (3)$$

onde  $r_i = y_i - x_i\beta$  é o  $i$ -ésimo resíduo.

Os resultados obtidos podem resistir a até quase 50% de contaminação nos dados. A Figura 1 ilustra a robustez do método da mínima mediana (MMQ).

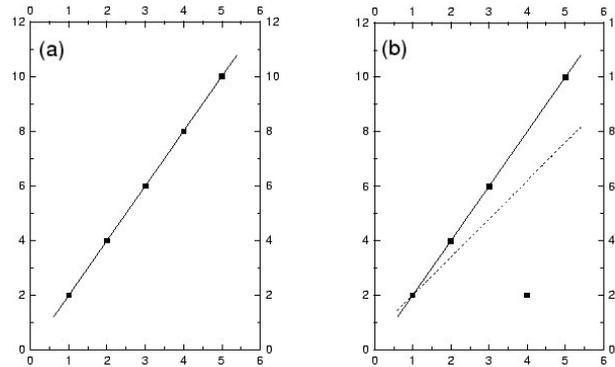


Figura 1: Em (a) o resultado do ajuste ao conjunto de pontos é indiferente do método. Em (b) o método MQ (linha tracejada) é perturbado pela contaminação de um outlier e o MMQ (linha cheia) permanece atribuindo aos pontos o mesmo ajuste.[2]

3. Alvo ou padrão de calibração é o nome dado ao objeto ou figura que é imageada para a realização da calibração da câmera. Descreva e comente algumas características desejáveis para um alvo de calibração.

**Resp.:**

O padrão deve ter um formato definido por uma estrutura que permita uma nítida diferenciação em relação a outros objetos semelhantes que possam estar presentes no mesmo espaço de visão das câmeras. Isso ajuda a evitar possíveis erros, como falsos positivos no reconhecimento do padrão.

O formato também deve permitir a sua fácil manipulação e movimentação no espaço de visão das câmeras. Isso permitirá que o campo visual enxergado pelas câmeras esteja corretamente preenchido pela captura de várias vistas válidas do padrão, o que representará

um maior número de pontos de referência corretamente identificados e espalhados no campo visual das câmeras.

A quantidade e a distribuição dos pontos de referência contidos no padrão devem permitir a recuperação de múltiplas informações em relação aos mesmos, como a identificação individual de cada ponto de referência em relação ao resto dos pontos, a identificação grupal de todos os pontos de referência que determinam o formato único do padrão, além de distâncias, ângulos e outras medidas que possam ser recuperadas a partir do conhecimento prévio da distribuição tridimensional desses pontos de referência que formam o padrão.

4. É possível, utilizando uma única câmera, recuperar informações sobre as distâncias na cena? Caso não seja possível explique o porquê. Do contrário, descreva de forma mais detalhada possível quais são as abordagens, suas limitações e premissas.

**Resp.:** Em visão computacional as técnicas para se recuperar a geometria de um objeto são conhecidas como “shape-from-X”, onde X representa as possíveis métodos tais como *stereo, contours, motion, texture*. Alguns dos métodos que utilizam uma imagem são contours, texture e shading. Abaixo apresentamos duas as técnicas texture e shading:

- Texture:

A variação observada em texturas regulares pode também fornecer informações úteis sobre a orientação da superfície. Algoritmos de “shape from texture” requer uma série de etapas processamento, incluindo a extração de padrões repetidos ou a medição de frequências, a fim de calcular as deformações locais, e numa fase posterior para inferir orientação da superfície local.

- Shading:

Recuperar a forma de uma superfície a partir da variação de intensidade. A maioria dos algoritmos de “shape from shading” assumi que a superfície em questão é de um unicos albedo e reflectância, e que as direções da fonte de luz são conhecidas ou podem ser calibradas com o uso de um objeto de referência. Com base nos pressupostos da distância entre as fontes de luz e o observador, a variação na intensidade (equação irradiância) tornar-se puramente como uma função do local de orientação da superfície. Na prática, as superfícies,raramente tem albedo uniforme. Portanto, essa técnica precisa ser combinada com alguma outra técnica ou extensão de alguma forma para torná-la útil. Uma maneira de fazer isso é combiná-lo com textura conhecidas (padrões de superfície) As componentes de textura fornecer informações em regiões de textura, forma, enquanto o sombreado de ajuda preencher as informações em regiões uniformemente coloridos e também fornece informações de orientação mais locais.

## 2 Exercícios Práticos

- (a) Use duas câmeras para capturar imagens de uma cena estática em pontos de vista diferentes (sugestão: coloque as câmeras em uma disposição fronto-paralela). Utilize o toolbox [http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib\\_doc/](http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/) para estimar os parâmetros intrínseco e extrínseco do setup estéreo.

**Resp.:**

Foram capturados 9 pares de imagens utilizando as câmeras Dragonfly disponíveis no laboratório VerLab. As Figuras 2 e 3 mostram respectivamente as imagens capturadas das câmeras esquerda e direita.

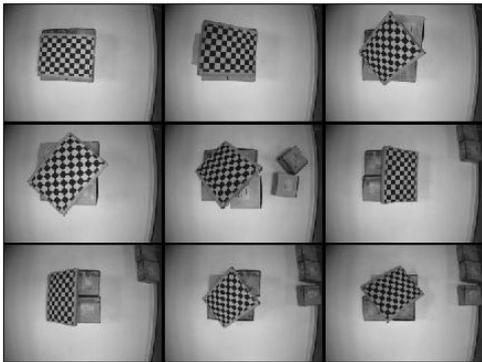


Figura 2: Imagens da câmera esquerda

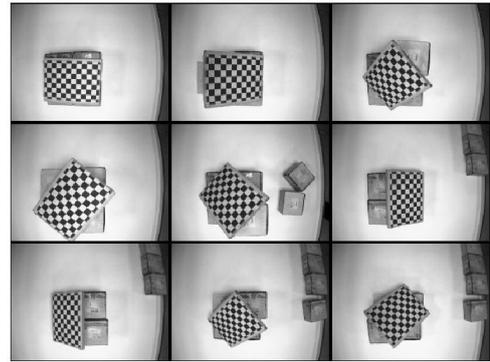


Figura 3: Imagens da câmera direita

Parâmetros Câmera Esquerda

Distância Focal: [ 536.11173 536.03284 ]  $\pm$  [ 4.91789 4.64563 ]

Ponto Central: [ 349.46816 280.32237 ]  $\pm$  [ 6.48423 6.56769 ]

Parâmetros Câmera Direita

Distância Focal: [ 532.27913 532.47035 ]  $\pm$  [ 2.93258 2.78739 ]

Ponto Central: [ 316.97136 275.99525 ]  $\pm$  [ 3.77992 3.80763 ]

Parâmetros extrínsecos (câmera direita em relação à câmera da esquerda):

Vetor de Rotação(om): [ -0.00626 0.05470 -0.03052 ]

Vetor de Translação: [ 3.53428 129.25070 -16.85240 ]

Resultado da calibração após otimização

Parâmetros Câmera Esquerda

Distância Focal: [ 535.10717 534.77387 ]  $\pm$  [ 4.39665 4.20666 ]

Ponto Central: [ 358.57082 272.64163 ]  $\pm$  [ 8.26383 8.27574 ]

Parâmetros Câmera Direita

Distância Focal: [ 537.39764 536.67945 ]  $\pm$  [ 4.15981 4.05169 ]

Ponto Central: [ 317.10111 288.75660 ]  $\pm$  [ 8.10273 7.78174 ]

Parâmetros extrínsecos (câmera direita em relação à câmera da esquerda):

Vetor de Rotação(om): [ 0.02981 0.07378 -0.02808 ]  $\pm$  [ 0.02044 0.02071 0.00238 ]

Vetor de Translação: [ 2.37307 127.14726 -6.19468 ]  $\pm$  [ 0.77633 0.81457 4.22215 ]

(b) Retifique as imagens usando o código `stereo_image_rectification` disponibilizado na página.

**Resp.:**

(c) Implemente o algoritmo `CORR_MATCHING` descrito na página 146 do livro. Use sua implementação nas imagens retificadas para obter um mapa de disparidade denso.

**Resp.:** O código foi implementado em MATLAB. As Figuras 4, 5 e 6 apresentam respectivamente imagens da cena da câmera esquerda, câmera direita e o mapa de disparidade.

```

1 function [ disp_map ] = corr_matching( imgL, imgR, wS , min, max)
2 %disp_map
3 %imgL = imagem esquerda
4 %imgR = imagem direita
5 %wS = tamanho da janela em pixel
6 %min = disparidade mínima
7 %max = disparidade máxima
8 %*****
9
10 imgR = im2double(imgR);
11 imgL = im2double(imgL);
12
13 %dimensão da imagem
14 [width,height] = size(imgR);
15
16 disp_map = zeros(width, height);
17
18 W=(wS-1)/2;
19
20 %percorre toda a imagem excluindo as bordas de acordo com o tamanho da
21 %janela (2W+1)
22 for i=1+W:1:width-W
23     for j=1+W:1:height-W-max
24         aux = 10000;
25         melhorCorr = min;
26         for(range=min:max)
27             ssd = 0.0;
28             for(a=-W:1:W)
29                 for(b=-W:1:W)
30                     if(j+b+range <= height)
31                         psi = imgR(i+a,j+b)-imgL(i+a,j+b+range);
32                         psi = psi*psi;
33                         ssd=ssd+psi;
34                     end
35                 end
36             end
37             if(aux>ssd)
38                 aux = ssd;
39                 melhorCorr = range;
40             end
41         end
42     end
43     disp_map(i,j) = melhorCorr;
44 end
45 end
46 end
47

```

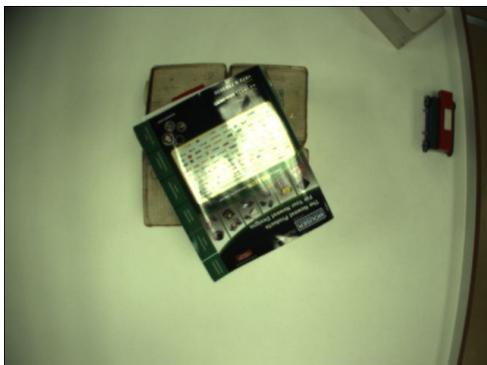


Figura 4: Cena Esquerda

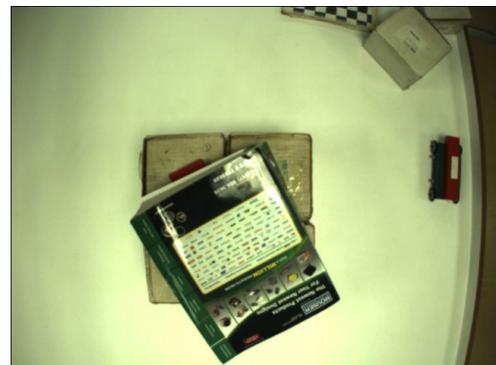


Figura 5: Cena Direita

(d) Implemente o algoritmo `TRIANG` na página 162 do livro texto. Utilize o mapa de disparidade gerado pelo algoritmo de correspondência e os parâmetros intrínsecos e

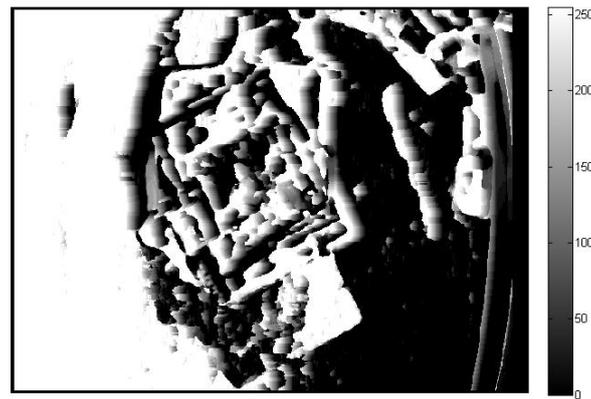


Figura 6: Mapa de disparidade

extrínsecos para gerar um arquivo OBJ com a descrição 3D da cena capturada (a melhor implementação ganhará dois pontos extras).

### 3 Exercícios de Pesquisa

- (a) Qual o benefício em se utilizar mais de duas câmeras para fazer a reconstrução geométrica de uma cena. Faça uma pesquisa por abordagens que visam fazer a reconstrução geométrica utilizando três ou mais câmeras. Quais são os problemas que surgem ao aumentar o número de câmeras no sistema? Descreva em alto nível ao menos uma das abordagens encontradas em sua pesquisa.

**Resp.:**

Com a combinação de várias imagens temos mais informações da cena que podem levar a resultados mais corretos. Mas também com o aumento de imagens o custo computacional para inferir alguma informação da cena também aumenta.

Uma maneira de fazer a reconstrução utilizando várias câmeras é tratar a série de imagens como um conjunto de observações sequenciais e juntá-las em conjunto, utilizando filtro de Kalman ou inferência de máxima verossimilhança.

### Referências

- [1] [http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0321198\\_06\\_cap\\_02.pdf](http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0321198_06_cap_02.pdf).
- [2] <http://www.sc.eso.org/~dgadotti/mscthesi/node13.html>.
- [3] R. Szeliski. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. 2010.
- [4] E. Trucco and A. Verri. *Introductory Techniques for 3-D Computer Vision*. Prentice Hall, 1998.