

Visão por Computador – 2013/2014

Estimação de Movimento (Cálculo do Fluxo Óptico)

Trabalho Prático nº4

José Pedro Medeiros

2010129934

Luís Miguel Rocha

2010127532

Introdução

Neste trabalho foram calculadas as componentes de movimento de uma sequência de imagens, ou seja, o fluxo óptico. Estes cálculos foram feitos para dois tipos de modelos, o modelo constante para o movimento e o modelo afim para o movimento. Posteriormente calcularam-se os vectores médios de movimento que são comparados com o movimento original imposto. Por fim os passos anteriores foram repetidos para diferentes movimentos e para diferentes deslocamentos.



Figura 1: Imagem original

Tabela de conteúdos

1	Cálculo do Fluxo Óptico	3
2	Trabalho Prático	4
2.1	Movimento de 1 Pixel	4
2.1.1	Modelo Constante - Janela 5x5	4
2.1.2	Modelo Afim - Janela 5x5	6
2.2	Movimento de 5 Pixeis	8
2.2.1	Modelo Constante - Janela 8x8	8
2.2.2	Modelo Constante - Janela 12x12	9
2.2.3	Modelo Afim - Janela 8x8	10
2.2.4	Modelo Afim - Janela 12x12	11

1 Cálculo do Fluxo Óptico

Para o cálculo das derivadas parciais usamos as seguintes fórmulas:

$$I_x(x, y) = [(-I_1(x, y) - I_1(x, y + 1) + I_1(x + 1, y) + I_1(x + 1, y + 1)) + (-I_2(x, y) - I_2(x, y + 1) + I_2(x + 1, y) + I_2(x + 1, y + 1))]/4;$$

$$I_y(x, y) = [(-I_1(x, y) - I_1(x + 1, y) + I_1(x, y + 1) + I_1(x + 1, y + 1)) + (-I_2(x, y) - I_2(x + 1, y) + I_2(x, y + 1) + I_2(x + 1, y + 1))]/4;$$

$$I_t(x, y) = [(-I_1(x, y) - I_1(x, y + 1) - I_1(x + 1, y) - I_1(x + 1, y + 1)) + (I_2(x, y) + I_2(x, y + 1) + I_2(x + 1, y) + I_2(x + 1, y + 1))]/4;$$

Modelo Constante

$$\begin{bmatrix} I_{x1} & I_{y1} \\ I_{x2} & I_{y2} \\ \vdots & \vdots \\ I_{xn} & I_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -I_{t1} \\ -I_{t2} \\ \vdots \\ -I_{tn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

, onde $V_x = a_x = \text{constante}$ e $V_y = a_y = \text{constante}$.

Modelo Afim

$$\begin{bmatrix} I_{x1} & I_{x1}x & I_{x1}y & I_{y1} & I_{y1} \times x & I_{y1}y \\ I_{x2} & I_{x2}x & I_{x2}y & I_{y2} & I_{y2} \times x & I_{y2}y \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_{xn} & I_{xn}x & I_{xn}y & I_{yn} & I_{yn} \times x & I_{yn}y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} -I_{t1} \\ -I_{t2} \\ \vdots \\ -I_{tn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

, onde $V_x = a_0 + a_1x + a_2y$ e $V_y = b_0 + b_1x + b_2y$.

Nota: Para obtermos os coeficientes $\begin{bmatrix} a_x \\ a_y \end{bmatrix}$ e $\begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$ fazemos uso da pseudo-inversa nas equações

(1) e (2) usando o método dos mínimos quadrados.

2 Trabalho Prático

2.1 Movimento de 1 Pixel

2.1.1 Modelo Constante - Janela 5x5

Modelo Constante - Nenhum Deslocamento - janela 5x5 - 1px



Modelo Constante - Deslocamento Horizontal - janela 5x5 - 1px



Modelo Constante - Deslocamento Vertical - janela 5x5 - 1px



Modelo Constante - Deslocamento Diagonal - janela 5x5 - 1px



Figura 2: Janela de 5x5 - Deslocação de 1 Pixel

Na figura 2 efectuamos um movimento de 1 pixel em todas as imagens **excepto** na primeira. Decidimos usar uma janela de 5x5 para o calculo do fluxo óptico e usamos um espaçamento de 20 pixeis para a marcação do vector de movimento que sobreposemos com as respectivas imagens. Na imagem do canto superior esquerdo verificamos que o vector de movimento é nulo, o que condiz com o pressuposto visto que para o calculo do fluxo óptico usamos a mesma imagem. Na imagem do canto superior direito vizualizamos um vector de movimento sobreposto á imagem com a direção na diagonal. Isto deve-se ao facto de termos deslocado essa imagem na diagonal. Para o o calculo das derivadas parciais¹fizemos uso da matriz da imagem original e da imagem deslocada na diagonal. Nas duas imagens restantes repetimos o procedimento mas deslocamos os um pixel na horizontal e na vertical respectivamente.

¹Ver função `calcula_Ix_Iy_It`

Calculamos as componentes das velocidades respectivas para cada movimento, sendo estas:

1. Nenhum Movimento

- (a) $V_x = 0$
- (b) $V_y = 0$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0$

2. Movimento na Horizontal

- (a) $V_x = 0.7219$
- (b) $V_y \approx 0$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0.4494$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0.0023$

3. Movimento na Vertical

- (a) $V_x = 0.0030$
- (b) $V_y = 0.7130$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0.0385$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0.4521$

4. Movimento na Diagonal

- (a) $V_x = 0.6330$
- (b) $V_y = 0.6025$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0.5398$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0.5048$

Concluimos que a média da velocidade em x e em y condiz com o movimento que efectuamos para cada caso. Podemos comprovar isso analisando o valor da velocidade em x, V_x , e em y, V_y . Por exemplo, no movimento horizontal espera-se que o valor médio de V_x tenha um valor próximo de 1 e o valor médio de V_y tenha um valor próximo de 0 e de facto os valores que obtivemos para esse movimento condizem com o esperado tendo o V_x o valor de 0.7219 e o V_y o valor aproximadamente 0. Os valores que obtivemos comprovam que o algoritmo calculou bem a média dos vectores de movimento. O cálculo do desvio de padrão (modulo e direcção) assim como a velocidade média de V_x e V_y podem ser vistos no nosso código Matlab desenvolvido.².

²Ver função **modelo**

2.1.2 Modelo Afim - Janela 5x5

Modelo Afim - Nenhum Deslocamento - janela 5x5 - 1px



Modelo Afim - Deslocamento Horizontal - janela 5x5 - 1px



Modelo Afim - Deslocamento Vertical - janela 5x5 - 1px



Modelo Afim - Deslocamento Diagonal - janela 5x5 - 1px



Figura 3: Janela de 5x5 - Deslocação de 1 Pixel

Na figura 3 voltamos a efectuar um movimento de 1 pixel em todas as imagens **excepto** na primeira. Neste caso usamos o modelo afim para o cálculo do fluxo óptico. Observando a imagem acima não se verifica uma grande diferença em termos do vector de velocidades sobreposto às respectivas imagens. Em termos de comparação ambos os modelos detectam bem o movimento efectuado nos pixeis. Optamos por uma janela de 5x5 novamente para podermos comparar os resultados obtidos.

Calculamos as componentes das velocidades respectivas para cada movimento, sendo estas:

1. Nenhum Movimento

- (a) $V_x = 0$
- (b) $V_y = 0$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0$

2. Movimento na Horizontal

- (a) $V_x = 0.7219$
- (b) $V_y \approx 0$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0.4494$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0.0041$

3. Movimento na Vertical

- (a) $V_x = 0.0011$
- (b) $V_y = 0.7130$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0.0455$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0.4521$

4. Movimento na Diagonal

- (a) $V_x = 0.6311$
- (b) $V_y = 0.6030$
- (c) $\sigma_{V_x} = 0.5425$
- (d) $\sigma_{V_y} = 0.5042$

Analisando os valores de V_x e V_y concluímos, tal como no modelo constante, que o modelo afim está a calcular bem os vectores de velocidade. Comparando os valores de V_x e V_y do Modelo Afim com os do Modelo Constante podemos constatar que os valores são muito semelhantes. Essa mesma conclusão pode ser retirada analisando os vectores de velocidade marcados na 2 e 3 que são muito idênticos.

2.2 Movimento de 5 Pixeis

2.2.1 Modelo Constante - Janela 8x8

Modelo Constante - Nenhum Deslocamento - janela 8x8 - 5px



Modelo Constante - Deslocamento Horizontal - janela 8x8 - 5px



Modelo Constante - Deslocamento Vertical - janela 8x8 - 5px



Modelo Constante - Deslocamento Diagonal - janela 8x8 - 5px



Figura 4: Janela de 8x8 - Deslocação de 5 Pixel

Na figura 4 estão representados os vectores de movimentos calculados com uma janela 8x8. Cada imagem sofreu um deslocamento de 5 pixeis exceptuando a do canto superior esquerdo. Observando a direcção dos vectores de velocidade verificamos que correspondem às direcções das movimentações dos pixeis. Comparando a figura 2 com a figura 4 podemos ver que não se detecta muitas diferenças em termos dos vectores de velocidade, no entanto, verificamos através dos valores vistos no *Matlab* que o desvio de padrão é menor, ou seja, os valores são mais consisos e mais próximos uns dos outros. Quanto á média das velocidades os valores são mais próximos do valor ideal. Por exemplo, no movimento horizontal de 5 pixeis, o $V_x = 0.8225$ enquanto que o V_x na movimentação de 1 pixel têm o valor de 0.7219.

2.2.2 Modelo Constante - Janela 12x12

Modelo Constante - Nenhum Deslocamento - janela 12x12 - 5px



Modelo Constante - Deslocamento Horizontal - janela 12x12 - 5px



Modelo Constante - Deslocamento Vertical - janela 12x12 - 5px



Modelo Constante - Deslocamento Diagonal - janela 12x12 - 5px



Figura 5: Janela de 12x12 - Deslocação de 5 Pixel

Comparando a figura 5 com a 4 retiramos a conclusão de que quanto maior a janela escolhida, maior a precisão no cálculo do fluxo óptico. Nesta figura 5 é possível observar que os vectores de velocidade estão nas direcções correctas como era espectável.

Nota: Ver valores de V_x , V_y , σ (Modulo e direcção) no *Matlab*.

2.2.3 Modelo Afim - Janela 8x8

Modelo Afim - Nenhum Deslocamento - janela 8x8 - 5px



Modelo Afim - Deslocamento Horizontal - janela 8x8 - 5px



Modelo Afim - Deslocamento Vertical - janela 8x8 - 5px



Modelo Afim - Deslocamento Diagonal - janela 8x8 - 5px



Figura 6: Janela de 8x8 - Deslocação de 5 Pixel

Na figura 6 retiramos a conclusão de que quanto maior a movimentação dos pixels pior é o cálculo do fluxo óptico. Este modelo calcula bem os valores do vector de velocidades para movimentações de poucos pixels, podemos ver por exemplo na deslocação diagonal que os vectores de velocidade não estão todos direccionados na direcção do movimento.

2.2.4 Modelo Afim - Janela 12x12

Modelo Afim - Nenhum Deslocamento - janela 12x12 - 5px



Modelo Afim - Deslocamento Horizontal - janela 12x12 - 5px



Modelo Afim - Deslocamento Vertical - janela 12x12 - 5px



Modelo Afim - Deslocamento Diagonal - janela 12x12 - 5px



Figura 7: Janela de 12x12 - Deslocação de 5 Pixel

Comparando a figura 7 com a 6 podemos concluir que ao aumentar o tamanho da janela melhoramos a precisão no cálculo do fluxo óptico como era de se esperar. Além disso, os valores do desvio padrão das imagens correspondentes á figura 7 são menores do que os da figura 6. Pode-se verificar esta conclusão executando o ficheiro *main* do nosso código.