Análise de imagem e estudo das Regressão e Interpolação na análise do movimento de um salto mortal (segundo diferentes referenciais)

Vasco Rosa Nº84892

Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

Objetivos

No nosso trabalho vamos estudar o movimento de um ginasta a dar um salto mortal para trás e pretendemos fazer um estudo do movimento do centro de massa e da posição da cabeça do ginasta. Pretendemos visualizar gráficos do movimento da cabeça e do centro de massa em relação a um ponto fixo, e o movimento da cabeça do ginasta em relação ao centro de massa. Pretende-se ainda explorar estes movimentos através de interpolações e regressões lineares (que serão melhore explicados na Introdução Teórica) de forma a aproximarem-se os valores de velocidade angular máxima e a altura para que tal acontece.

Introdução Teórica

Para uma boa interpretação do trabalho é necessário que se entendam alguns conceitos explorados neste trabalho, nomeadamente o que é uma interpolação e uma regressão linear. Uma interpolação é um método que possibilita construir um conjunto de dados a partir de um conjunto de dados discreto, ou seja sabendo alguns pontos conseguimos estimar quais são os intermédios as esses.

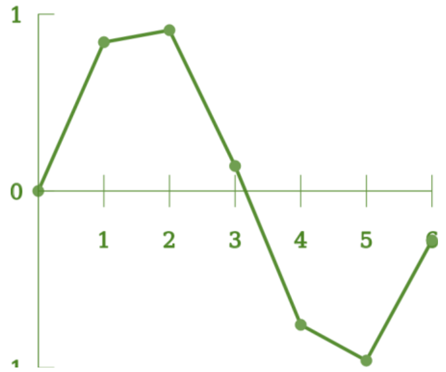

Figure 2 - Exemplo de uma interpolação linear

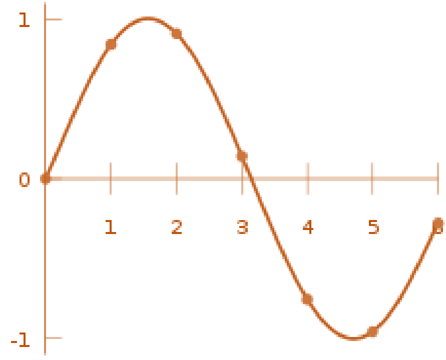

Figure 1 - Exemplo de uma regressão de splines

Nas figuras 1 e 2 os pontos redondos são os pontos que nos são fornecidos e a função é o polinómio interpolador, os pontos intermédios estimam-se pertencer ao polinómio interpolador. (Atenção: o polinómio interpolador passa sempre pelos valores fornecidos.)

É importante entender que existem vários tipos de interpolações, tais como, interpolações lineares (figura 1), cúbicas e spline (figura 2). Por exemplo uma interpolação linear liga os pontos fornecidos entre eles com retas, uma interpolação cúbica faz com obtenhamos uma aproximação que será uma função cúbica e uma interpolação com spline vai nos dar um polinómio interpolador com uma melhor aproximação dos pontos intermédios.

Uma regressão vai-nos permitir descobrir quais são os coeficientes da função que apresenta a menor distância possível a todos os pontos fornecidos e esta não tem de passar nestes mesmos pontos.

Tal como nas interpolações há vários tipos de regressões, as de grau um, dois, três, … O grau afeta na medida em que se quisermos uma regressão de grau dois vamos ter uma função quadrática, se quisermos uma regressão de grau 3 vamos ter uma função cúbica e assim por diante.

Procedimento e análise dos resultados (passo a passo)

- *Passo 1*

No passo 1 carregamos o vídeo para o Matlab através dos comandos fornecidos na aula e anotamos as posições do centro de massa, da cabeça e de um ponto fixo utilizando a função ginput de 5 em 5 frames.

```
acrob=VideoReader('vid2.avi');
 nframes=int32(acrob.Duration*acrob.FrameRate);
salto=5;
for i=1:salto:nframes
for j=1:salto
 mov=readFrame(acrob);
 end
image(mov);
title(strcat('Frame',num2str(i),' Ponto ',num2str(1)));
[x1(i) y1(i)]=ginput(1);
title(strcat('Frame',num2str(i),' Ponto ',num2str(2)));
[x2(i) y2(i)]=ginput(1);
title(strcat('Frame',num2str(i),' Ponto ',num2str(3)));
[x3(i) y3(i)]=ginput(1);
end
```

Figure 3 - Código do Passo 1

- *Passo 2*

Guardamos os valores de posição que retirámos.

- *Passo 3*

Neste passo que nós fizemos foi ao mesmo tempo que corremos cada frame do vídeo sobrepomos no vídeo círculos vermelho, azul e preto, correspondentes ao centro de massa do ginasta, à posição da cabeça do mesmo e um ponto fixo (neste caso o canto junto ao chão da perna da cadeira).

```
acrob=VideoReader('vid2.avi');
 nframes=round(acrob.Duration*acrob.FrameRate);
salto=5;
load('matlab.mat')
for i=1:5:nframes
for j=1:5
 mov=readFrame(acrob);
end
F(i)=getframe
image(mov)
hold on
plot(x1(i),y1(i),'b.')
plot(x2(i),y2(i),'r.')
plot(x3(i),y3(i),'k.')
hold off
end
```

Figure 4 - Código do Passo 3

- *Passo 4*

Vamos determinar os coeficientes do polinómio que melhor se ajustam ao movimento do centro de massa do ginasta através de uma regressão linear.

Para chegarmos a valores de y temos de descobrir quantos metros tem um pixel, estimando a altura do homem a saltar como 1,80 m e fazendo isso corresponder a 80 pixéis temos que cada pixel tem 0,0225 metros.

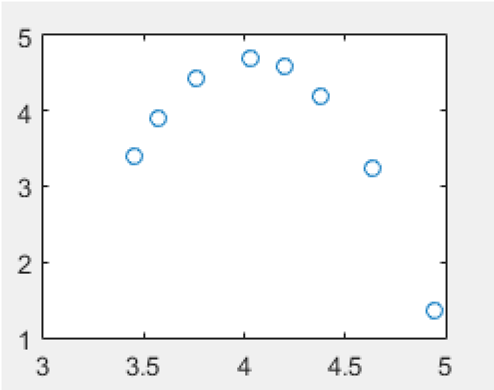

Figure 5 - Movimento do centro de massa

Convertemos os nossos vetores x e y que estão em pixéis para metros multiplicando-os por 0,0225, posteriormente calculamos com o polyfit os coeficientes da expressão quadrática obtida.

Sabemos que a expressão do movimento em y é:

$$y = y_0 + v_0 * t - \frac{1}{2} g * t^2$$

Nós obtivemos a seguinte expressão:

$$y = -59{,}3 + 31{,}8 * t - 4{,}0 * t^2$$

$$\text{Igualando } -4{,}0 = -\frac{1}{2} * g \iff g = 8{,}0\, m/s^2$$

- *Passo 5*

Podemos considerar que a velocidade de cada frame é a velocidade real com que o movimento ocorreu e que não deve ter sido abrandado ou acelerado uma vez que o valor da aceleração da gravidade obtida é próxima d do valor tabulado. Uma vez que este valor se obtém através de estimativas não podemos com exatidão descobrir com que frequência devemos reescalar o vídeo de forma a obter o vídeo com velocidade original. No entanto se assumirmos que o nosso valor de aceleração de gravidade está correto para uma velocidade do vídeo diferente do original para descobrirmos qual a velocidade real teríamos de fazer:

$$nova\ frequência = \frac{g_{experimental}}{g_{tabulado}} * frequência\ original$$

- *Passo 6*

No passo 6 procurámos utilizar splines para descobrir quais os pontos intermédios nos nossos gráficos e para tal utilizamos o comando interp1.

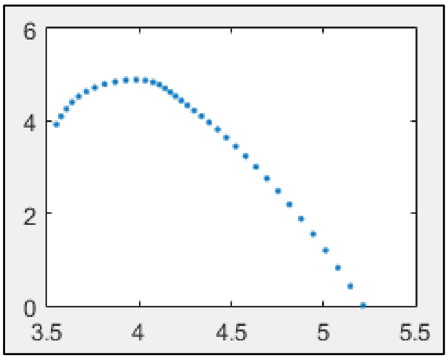

Figure 6 -Gráfico do centro de massa (sendo o ponto fixo a origem)

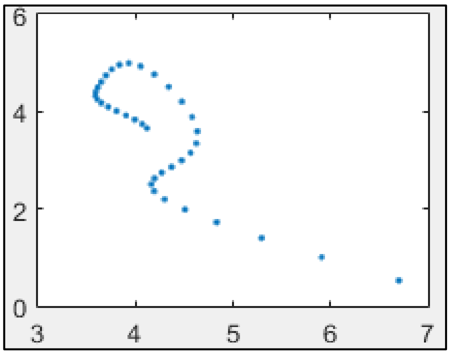

Figure 8 -Gráfico da cabeça (sendo o ponto fixo a origem)

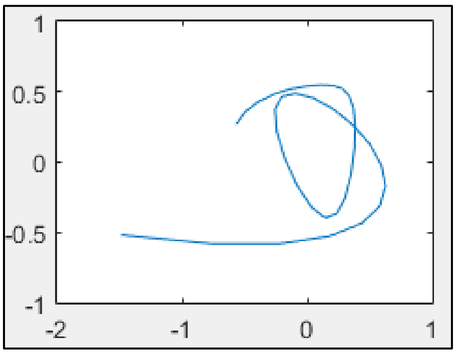

Figure 7 - Gráfico da cabeça sendo o centro de massa a origem

No gráfico 8 temos então a variação da posição do centro de massa sendo o ponto fixo a origem já depois de utilizado o spline e este gráfico assemelha-se ao lançamento de um projétil, se não existissem forças dissipativas comportar-se-ia da mesma forma.

No gráfico 7 temos a variação da posição do centro de massa sendo que o ponto fixo continua a ser a origem do referencial.

No gráfico 6 temos a variação da posição da cabeça sendo que o centro de massa é a origem do referencial e é a partir deste último que vamos conseguir resolver o passo 7.

- *Passo 7*

Para descobrir a velocidade angular precisamos de ter o ângulo e variação de tempo correspondente a esse ângulo $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$

Para descobrirmos os ângulos temos de criar um vetor que vá desde o centro de massa até à cabeça para todos os pontos e descobrir quais os ângulos que estão entre esses vetores. Sabemos que temos um novo ângulo de 5 em 5 frames o intervalo de tempo associado é 0.20 s.

O problema agora seria encontrar o ângulo, mas consegue-se facilmente fazê-lo utilizando a fórmula do produto interno e colocando o ângulo em evidência. Desta forma vamos obter um vetor com todos os ângulos entre as posições da cabeça.

Para obtermos então as velocidades angulares, uma vez que temos o ângulo e a variação de tempo é só aplicar a fórmula, o resultado disto é um vetor com todas as velocidades angulares. Depois é só selecionar a maior e descobrir qual a altura a que isso corresponde.

Outra pergunta interessante levantada no passo 7 é em que influencia o movimento das pernas na velocidade angular.

No caso do salto se desprezarmos todas as forças dissipativas que podem existir podemos descobrir dizer que o momento angular (L) se conserva, e temos também.

$$L = R^2 * m * \omega$$

Uma vez que a massa e o momento angular não variam, podemos relacionar o raio com a velocidade angular, por outras palavras quanto maior for o raio menor é a velocidade angular e vice-versa, logo podemos chegar à conclusão que a velocidade do ginasta aumenta quando as pernas estão mais juntas ao centro de massa.

- *<u>Passo 8</u>*

O GUI criado é bastante simples e fácil de perceber o esquema está divido em três partes (a introdução-Parte 1, introdução-Parte 2 e a parte de desenvolvimento relacionada com o ginasta), cada uma das partes tem um push-button associado que vai tornar possível aparecerem os gráficos de cada uma das partes.

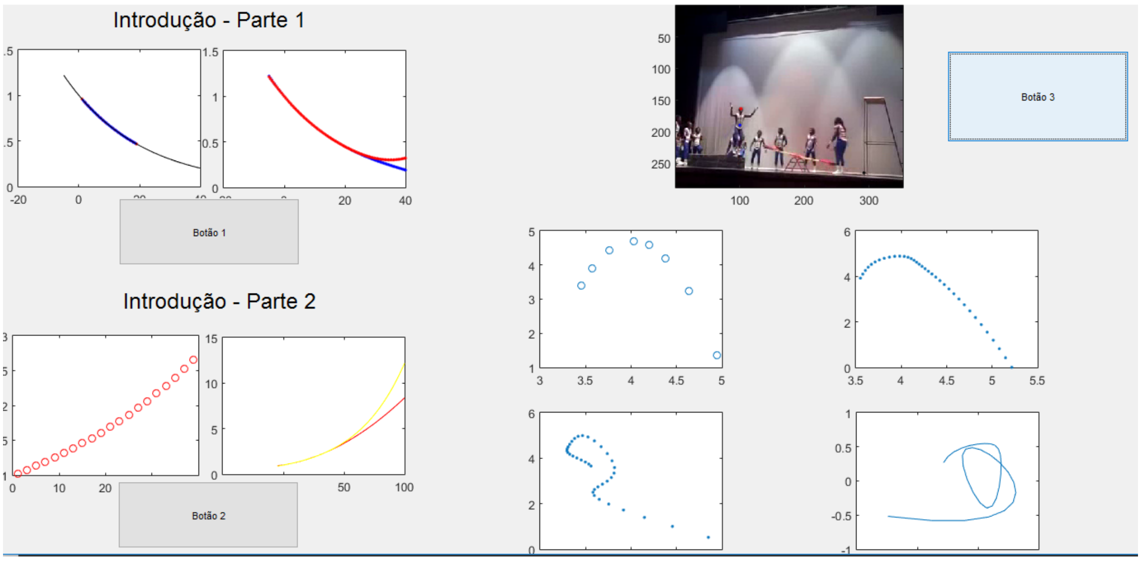

Figure 9 - GUI final com apresentação dos gráficos

Conclusão

Neste trabalho foi explorada a análise de imagem utilizando o matlab, que não é a forma mais exata de analisar imagens como se pode perceber pelo facto de termos de escolher manualmente e a olho os pontos que queríamos estudar, exploraram-se também as diferenças entre a interpolações e as regressões. Foi ainda possível entender com este trabalho a forma como a cabeça do ginasta se comporta vs o centro de massa e perceber que o movimento de um centro de massa é muito mais simplificado do que o movimento de um todo. Algo que penso que poderia ter sido também explorado no trabalho foi o facto de que a câmara para além de estar em movimento em relação ao material foi analisado como fixo na imagem, não estava a capturar o movimento perpendicularmente ao mesmo o que pode influenciar os valores das estimativas.

Bibliografia

http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/3171/texto1.pdfhttps://pt.wikipedia.org/wiki/Momento_angular

WALKER, Jearl (2016). *Fundamentos de Física* 10 ed. Rio de Janeiro: LTC. p. 305-312.

http://blogs.mathworks.com/cleve/2012/07/16/splines-and-pchips/