

Project 1 Writeup

In the beginning...

Uma imagem híbrida é a combinação do conteúdo da alta frequência com a baixa frequência de uma mesma imagem. As altas frequências são percebidas à uma distância pequena, pois essas são transmitidas por células retinianas ganglionares P, as quais possuem campos receptivos pequenos, que reagem a pequenos detalhes. Já as baixas frequências são vistas a uma maior distância, pois estimulam as células retinianas ganglionares M que possuem grandes campos receptivos, tornando-os quase incapazes de fazer discriminações finas [Sousa, Bernardino e Jr. 2010]. A Figura 1 mostra dois exemplos de imagem híbrida, quando vistas de longe a sua expressão é alterada.

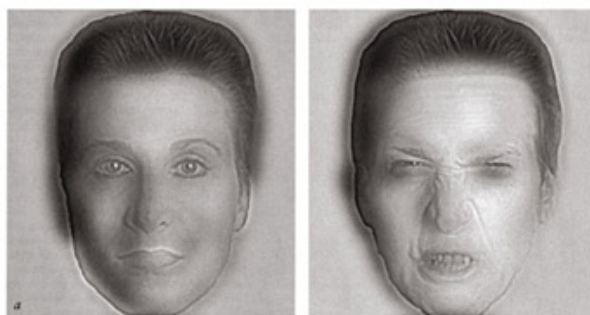


Figure 1: Exemplo de imagens híbridas. Fonte: [Sousa, Bernardino e Jr. 2010]

Existem duas formas de criar uma imagem híbrida, no domínio do espaço e uma no domínio da frequência usando a Transformada rápida de Fourier (FFT). A primeira utiliza um filtro gaussiano para obter a baixa frequência, e a subtração da imagem original com a imagem do filtro gaussiano para obter a alta frequência. Já a segunda trabalha com a luminância da imagem, e as imagens de alta e baixa frequências são obtidas sem esforço computacional necessário utilizando um método FFT, baseado na decomposição do núcleo da transformada em matrizes esparsas [SCHWARTZ e EDRINI 2003].

Para a criação da imagem híbrida, foi utilizado a linguagem Octave, nos quais as duas formas de criar essas imagens foram implementadas (com e sem a FFT). Parte do código já foi disponibilizado pronto, tal como, o filtro gaussiano e a o cálculo da FFT. Dessa forma, o primeiro passo foi de entender o funcionamento dos mesmos.

Depois de compreender o código e acrescentar o que faltava para sua conclusão, foram geradas duas imagens híbridas, a primeira de um gato (Figura 2) e cachorro (Figura 3) fornecida junto com o código fonte, e a segunda de duas teclas numéricas do notebook (8 e 9), nas quais foram tiradas e editadas no editor de imagens Gimp¹. A imagem original do teclado é demonstrada na Figura 4, já as editadas na Figura 5.

¹<https://www.gimp.org/>



Figure 2: Imagem utilizada para alta frequência

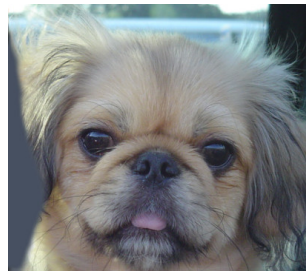


Figure 3: Imagem utilizada para baixa frequência



Figure 4: Imagem tirada do teclado numérico do notebook



(a) Imagem editada do teclado (b) Imagem editada do teclado

Figure 5: (a) Alta frequência e (b) Baixa frequência

As imagens da tecla 8 e 9 foram saturadas e preenchidas com cores preto e branco, de forma que os números pudessem ficar sobrepostos para obter o melhor resultado possível. As próximas seções irão mostrar parte das implementações e os resultados obtidos.

Interesting Implementation Detail

Na implementação da geração de imagem híbrida sem utilização da transformada rápida de Fourier, é descrito a parte modificada do arquivo `gen_hybrid_image.m`, que está descrito abaixo:

```
1 function [hybrid_image, low_frequencies, high_frequencies
2         ] = gen_hybrid_image(image1, image2, cutoff_frequency)
3 filter = fspecial('Gaussian', cutoff_frequency*4+1,
4         cutoff_frequency);
5 low_frequencies = my_imfilter(image1, filter);
6 high_frequencies = image2 - my_imfilter(image2, filter);
7
8 hybrid_image = low_frequencies + high_frequencies;
```

Na linha três é criado um filtro Gaussiano, na linha quatro é aplicado esse filtro, e consequentemente é obtido a imagem somente com as baixas frequências. Já na linha seis são adquiridas as altas frequências por meio da subtração da imagem dois original pela imagem dois após a aplicação do filtro que foi criado na linha quatro. Por fim, na linha oito é feito a criação da imagem híbrida com a junção da imagem de baixa frequência com a imagem de alta frequência.

Já na geração da imagem híbrida usando a FFT, são evidenciados alguns detalhes de como as baixas e altas frequências da imagem foram obtidas, no qual está implementado no arquivo `gen_hybrid_image_fft.m`. A seguir está descrito parte do código para obter apenas a baixa frequência.

```
1 % Cria um padding
2 b = padarray(image1, size(image1), "zeros", "post");
3
4 % Converte para double
5 c = im2double(b(:, :, 1:3));
6
7 %Faz o padding da imagem
8 d = fft2(c);
9
10 %Centraliza a transformada de fourier
11 d = fftshift(d);
12
13 % Pega as dimensoes da vaariavel c
14 [n m o] = size(c);
15
16 % Faz uma matriz de zeros com as dimensoes de n e m
17 h = zeros([n, m]);
18
```

```
19 %Construindo o filtro passa-baixa
20 for i = 1:n
21     for j = 1:m
22         h(i, j) = H(i, j, size(c), cutoff_frequency);
23     end
24 end
25
26 % Multiplicando a matriz de transformada de Fourier pelo
    filtro
27 g = d.*h;
28
29 % Descentralizando a matriz
30 g = ifftshift(g);
31
32 % Aplicando a transformada inversa rapida
33 at = ifft2(g);
34
35 % Tira os valores negativos de at
36 at = abs(at);
37
38 % Pega as dimensoes da imagem 1
39 [x y o] = size(image1);
40
41 % Extrai da regioao X e Y
42 atc = at(1:x, 1:y, :);
43
44 % Atribuindo a imagem final
45 low_frequencies = atc;
```

A transformada de Fourier é criada nas linhas 8, 9, 10 e nos laços da linha 14, 15 e 16 é criado o filtro para a baixa frequência. O objetivo é centralizar a transformada de forma que seu centro fique branco e o resto preto. A transformada e o filtro são multiplicados na linha 20. Os valores negativos da transformada são tirados na linha 27, e extraída a região X e Y da imagem na linha 32. Por fim, a baixa frequência, na linha 34, será a região X e Y, que irá gerar uma imagem borrada.

Para a alta frequência a mesma ideia é seguida, gerar a transformada e criar o filtro baixa frequência. Porém, esse filtro deve ser invertido para que seu resultado seja de alta frequência. A seguir está descrito parte do código pra a obtenção da alta frequência da imagem.

```
1 % Cria um padding
2 b = padarray(image2, size(image2), "zeros", "post");
3
4 % Converte para double
5 c = im2double(b(:, :, 1:3));
6
```

```
7  %Faz o padding da imagem
8  d = fft2(c);
9
10 %Centraliza a transformada de fourier
11 d = fftshift(d);
12
13 % Pega as dimensoes da vaariavel c
14 [n m o] = size(c);
15
16 % Faz uma matriz de zeros com as dimensoes de n e m
17 h = zeros([n, m]);
18
19 %Construindo o filtro passa-alta
20 for i = 1:n
21     for j = 1:m
22         h(i, j) = H(i, j, size(c), cutoff_frequency);
23     end
24 end
25
26 % Inverter a transformada
27 invert = ones(size(im2uint8(h)));
28 h = invert .- h;
29
30 % Multiplicando a matriz de transformada de Fourier pelo
    filtro
31 g = d.*h;
32
33 % Descentralizando a matriz
34 g = ifftshift(g);
35
36 % Aplicando a transformada inversa rapida
37 at = ifft2(g);
38
39 % Pega as dimensoes da imagem 2
40 [x y o] = size(image2);
41
42 % Extrai da regioao X e Y
43 atc = at(1:x,1:y, :);
44
45 % Atribuindo a imagem final
46 high_frequencies = atc;
```

As linhas 20 e 21 são as que diferem do código da alta para baixa frequência. Ao criar uma matriz contendo apenas valores 1 e a subtrair pelo filtro obtido, irá criar o filtro de alta frequência, na qual o seu centro irá possuir valores em zero e o resto valores em um. Por fim, para obter a imagem híbrida, basta fazer o módulo da soma da imagem de baixa

com alta frequência, como descrito a seguir:

```

1 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
2 % Combine the high frequencies and low frequencies
3 %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
4 hybrid_image = abs(low_frequencies + high_frequencies);

```

A Result

Os resultados obtidos na criação da imagem híbrida do gato e cachorro, tanto no domínio do espaço (sem FFT) como no da frequência, foram os esperados. As altas frequências obtidas são demonstradas na Figura 6, já as baixas frequências na Figura 7, por fim a imagem híbrida está demonstrada nas Fgura 8, 9 e 10.

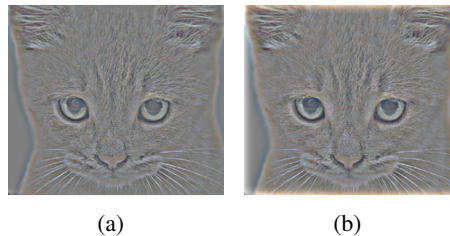


Figure 6: (a) Alta frequência gerada pelo domínio do espaço (b) Alta frequência gerada pela FFT

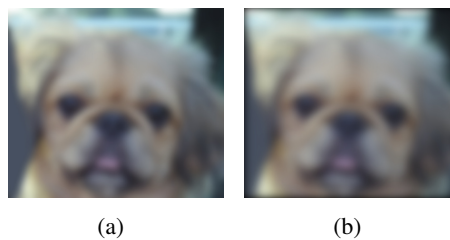


Figure 7: (a) Baixa frequência gerada pelo domínio do espaço (b) Baixa frequência gerada pela FFT



Figure 8: (a) Imagem híbrida final obtida sem FFT (b) Imagem híbrida final obtida com FFT



Figure 9: Escalas das imagens híbridas obtidas sem FFT



Figure 10: Escalas das imagens híbridas obtidas pela FFT

Já os resultados obtidos na criação da imagem híbrida dos números oito e nove, tanto no domínio do espaço (sem FFT) como no da frequência, foram razoavelmente bons. As altas frequências obtidas são demonstradas na Figura 11, já as baixas frequências na Figura 12, por fim a imagem híbrida está demonstrada nas Figura 13, 14 e 15.

Para obter a imagem final dos números utilizando a transformada de Fourier, foi necessário realizar uma alteração no código, pois tais imagens estão na escala cinza e apresentam uma dimensão menor. Para isso, tirou-se `(:, :, 1:3)` das linhas 4 do código `gen_hybrid_image_fft` da baixa e alta frequência descrito na linha anterior.



Figure 11: (a) Alta frequência gerada pelo domínio do espaço (b) Alta frequência gerada pela FFT

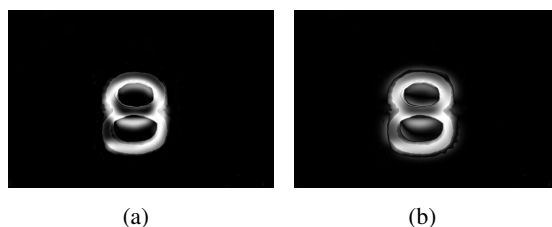


Figure 13: (a) Imagem híbrida final obtida sem FFT (b) Imagem híbrida final obtida com FFT

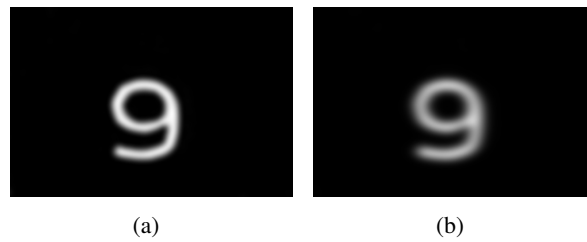


Figure 12: (a) Baixa frequência gerada pelo domínio do espaço (b) Baixa frequência gerada pela FFT

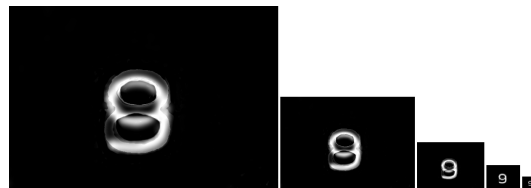


Figure 14: Escalas das imagens híbridas obtidas sem FFT



Figure 15: Escalas das imagens híbridas obtidas com FFT

References

- [SCHWARTZ e EDRINI 2003] SCHWARTZ, W. R.; EDRINI, H. P. Aspectos teóricos das transformadas de imagens. In: . [S.l.: s.n.], 2003. p. 1–8.
- [Sousa, Bernardino e Jr. 2010] SOUSA, B. M. de; BERNARDINO, L. G.; JR., R. de M. *Ilusões de imagens híbridas*. 2010. <http://www.blogpercepto.com/2010/11/ilusoes-de-imagens-hibridas.html>. Acessado em 03-04-2018.