

Segmentação de Contornos de Peixes para Caracterização Morfométrica

Anderson M. P. Paiva¹, Alexandre C. P. Pessoa¹, Anselmo C. de Paiva¹,
Audalio R. Torres Junior², Raimunda N. F. Carvalho Neta³

¹Núcleo de Computação Aplicada - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Caixa Postal 65080-805 - São Luís - MA - Brasil

²Departamento de Oceanografia - Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
São Luís - MA - Brasil

³Departamento de Química e Biologia - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)
São Luís - MA - Brasil

{andymattpp, alexandre.pessoa0707, anselmo.c.paiva}@gmail.com

{audalio.torres, raifortes}@gmail.com

Abstract. *This work proposes a methodology for automatic segmentation of fish outlines in order to assist specialists in the morphometric characterization of certain species. For this, we used thresholding and edge detection techniques, especially the Canny algorithm. For the validation of the results, the Hausdorff distance was calculated.*

Resumo. *Este trabalho propõe uma metodologia para a segmentação automática de contornos de peixes com o intuito de auxiliar especialistas na caracterização morfométrica de determinadas espécies. Para isso, foram utilizadas técnicas de limiarização e de detecção de bordas, em especial o algoritmo de Canny. Para a validação dos resultados, foi realizado o cálculo da distância de Hausdorff.*

1. Introdução

A ictiofauna brasileira abriga espécies de peixes de grande importância comercial. Desta forma, é necessário ampliar o estudo dessas espécies visando conhecer informações como mortalidade, crescimento e maturação sexual para possíveis medidas de conservação da biodiversidade costeira e marinha e, portanto, contribuir com o gerenciamento e regulamentação da produção pesqueira [Araújo et al. 2011].

A morfometria é o estudo da forma e sua relação com o tamanho [Peres-Neto 1995]. A análise das variáveis morfométricas da composição ictiofaunística de uma área fornece importantes subsídios ao dimensionamento dos estoques e à administração dos recursos [de Jesus Sousa and de Castro 2003].

Assim, visando a caracterização morfométrica de peixes com foco em detectar variações em sua forma corporal, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma técnica utilizando conceitos de processamento digital de imagens para a extração automática de contornos de peixes, com o uso do algoritmo de Canny para a segmentação de bordas e da distância de Hausdorff para a avaliação dos resultados.

2. Fundamentação teórica

2.1. Segmentação por limiarização (*thresholding*)

A limiarização pode ser descrita como uma técnica de processamento de imagens na qual uma imagem de entrada $f(x, y)$ de N níveis de cinza produz à saída uma imagem $g(x, y)$, chamada de imagem limiarizada, cujo o número de níveis de cinza é menor que N [Neves et al. 2008].

De forma simplificada, seja T o valor do limiar. Para cada pixel $f(x, y)$ da imagem de entrada, temos que:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{se } f(x, y) \geq T \\ 0, & \text{se } f(x, y) < T \end{cases} \quad (1)$$

Aqui, $g(x, y)$ representa os pixels da imagem limiarizada, que nesse caso está descrita em dois níveis: preto (0) e branco (1). Nesse caso, a limiarização é conhecida como binarização.

2.2. Segmentação por detecção de bordas e o algoritmo de Canny

Os métodos de segmentação baseados na detecção de bordas envolvem basicamente a localização de regiões da imagem onde a variação dos tons de cinza ocorre de maneira relativamente abrupta. A partir delas, são formados os contornos, ou bordas, dos objetos contidos na imagem [Santos 2002].

O detector de bordas desenvolvido por Canny [Canny 1986] é considerado o método padrão utilizado por muitos pesquisadores [Silva 2000]. A técnica proposta por Canny consiste nas seguintes etapas:

- Inicialmente, é aplicado um filtro gaussiano na imagem para suavizá-la;
- Após isso, a direção da borda é estimada a partir do gradiente da imagem [Canny 1983];
- Utiliza-se então a técnica de *Non-Maximum Supression* para remover pixels que não devem ser considerados como parte da borda;
- Finalmente, é utilizada uma técnica chamada de *Hysteresis Thresholding*. Nesta etapa são aplicados dois limiares sobre a imagem, t_1 e t_2 , onde $t_1 > t_2$, para separar as bordas reais das bordas falsas e refinar o processo de segmentação. Pixels com a magnitude do gradiente acima de t_1 são classificados definitivamente como bordas; pixels entre t_1 e t_2 são classificados como potenciais bordas; e pixels abaixo de t_2 são classificados como bordas falsas [Luo and Duraiswami 2008].

2.3. Distância de Hausdorff

A distância de Hausdorff pode ser usada para determinar o grau de semelhança entre dois objetos que se sobrepõem um ao outro [Huttenlocher et al. 1993], e é definida por:

$$H(A, B) = \max(h(A, B), h(B, A)), \text{ onde } h(A, B) = \max_{a \in A} \min_{b \in B} |a - b| \quad (2)$$

Em resumo, dados dois conjuntos A e B , calcula-se a distância (nesse caso, euclidiana) de cada ponto $a \in A$ para todo ponto $b \in B$. Das distâncias encontradas para a , é escolhida a mínima, e de todas as distâncias mínimas encontradas no conjunto A , é escolhida a máxima. Esse processo é realizado novamente, mas dessa vez calculando a distância de cada ponto em B para todo ponto em A . Ao final, dos dois valores máximos $h(A, B)$ e $h(B, A)$ encontrados, o maior é o resultado da função de Hausdorff.

3. Metodologia

A base de dados utilizada foi obtida com pesquisadores locais da área de Oceanografia e é formada por 29 imagens de peixes, com resolução de 5184 x 3888 pixels, onde 5 delas contêm o fundo azul e o restante possui o fundo verde. Para a aquisição dessas imagens, os peixes foram pescados e então colocados sobre uma chapa, e as fotos foram capturadas em um ambiente controlado com uma câmera digital da marca Sony, modelo DSC-HX300. Além do peixe e do fundo, em cada imagem há a presença de uma régua e de uma numeração.

Para extrair o contorno do peixe, foram realizadas essencialmente duas etapas: a separação dos objetos do fundo da imagem utilizando limiarização e a segmentação das bordas da imagem.

3.1. Subtração do fundo por limiarização

Notou-se que o fundo das imagens apresenta maior saturação que os outros objetos presentes nela, em especial o peixe, que apresenta tonalidades mais próximas de níveis de cinza. Portanto, converteu-se o espaço de cor de cada imagem, originalmente em RGB, para o espaço HSV.

No modelo HSV, a imagem é representada de forma mais próxima à percepção visual humana, utilizando três componentes: matiz (H), saturação (S) e valor ou brilho (V). A matiz representa a cor da imagem. Já a saturação e o valor estão relacionados, respectivamente, à pureza e ao brilho da cor.

Para realizar a conversão, é necessário normalizar os canais R, G e B, ou seja, mapear os seus valores ao intervalo entre 0 e 1. Em seguida, encontramos os valores máximos e mínimos de cada canal e, por fim, calculamos os valores de saturação da imagem, que são dados por:

$$S = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (3)$$

Assim, foram obtidas imagens apenas com o canal da saturação. Um exemplo é mostrado na Figura 1. A partir desse resultado, foi aplicada a operação de *thresholding* para binarizar as imagens, utilizando um limiar $T = 165$, que obteve o melhor resultado ao segmentar os objetos do fundo da imagem. Já que o peixe apresenta menor saturação que o fundo, o resultado da binarização apresentou o fundo branco e o peixe preto, e para um processamento correto inverteram-se as cores das imagens, como é mostrado na Figura 2.



Figura 1. Representação da imagem com os três canais e apenas com o canal S

3.2. Segmentação das bordas e extração do contorno

Com as imagens binarizadas, aplicou-se o algoritmo de Canny para a segmentação das bordas da imagem. Para isso, alguns parâmetros foram definidos:

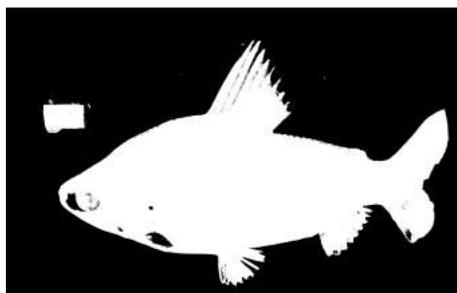


Figura 2. Exemplo de imagem binarizada

- O tamanho do kernel utilizado para o filtro gaussiano foi 3x3;
- O operador gradiente utilizado foi o de Sobel [Jin-Yu et al. 2009];
- Os limiares utilizados para a técnica de *Hysteresis Thresholding* foram $t1 = 200$ e $t2 = 10$.

Após isso, utilizou-se o algoritmo de [Suzuki et al. 1985] para encontrar os contornos nas imagens. Porém, como mencionado previamente, há a presença de outros elementos na imagem além do peixe, e o algoritmo, portanto, retornou mais de um contorno. Esse problema foi resolvido utilizando o teorema de Green [Yang and Albrechtsen 1996] para o cálculo da área dos objetos com base no contorno; assim, como o peixe ocupa predominantemente as imagens, o contorno de maior área foi selecionado.

4. Resultados e Discussão

Na Figura 3 é mostrado o resultado, à esquerda, da segmentação automática do contorno de uma imagem seguindo a metodologia descrita anteriormente e, à direita, da segmentação manual do contorno de uma amostra que foi realizada para comparação de resultados. A seguir, na Figura 4, é ilustrado o resultado da segmentação automática em relação à imagem original.

Para a validação da metodologia proposta, foi utilizada a função de distância de Hausdorff para o cálculo da distância entre os contornos obtidos na segmentação automática e na segmentação manual. Assim, os dois conjuntos utilizados no cálculo da distância correspondem aos contornos automático e manual, e os pontos de cada conjunto correspondem aos pixels que formam cada contorno. Para avaliar os resultados, considerou-se a maior distância possível entre dois conjuntos de pontos nas imagens, e dividiu-se o resultado encontrado pela distância de Hausdorff por essa distância máxima, com o objetivo de normalizar os valores. Por fim, subtraiu-se o valor normalizado de 1 para encontrar a porcentagem de semelhança dos contornos.



Figura 3. Resultado das segmentações automática e manual para uma amostra



Figura 4. Contorno automático na imagem original

Dessa forma, foi encontrado um valor médio de 3,05% de diferença entre os contornos automáticos e manuais, com desvio padrão de 0,86%, o que nos retorna uma semelhança de 96,95%. Os resultados obtidos indicam que a metodologia empregada foi eficiente, já que o grau de semelhança se mostrou bem alto.

5. Conclusão

Neste trabalho foi apresentada uma metodologia automatizada para a extração de contornos com o propósito de caracterizar a forma de peixes. A distância média e o erro padrão encontrados a partir da função de Hausdorff indicam que os resultados obtidos com a segmentação automática foram bastante satisfatórios.

Para trabalhos futuros, estão previstos testes com um maior número de imagens e possivelmente o uso de uma metodologia mais refinada. Além disso, pretende-se explorar a informação da régua nas imagens para uma melhor análise morfométrica sobre os peixes. Ainda, a metodologia presente neste artigo é direcionada apenas para imagens 2D, e serão adotadas novas metodologias com o objetivo de caracterizar a forma dos peixes em 3D. Finalmente, os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA) pelo apoio financeiro concedido.

Referências

- Araújo, A. S., Oliveira, M. R., Campos, C. E. C., Yamamoto, M. E., and Chellappa, S. (2011). Características morfométricas-merísticas, peso-comprimento e maturação gonadal do peixe voador, *hirundichthys affinis* (günther, 1866). *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, 1(2):29–35.
- Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (6):679–698.
- Canny, J. F. (1983). Finding edges and lines in images. Technical report, DTIC Document.
- de Jesus Sousa, M. R. and de Castro, C. L. (2003). Caracterização morfométrica e biológica de 03 (três) espécies de peixes co-letados na área de influência da alumar.
- Huttenlocher, D. P., Klanderma, G. A., and Rucklidge, W. J. (1993). Comparing images using the hausdorff distance. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 15(9):850–863.
- Jin-Yu, Z., Yan, C., and Xian-Xiang, H. (2009). Edge detection of images based on improved sobel operator and genetic algorithms. In *Image Analysis and Signal Processing, 2009. IASP 2009. International Conference on*, pages 31–35. IEEE.
- Luo, Y. and Duraiswami, R. (2008). Canny edge detection on nvidia cuda. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2008. CVPRW'08. IEEE Computer Society Conference on*, pages 1–8. IEEE.
- Neves, S. C. M., Pelaes, E. G., and de Sinais, L. d. P. (2008). Estudo e implementação de técnicas de segmentação de imagens. *Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA-Universidade Federal do Pará-Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação*, 1(2).
- Peres-Neto, P. (1995). Introdução a análises morfométricas. *Oecologia Brasiliensis*, 2(1):3.
- Santos, V. T. (2002). *Segmentação de imagens mamográficas para detecção de nódulos em mamas densas*. PhD thesis, Universidade De São Paulo.
- Silva, L. (2000). *Segmentação de imagens de profundidade por detecção de bordas*. PhD thesis, Programa de Pós-Graduação em Informática. Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.
- Suzuki, S. et al. (1985). Topological structural analysis of digitized binary images by border following. *Computer vision, graphics, and image processing*, 30(1):32–46.
- Yang, L. and Albrechtsen, F. (1996). Fast and exact computation of cartesian geometric moments using discrete green's theorem. *Pattern Recognition*, 29(7):1061–1073.