

Realce de Imagens TCFC do Tipo DICOM Usando o Software MATLAB

Tafnes Silva Barbosa, Mônica Mitiko Soares Matsumoto, Rubens Spin-Neto e Renato Machado

Resumo— Este artigo apresenta a implementação de alguns filtros comumente utilizados na análise de imagens de tomografia computadorizada (TC) do padrão DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine). Para este estudo, foram consideradas imagens em tons de cinza de TC de feixe cônico de mandíbula facial. Para fins de análise, compara-se o desempenho de alguns filtros implementados em MATLAB com filtros já existentes no pacote FIJI utilizado no software IMAGEJ.

Palavras-Chave— Filtro gaussiano, filtro de mínimo, filtro de Sobel, CBCT, bioengenharia.

Abstract— This article presents the implementation of some filters commonly used in the analysis of DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) computed tomography (CT) images. For this study, the grayscale cone-beam CT mandible images were considered. For analysis purposes, the performance of some filters implemented in MATLAB is compared with filters already existing in the FIJI package used in the IMAGEJ software.

Keywords— Gaussian filter, minimum filter, Sobel filter, CBCT, bioengineering.

I. INTRODUÇÃO

A engenharia tem buscado se aproximar da medicina para aumentar o conhecimento sobre o organismo humano. O processamento de imagens médicas é uma das áreas da engenharia que tem contribuído para aperfeiçoar o diagnóstico de doenças e no entendimento do funcionamento de diferentes tecidos e órgãos do ser humano.

Este artigo apresenta um estudo preliminar que busca criar ferramentas de realce e restauração de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) do tipo DICOM.

Como referência para nossos estudos, consideramos o pacote FIJI utilizado no software IMAGEJ, comumente utilizado pela comunidade médica para fins científicos. O software IMAGEJ foi desenvolvido para ser utilizado pela comunidade médica, tendo uma interface amigável que permite se aplicar várias funções do tipo “caixa-preta”.

Com o propósito de criar um ambiente de programação amigável aos estudantes de engenharia, esse trabalho tem como objetivo final o desenvolvimento de um *framework* em MATLAB para o desenvolvimento e análise de técnicas de realce e restauração de imagens do tipo DICOM.

Os filtros implementados e avaliados foram: filtro de média, filtro gaussiano, filtro de mediana, filtro de moda*, filtro de máximo, filtro de mínimo e filtro de Sobel*.¹ Os resultados

Tafnes Silva Barbosa, Mônica Mitiko Soares Matsumoto e Renato Machado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos-SP, e-mails: tafnes@ita.br, matsumoto@ita.br e rmachado@ita.br. Rubens Spin-Neto, Department of Dentistry and Oral Health, Section of Oral Radiology, Aarhus University, Denmark, e-mail: rsn@dent.au.dk.

¹* não estão disponíveis no pacote FIJI.

obtidos de 3 filtros implementados no MATLAB são comparados com aqueles disponíveis no pacote FIJI.

II. BASE TEÓRICA E IMPLEMENTAÇÃO

Os filtros foram implementados no MATLAB, utilizando nenhuma função pronta (disponível nos *toolboxes*) de filtros de imagens, de forma que os códigos podem ser facilmente traduzidos para outras linguagens.

A. Filtro gaussiano

O filtro gaussiano tem como parâmetros de entrada a imagem original e o desvio padrão. O filtro é implementado por uma matriz (máscara) A cujos elementos são obtidos da seguinte forma:

$$a_{i,j} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp \left\{ -\frac{(i - N - 1)^2 + (j - N - 1)^2}{2\sigma^2} \right\}, \quad (1)$$

em que σ é o desvio padrão, N está relacionado com o tamanho da máscara a ser aplicada² e i, j são os índices das linhas e colunas da matriz [1].

Nesse filtro, N não é um parâmetro de entrada, ele é obtido em função do desvio padrão fornecido, de tal forma que o menor elemento da matriz A é o único menor que $\frac{1}{512}$. Essa aproximação é realizada para uma imagem de 8 bits, onde o maior bit pode valer 255, pois não há necessidade de valores muito pequenos na máscara.

A matriz A foi normalizada, através de uma aproximação linear, para que a soma de seus elementos se tornasse igual a 1. Por exemplo, para um desvio padrão $\sigma = 0.8$, obtém-se $N = 2$ e a matriz normalizada, A_n , é dada por:

$$A_n = \begin{pmatrix} 0.0006 & 0.0051 & 0.0110 & 0.0051 & 0.0006 \\ 0.0051 & 0.0522 & 0.1139 & 0.0522 & 0.0051 \\ 0.0110 & 0.1139 & 0.2487 & 0.1139 & 0.0110 \\ 0.0051 & 0.0522 & 0.1139 & 0.0522 & 0.0051 \\ 0.0006 & 0.0051 & 0.0110 & 0.0051 & 0.0006 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Por fim, realiza-se a correlação entre a matriz A normalizada e a imagem pixel a pixel.

B. Filtro de mínimo

O filtro de mínimo tem como parâmetros de entrada a imagem original e o valor N para definir o tamanho da máscara a ser aplicada. Esse filtro escolhe o menor valor dentro da máscara e o coloca no pixel ao qual a máscara está sendo aplicada. A equação (3) mostra uma matriz 3×3 representando a imagem e a imagem que teve uma máscara 3×3 aplicada ao pixel central.

$$Im = \begin{bmatrix} 100 & 20 & 35 \\ 80 & 240 & 70 \\ 150 & 25 & 250 \end{bmatrix}, \quad Im_{min} = \begin{bmatrix} 100 & 20 & 35 \\ 80 & \mathbf{20} & 70 \\ 150 & 25 & 250 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

²Para um dado N , a máscara tem dimensões $(2N + 1) \times (2N + 1)$.

C. Filtro de Sobel

O filtro de Sobel tem como parâmetros de entrada a imagem original e um caractere indicando que tipo de filtro de Sobel vai ser aplicado: horizontal, vertical ou magnitude.

As máscaras utilizadas nos filtros de Sobel horizontal e vertical são dadas por

$$A_h = A_v^T = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

A imagem magnitude resultante da aplicação do Filtro de Sobel é dado por

$$Im_m = \begin{pmatrix} Im_m(1,1) & \cdots & Im_m(1,2N+1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Im_m(2N+1,1) & \cdots & Im_m(2N+1,2N+1) \end{pmatrix} \quad (5)$$

e

$$Im_m(i,j) = \sqrt{(Im_h(i,j))^2 + (Im_v(i,j))^2}, \quad (6)$$

em que Im_h e Im_v são as imagens resultantes da aplicação dos filtros de Sobel horizontal e vertical, respectivamente.

III. DADOS UTILIZADOS E RESULTADOS

Os filtros implementados foram aplicados em imagens de tomografia facial computadorizada de feixe cônico. A imagem TCFC utilizada nesse artigo foi obtida por uma unidade Cranex 3Dx durante um experimento realizado por Spin-Neto et. al., de forma semelhante como descrito em [2], [3]. A Figura 1 mostra um *slice* de uma imagem TCFC de parte de uma mandíbula. A imagem utilizada nesse experimento foi cedida ao Laboratório de Bioengenharia, ITA, para fins de pesquisa, pelo *Department of Dentistry and Oral Health, Aarhus University, Denmark*.

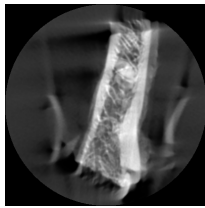


Fig. 1: Imagem de um *slice* de TCFC de parte de uma mandíbula.

A. Filtro gaussiano

O filtro gaussiano implementado no MATLAB e o disponível no pacote FIJI foram aplicados à imagem original para um desvio padrão $\sigma = 2$. Os resultados estão apresentados nas Figuras 2a e 2b, respectivamente.

B. Filtro de mínimo

O filtro de mínimo implementado no MATLAB e o mesmo filtro já existente no programam FIJI foram aplicados à imagem original para uma máscara 3×3 . Os resultados estão nas Figuras 2c e 2d, respectivamente.

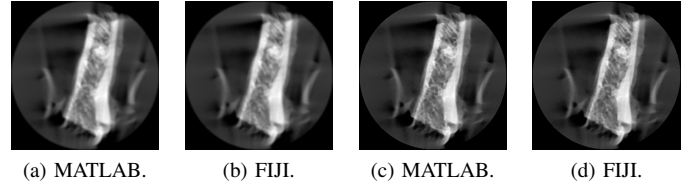


Fig. 2: Resultados da aplicação do filtro gaussiano com $\sigma = 2$ em (a) e (b); e do filtro de mínimo 3×3 em (c) e (d).

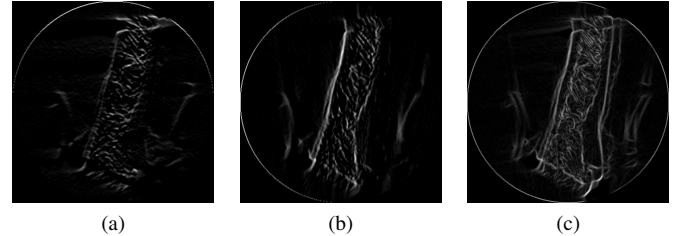


Fig. 3: Resultados da aplicação dos filtros de Sobel horizontal, vertical e magnitude em (a), (b) e (c), respectivamente.

C. Filtro de Sobel

O filtro de Sobel implementado no MATLAB foi aplicado, nas suas três formas, à imagem original. Os resultados estão nas Figuras 3a, 3b e 3c.

IV. CONCLUSÕES

Os resultados preliminares dos filtros implementados em MATLAB se mostram satisfatórios, quando comparados com os obtidos através do pacote FIJI no software IMAGEJ. Espera-se que, ao final deste trabalho de iniciação científica, várias ferramentas utilizadas em imagens do tipo DICOM estejam disponíveis em MATLAB para que alunos de Engenharia com interesse na área de processamento de imagens médicas tenham acesso a um *framework* de trabalho amigável, o qual está disponível ao público acadêmico para o propósito de pesquisa, permitindo ao usuário total controle sobre as técnicas empregadas. Espera-se que o *framework* desenvolvido seja útil para pesquisas na área de processamento de imagens TC do tipo DICOM.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio institucional do Laboratório de Bioengenharia, Instituto Tecnológico de Aeronáutica e ao Department of Dentistry and Oral Health, Section of Oral Radiology, Aarhus University, Denmark, por conceder o uso das imagens utilizadas nesse projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Ossman, K. A. K. "Introduction to Digital Signal Processing: Theory and Applications Using MATLAB," Department of Engineering Education University of Cincinnati. (2017).
- [2] Spin-Neto, R., Spin-Neto, R., Matzen, L. H., Schropp, L. W., Sørensen, T. S., and Wenzel, A. "An ex vivo study of automated motion artefact correction and the impact on cone beam CT image quality and interpretability." *Dentomaxillofacial Radiology* 47.5 (2018): 20180013.
- [3] Santaella, G. M., Wenzel, A., Haite-Neto, F., Rosalen, P. L., Spin-Neto R. "Impact of movement and motion-artefact correction on image quality and interpretability in CBCT units with aligned and lateral-offset detectors." *Dentomaxillofacial Radiology* 49.1 (2020): 20190240.