

III Encontro do PGMAT, 30 e 31 de janeiro de 2025

Uso de filtros passa-baixas e passa-altas para estudo de imagens de microscopia biológica

Pôster

Eloísa Maria Amador Souza*; **Giovana Martins Coelho***; **Maria Clara Macêdo Lelis***; **Rafaela Beatriz Silva Luz***; **Vinícius Francisco Wasques**
(orientador)

Ilum - Escola de Ciência - CNPEM; *apresentarão juntas

O presente estudo explora a aplicação de filtros lineares no fluxo de pré-processamento de imagens de microscopia biológica. Essas ferramentas matemáticas realizam convoluções 2D nas matrizes das imagens. Os filtros passa-baixas, como o gaussiano e o de média, suavizam a imagem e reduzem o ruído, sem comprometer as estruturas de interesse; por sua vez, os passa-altas, como o unsharp e o de Sobel, realçam o aspecto geral preservado pelos passa-baixa que os antecedem. A implementação desse processo em Python permitiu uma aplicação em imagens que demonstrou sua eficácia na análise quantitativa de células. A simplicidade de seus fundamentos aliada à sua relevância prática fazem dos filtros lineares recursos interessantes para a análise de imagens biológicas em softwares de segmentação de células e núcleos.

Os filtros lineares realizam convoluções entre duas matrizes, sendo que a matriz imagem tem o valor de cada pixel alterado para a soma da multiplicação entre os elementos de uma matriz filtro (kernel) pelos elementos sobrepostos da própria imagem e essa operação se repete para cada pixel.

O filtro da média possui apenas o mesmo valor em toda sua extensão, e o único parâmetro são as dimensões do kernel, sendo que kernels maiores produzem uma suavização mais intensa.

O filtro gaussiano utiliza um kernel de valores definidos por uma função gaussiana. A influência de cada vizinho no valor final de um pixel é proporcional à sua proximidade do centro: quanto mais próximo, maior sua contribuição. A fórmula matemática que define a função gaussiana é conforme abaixo. Os seus parâmetros são as dimensões do kernel e σ , o desvio padrão. Quanto maior o σ , mais intensa é a suavização da imagem.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2})}$$

O filtro Sobel é utilizado para identificar bordas em imagens, calculando uma aproximação do gradiente de intensidade dos pixels. Mudanças bruscas na intensidade dos pixels indicam as bordas da imagem, permitindo a delimitação e identificação de suas delimitações e estruturas principais.

O filtro unsharp é projetado para realçar os detalhes de uma imagem. Inicialmente, imagem suavizada é subtraída da imagem original, resultando em uma imagem que contém apenas os componentes de alta frequência, ou seja, os detalhes. Por fim, as altas frequências são amplificadas através da soma dessa imagem à original, criando uma nova imagem com maior riqueza em detalhes. A fórmula que descreve esse processo é conforme abaixo, onde $f(x, y)$ representa a imagem original, $g(x, y)$ a imagem de alta frequência, e k é o fator de amplificação que controla o nível de contraste e realce dos detalhes.

$$g(x, y) = f(x, y) - f_{suavizada}(x, y)$$

$$f_{realada}(x, y) = f(x, y) + k \cdot g(x, y)$$

Os filtros gaussiano, de média, de Sobel e Unsharp foram implementados em um Jupyter Notebook com linguagem Python e aplicados a algumas imagens de células obtidas por microscopia. Inicialmente, as imagens em Mapa de Pixels Portátil (formato PPM) foram traduzidas em array do Numpy. Posteriormente, utilizou-se a função `convolve2D` do `scipy.signal` para implementar os kernels dos filtros. Ao final, as imagens filtradas foram comparadas com as originais, especialmente após a passagem consecutiva por passa-baixas e passa-altas.



Figura 1: Células de tecido epitelial vistas em microscópio, observa-se a imagem original e com a aplicação do filtro da média e gaussiano, respectivamente. Fonte da imagem original: <https://abrir.link/DRhqU>.

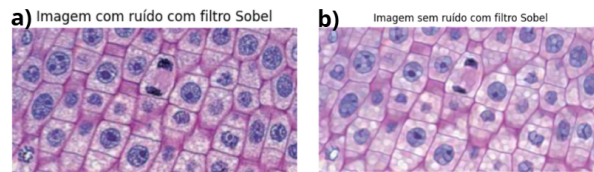


Figura 2: Células de tecido epitelial vistas em microscópio com aplicação do filtro Sobel. Em a) a imagem possui ruídos, em b) a imagem foi previamente filtrada por filtro gaussiano para remoção de ruídos, ambas com o filtro Sobel. Fonte da imagem: autoria própria

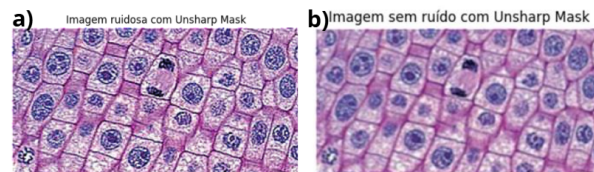


Figura 3: Células de tecido epitelial vistas em microscópio com aplicação do filtro unsharp. Em a), observa-se a imagem com ruído e com o filtro unsharp. Em b), observa-se aplicação do filtro unsharp em imagem previamente tratada com filtro gaussiano. Fonte da imagem: autoria própria

Percebeu-se que o desfoque gaussiano foi, conforme o esperado, menor que o médio (Figura 1). Ademais, foi perceptível a aplicabilidade do filtro gaussiano na etapa de pré-processamento de imagens de microscopia biológica. Isso pode ser observado ao comparar o resultado após a aplicação dos filtros Sobel e Unsharp em imagens com e sem filtragem gaussiana do ruído (Figuras 2 e 3). Observando ainda o desempenho dos filtros passa-altas de Sobel e unsharp nessas imagens, é visível a maior sensibilidade a ruídos do filtro unsharp, que prejudica o realce desejado apenas para detalhes importantes e a tendência do filtro de Sobel a identificar os contornos presentes.

O código completo e explicado do projeto pode ser acessado no GitHub da equipe: <https://abrir.link/mCnTd>.

O presente trabalho foi desenvolvido e será apresentado pelas autoras: Eloísa Maria Amador Souza; Giovana Martins Coelho; Maria Clara Macêdo Lelis e Rafaela Beatriz Silva Luz.

Referências

- [1] Jorge Centeno. *Spatial filtering/ Filtragem*. Available at: https://docs.ufpr.br/~centeno/m_pdi/pdf/jaulapdi03.pdf. Accessed: 2024-11-01.
- [2] Geraldo Braz Junior. *Filtros e Morfologia*. Available at: <https://nca.ufma.br/~geraldo/vc/4.filtros.pdf>. Accessed: 2024-11-01.
- [3] Institute Broad. *Cellprofiler - Advanced Modules*. Available at: <https://cellprofiler-manual.s3.amazonaws.com/CellProfiler-4.2.1/modules/advanced.html>, 2024. Accessed: 2024-11-28.
- [4] R. Fisher, S. Perkins, A. Walker, and E. Wolfart. *Image Processing Operator Worksheets*. Available at: <https://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/wksheets.htm>, c2003. Accessed: 2025-01-01.
- [5] O. Cuadros, A. Soriano-Vargas, B. S. Faical, B. Hamann, A. Todorovic Fabro, and A. J. M. Traina. *Efficient Segmentation of Cell Nuclei in Histopathological Images*. In *2020 IEEE 33rd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, pages 47–52, 2020. DOI: 10.1109/CBMS49503.2020.00016.
- [6] B. F. Sobral de Oliveira and F. T. A. de Magalhães. *Filtragem de imagens fixas usando Matlab*. Available at: <https://web.fe.up.pt/~mandrade/tvd/2006/trabalhos1-2005/TD-trab1-Filtragem-de-imagens.pdf>, 2005. Accessed: 2024-12-02.
- [7] E. O. Jesus and R. Costa Jr. *A utilização de filtros gaussianos na análise de imagens digitais*. In *Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics*, v. 3(1), pages CNMAC 2014, 2015. DOI: 10.5540/03.2015.003.01.0118.
- [8] R. A. AS and S. Gopalan. *Comparative analysis of eight direction sobel edge detection algorithm for brain tumor MRI images*. *Procedia Computer Science*, 201:487–494, 2022.
- [9] E. Bengtsson, C. Wahlby, and J. Lindblad. *Robust cell image segmentation methods*. *Pattern Recognition and Image Analysis*, 14(2):157–167, 2004.
- [10] A. Vahadane and A. Sethi. *Towards generalized nuclear segmentation in histological images*. In *13th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering*, pages 1–4, 2013. DOI: 10.1109/BIBE.2013.6701556.
- [11] Processamento digital de Imagens, UFPR. *Localização de bordas e pontos*. Available at: https://docs.ufpr.br/~centeno/p_pdi/pdf/jaulapdi07.pdf. Accessed: 2024-12-30.
- [12] I. de Araújo Pessoa. *ANÁLISE E EXTRAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE CÂNCER DE PELE USANDO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS*. Available at: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/53932>. Accessed: 2024-12-30.