

Proposta de projeto: Melhoria da resolução da imagem mamográfica usando algoritmos de super-resolução

1) Relevancia e Descricao do problema a ser resolvido

O câncer é uma doença incurável que se baseia na divisão celular desregulada. O câncer de mama é o câncer mais prevalente em mulheres no mundo todo. O câncer de mama é a neoplasia maligna mais comum em mulheres e a segunda principal causa de morte e, se não for detectado precocemente, pode ser fatal [1].

As imagens médicas podem ser usadas para encontrar informações importantes para localizar e diagnosticar o câncer de mama. O exame médico por imagem, que frequentemente emprega uma série de modalidades, incluindo ressonância magnética, CT, PET, mamografia, ultrassonografia radiográfica e ultrassom duplex, é a maneira mais eficiente de detectar o câncer de mama. As imagens médicas ajudam no diagnóstico de doenças, na detecção de lesões patológicas, no cuidado terapêutico do paciente e na suposição de muitos transtornos.

A mamografia é um tipo de exame de imagem médica que usa um sistema de raios X de baixa dose e é usado principalmente para testar o câncer de mama. Ela pode ser usada para encontrar tumores malignos dentro da mama. As mamografias ajudam a diagnosticar o câncer de mama em pessoas com sintomas estranhos ou nódulos mamários. Mesmo durante a triagem, a mamografia ajuda a determinar o risco de câncer em mulheres sem sintomas evidentes.

De acordo com a American Cancer Society, todas as mulheres acima de 40 anos devem fazer uma mamografia uma vez por ano. Em uma mamografia, o tecido mamário denso pode aparecer branco ou cinza claro. As mamografias de mulheres mais jovens podem ser mais fáceis de visualizar, pois elas parecem ter seios maiores. Elas podem detectar lesões in situ adicionais e reduzir os tumores invasivos em comparação com a RM e os ultrassons. A mamografia continua sendo o padrão ouro para rastreamento comunitário do câncer de mama [3].

A mamografia é a técnica de triagem mais confiável e precisa. A mamografia ainda é usada com a ressonância magnética e o ultrassom, especialmente com alta densidade do tecido mamário, mas não pode substituir a mamografia. As mamografias podem ser visualizadas de várias maneiras para fornecer mais detalhes antes da detecção ou do diagnóstico. As duas vistas mais comuns da mamografia são a cardio-caudal (CC) e a mediolateral oblíqua (MLO). A mama é esmagada entre duas pás na mamografia de visão CC, que é feita horizontalmente a partir de uma projeção para cima em um ângulo de braço C de 0° . Isso revela o tecido glandular, o tecido adiposo circundante e a borda mais externa do músculo peitoral. A mama é esmagada diagonalmente entre as pás na visualização MLO da mamografia, que é capturada em um ângulo de 45° a partir da lateral do braço em C. Como resultado, mais tecido mamário é visível do que em outras vistas.

A qualidade das imagens mamográficas é crucial para uma detecção e diagnóstico eficazes. Segundo um artigo da Mayo Clinic, as mamografias são a melhor maneira de encontrar o câncer de mama cedo, quando é mais fácil de tratar e antes de ser grande o suficiente para sentir ou causar sintomas [9]. Portanto, ter uma alta resolução nas imagens mamográficas é essencial. Uma resolução mínima de 50 micrômetros em uma mamografia é essencial para garantir uma detecção precisa e precoce do câncer de mama, bem como para fornecer imagens de alta qualidade que sejam interpretáveis por profissionais de saúde.

A radiação ionizante, como os raios X usados na mamografia, tem o potencial de causar danos ao interagir com os tecidos do corpo humano. De acordo com o estudo de Hall e Giaccia (2012) [4], essa interação pode gerar efeitos biológicos, como danos ao DNA celular, que podem aumentar o risco de desenvolver câncer e outros distúrbios genéticos. Os tecidos mamários, por serem radiosensíveis, são particularmente suscetíveis a esses efeitos devido à sua composição celular ativa e à sua capacidade de proliferar e mudar durante diferentes estágios da vida, como gravidez e lactação (Boice Jr e Shore, 1986) [5]. A exposição repetida à radiação, como a que ocorre com mamografias frequentes, pode aumentar o risco de efeitos adversos nos tecidos mamários (Harvey et al., 2019) [6], embora, na maioria dos casos, os benefícios da detecção precoce do câncer de mama superem esse risco. No entanto, é importante considerar esses fatores ao tomar decisões sobre a frequência e a necessidade do exame de mamografia.

De acordo com a American Cancer Society, as mulheres entre 40 e 44 anos têm a opção de começar a fazer mamografias todos os anos. Mulheres de 45 a 54 anos devem fazer mamografias todos os anos. Mulheres com 55 anos ou mais podem mudar para uma mamografia a cada dois anos, ou podem optar por continuar com mamografias anuais [7]. Para pacientes com câncer de mama, a frequência das mamografias pode ser diferente. Por exemplo, se uma mulher tiver sido diagnosticada com câncer de mama, ela poderá fazer mamografias mais frequentes como parte de seu plano de acompanhamento e tratamento. Isso pode incluir mamografias antes e depois da cirurgia, bem como durante e depois de qualquer tratamento adicional, como quimioterapia ou radioterapia [8].

Para abordar esses problemas, propõe-se o desenvolvimento de algoritmos de super resolução para melhorar a qualidade das imagens mamográficas. Esses algoritmos podem aumentar a resolução das imagens, permitindo uma detecção mais precisa de anomalias, ao mesmo tempo em que reduzem a quantidade de radiação necessária para obter imagens de alta qualidade.

2) Revisão da literatura sobre o tema

Não foram encontrados artigos com a abordagem proposta, com exceção de um artigo "Super resolution of Images for Breast Cancer from Mammography Images" (Super-resolução de imagens para câncer de mama a partir de imagens de mamografia), que propõe um esquema eficiente de elevação com base em denoising

para reconstrução de super-resolução de imagens de mamografia de baixa resolução. Esse projeto pertence à School of Engineering, Coimbatore, mas o artigo não está disponível [10].

3) Hipótese para resolução do problema

A super-resolução de imagens (SR), que se refere ao processo de recuperação de imagens de alta resolução (HR) a partir de imagens de baixa resolução (LR), é uma classe importante de processamento de imagens em visão computacional e processamento de imagens.

Nesse caso, nosso objetivo é melhorar a resolução de uma imagem mamográfica a fim de usar menos radiação e, ao mesmo tempo, obter a resolução adequada para um diagnóstico correto. Nossa hipótese é que um modelo de super-resolução baseado em aprendizado de máquina pode gerar imagens mamográficas de alta resolução a partir de imagens de baixa resolução com qualidade suficiente para o diagnóstico clínico.

Essa hipótese será testada comparando-se a qualidade das imagens mamográficas antes e depois da aplicação dos algoritmos de super-resolução. Este trabalho será experimental, portanto, verificaremos se nosso algoritmo será capaz de realizar a melhoria necessária para seu estudo.

4) Descrição da abordagem para resolução e obtenção dos resultados

Para resolver esse problema, usaremos uma metodologia que consiste nas seguintes etapas:

- 1) **Coleta de dados:** Obtenção de um conjunto de dados de imagens mamográficas de baixa e alta resolução combinadas.

Vários conjuntos de dados estão disponíveis para o público e diferem em termos de tamanho, resolução, formato de imagem e tipos de imagens que contêm (como Full-Field Digital (FFDM), mamografia com filme (FM) ou mamografia com filme de tela (SFM), e os tipos de anormalidades que elas contêm). Mamas DDSM, Mini-MIAS, o subconjunto de Imaging Subset of DDSM (CBIS-DDSM) e BCDR são alguns exemplos de conjuntos de dados públicos.

Este projeto planeja usar o MIAS, que é um conjunto de dados que inclui indicadores de verdade terrestre para possíveis anomalias, e 322 filmes digitais.

e 322 filmes digitais. A coleção contém cinco tipos de anomalias: massas, distorção arquitetônica, assimetria e normalidade. Em última análise, 1024 por 1024 pixels) foi usada como resolução final para as imagens.

A resolução final das imagens foi de 1024 por 1024 pixels. As imagens estão acessíveis a todos em Pilot European Image Processing Archive (PEIPA) na Universidade de Essex. No entanto, se forem necessárias mais imagens para

o treinamento, consideraremos a possibilidade de usar outros bancos de dados mencionados acima. Na tabela abaixo, estão listados os diferentes conjuntos de dados públicos.

Dataset	Image Type	URL
MIAS	mammogram	https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/250394 (accessed on 1 June 2023)
DDSM	mammogram	http://marathon.csee.usf.edu/Mammography/Database.html (accessed on 1 June 2023)
mini-MIAS	mammogram	http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html (accessed on 1 June 2023)
Break-His	-histological	https://web.inf.ufpr.br/vri/databases/breastcancer-histopathological-databasebreakhis/ (accessed on 1 June 2023)
DMR-IR	Thermography	http://visual.ic.uff.br/dmi (accessed on 1 June 2023)
BI-RADS	mammogram	https://radiopaedia.org/articles/breast-imaging-reporting-and-data-system-bi-rads (accessed on 1 June 2023)
INbreast	mammogram	http://dx.doi.org/10.17632/x7bvzv6cvt.1 (accessed on 1 June 2023)

2) Projeto do modelo: desenvolvimento de um modelo de super-resolução baseado em aprendizado de máquina, como redes neurais convolucionais (CNN). Os algoritmos de super-resolução serão aplicados às imagens pré-processadas para melhorar sua resolução.

Procuramos implementar arquiteturas que sejam eficientes. Entre elas, a EDSR, que em muitos trabalhos mostrou bons resultados, ou a SRGAN, que, de acordo com a revisão bibliográfica, foi amplamente implementada na área de imagens médicas.

Usaremos um modelo e adaptá-lo ao nosso contexto; nossa abordagem será tornar o modelo o mais simples e eficiente possível, com o objetivo de que ele possa ser implementado no campo clínico.

3) Avaliação da qualidade da imagem: a qualidade das imagens aprimoradas será avaliada usando métricas objetivas e subjetivas.

Métricas de avaliação

A qualidade da imagem pode ser avaliada por métodos subjetivos (qualitativos) ou objetivos (quantitativos). A principal finalidade da avaliação objetiva é obter um valor quantificado que será gerado pelas medições apropriadas.

O valor máximo da relação sinal-ruído de pico (PSNR) é a estatística mais popular para medir a qualidade da imagem super-resolvida obtida por meio de algoritmos de super-resolução.

O sistema de percepção visual humano é muito capaz de reconhecer informações estruturais de imagens. Portanto, é possível distinguir entre imagens de amostra e de referência usando uma matriz que imita esse comportamento. O índice de similaridade estrutural (SSIM) mede a similaridade estrutural entre imagens com base em três características independentes da imagem: brilho, contraste e estrutura.

Este projeto usará ambas as métricas mencionadas acima.

4) **Validação da hipótese:** a hipótese será validada pela comparação da qualidade das imagens mamográficas antes e depois da aplicação dos algoritmos de super-resolução.

5) Referências bibliográficas

1. Arevalo, J.; Gonzalez, F.A.; Ramos-Pollan, R.; Oliveira, J.L.; Guevara Lopez, M.A. Representation learning for mammography mass lesion classification with convolutional neural networks. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2016, 127, 248–257. [CrossRef] [PubMed]
2. Roslidar, R.; Rahman, A.; Muharar, R.; Syahputra, M.R.; Arnia, F.; Syukri, M.; Pradhan, B.; Munadi, K. A Review on Recent Progress in Thermal Imaging and Deep Learning Approaches for Breast Cancer Detection. *IEEE Access* 2020, 8, 116176–116194. [CrossRef]
3. Shen, L.; Margolies, L.R.; Rothstein, J.H.; Fluder, E.; McBride, R.; Sieh, W. Deep Learning to Improve Breast Cancer Detection on Screening Mammography. *Sci. Rep.* 2019, 9, 12495. [CrossRef]
4. Hall, E. J., & Giaccia, A. J. (2012). *Radiobiology for the Radiologist*. Lippincott Williams & Wilkins.
5. Boice Jr, J. D., & Shore, R. E. (1986). Radiogenic breast cancer risks. *Radiation Research*, 106(2), 180-194.
6. Harvey, J. A., Hendrick, R. E., & Collin, G. (2019). Breast Cancer Screening: Benefits and Harms. *The Breast Journal*, 25(2), 127-134.
7. ACS Breast Cancer Screening Guidelines. (2024). Cancer.org. <https://www.cancer.org/cancer/types/breast-cancer/screening-tests-and-early-detection/american-cancer-society-recommendations-for-the-early-detection-of-breast-cancer.html>
8. Mammograms and More: Breast Cancer Screening Guidelines. (2021, October 19). Hopkinsmedicine.org. <https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/breast-cancer/mammograms-and-more-breast-cancer-screening-guidelines>
9. "Mammogram - Mayo Clinic," Mayoclinic.org, 2023. <https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/mammogram/about/pac-20384806> (accessed Apr. 15, 2024).
10. "Super resolution of Images for Breast Cancer from Mammography Images - Amrita Vishwa Vidyapeetham," *Amrita Vishwa Vidyapeetham*, Dec. 2020. <https://www.amrita.edu/project/super-resolution-images-breast-cancer-mammography-images/> (accessed Apr. 15, 2024).