

Criação de um protótipo objeto simulador para o controle de qualidade de algoritmos de segmentação óssea para o uso em softwares de pós processamento tomográfico

Creation of a phantom prototype for quality control of bone segmentation algorithms for use in tomographic post-processing software

Ana C. C. da Silva, Nélida L. Del Mastro

*Programa de Pós-Graduação USP - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil.
Tese de Doutorado
2023*

Resumo

A Inteligência Artificial (IA) tornou-se um dos temas mais relevantes e sua influência é significativa na prática da medicina, incluindo a radiologia médica. Muito do sucesso da IA nas últimas décadas pode ser atribuído aos avanços no poder de computação em combinação com uma melhor compreensão dos aspectos teóricos da IA e dos algoritmos implementados. As imagens de raios X são baseadas na absorção dos raios X à medida que passam por diferentes partes do corpo do paciente. Dependendo da quantidade absorvida em um determinado tecido, como músculo ou pulmão, uma quantidade diferente de raios X passará e sairá do corpo. A quantidade de raios X absorvida contribui para a dose de radiação para o paciente. A tomografia computadorizada (TC), por outro lado, fornece uma forma de imagem humana seccional. A imagem de corte transversal é usada para uma variedade de propósitos diagnósticos e terapêuticos. Em 2020, Höeschen apontou que os métodos de reconstrução de imagem baseados em algoritmos de IA, ou seja, software de pós processamento, oferecem muitas possibilidades para otimizar os conjuntos de dados de imagens tridimensionais. No entanto, surgiram dúvidas sobre a confiabilidade, portanto uma avaliação adequada é absolutamente necessária. A falta de testes de controle de qualidade de IA no cenário mundial vai além da questão legal e acadêmica, pois implica em uma discussão relevante sobre a responsabilidade ética dos provedores de tecnologia. Em software de pós processamento avançado e modelos de IA, a lacuna existente cria alto risco para a prática clínica; assim testes de controle de qualidade são necessários antes do uso generalizado. Os dados utilizados nesta pesquisa provieram dos valores biológicos da literatura e os testes de aquisição de imagens foram apenas em materiais miméticos ao sistema biológico. Foi desenvolvido um objeto simulador com técnicas de impressão 3D que mimetiza a dureza e densidade do osso humano, com materiais como resina, polímeros e o mais novo material PolyJet da empresa Stratasys lançado em junho de 2022, o RadioMatrix, que possui valores de -30 a 1000 unidades de Hounsfield. Os resultados destacaram a análise do gráfico de superfície, escala de Hounsfield, resolução espacial, precisão geométrica e o uso de algoritmos de segmentação óssea com as técnicas Thresholding, Measurement Space e Automatic bone. O objeto simulador promissor foi desenvolvido com o material RadioMatrix. Ficou evidente que os modelos de IA disponíveis no mercado carecem do conceito EXAI, que é uma inteligência artificial explicável. A explicabilidade em IA, também conhecida como interpretabilidade, refere-se à capacidade de um modelo de aprendizado de máquina fornecer uma explicação para as decisões que toma. Com os testes realizados foi possível estabelecer o comportamento das diferentes técnicas de segmentação. A regra prioritária para a segmentação óssea após as análises, foi a tomada de decisão dos algoritmos baseada na densidade e valores da unidade Hounsfield, ou seja, no treinamento desses modelos não foi agregado à forma e características específicas do osso. O exemplo da segmentação automática da peça em forma de raio, evidenciou que não houve um treinamento prévio desse tipo de estrutura, pois não temos esse formato de osso no corpo humano e mesmo assim o algoritmo de IA realizou a segmentação devido à familiaridade com densidade do material. A presente pesquisa cumpriu o objetivo de criar uma metodologia para validar modelos de IA para segmentação óssea para tomografia computadorizada, desenvolvendo um objeto simulador e oferecendo controle de qualidade sem dependência humana para as análises, garantindo ferramentas explicáveis e concorrência justa entre os fornecedores das soluções médicas.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Inteligência Artificial; Radiologia; objeto simulador; segmentação óssea.

Abstract

Artificial Intelligence (AI) has become one of the most relevant topics and its influence is significant in the practice of medicine, including medical radiology. Much of the success of AI in recent decades can be attributed to advances in computing power in combination with a better understanding of the theoretical aspects of AI and the implemented algorithms. All X-ray imaging is based on the absorption of X-rays as they pass through different parts of the patient's body. Depending on the amount absorbed in a given tissue, such as muscle or lung, a different amount of X-rays will pass through and cross the body. The amount of X-rays absorbed contributes to the radiation dose to the patient. Computed tomography (CT), on the other hand, provides a form of cross-sectional human imaging. The cross-sectional image is used for a variety of diagnostic and therapeutic purposes. In 2020, Höeschen points out that image reconstruction methods based on AI algorithms, post-processing software, offer many possibilities for optimizing three-dimensional image datasets. However, doubts have arisen about the reliability so a proper evaluation is absolutely necessary. The lack of AI quality control tests on the world stage goes beyond the legal and academic issue, as it implies a relevant discussion about the ethical responsibility of technology providers. In advanced post-processing software and AI models, an existing gap creates high risk for clinical practice so quality control testing is needed before widespread use. The data used in this research provided the biological values of the literature and the image acquisition tests were only in mimetic materials to the biological system. The phantom was developed with 3D printing techniques that mimics the hardness and density of human bone, with materials such as resin, polymers and the newest PolyJet material from the company Stratasys launched in June 2022, the RadioMatrix, which has values from -30 to 1000 Hounsfield units. The results highlighted the analysis of the surface graph, Hounsfield scale, spatial resolution, coded precision and the use of bone segmentation algorithms with Thresholding, Measurement Space and Automatic bone techniques. The promising simulator object was developed with the RadioMatrix material. It was evident that the AI models available on the market lack the EXAI concept, which is explainable artificial intelligence. Explainability in AI, also known as interpretability, refers to the ability of a machine learning model to provide an explanation for the decisions it makes. With the tests carried out, it was possible to establish the behavior of the different segmentation techniques. The priority rule for bone segmentation after the analyzes was the decision making of the algorithms based on the density and values of the Hounsfield unit, that is, in the training of these models it was not added to the shape and specific characteristics of the bone. The example of the automatic segmentation of the radius-shaped part showed that there was no prior training for this type of structure, since we do not have this bone shape in the human body and even so the AI algorithm performed the segmentation due to the familiarity with the density of the material. The present research fulfills the objective of creating a methodology to validate AI models for bone segmentation for computed tomography, developing a phantom object and offering quality control without human dependence for the analyses, guaranteeing explainable tools and fair competition between providers of medical solutions.

Keywords: Control Quality; Artificial Intelligence; Radiology; phantom; bone segmentation.

URL: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-04102023-162007/publico/2023SilvaCriacao.pdf>