

Estimativa do contorno do domínio através da posição dos eletrodos na Tomografia por Impedância Elétrica

Raul da Cunha Costa, Erick Darío León Bueno de Camargo (Orientador)

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC (UFABC), São Bernardo do Campo - SP

e-mail: raul.costa@ufabc.edu.br, erick.leon@ufabc.edu.br

Introdução: A Tomografia por Impedância Elétrica é uma técnica de imagem em que se estima uma imagem de resistividade do interior de um domínio à partir de medidas elétricas em seu bordo. Pode-se aplicar corrente elétrica e medir potencial elétrico. A informação do contorno do domínio permite obter uma imagem de resistividade com menor erro. Sabe-se que a impossibilidade de modelar adequadamente o contorno afeta a convergência do algoritmo iterativo de formação da imagem e produz artefatos [1]. A estimativa do contorno pode ser obtida de forma indireta pela interpolação da posição dos eletrodos perturbados por uma pequena distância.

Métodos: A estimativa da imagem de resistividade requer a solução de dois problemas: direto e inverso. No problema direto, obtêm-se os potenciais elétricos medidos no contorno do domínio, considerando-se uma resistividade média predefinida. No problema inverso, obtêm-se a distribuição de resistividade, de forma que os potenciais elétricos medidos aproximem-se dos potenciais calculados. Neste trabalho, as medidas de potencial foram simuladas. Implementou-se o algoritmo de elementos finitos com elementos tetraédricos lineares isotrópicos para o Modelo Completo do Eletrodo [2]. O problema inverso foi resolvido com o algoritmo de otimização Gauss-Newton com regularização de Tikhonov (eq. 1),

$$\rho_{k+1} = \rho_k + s_k (J_k^T(\rho_k) J_k(\rho_k) + \eta^2 I)^{-1} (J_k^T(\rho_k) (\Phi_{MED} - \Phi_{CALC}) + \eta^2 (\rho_k - \rho_0)), \quad (1)$$

onde, para a k -ésima iteração, ρ_k é distribuição de resistividade, s_k é o passo da iteração, $J_k(\rho_k)$ é a matriz Jacobiana do potencial relativo à resistividade, η é o parâmetro de regularização, I é a matriz identidade, Φ_{MED} é o vetor de potenciais medidos, Φ_{CALC} é o vetor de potenciais calculados, ρ_0 é a distribuição de resistividade inicial. O cálculo da matriz Jacobiana da posição dos eletrodos através do método perturbativo [3] está em fase de implementação (eq. 2),

$$J(x)^{i,j} \approx \frac{\delta V_i}{\delta x_j} = \frac{F(\delta x_j) - F(0)}{\delta x_j} \quad (2)$$

onde $J(x)^{i,j}$ é entrada i, j da matriz Jacobiana relativa à posição do eletrodo, δV_i é a perturbação do potencial elétrico, δx_j é a perturbação da posição do eletrodo, $F(\delta x_j)$ é a solução do problema direto por elementos finitos para uma posição perturbada do eletrodo e $F(0)$ é a solução do problema direto para a posição inicial do eletrodo.

Resultados: O algoritmo implementado para a solução do problema inverso para estimar a distribuição de resistividade depende da diferença entre o número de elementos da malha de potenciais medidos e da malha de potenciais calculados. O Modelo Completo do Eletrodo apresentou-se inadequado para lidar com descontinuidades na condutividade no intervalo entre os eletrodos, tornando a convergência numérica do método de elementos finitos de alto custo computacional.

Conclusão: A implementação do *Smoothened Complete Electrode Model* [4] permitirá resolver o problema com as descontinuidades. A implementação do método perturbativo para contabilizar o efeito da movimentação dos eletrodos na alteração da forma do contorno deve melhorar o erro na estimativa da distribuição de resistividade do domínio.

Referências: [1]Tang M, et al. Effects of incompatible boundary information in EIT on the convergence behavior of an iterative algorithm. IEEE Trans Med Imaging 2002;21:620-628. [2]Somersalo E, et al. Existence and uniqueness for electrode models for electric current computed tomography. SIAM J Appl Math 1992;52(4):1023-1040. [3]Boyle A, et al. Methods for calculating the electrode position Jacobian for impedance imaging. Physiol Meas 2017;38:555. [4]Hyvonen N, et al. Smoothened complete electrode model, Pre-print disponível em <https://arxiv.org/abs/1703.08022>, (2017).