

ABSTRACT

Electrical Impedance Tomography (EIT) is an emerging, non-invasive imaging modality that reconstructs internal conductivity from surface voltage measurements. Compared with conventional medical imaging, EIT is portable, radiation-free, and well suited for repeated or bedside monitoring. However, its low spatial resolution and sensitivity to noise pose challenges for reliable validation of both hardware and algorithms. Physical and electronic phantoms have been used to benchmark EIT systems, but existing designs either sacrifice spatial realism or frequency-dependent behavior, limiting their effectiveness as reproducible testbeds. To address this research gap, this work introduces a controllable electronic mesh phantom that aims to have stable impedance characteristics with a finite-element simulation framework, providing a reproducible platform for EIT validation and performance assessment. The prototype was designed and manufactured by assigning calculated resistor values to each edge of the mesh and then measuring impedance across multiple conditions. The collected data were reconstructed into images using several common algorithms (GREIT, SVD, and JAC), and the phantom's electrical performance was evaluated for repeatability and accuracy using root mean square error and Pearson correlation. Image quality was further assessed through structural similarity index and cross-correlation metrics. Although the initial prototype did not yet achieve the desired performance, the testing revealed specific design and calibration issues that inform the next iteration, laying the groundwork for a more robust and reproducible multi-frequency EIT validation platform.

Keywords : Electrical Impedance Tomography; Electronic Phantom; Image Reconstruction; Validation Metrics; Image reconstruction algorithms

Tomografi Impedansi Listrik (EIT) adalah metode pencitraan non-invasif yang sedang berkembang, yang merekonstruksi konduktivitas internal dari pengukuran tegangan permukaan. Dibandingkan dengan pencitraan medis konvensional, EIT portabel, bebas radiasi, dan sangat cocok untuk pemantauan berulang atau di tempat tidur. Namun, resolusi spasial yang rendah dan sensitivitas terhadap noise menjadi tantangan dalam validasi yang andal baik untuk perangkat keras maupun algoritma. Fantom fisik dan elektronik telah digunakan untuk membandingkan sistem EIT, tetapi desain yang ada mengorbankan realisme spasial atau perilaku bergantung frekuensi, sehingga membatasi efektivitasnya sebagai platform uji yang dapat diulang. Untuk mengatasi kesenjangan penelitian ini, penelitian ini memperkenalkan fantom jaring elektronik yang dapat dikendalikan, yang bertujuan memiliki karakteristik impedansi stabil dengan kerangka kerja simulasi elemen hingga, menyediakan platform yang dapat diulang untuk validasi dan penilaian kinerja EIT. Prototipe dirancang dan diproduksi dengan menetapkan nilai resistor yang dihitung pada setiap tepi jaring, kemudian mengukur impedansi di berbagai kondisi. Data yang dikumpulkan direkonstruksi menjadi gambar menggunakan beberapa algoritma umum (GREIT, SVD, dan JAC), dan kinerja listrik fantom dievaluasi untuk keuletan dan akurasi menggunakan kesalahan rata-rata kuadrat dan korelasi Pearson. Kualitas gambar juga dievaluasi melalui indeks kesamaan struktural dan metrik korelasi silang. Meskipun prototipe awal belum mencapai kinerja yang diinginkan, pengujian mengidentifikasi masalah desain dan kalibrasi spesifik yang menjadi dasar untuk iterasi berikutnya, membuka jalan bagi platform validasi EIT multi-frekuensi yang lebih andal dan dapat direproduksi.

Kata kunci : Tomografi Impedansi Listrik; Fantom Elektronik; Rekonstruksi Gambar; Metrik Validasi; Algoritma Rekonstruksi Gambar