

Tytuł projektu: Elektryczna tomografia pojemnościowa o wysokiej rozdzielczości przestrzennej

Elektryczna tomografia pojemnościowa (ECT) to technika obrazowania oparta na pomiarze pojemności elektrycznej pomiędzy elektrodami umieszczonymi wokół badanego obiektu. W odróżnieniu od tomografii rentgenowskiej, ECT nie wykorzystuje promieniowania jonizującego, dzięki czemu może być bezpiecznie stosowana nawet przy długotrwałym i wielokrotnym monitorowaniu.

Technika ta znajduje zastosowanie m.in. w przemyśle, gdzie jej największą zaletą jest wyjątkowa szybkość – nowoczesne systemy potrafią rejestrować nawet 1000 obrazów na sekundę, co pozwala śledzić bardzo dynamiczne procesy. Natomiast w zastosowaniach medycznych jej potencjał wiąże się z możliwością prowadzenia długofalowych, całkowicie nieinwazyjnych pomiarów, np. monitorowania funkcji płuc u pacjentów przebywających na oddziałach intensywnej terapii.

Pomimo wielu zalet, ECT ma jedno kluczowe ograniczenie – bardzo niską rozdzielczość obrazu. Wynika to z dwóch czynników: ograniczonej liczby stosowanych elektrod (zwykle zaledwie od 12 do 24) oraz dużego kosztu obliczeniowego związanego z rekonstrukcją obrazu.

Zwiększenie liczby elektrod nie jest łatwe, ponieważ nieodłącznie wiąże się ze zmniejszeniem ich powierzchni, a co za tym idzie – ze spadkiem wartości mierzonych pojemności. Gdy elektrody stają się zbyt małe, sygnał elektryczny ulega osłabieniu do poziomu trudnego do zmierzenia nawet przez bardzo czułe układy. Jednak w ostatnich latach prowadzone są intensywne prace badawcze nad nowymi metodami i sekwencjami pomiarowymi. Jedną z najbardziej obiecujących polega na tzw. syntezy elektrod wirtualnych – czyli dynamicznym łączeniu kilku sąsiadujących elektrod w większe jednostki pomiarowe. Pozwala to znacząco zwiększyć liczbę elektrod bez fizycznego dodawania nowych kanałów, co otwiera drogę do zwiększenia liczby pomiarów bez pogorszenia jakości sygnału.

Jednocześnie, ogromny postęp, jaki dokonał się w ostatnich latach w rozwoju komputerów obliczeniowych i technik uczenia maszynowego, otworzył zupełnie nowe możliwości w przetwarzaniu danych. Problemy obliczeniowe, które jeszcze niedawno były nie do rozwiązania w rozsądnym czasie, dziś stają się osiągalne dzięki wykorzystaniu specjalizowanych kart graficznych oraz zaawansowanych algorytmów.

Celem projektu jest zbadanie możliwości istotnego zwiększenia rozdzielczości obrazów w ECT poprzez zastosowanie nowoczesnych rozwiązań pomiarowych i numerycznych. Projekt pozwoli określić, jakie są rzeczywiste granice rozdzielczości przestrzennej możliwe do osiągnięcia z użyciem tej techniki obrazowania.

Zaprojektowany zostanie nowy sensor złożony z 256 elektrod, współpracujący z odpowiednio dobranym układem przełączającym oraz sekwencjami pomiarowymi opartymi na koncepcji elektrod syntezowanych. Równolegle opracowane zostaną metody rekonstrukcji obrazu, wykorzystujące najnowsze osiągnięcia w dziedzinie głębokiego uczenia maszynowego, zdolne do przetwarzania wielokrotnie większych modeli niż w tradycyjnej tomografii elektrycznej. Kluczowym elementem będzie również stworzenie zaawansowanego środowiska symulacyjnego, które pozwoli wygenerować ogromne zbiory danych treningowych do nauki sieci.

Dzięki połączeniu precyzyjnego sprzętu, inteligentnych metod pomiarowych i nowoczesnego podejścia do przetwarzania danych – spodziewamy się znaczącego przełomu w jakości obrazów ECT. Oczekujemy, że na uzyskanych obrazach możliwe będzie rozróżnienie struktur o znacznie mniejszych rozmiarach niż dotychczas, co może przełożyć się na dokładniejsze monitorowanie procesów przemysłowych oraz lepszą diagnozę i opiekę nad pacjentami. Co istotne, wszystkie opracowane narzędzia zostaną udostępnione na zasadach otwartej nauki, co umożliwi ich dalszy rozwój i praktyczne wdrożenie w środowiskach badawczych i przemysłowych..