

OPTIMALIZACJA PROCEDUR BADAWCZYCH W KOMPUTEROWEJ REKONSTRUKCJI I ANALIZIE MATEMATYCZNEJ OBRAZÓW MIKROTOMOGRAFICZNYCH

(Streszczenie)

Artefakty w tomografii komputerowej (CT, ang. Computed Tomography) stanowią istotny problem diagnostyczny, szczególnie w przypadku obecności materiałów o wysokiej gęstości, takich jak implanty metaliczne. Zniekształcenia obrazu powodowane artefaktami, w tym artefaktami ringowymi i artefaktami metalicznymi, obniżają jakość obrazu, utrudniają analizę morfologiczną oraz wprowadzają błędy w segmentacji struktur anatomicznych. Dotychczasowe opracowane metody redukcji artefaktów metalicznych (MAR, ang. Metal Artifact Reduction) i artefaktów ringowych często nie zapewniają pełnej skuteczności, wprowadzają nowe zakłócenia, prowadzą do utraty istotnych informacji diagnostycznych lub mimo swojej skuteczności wymagają znacznych mocy obliczeniowych i są czasochłonne.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było opracowanie oraz ocena metod redukcji artefaktów w obrazach tomograficznych, ze uwzględnieniem zastosowania głębokich sieci neuronowych (U-Net++) oraz zaawansowanych technik przetwarzania obrazu. Praca koncentruje się na porównaniu efektywności klasycznych podejść rekonstrukcyjnych (w tym interpolacyjnych i iteracyjnych) z nowoczesnymi rozwiązaniami bazującymi na modelach U-Net i U-Net++.

Badania przeprowadzono na fantomach wirtualnych (fantomie głowy oraz fantomie Shepp-Logan) oraz danych rzeczywistych (obrazach tomograficznych żuchwy szczura z wszczepionym implantem metalicznym). Badane obrazy tomograficzne poddano złożonej procedurze przetwarzania obrazów obejmującej zastosowanie algorytmów analizy sinogramów, filtracji artefaktów ringowych oraz interpolacji danych. Do identyfikacji i filtracji artefaktów wykorzystano dyskretną transformatę falkową (DWT, ang. Discrete Wavelet Transform), empiryczną dekompozycję modów (EMD, ang. Empirical Mode Decomposition) oraz metody interpolacyjne. W badaniach zaimplementowano autorską metodę MAR z adaptacyjnym przetwarzaniem śladu metalicznego. Segmentacja oraz przetwarzanie obszarów wysokiej gęstości radiologicznej realizowano z wykorzystaniem głębokiej sieci U-Net++ i filtrów przestrzennych (Gaussa, medianowy i CLAHE). Skuteczność metody oceniano przy użyciu metryk RMSE, PSNR, SSIM, MS-SSIM, oraz VIF.

W badaniach wykazano skuteczność autorskiej metody redukcji artefaktów ringowych i MAR. Wykazano również, że połączenie metod głębokiego uczenia z klasycznymi technikami wstępnego przetwarzania obrazu znacząco poprawia jakość rekonstrukcji. Segmentacja obszarów w obecności metalowych implantów uległa poprawie po zastosowaniu autorskiej metody MAR w porównaniu do normalizacyjnej metody redukcji artefaktów metalicznych (NMAR, ang. Normalized Metal Artifact Reduction). Zastosowanie architektury U-Net++ z przetwarzaniem CLAHE pozwoliło na precyzyjniejszą segmentację struktur anatomicznych z projekcji tomograficznych, nawet w warunkach silnych zakłóceń obrazów tomograficznych powodowanych obecnością artefaktów.

Wyniki pracy potwierdzają skuteczność opracowanych algorytmów przy jednoczesnym niskim nakładzie czasu i zapotrzebowaniu na moc obliczeniową. Opracowane rozwiązania mogą znaleźć zastosowanie w rutynowej diagnostyce obrazowej oraz badaniach biomedycznych, obrazowaniu przedoperacyjnym i planowaniu leczenia, stanowiąc istotny wkład w rozwój nowoczesnych technologii rekonstrukcyjnych obrazów tomograficznych.

10.09.2015. *Apollonia Ponur*