

Kraków, 18 wrzesień 2025

Dr hab. Władysław Węglarz, Prof. IFJ PAN  
Zakład Tomografii Magnetyczno-Rezonansowej  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN

Recenzja pracy doktorskiej mgr inż. Vitaliya Atamaniuka  
z tytułem:

„Rozwój techniki elastografii rezonansu magnetycznego do pomiaru sztywności i lepkości narządów  
w organizmie ludzkim”,

sporządzona w odpowiedzi na pismo Przewodniczącego Rady Dyscyplin:  
Nauki fizyczne, Matematyka, Informatyka techniczna i telekomunikacja, Inżynieria materiałowa  
na Wydziale Nauk Ścisłych i Technicznych  
Uniwersytetu Rzeszowskiego

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska, została przygotowana pod kierunkiem Promotorów: Prof. dr hab. Mariana Cholewy oraz Prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. Krzysztofa Gutkowskiego. Doktorant podjął w niej temat rozwoju techniki elastografii magnetyczno-rezonansowej (MRE), stosunkowo nowej, nieinwazyjnej metody diagnostycznej, umożliwiającej ocenę właściwości biomechanicznych tkanek miękkich w organizmie człowieka. Dzięki tej możliwości, metoda ta potencjalnie pozwala na ocenę ryzyka wystąpienia i stopnia zaawansowania wielu procesów patologicznych, w tym zwłóknienia, stanów zapalnych czy nowotworów. Obecnie nie jest powszechnie używana w diagnostyce wykorzystującej MRI, co wynika z wysokich wymagań technicznych oraz konieczności współpracy pacjenta podczas badania, a także nie do końca poznanych związków pomiędzy stanem fizjologicznym pacjenta a wynikami badań. Dodatkowo, wskutek ograniczonego wyboru dostępnych komercyjnie rozwiązań, zakres badań MRE jest ograniczony do stosunkowo dużych organów wewnętrznych, takich jak wątroba lub śledziona.

Biorąc te aspekty pod uwagę, Doktorant postawił sobie jako cel swojej pracy doktorskiej, wniesienie istotnego wkładu w rozwój techniki MRE, pozwalającego na zniesienie przynajmniej niektórych ograniczeń w klinicznych zastosowaniach metody. Cel ten zrealizował poprzez wykonanie badań wpływu posiłku oraz zawartości żelaza na zmierzoną sztywność wątroby u zdrowych ochotników, używając komercyjnych rozwiązań MRE, ale także poprzez opracowanie i przetestowanie nowych algorytmów analizy danych pozwalających na ograniczenie wpływu artefaktów ruchowych w badaniach wątroby oraz na automatyczną segmentację mięśnia sercowego. Ponadto opracował, skonstruował i przetestował w praktyce nowy nadajnik pasywny, umożliwiający zastosowanie metody MRE do badania ślinianek przyusznych.

Wyniki swojej pracy przedstawił w starannie zredagowanej rozprawie, w której w sposób zwięzły ale treściwy przedstawił zarówno podstawy metody, jej dotychczasowy stan rozwoju, ale przede

wszystkim opisał swoje osiągnięcia. Treść rozprawy, zredagowana w języku polskim, została zamieszczona na 128 stronach. Poprzedzona została Spisem Treści i Wykazem Skrótów. We Wstępie, Autor przedstawił historię rozwoju metod nieinwazyjnej diagnostyki narządów ludzkich, w szczególności elastografii USG. W kolejnym, krótkim rozdziale Autor opisał podstawy oraz zastosowania kliniczne elastografii MR.

W najważniejszych rozdziałach, Materiał i Metody oraz Wyniki, obejmujących ok. 70% zawartości rozprawy, Autor zamieścił szczegółowe opisy podejmowanych zagadnień wskazując wykorzystywane do tego celu metody badawcze i analityczne oraz prezentując uzyskane wyniki. W ostatnim rozdziale przeprowadził rzeczową dyskusję wyników, wskazując zarówno na rozwiązane lub poprawione aspekty metodologii MRE, jak również zagadnienia wymagające dalszych prac badawczych lub rozwojowych. Część opisową rozprawy zakończył zwięzłe sformułowanymi wnioskami. Na końcu zamieścił Wykaz Tabel, Rycin, Bibliografię obejmującą 159 pozycji, oraz streszczenia w języku polskim i angielskim.

Oryginalne osiągnięcia Autora omówione w rozprawie obejmują:

- stwierdzenie istotnego statystycznie, poposiłkowego wzrostu sztywności wątroby utrzymującego się do 2,5 godziny po spożyciu,
- istotne poprawienie jakości map sztywności wątroby uzyskanych przy swobodnym oddychaniu, uzyskane dzięki opracowaniu i przetestowaniu algorytmu opartego na sztucznej inteligencji, redukującego artefakty ruchowe,
- znaczące przyspieszenie interpretacji badania MRE serca dzięki opracowaniu i przetestowaniu algorytmu automatycznej segmentacji mięśnia sercowego, opartego na sieciach neuronowych
- wykazanie możliwości zastosowania techniki MRE do badań ślinianek przyusznych, dzięki zaprojektowaniu, zbudowaniu i przetestowaniu w praktyce, dedykowanego nadajnika pasywnego, pozwalającego na wiarygodną ocenę sztywności, lepkości oraz innych parametrów biofizycznych.

Osiągnięcia te świadczą o szerokiej wiedzy i kompetencjach Autora zarówno w zakresie pracy badawczej jak i zaawansowanych metod analizy danych opartych na sztucznej inteligencji czy sieciach neuronowych, a także w zakresie projektowania nowych rozwiązań technicznych. Rzetelna dyskusja uzyskanych wyników świadczy o dużej dojrzałości Doktoranta i dobrze rokuje dla jego przyszłych prac badawczych i rozwojowych. Co również bardzo ważne, uzyskane wyniki, w każdym z przedstawionych wyżej aspektów, w istotny sposób poszerzają możliwości zastosowania MRE jako techniki diagnostycznej, dotychczas nie wykorzystywanej zbyt często w praktyce klinicznej.

Postawione sobie przez Doktoranta cele zostały zatem osiągnięte, co bardzo czytelnie i przekonująco udokumentował w rozprawie. Właściwy dobór ilustracji, wykresów i tabel, wraz z bardzo dobrym językowo opisem zastosowanych metod i uzyskanych wyników sprawia że śledzenie procesu uzyskania końcowych wyników jest łatwe.

Pewien niedosyt sprawił mi jedynie brak dokładniejszego opisu zasady działania elastografii, w aspekcie używanych sekwencji obrazowania MR, co mogłoby interesować potencjalnych

czytelników. Z drugiej strony, należy podkreślić że wskazanie w tekście odnośników do adekwatnych pozycji literaturowych, pozwoli zainteresowanym na szybkie dotarcie do szczegółowych opisów zagadnień zasygnalizowanych w tekście rozprawy.

Reasumując, stwierdzam zatem że przedstawiona przez mgr inż. Vitaliya Atamaniuka rozprawa doktorska zatytułowana „Rozwój techniki elastografii rezonansu magnetycznego do pomiaru sztywności i lepkości narządów w organizmie ludzkim” spełnia wymogi ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz. U. 2018, poz. 1668. z późn. zmianami) i wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie, doceniając nowatorskość zaproponowanych rozwiązań, zarówno w aspekcie udoskonalenia analiz obrazów MRE wątroby i mięśnia sercowego, jak i skonstruowania oprzyrządowania do badania ślinianek, oraz uwzględniając wysoki poziom merytoryczny rozprawy proponuję jej wyróżnienie.



Dr hab. Władysław Węglarz, prof. IFJ PAN

