

RECENZJA

**dorobku naukowego, działalności dydaktycznej
i rozprawy habilitacyjnej na stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk
medycznych i nauk o zdrowiu, dyscyplina nauki medyczne**

cyklu powiązanych tematycznie publikacji pod tytułem:

**„Nowatorska metoda ilościowej oceny badań tomografii rezonansu
magnetycznego przy użyciu monoeksponencjalnych
i bieksponecjonalnych map T2,
ze szczególnym uwzględnieniem obrazowania ścięgien Achillesa
i stawów skroniowo-żuchwowych”**

Dr n. med. inż. Piotra Arkadiusza Regulskiego

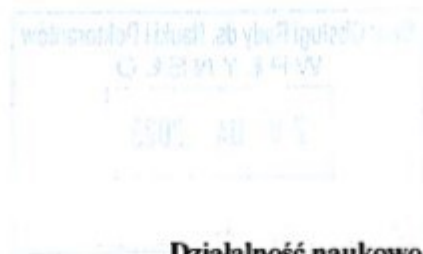
**z Zakładu Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo- Twarzowej
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego**

Oceny dorobku naukowego Dr n.med. inż. Piotra Arkadiusza Regulskiego dokonałam w oparciu o przedstawione autoreferat, spisy publikacji, streszczeń i referatów oraz opublikowane prace.

Habilitant jest bardzo doświadczonym naukowcem, posiada duży i wartościowy dorobek zarówno naukowy, jak i dydaktyczny oraz organizacyjny.

Dane o Kandydacie i przebieg pracy zawodowej

Dr n med inż. Piotr Arkadiusz Regulski dnia 28 czerwca 2010 r. uzyskał dyplom lekarza dentysty, na Warszawskim Uniwersytecie Medycznym. Dnia 14 lutego 2012 r. – dyplom inżyniera w specjalności techniki multimedialne, na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych, na Politechnice Warszawskiej . Dnia 10 grudnia 2014 r.– stopień doktora nauk medycznych w zakresie stomatologii nadany przez Radę Wydziału Lekarsko-Dentystycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Od dnia 10 marca 2022 do chwili obecnej pracuje jako adiunkt w Zakładzie Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo- Twarzowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego.



Działalność naukowo – badawcza

Dr n.med. inż. Piotr Arkadiusz Regulski jest autorem lub współautorem prac opublikowanych w kraju i za granicą o łącznej wartości IF 43,494, punktacja MEiN 1665. Ma 27 cytowań wg. Bazy Scopus z dnia 14/07/2022. Posiada wiele wystąpień konferencyjnych, realizowanych we współpracy Zakładu Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo-Twarzowej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Centrum Cyfrowej Nauki i Technologii Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, Zakładu Błon Śluzowych i Przyzębia Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, Interdyscyplinarnego Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego, Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej.

Habilitant prowadzi aktywność naukową związaną z 32 instytucjami krajowymi oraz siedmioma instytucjami zagranicznymi.

Habilitant jest członkiem międzynarodowych i ogólnopolskich towarzystw: IEEE Computer Society Technical Committee on Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, International Academy of Dentomaxillofacial Radiology, European Academy of Dentomaxillofacial Radiology, European Society of Radiology, Polskiego Towarzystwa Stomatologicznego. Jest również członkiem założycielem Stowarzyszenia Wizualizacji Naukowej - visnow.org. Jest również autorem projektu plugin-u VisNow - T2Map, służącego do ilościowych metod rekonstrukcji sekwencji rezonansu magnetycznego (w tym wieloeksponencjalnej analizy czasu T2) i biblioteki VisNow – Medical, służącej do przetwarzania i analizy obrazów medycznych różnych modalności, zawierającej algorytmy do poprawy rekonstrukcji obrazów trójwymiarowych z surowych danych pochodzących z TK i CBCT, algorytmów segmentacji, przetwarzania obrazów, poprawy i oceny jakości badań medycznych i innych.

Jest recenzentem ośmiu renomowanych czasopism naukowych.

Habilitant znalazł się na liście 100 liderów naukowych Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego w latach 2018-2021. W 2022 uzyskał nagrodę „best paper award” za pracę „VisNow-Medical – a visual analysis platform for medical data processing” na konferencji „Innovation in Medicine and Healthcare 2022” organizowanej przez „Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems”. W 2021 uzyskał nagrodę naukową III stopnia Rektora Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego za analizę

radiologiczną pierwszego przypadku zęba nadliczbowego w Polsce z wczesnej epoki żelaza. W 2005 roku uzyskał nagrodę im. Juliusza Łukasiewicza za Wybitne Osiągnięcia w Dziedzinie Nauk Ścisłych.

Po szczegółowej analizie publikacji naukowych Dr n.med. inż. Piotra Arkadiusza Regulskiego należy podkreślić Jego silne związki z różnymi instytucjami badawczymi, krajowymi i zagranicznymi, między innymi z Centrum Onkologii Instytutem im. Marii Skłodowskiej-Curie, oraz Instytutem Kardiologii - Państwowym Instytutem Badawczym. Współpraca pomiędzy różnymi specjalnościami jest motorem postępu w dzisiejszej medycynie, a jego wykorzystanie w innych dziedzinach nauki do rozwoju własnej dyscypliny dobitnie świadczy o dużym zaangażowaniu naukowym Habilitanta.

Ocena pracy habilitacyjnej

Na rozprawę habilitacyjną składa się cykl powiązanych tematycznie publikacji pod tytułem: *Nowatorska metoda ilościowej oceny badań tomografii rezonansu magnetycznego przy użyciu monoeksponencjalnych i bieksponencjalnych map T2, ze szczególnym uwzględnieniem obrazowania ścięgien Achillesa i stawów skroniowo-żuchwowych.*

Cykl obejmuje łącznie 3 publikacje, w tym 3 prace jako pierwszy autor; wszystkie prace zostały opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora nauk medycznych. Sumaryczny współczynnik Impact Factor osiągnięcia naukowego to 11,490, natomiast sumaryczna punktacja MEiN osiągnięcia naukowego to 280.

Pierwsza praca wchodząca w skład osiągnięcia naukowego to : *A Weighted Stochastic Conjugate Direction Algorithm for Quantitative Magnetic Resonance Images-A Pattern in Ruptured Achilles Tendon T2-Mapping Assessment*

Celem badania było przedstawienie nowego algorytmu WSCD rekonstrukcji bieksponencjalnych map T2 z oceną jego dokładności na przykładzie danych zasymulowanych i badań tomografii rezonansu magnetycznego zerwanych ścięgien Achillesa oraz porównanie dokładności algorytmu WSCD z metodą referencyjną GN

W przeciwieństwie do powszechnie stosowanej metody rekonstrukcji monoeksponencjalnej w przedstawionej pracy został omówiony nowy algorytm obliczeniowy bieksponencjalnych map T2. W pracy przedstawiono nowatorską metodę obliczeniową. Metoda wykorzystuje algorytm ważonych stochastycznych kierunków sprzężonych (WSCD), który może być również sukcesywnie

wykorzystywana do rekonstrukcji monowykładniczej; jednak jego użycie jako metody bieksponecjnej przynosi o wiele więcej korzyści. Takie podejście umożliwia rozróżnienie dwóch składowych T2 (krótkiej i długiej) dla jednego typu tkanki biologicznej. Różnica między tymi dwoma składowymi odzwierciedla lokalną anizotropię i subwokselową niejednorodność tkanki.

Najtrudniejszym problemem do rozwiązania związanym z podejściem bieksponecjnym jest wpływ szumu na stabilność wyników rekonstrukcji. Każda taka rekonstrukcja przeprowadzana na danych wejściowym może powodować zwiększenie całkowitego szumu w obrazie. Kolejna kwestia związana jest z wydłużeniem czasów badania i rekonstrukcji w porównaniu z metodą monowykładniczą. Opracowana nowatorska metoda WSCD rozwiązuje kwestie związane z obydwojema problemami. Zostały zaproponowane innowacyjne koncepcje, takie jak wprowadzenie wag do modelu dwuwkładniczego w celu zmniejszenia szumu i zwiększenia dokładności metody oraz wykorzystanie nowatorskiej metody stochastycznej w celu skrócenia czasu rekonstrukcji. Dzięki temu możliwe stało się zastosowanie bieksponecjnej rekonstrukcji w warunkach klinicznych.

Przedstawiona metoda obliczania ważonych dwuwkładniczych map T2 okazała się dokładna dla $SNR \geq 20$, wykazała najlepszą dokładność dopasowania i wykazała krótszy czas obliczeniowy niż inne metody. Metoda WSCD posiada zaimplementowaną metodę redukcji szumów opartą na odpowiednio obliczonych wagach, a pożądaną równowagę szumu i rozmycia można osiągnąć, wybierając odpowiedni rozmiar okna. Dzięki temu nowatorskiemu rozwiązaniu możliwe jest dostosowanie parametrów pozyskiwanego obrazu do wymagań aplikacji, takich jak ocena ilościowa danej tkanki, ocena wizualna przez radiologa, segmentacja wybranych narządów, czy dalsza analiza oparta na konwolucyjnych sieciach neuronowych.

Następna publikacja wchodząca w skład osiągnięcia naukowego to: *Multi-Step Segmentation Algorithm for Quantitative Magnetic Resonance Imaging T2 Mapping of Ruptured Achilles Tendons*. Celem pracy było przedstawienie i ocena dokładności nowatorskiej, wieloetapowej metody segmentacji zerwanych ścięgien Achillesa. Istnieje tylko kilka artykułów dotyczących automatycznej segmentacji u zdrowych pacjentów lub pacjentów z niewielką tendinopatią. Nowatorski charakter badań podkreśla fakt, że żadne z badań dostępnych w literaturze nie wykorzystywało metody automatycznej segmentacji zerwanych ścięgien Achillesa.

Obszar ścięgna Achillesa wysegmentowano za pomocą nowego, wielostopniowego algorytmu opartego o metodę rozrostu obszarów opisaną szczegółowo w publikacji. Algorytm składał się z wieloetapowego anizotropowego odszumiania, rekonstrukcji mapy T2, progowania parametrami

czasowymi T2, automatycznego umieszczania punktów startowych algorytmu rozrostu obszaru (region growing) i domknięcia morfologicznego. Wyniki automatycznej segmentacji porównano z wynikami manualnej segmentacji (MCT) wykonanych przez dwóch radiologów. Do oceny dokładności segmentacji wykorzystano miary Intersection over Union (IoU), czułości i swoistości, wartości F1, znormalizowanej odległości Yasnoffa (YND) oraz błędy typu I i II.

Wyniki segmentacji ścięгна Achillesa charakteryzują się wysoką swoistością (powyżej 99% i niskim błędem pierwszego rodzaju (poniżej 1%). Wartości czułości (85,9%) i błędu typu II (14,1%) sugerują, że większość wokseli została sklasyfikowana prawidłowo. Dobrą wiarygodność uzyskano dla odległości Yasnoffa oraz błędów typu I i II

Kolejna, trzecia publikacja wchodząca w skład osiągnięcia naukowego nosi tytuł: *Temporomandibular Disk Dislocation Impacts the Stomatognathic System: Comparative Study Based on Biexponential Quantitative T2 Maps*

W tej pracy została zaproponowana nowatorska metoda ilościowa oparta na dwuwymiarowych mapach T2 do analizy związku między przemieszczeniem krążka a morfologią innych struktur układu stomatognatycznego. W publikacji opisano kliniczne zastosowanie metody rekonstrukcji bieksponencjalnej w ocenie potencjalnego wpływu przemieszczenia krążka stawu skroniowo-żuchwowego na struktury anatomiczne układu stomatognatycznego. Nowatorski charakter badań jest konsekwencją zastosowania nowej metody rekonstrukcji bieksponencjalnej oraz zastosowaniu tej metody w ocenie ilościowej zobrazowanych tkanek.

Badanie potwierdza tezę, że jednocześnie w przypadku przemieszczenia krążka dochodzi do zmian różnych struktur układu stomatognatycznego. Istotne statystycznie wyniki wskazują na związek między przemieszczeniem krążka a zmianami morfologicznymi w strukturach zarówno bliskich (tkanka zakrążkowa i szpik kostny wyrostka kłykciowego), jak i dalekich (mięsień skrzydłowy przyśrodkowy) oraz że zmiany te mogą mieć wpływ na zmiany w miazdze zębów trzonowych; jednak wymagane są dalsze badania, aby potwierdzić istotność statystyczną. Po raz pierwszy w tej publikacji różnice w tkankach układu stomatognatycznego wynikające z przemieszczenia krążka stawowego zostały potwierdzone ilościowo przy użyciu bieksponencjalnie rekonstruowanych map T2, a badanie charakteryzuje się nowością w skali światowej.

Podsumowując, osiągnięcia naukowe Habilitanta przedstawione w powyższych pracach są nowatorskie na skalę światową. Obejmują opracowanie koncepcji, implementację kodu źródłowego algorytmu, przeprowadzenie badań oraz opublikowanie wyników zastosowania klinicznego nowatorskiej

metody ilościowej oceny obrazów rezonansu magnetycznego. Została przygotowana szybka i dokładna metoda rekonstrukcji bieksponeńcjonalnej obrazów map T2 przy użyciu, opracowanego przez habilitanta, algorytmu ważonych stochastycznych kierunków sprzężonych. Algorytm zastosowano w ocenie klinicznej gojenia ścięgna Achillesa oraz w ocenie struktur układu stomatognatycznego i stawów skroniowo-żuchwowych.

Z przyjemnością stwierdzam, że jest to jedna z niewielu, moich recenzji rozpraw doktorskich i habilitacyjnych, w której nie dopatrzyłam się żadnych uwag merytorycznych, mogących mieć wpływ na ogólną ocenę wartości pracy. Jeszcze raz podkreślam, że rozprawa ta zawiera wyłącznie istotne informacje. Czyta ją się z dużym zainteresowaniem. Pod względem merytorycznym oceniam, że praca ma ogromną wartość poznawczą, a wyniki badań przedstawione w pracy są oryginalne i ważne dla dalszego rozwoju naukowego nie tylko Autora ale i całej dyscypliny naukowej.

Działalność dydaktyczna i organizacyjna

Osiągnięcia Habilitanta w pracy dydaktycznej charakteryzuje różnorodność form.

Jest promotorem pomocniczym dwóch obronionych przewodów doktorskich oraz promotorem czterech obronionych prac magisterskich i promotorem trzech obronionych prac licencjackich. Jest również opiekunem licznych wyróżnionych prac studenckich.

Habilitant prowadzi zajęcia dydaktyczne z Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo-Twarzowej na kierunkach lekarsko-stomatologicznym, lekarsko-dentystycznym, elektroradiologii oraz higienie stomatologicznej dla studentów I-IV roku w Warszawskim Uniwersytecie Medycznym od 2011 roku

Habilitant prowadzi zajęcia dydaktyczne z Interoperacyjności i Standardów Danych Medycznych na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym, Szkole Nauk Ścisłych Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie w 2021 roku.

Jest wykładowcą kursów specjalizacyjnych do specjalizacji Periodontologii oraz Stomatologii Dziecięcej z zakresu Radiologii Stomatologicznej i Szczękowo-Twarzowej dla lekarzy dentystów od 2014 roku. Jest Przewodniczącym Rady Młodych Naukowców od 2022 roku, a także członkiem Uczelnianych i Wydziałowych Komisji, Rad Naukowych i Zespołów w liczbie jedenastu.

Habibant jest członkiem międzynarodowych i ogólnopolskich towarzystw: IEEE Computer Society Technical Committee on Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, International Academy of Dentomaxillofacial Radiology, European Academy of Dentomaxillofacial Radiology, European Society of Radiology, Polskie Towarzystwo Stomatologiczne. Jest również członkiem założycielem Stowarzyszenia Wizualizacji Naukowej - visnow.org. Stowarzyszenie zajmuje się rozwojem platformy analizy wizualnej i wizualizacji VisNow, zawierającej kompletny zestaw narzędzi do opracowania algorytmicznego i prezentacji skomplikowanych, wielowymiarowych i wielokomponentowych zbiorów danych.

Wniosek końcowy

Uważam, że zdobyte doświadczenie zawodowe, działalność dydaktyczna, dotychczasowy dorobek naukowy oraz cykl publikacji składających się na rozprawę habilitacyjną upoważniają Dr n.med. inż. Piotra Arkadiusza Regulskiego do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk medycznych i nauk o zdrowiu, dyscyplina nauki medyczne.

Praca habilitacyjna zarówno pod względem formalnym jak i merytorycznym spełnia wymogi stawiane wymaganiom określonym w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. (z późn. zm.).

W oparciu o powyższe mam zaszczyt przedstawić Wysokiej Radzie Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego wniosek o dopuszczenie Dr n. med. inż. Piotra Arkadiusza Regulskiego do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.