

Prof. dr hab. inż. Tomasz R. Woliński  
Politechnika Warszawska  
Wydział Fizyki  
Koszykowa 75, 00-662 Warszawa  
e-mail: tomasz.wolinski@pw.edu.pl

**Ocena rozprawy doktorskiej mgr. Aleha Sudakou pt.:**  
**“*Depth-resolved assessment of tissue oxygen saturation using time-domain near infrared spectroscopy.*”**

Rozprawa doktorska mgr. Aleha Sudakou pt.: „*Depth-resolved assessment of tissue oxygen saturation using time-domain near infrared spectroscopy*” została wykonana w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęczza PAN. Promotorem rozprawy był prof. dr hab. inż. Adam Liebert.

Rozprawa ma głównie charakter eksperymentalny z wykorzystaniem zaawansowanych symulacji numerycznych i została przygotowana w postaci **czterech publikacji naukowych**, które ukazały się w latach 2019-2023 w prestiżowym czasopiśmie *Biomedical Optics Express* (*Optica Publishing Group*) z listy *Journal Citations Reports*. Zgodnie z art. 187 ust. 3 Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 20.01.2020 r. Poz. 85) może stanowić praca pisemna - zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Sumaryczny współczynnik wpływu (*impact factor* IF) czterech publikacji naukowych stanowiących rozprawę doktorską wynosi powyżej 14. We wszystkich czterech pracach cyklu doktorant jest **pierwszym autorem**, a liczba wszystkich współautorów poszczególnych prac wynosi odpowiednio:

- 7 - *Biomedical Optics Express* 2019,
- 5 - *Biomedical Optics Express* 2020,
- 12 - *Biomedical Optics Express* 2021,
- 5 - *Biomedical Optics Express* 2023.

W dokumentacji rozprawy znajdują się cztery oświadczenia o współautorstwie dotyczące wszystkich czterech w/w publikacji, ale podpisane jedynie przez doktoranta oraz promotora. W opinii recenzenta i zgodnie z duchem w/w Ustawy oświadczenia powinny zostać złożone – o ile to możliwe – przez wszystkich współautorów.

Z załączonych w dokumentacji rozprawy oświadczeń wynika, że doktorant był nie tylko pierwszym, ale i wiodącym autorem wszystkich czterech publikacji stanowiących rozprawę doktorską.

Dodatkowo, doktorant w latach 2019-2023 była współautorem 5 prac z listy JCR pośrednio związanych z tematyką rozprawy doktorskiej i opublikowanych w *Biomedical Optics Express*, (4 prace) oraz w *Journal of Biomedical Optics* (1 praca).

Prace wchodzące w skład rozprawy doktorskiej - wg bazy *Web of Science* - uzyskały (do dnia 10.10.2024 r.) 36 cytowań. Świadczy to bardzo pozytywnie o aktualności i znaczącej rozpoznawalności tematyki badawczej doktoranta w świecie.

Część wstępna do zasadniczej rozprawy składa się z dziewięciu krótkich rozdziałów wraz z bibliografią, oświadczeń doktoranta i promotora o współautorstwie oraz wykazie znaczących aktywności naukowych doktoranta obejmujących wykaz projektów badawczych, udziale doktoranta w konferencjach, stażach, warsztatach i szkołach naukowych oraz wykaz publikacji uwzględniających również materiały konferencyjne.

Doktorant w tej części definiuje główny cel naukowy badań jakim jest opracowanie nowej metody wyznaczenia utlenowania tkanek ( $\text{StO}_2$ ) wielowarstwowego układu kory mózgowej na różnych głębokościach przy wykorzystaniu zaawansowanej spektroskopii bliskiej podczerwieni (NIRS). Spektroskopia w obszarze bliskiej podczerwieni stanowi od lat sprawdzoną metodę badania lokalnej zawartości w tkankach utlenowanej hemoglobiny w stosunku do hemoglobiny zredukowanej (bez tlenu), co w szczególności może mieć zastosowane w monitorowaniu aktywności mózgu. W części wstępnej zabrakło jasno i wyraźnie sformułowanej **TEZY** rozprawy doktorskiej, chociaż na str. 5 doktorant przedstawia główny cel rozprawy oraz podaje pięć celów szczegółowych opisanych w cyklu czterech publikacji stanowiących rozprawę. Również warto byłoby w tej części wspomnieć o pionierskich badaniach w dziedzinie światłowodowej oksymetrii absorbcyjnej prowadzonych w kraju pod koniec lat 80. XX wieku w Instytucie Fizyki Politechniki Warszawskiej we współpracy z Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie (publikacje w *SPIE Proceedings Vol. 1085, Optical Fibres and Their Applications V, 1990*).

Pierwsza praca cyklu z 2019 roku dotyczyła odpowiedniego doboru długości fal, które zapewniałyby najniższy poziom niepewności zmian koncentracji chromoforów w tkance. Na podstawie symulacji Monte Carlo doktorant przeprowadził analizę propagacji błędu umożliwiającą obliczenie niepewności oszacowania zmian koncentracji chromoforów w 2 warstwach przy użyciu spektroskopii bliskiej podczerwieni NIRS zarówno rozdzielonej czasowo jak i ze względu na długość fali. Ostatecznie zakres 16 długości fali obejmował przedział od 650 nm do 850 nm, w odstępach co 12,5 nm. Metoda zaproponowana przez doktoranta umożliwiała określenie z możliwie najmniejszą niepewnością poziomu hemoglobiny utlenowanej oraz zredukowanej, a także – dodatkowo – oksydazy cytochromowej (enzymu COC, *cytochrome-c-oxidase*) odpowiedzialnego za metabolizm mózgowy.

Druga praca cyklu z 2020 roku dotyczyła aspektu selektywności obrazowania tkanek mózgu na różnych głębokościach w zależności od stosunku kontrastu do szumu (*contrast-to-noise ratio* CNR). Symulacje Monte Carlo modelu dwuwarstwowego były zgodne z przeprowadzonymi badaniami eksperymentalnymi fantomu. Szczególnym osiągnięciem doktoranta było opracowanie metody ilościowego porównywania i klasyfikacji różnych mierzonych wielkości, a w szczególności uwzględnienie łącznie parametru CNR oraz selektywności głębokości do określenia optymalnej separacji przestrzennej źródła i detektora. Praca ta powstała we współpracy z ośrodkiem w Berlinie (*Physikalisch-Technische Bundesanstalt*).

Kolejna, trzecia praca cyklu z 2021 roku powstała we współpracy z 3 ośrodkami: *University College London*, *University Hospital Zurich* oraz *Politecnico di Milano* (12 współautorów) i dotyczyła walidacji systemu do pomiarów utlenowania tkanek zbudowanego w IBIB PAN w porównania z komercyjnymi systemami spektroskopii bliskiej podczerwieni oraz analizatorem stężenia gazów we krwi. Szczególną rolą doktoranta było zastosowanie symulacji Monte Carlo do oceny i wytłumaczenia uzyskanych wyników badań fantomów oraz badań *in vivo* na 3 zdrowych i młodych ochotnikach.

Ostatnia, czwarta praca cyklu z 2023 roku (we współpracy z 3 ośrodkami) dotyczyła badania utlenowania specjalnie skonstruowanego dwuwarstwowego fantomu zbudowanego z krwi i tłuszczu imitującego obszar mózgu i warstw zewnętrzno-mózgowych. Doktorant przeprowadził symulacje Monte Carlo, część eksperymentalną oraz opracował metody analizy uzyskanych danych w postaci skryptu MATLABA.

W podsumowaniu stwierdzam, iż zgodnie z obowiązującą ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. Ustaw z dn. 20.01.2020 r. Poz. 85) recenzowana rozprawa doktorska pt. *“Depth-resolved assessment of tissue oxygen saturation using time-domain near infrared spectroscopy”* **stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, a przez to może stanowić podstawę uzyskania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie inżynieria biomedyczna. **W związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie mgr. Aleha Sudakou do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

Z uwagi na znaczącą rangę przedstawionego w rozprawie osiągnięcia naukowego w postaci **4 publikacji w prestiżowych czasopismach z listy JCR** (współczynnik wpływu powyżej 14) ze znaczącym wkładem **mgr. Aleha Sudakou** w ich powstanie, a w szczególności za opracowanie nowoczesnej metody oceny utlenowania tkanek z dyskryminacją głębokości stawiam wniosek o **wyróżnienie** tej rozprawy.



Warszawa, dnia 21.10.2024 r.

Prof. dr hab. inż. Tomasz R. Woliński