

Recenzja dorobku naukowego oraz rozprawy habilitacyjnej pt.

Digital signal and image processing in Jagiellonian positron emission tomography

Dr. Lecha Raczyńskiego

Dr Lech Raczyński uzyskał tytuł zawodowy inżyniera w 2005 r., a rok później magistra w zakresie inżynierii biomedycznej, na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej, na kierunku automatyka i robotyka, elektronika i telekomunikacja. Również na tym Wydziale, po obronie rozprawy „**Modelowanie widm fragmentacyjnych w zastosowaniu do identyfikacji peptydów za pomocą tandemowej spektrometrii mas**”, uzyskał 18.XII.2012 r. stopień doktora nauk technicznych w zakresie informatyki. Wszystkie trzy prace dr Lecha Raczyńskiego, dyplomowe i doktorska, zostały wyróżnione.

Prace w ramach doktoratu zostały opublikowane w dwóch monografiach oraz czasopismach:

L. Raczyński, T. Rubel, K. Zaremba, “**Neural network-based method for peptide identification in proteomics**”. *Lecture Notes in Bioinformatics* (subseries of *Lecture Notes in Computer Science*), 7339 LNBI 2012, pp 437- 444.

T. Rubel, L. Raczyński K. Zaremba, „**Metody analizy danych w badaniach proteomicznych wykorzystujących spektrometrię mas**”, *Inżynieria biomedyczna. Podstawy zastosowania*, tom 10 *Bioinformatyka*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT 2014, str. 309-342.

L. Raczyński, T. Rubel, K. Zaremba, **Proteins and Peptides Identification from MS/MS Data in Proteomics**, *Biocyber Biomed Eng* 2010, **30** (3), pp. 35–47

L. Raczyński, K. Wozniak, T. Rubel, and K. Zaremba, **Application of Density Based Clustering to Microarray Data Analysis**, *Int J Electron Commun* 2010, **56** (3), pp 281-286

Od ukończenia studiów do dziś dr Raczyński jest zatrudniony w PIT-RADWAR S.A. na stanowisku starszego projektanta, zajmując się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów w radiolokacji. W roku 2011 podjął również pracę w Narodowym Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), początkowo na stanowisku samodzielnego Informatyka w Dziale Informatyki, a od 2016 r. na stanowisku adiunkta w Departamencie Badań Układów Złożonych.

Zdobyte doświadczenia w zakresie rejestracji, przetwarzania i analizy sygnałów zaowocowały nawiązaniem w 2012 roku współpracy z grupą fizyków z Uniw. Jagiellońskiego w Krakowie przy opracowywaniu nowej generacji skanera pozytronowej tomografii emisyjnej J-PET (Jagiellonian Positron Emission Tomography). Efektem tej współpracy są liczne publikacje oraz monografia *Digital Signal and Image Processing in Jagiellonian Positron Tomography*.

1.09.2021 dr Raczyński złożył wniosek o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne. Jako osiągnięcie naukowe, będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia dr habilitowanego, wskazuje wspomnianą „monografię”. Dlaczego używam tu cudzysłowu?

Wg. rozporządzenia o ewaluacji (<https://sip.lex.pl/akty-prawne/dzu-dziennik-ustaw/ewaluacja-jakosci-dzialalnosci-naukowej-18821489>), „Monografia naukowa to recenzowana publikacja książkowa przedstawiająca określone zagadnienie naukowe w sposób **oryginalny i twórczy**”. Tymczasem, przedstawiona monografia jest opisem wyników opublikowanych w 7 artykułach habilitanta - opisem, a niekiedy ich kopią, w szczególności dotyczy to pracy *Phys. Med.* **80**, 230-242 (2020). Kopiując tekst i rysunki, dr Raczyński nie podaje odnośników literaturowych, jakkolwiek w „Preface” zaznacza: „the basis for this dissertation have been published in 7 articles [1-7] and presented at 8 conferences”. W związku z powyższym nie traktuję przedstawionego opracowania jako monografii, ale jako obszerny autoreferat. Natomiast, jeśli habilitacja jest oparta na pracach wieloautorskich, kandydat powinien przedłożyć oświadczenia współautorów określające indywidualny wkład każdego z nich w ich powstanie. W przypadku tak licznej grupy (tu nawet do 39 osób), powinien złożyć oświadczenie określające jego indywidualny wkład oraz oświadczenia kilku pierwszych autorów, dla których został złamany porządek alfabetyczny. Niestety, żadne oświadczenia nie zostały dołączone do wniosku.

Pracami stanowiącymi podstawę rozprawy habilitacyjnej, są:

[1]. Raczyński, L., Moskal, P., et al., **Novel method for hit-position reconstruction using voltage signals in plastic scintillators and its application to Positron Emission Tomography**, *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res., A*: **764**, pp. 186-192 (2014).

[2]. Raczyński, L., Moskal, P., et al. **Compressive sensing of signals generated in plastic scintillators in a novel J-PET instrument**, *j.w.* **786**, pp. 105-112 (2015).

[3]. Raczyński, L., Moskal, et al., **Application of the compress sensing theory for improvement of the TOF resolution in a novel J-PET instrument**, *Nukleonika*, **61** (1), pp. 35-39 (2016).

[4]. Raczyński, L., Wiślicki, W., et al., **Calculation of the time resolution of the J-PET tomograph using kernel density estimation** *Phys. Med. Biol.*, **62** (12), pp. 5076-5097 (2017).

[5]. Raczyński, L., Wiślicki, W., et al., **Introduction of total variation regularization into filtered backprojection algorithm**, *Acta Phys. Polon. B*, **48** (10), pp. 1611-1618 (2017).

[6]. Raczyński, L. **3D reconstruction of point-like sources in a J-PET scanner using total variation regularization**, *Acta Phys. Polon. B*, **51** (1), pp. 175-180 (2020).

[7]. Raczyński, L., Wiślicki W., et al., **3D TOF-PET image reconstruction using total variation regularization**, *Phys. Med.* **80**, pp. 230-242. (2020).

Powyższe prace¹, poświęcone algorytmom cyfrowego przetwarzania danych i rekonstrukcji obrazu, obejmują następujące zagadnienia,:

1. Metody odtwarzania impulsów czasowych z fotopowielaczy w oparciu o zarejestrowane próbki sygnału.
2. Wyznaczenie pozycji i czasu oddziaływania anihilacyjnego kwantu gamma z paskiem scyntylacyjnym.
3. Stworzenie teoretycznego modelu umożliwiającego obliczenie rozdzielczości czasowej tomografu PET.
4. Oddzielenie zdarzeń tła od przypadków nadających się do rekonstrukcji obrazu.
5. Rekonstrukcja obrazu oparta o projekcję wsteczną rejestrowanych zdarzeń z uwzględnieniem czasu przelotu kwantów gamma.

Skoro wniosek habilitacyjny został złożony w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne, autoreferat/monografia powinny być napisane w sposób zrozumiały dla fizyka. Natomiast, jeśli niezbędne jest użycie specjalistycznych określeń, należy podać ich definicje wraz z krótkim opisem. Z drugiej strony, już sam tytuł *Digital Signal....* wskazuje na to, że jest to opracowanie adresowane do osób zajmujących się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów (elektroników i informatyków). Więc może taki specjalistyczny „język”, dla mnie w znacznej części pracy niezrozumiały, nie powinien dziwić.

Zjawisku anihilacji $e-p$ oraz skanerowi J-PET dr Raczyński poświęcił raptem 12 stron, nie wspominając o pomiarach anihilacji trójkwantowej, pomimo tego że jest współautorem 6. prac poświęconych anihilacji ortho-pozytu, a dwie z nich nawet wymienia w wykazie swoich osiągnięć. Tymczasem ta nowa funkcja skanera jest na tyle interesująca, że prace na ten temat autorów P. Moskal i inni (w tym L. Raczyński) zostały opublikowane w tak renomowanych czasopismach jak *Nature Commun.* oraz *Sci. Adv.* (2021), dla których $14 < IF < 15$.

¹ wg Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 31.07.2019 r, czasopisma [1-2, 4-7] są zaliczane zarówno do dyscypliny fizyka jak i inżynieria biomedyczna

Dla mnie, fizyka teoretyka, najbardziej interesujące (bo najmniej „techniczne”) są ostatnie dwie prace [6,7], będące zwieńczeniem prowadzonych badań - demonstracją poprawności i skuteczności opracowanych algorytmów rekonstrukcji obrazu. Żeby nie odchodzić od meritum recenzji, uwagi odnośnie prezentowanych wyników załączam na oddzielnej stronie.

W wykazie osiągnięć dr Raczyński podaje liczbę prac po doktoracie ponad 50, nie wspominając o samodzielnej pracy L. Raczyński, **Reconstruction of signal in plastic scintillator of PET using Tikhonov regularization**, opublikowanej w materiałach *Annual Inter. Conf. of the IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, art. no. 7318969, pp. 2784-2787 (2015).

Wg Scopusa (stan na 16.01.2022) habilitant jest współautorem 72 artykułów, w tym 18 prac konferencyjnych, opublikowanych głównie w *Acta Phys. Polon. A*. Uwzględniając fakt, że prace w *Nukleonika* to również prace konferencyjne, pozostaje pokaźna liczba 48 prac, z czego 4 (oraz 3 konferencyjne) stanowią podstawę habilitacji oraz 44 publikacji, w których, jak sam definiuje, „mój udział sprowadzał się do poprawek redakcyjnych lub dyskusji koncepcyjnych”. W wykazie osiągnięć naukowych dr Raczyński wymienia 15 z nich.

Łącznie z pracą doktorską, dr Raczyński uczestniczył w 5. projektach naukowych (w jednym jako kierownik) o bardzo różnorodnej tematyce, a od 2017 r. do dziś jest członkiem Komitetu Sterującego projekt NCBiR „Narodowa Platforma Cybernetyczna”. Dodatkowo, habilitant ma na swoim koncie 11 wystąpień konferencyjnych i dwa wykłady w ramach Festiwalu Nauki.

Dr Raczyński odbył wiele krótkoterminowych staży naukowych na UJ w Krakowie (łącznie 4 miesiące) oraz, jako pracownik PIT-Radwar S.A., w 6. krajach Europy, uczestnicząc w dwóch projektach międzynarodowej grupy badawczej NATO-STO-SET (łącznie ok. 2,5 miesiąca).

Do tego bogatego życiorysu naukowego habilitanta należy dodać liczne nagrody i wyróżnienia, 3 przed i 4 po doktoracie oraz patent „Układ przetwarzania radiolokacyjnego, zwłaszcza do wykrywania śmigłowców”, rok 2017. Zaproponowane rozwiązanie, którego był głównym pomysłodawcą, zostało wdrożone i jest realizowane w kilku wyrobach PIT-RADWAR S.A. Ponadto, od roku 2019 dr Raczyński pełni rolę promotora pomocniczego pracy doktorskiej mgr P. Konopki „Algorytm sieci neuronowych do klasyfikacji anomalii w danych medycznych”. Algorytmom tym poświęcony jest rozdział 3.3 oraz 6.5. monografii *Digital Signal.....*

To wszystko wydaje się świadczyć o tym, że habilitant jest doskonałym specjalistą w dziedzinie rejestracji, analizy oraz cyfrowego przetwarzania danych różnorodnych sygnałów, wykonał cenne prace na rzecz budowy tomografu J-PET i może prowadzić samodzielnie badania, kierować projektami oraz pracami doktorskimi, ale? - w zakresie nauk technicznych.

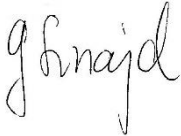
Wiadomo, że rozwój metod diagnostyki medycznej jak również terapii (szczególnie nowotworów) jest uzależniony od postępu w wielu dziedzinach nauki: od poznania mechanizmów powstawania i rozwoju nowotworów do odkryć w naukach podstawowych, rozwoju różnorodnych technologii, metod matematycznych i komputerowych. Dlatego oczywiste jest, że przy konstrukcji J-PET pracują nie tylko fizycy, ale również elektronicy oraz informatycy. Wielu fizyków może mieć znakomicie opanowane metody detekcji i przetwarzania danych, będąc doskonałymi numerykami. Jednak to jedynie ich warsztat techniczny, natomiast zasadnicza praca zasadza się na badaniu i interpretacji zjawisk fizycznych. Nawet matematycy czy fizycy, którzy dalej pracują w swoich dziedzinach, ale zajmują się głównie aplikacjami, habilitację lub profesurę składają na kierunkach technicznych.

W związku z powyższym nie mogę zaliczyć pracy dr Raczyńskiego do dyscypliny nauki fizyczne - nawet przedstawiona dysertacja jest w niewielkim stopniu „zabarwiona” fizyką. Może warto było napisać coś bardziej obszernego, nie ograniczonego do jednego konkretnego urządzenia. Coś, co miałoby rangę podręcznika, np. „Od radiolokacji do badań medycznych” (detekcja, filtracja szumów, cyfrowe przetwarzanie sygnałów i rekonstrukcja obrazów), składając wniosek habilitacyjny na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych.

Dlatego z przykrością stwierdzam, że:

rozprawa habilitacyjna jak i dorobek naukowy dr L. Raczyńskiego nie są wystarczające do ubiegania się przez Niego o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Wrocław, 20.02.2022


prof. dr habil. G. Sznajd

Do oceny jakości zrekonstruowanego obrazu użyto modelu ciała NEMA IEC body Phantom, zawierającego 4 sfery o rozmiarach od 10 do 22 mm wypełnione radiofarmaceutykiem oraz dwie większe, pozbawione radioaktywności. Model ten jest używany do kontroli tomografów PET zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC) oraz National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Następnie zasymulowano pomiary PET-TOF uwzględniając niedoskonałości aparaturowe J-PET. Do rekonstrukcji obrazu użyte zostały dwie techniki: BPTV oraz MLEM. BPTV to metoda projekcji wstecznej BP (back projection) z zastosowaniem regularyzacji bazującej na przybliżeniu maksymalnej zmienności TV (total variation). MLEM, od ang. Maximum Likelihood Estimation Method, to metoda szacowania maksymalnego prawdopodobieństwa. Wyniki zaprezentowane na rysunku 6.34 pokazują, że opracowane algorytmy rekonstrukcji odtwarzają niezwykle precyzyjny zrekonstruowany model, jakkolwiek nieco lepsza jest metoda BPTV. Argumentem przemawiającym za tą metodą jest również jej szybkość.

Dokładność wyznaczenia położenia punktu (na wybranej linii LOR), dla którego wyznaczamy czasy TOF, zależy zarówno od (1) - zdolności rozdzielczej aparatury, związanej z jej geometrią oraz odchyleniem od kolinearności kwantów gamma jak również (a w tym przypadku przede wszystkim) (2) - od dokładności odczytu czasów TOF. Gdyby nie te niedoskonałości aparaturowe i towarzyszące im niepewności pomiarowe, niczego nie musielibyśmy odtwarzać. Dlatego wydaje się interesujące zilustrowanie jak niepewności pomiarowe zniekształcają badany obraz, a dopiero potem zaprezentować wyniki rekonstrukcji. Ciekawa byłaby również demonstracja jak wyglądałyby wyniki rekonstrukcji bez pomiaru czasu TOF, tzn. jedynie w oparciu o całki liniowe wzdłuż całej linii LOR, jak w tradycyjnym PET czy tomografii komputerowej TK.

Jeśli obecne skanery TOF-PET wykrywają ogniska chorobowe o rozmiarach nawet do 3 mm, nie rozumiem dlaczego do ich testów i badań kontrolnych wykorzystuje się ciągle fantomy, gdzie najmniejszy obszar o podniesionej radioaktywności ma średnicę 10 mm. Chyba sensowne byłoby wprowadzenie do zasymulowanego modelu również obszaru mniejszego, tak jak w NIM PET/CT Phantom [Lu *et al.* *BMC Medical Imaging* 21:165 (2021)].

Być może dla osoby zajmującej się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów omawiana monografia dr Raczyńskiego jest czytelna. Dla mnie, niestety, jest wyjątkowo niezrozumiała. Szkoda, że interesująca część poświęcona algorytmom sieci neuronowych nie jest poprzedzona opisem wyjaśniającym ideę samoorganizujących się map. Brakowało mi również opisu perspektyw zastosowania tego typu procedur w oprogramowaniu skanera J-PET: czy będą użyte również do stawiania diagnozy.