



## RECENZJA

cyklu publikacji powiązanych tematycznie  
pt. *Rekonstrukcja i predykcja sygnałów magnetycznych i elektrycznych statków*  
oraz *adaptacyjna minimalizacja sygnałów magnetycznych okrętów*,  
oraz dorobku naukowego i dydaktycznego  
**dr Jarosława Tarnawskiego**  
w związku z postępowaniem  
o nadanie stopnia doktora habilitowanego  
w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika,  
elektrotechnika i technologie kosmiczne

### 1. Sylwetka habilitanta

Dr inż. Jarosław Tarnawski jest absolwentem Wydziału Elektrotechniki i Automatyki, Politechniki Gdańskiej (temat pracy magisterskiej *Symulator sterownika programowalnego GE Fanuc*) z 2000 roku. Z kolei w 2007 roku na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Metody syntezy inteligentnych adaptacyjnych regulatorów dla obiektów dynamicznych z szybkozmiennymi opóźnieniami w warunkach niepewności z zastosowaniem do sterowania jakością w sieciach dystrybucji wody* uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych nadany przez Radę Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej.

Od 2007 roku pracuje na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej początkowo na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego a od 2007 roku do dzisiaj na stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego.

### 2. Ocena osiągnięcia naukowo-badawczego

Jako osiągnięcie naukowe zatytułowane *Rekonstrukcja i predykcja sygnałów magnetycznych i elektrycznych statków oraz adaptacyjna minimalizacja sygnałów magnetycznych okrętów* przedstawiono cykl 10 powiązanych tematycznie artykułów w tym 9 opublikowanych w czasopiśmie indeksowanym w bazach *Journal Citation Reports (JCR)* ze wskaźnikami

wplywu IF z przedziału (2,7-5.6) oraz punktacją czasopism według MNiSW z przedziału (100-200. W skład osiągnięcia wchodzi następujące artykuły:

A1: Tarnawski J., Cichocki A., Rutkowski T., Buszman K., & Wołoszyn M. (2020). Improving the quality of magnetic signature reproduction by increasing flexibility of multi-dipole model structure and enriching measurement information. *IEEE Access*, 8, 19044-190462, (IF: 3.367, 100 pkt.)

A2: Tarnawski J., Buszman K., Wołoszyn M., Rutkowski T., Cichocki A., & Józwiak R. (2021). Measurement campaign and mathematical model construction for the ship zodiak magnetic signature reproduction. *Measurement*, 186, 110059, (IF: 5.131, 200 pkt)

A3: Tarnawski J., Rutkowski T., Wołoszyn M., Cichocki A., Buszman K. (2022). Magnetic signature description of ellipsoid-shape vessel using 3D multi-dipole model fitted on cardinal directions. *IEEE Access*, 10, 16906-16930, (IF: 3.9, 100 pkt.)

A4: Wołoszyn M., Buszman K., Rutkowski T., Tarnawski J., & Rodrigo Saura, J. F. (2022). An analytical four-layer horizontal electric current dipole model for analysing underwater electric potential in shallow seawater. *Scientific Reports*, 12, 8727, (IF: 4.6, 140 pkt)

A5: Wołoszyn M., Tarnawski J., & Wołoszyn J. (2023). Decomposition of the induced magnetism degaussing problem for fast determination of currents in demagnetization coils wrapped outside an object under arbitrary external field conditions. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 580, 170898, (IF: 2.7, 100 pkt)

A6: Wołoszyn M., Tarnawski J., (2023). Magnetic signature reproduction of ferromagnetic ships at arbitrary geographical position, direction and depth using a multi-dipole model. *Scientific Reports*, 13, 14601, (IF: 4.6, 140 pkt)

A7: Tarnawski J., Buszman K., Wołoszyn M., & Puchalski B., (2024). The influence of the geographic positioning system error on the quality of ship magnetic signature reproduction based on measurements in sea conditions. *Measurement*, 229, 114405, (IF: 5.6, 200 pkt)

A8: Wołoszyn M., Tarnawski J., (2024). Minimization of a ship's magnetic signature under external field conditions using a multi-dipole model. *Scientific Reports*, 14, 7864, (IF: 4.6, 140 pkt)

A 9: Zielonacki K., Tarnawski J., (2024), Neural network model of ship magnetic signature for different measurement depths, International conference on *Methods and Models in Automation and Robotics*, MMAR'2024, Międzyzdroje, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10680779>

A10: Zielonacki K., Tarnawski J., Wołoszyn M., Ship magnetic signature classification using GRU-based, recurrent neural networks, *IEEE Access*, (IF: 3.557, 100 pkt)

Główne osiągnięcie naukowe dr. inż. Jarosława Tarnawskiego koncentruje się na głębokiej analizie sygnatury magnetycznej i jej wykorzystania między innymi do detekcji statków morskich. Badania te obejmują problemy modelowania, rekonstrukcji oraz predykcji jak również demagnetyzacji i klasyfikacji sygnatur magnetycznych. Na podstawie analizy wyników naukowych przedstawionych w artykułach A1-A10 do najważniejszych osiągnięć dr inż. Jarosława Tarnawskiego zaliczam następujące:

- a) Pokazano, że dane o polu magnetycznym pochodzące z trzech ścieżek (pod kilem i pod burtami) i dwóch kursów przy idealnym określaniu pozycji i szumie pomiarowym z magnetometrów na poziomie nT pozwalają na odwzorowanie sygnatury symetrycznego obiektu z niewielkim błędem. Ponadto ustalono, że znacznie większą odporność modelu (rozumianą jako odporność na zakłócenia) uzyskuje się przy użyciu danych ze wszystkich kierunków kardynalnych (N, W, S, E).
- b) Na podstawie danych syntetycznych FEM dotyczących rozkładu całego pola magnetycznego dokonano wyznaczenia parametrów modelu multidipolowego. Z kolei badania z wykorzystaniem danych rzeczywistych i zaawansowanych analiz możliwości pochodzenia błędów ustalono, że znacznie większa degradacja jakości reprodukcji i predykcji sygnatur wynika z błędów związanych z określaniem położenia statku względem systemu pomiarowego niż tych wynikających z możliwości metrologicznych magnetometrów.
- c) Rozwój modelu multidipolowego poprzez uwolnione dipole w tym sensie, że dipole mogły przyjmować dowolną pozycję w dwóch wymiarach (na poziomie pokładu statku), a później w trzech wymiarach czyli w przestrzeni całego kadłuba i jego bliskiej okolicy. Takie uelastycznienie położenia dipoli doprowadziło do opisu z bardzo dużą dokładnością, ale skutkowało znacznym zwiększeniem liczby parametrów do wyznaczenia (wynikającego z konieczności poszukiwania wartości parametrów opisujących również położenia dipoli).
- d) Przeprowadzono obszerne badania dotyczące optymalnego wyznaczania wartości parametrów modelu multidipolowego poprzez minimalizację błędu dopasowania modelu do danych referencyjnych w sensie RMSE. W wyniku analizy algorytmów populacyjnych z punktu widzenia wybranych ich charakterystyk w badaniach wykorzystano algorytmy gradientowe typu nieliniowa metoda najmniejszych kwadratów oparte o algorytmy Trust Region Reflective i Levenberg- Marquardt . Mając na uwadze



główne słabości metod gradientowych przeanalizowano efekt różnych warunków początkowych i problem utykania optymalizatora w minimach lokalnych.

- e) Wykorzystanie technik regularyzacji Ridge i Lasso w procedurze optymalizacji nałożonych na momenty magnetyczne umożliwiło dobór struktury modelu w sensie wyznaczenia liczby parametrów jak również redukcję zbędnych dipoli. Przeprowadzono analizę doboru hiperparametru dla regularyzacji i jego wpływu na jakość modelu.
- f) Wykazanie możliwości skalowania sygnatury magnetycznej wyznaczonej w jednym położeniu geograficznym do innego położenia. Możliwość taka wynika z własności modelu multidipolowego, w którym przy odpowiednio zróżnicowanych danych wejściowych można uzyskać odseparowanie części indukowanej i stałej. Przeprowadzone badania symulacyjne tego samego statku w warunkach różnych wartości pola zewnętrznego (mającego różne wartości w różnych położeniach na Ziemi) potwierdziły, że wszędzie tam, gdzie możliwe było wyznaczenie składowej pionowej momentu magnetycznego wszystkich permanentnych dipoli taka predykcja była efektywna.
- g) Opracowanie i analiza cech neuronowego modelu obejmująca jego krzepkość, czyli odporność na dane zawierające błędy jak również możliwości rekonstrukcji sygnatur magnetycznych pod kilem statku na jednym kierunku geograficznym, ale na wielu głębokościach. Pewną trudnością w zastosowaniach modelu neuronowego jest wymóg posiadania dużego zbioru danych uczących aby można było uzyskać pożądaną dokładność rekonstrukcji sygnatur.
- h) Zaproponowano rozwiązanie problemu demagnetyzacji całego okrętu poprzez wprowadzenie do kadłuba statku cewki o położeniu wzdłużnym, pionowym i poprzecznym. Dzięki wydzieleniu wpływu prądu każdej cewki na sygnaturę okrętu obliczenia przeprowadzane są niemal natychmiastowo a stopień redukcji sygnatury był zadowalający. Zaproponowana koncepcja adaptacyjnej minimalizacji sygnatury magnetycznej statku wymaga użycia modelu (multidipolowego lub neuronowego) zapewniającego możliwość predykcji znanej, pomierzonej sygnatury na dowolny kurs, głębokość i położenie geograficzne.
- i) Zaproponowano określanie stopnia zgodności analizowanej sygnatury z sygnaturą wzorcową z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych do modelowania sygnatur. Taka analiza dała możliwość oceny stopnia zgodności sygnatur jest zagadnieniem budowy modelu i jego uproszczania bez istotnego wpływu na sygnaturę

Ponadto należy podkreślić, że dr. inż. Jarosław Tarnawski posiada również ciekawe i ważne osiągnięcia uzupełniające w zakresie komputerowych systemów sterowania dotyczące implementacji zaawansowanych algorytmów sterowania oraz optymalizacji w sterownikach programowalnych. Wyniki tych badań zostały opublikowane w dwóch czasopismach z listy JCR takich jak *International Journal of Control Automation and Systems*, (Vol. 22, iss. 6 (2024), s.1846-1855, Impact Factor: 2.5, punkty MNiSW 100), *IEEE Access*, (10, 10597-10617, Impact Factor: 3.9, punkty MNiSW 100). jak również w czasopismach technicznych (*Pomiary - Automatyka – Robotyka*), w *Zeszytach Naukowych Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, oraz w materiałach *International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)* 2016 i 2017. Posiada również pewne osiągnięcia w obszarze systemów środowiskowych (wodnych i ściekowych), które zostały opublikowane między innymi w materiałach *World Water & Environmental Resources Congress*, (Philadelphia, USA, 2003). Inny obszar Jego badań dotyczył energetyki jądrowej w ramach którego odbył staż naukowy w National Institute for Nuclear Science and Technology), French Atomic Energy and Alternative Energies Commission), w 2015 roku oraz brał udział projekcie NCBiR w ramach Programu Strategicznego pt. *Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej* (2012-2014). Był też współautorem kilku publikacji między innymi w pracach zbiorowych wydawnictwa *Springer*, Akademickiej Oficyny Wydawniczej EXIT czy w branżowych czasopismach technicznych jak *Acta Energetica*.

Podsumowując dobrze oceniam osiągnięcia naukowo-techniczne habilitanta w zakresie modelowania i predykowania sygnatur pól fizycznych związanych z obiektami morskimi z zastosowaniem nowoczesnych metod i narzędzi automatyki oraz uczenia maszynowego.

**Uważam, że przedstawione w dziewięciu powiązanych tematycznie artykułach opublikowanych w czasopismach z bazy JCR oraz w jednym referacie opublikowanym w materiałach międzynarodowej konferencji osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład teoretyczny i praktyczny w rozwój dyscypliny. Ponadto zestaw tych prac naukowych spełnia wymagania ustawowe stawiane rozprawom habilitacyjnym w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne.**

### 3. Ocena aktywności naukowej i dydaktycznej

Poza pracami wskazanymi w osiągnięciu naukowym dr. inż. Jarosław Tarnawski jest współautorem wielu prac naukowo-technicznych opublikowanych w czasopismach naukowych, naukowo-technicznych, w pracach zbiorowych ważnych wydawnictw oraz w materiałach konferencji międzynarodowych i krajowych których znaczenie częściowo omówiłem w poprzedniej części recenzji.

Należy odnotować i podkreślić, że swoje badania częściowo prowadził w ramach kilku projektów badawczych jako członek zespołu, w tym w projekcie finansowanym przez European Defence Agency pt. *Signature response analysis on multi influence sensors II (SIRAMIS II)*, (2018-2021) realizowanym przez konsorcjum partnerów europejskich. Brał też udział w projekcie pt. *Demonstrator technologii systemu wykrywania obiektów podwodnych z platform powietrznych poprzez zastosowanie układu różnicowego w metodzie magnetometrycznej* (2012-2019) jak również w projekcie finansowanym przez NCBiR (2012-2014). W latach wcześniejszych brał udział w projektach finansowanych przez KBN, realizowanych w ramach 5 Ramowego Programu Unii Europejskiej, czy w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego dla Województwa Pomorskiego na lata 2007-2013. Był też kierownikiem dużego projektu inwestycyjnego dotyczącego modernizacji i odnowienia bazy laboratorium *Komputerowych Systemów Sterowania* na Politechnice Gdańskiej oraz rozwoju możliwości dydaktycznych i naukowych realizowanych zarówno przez pracowników jak i studentów.

Ogółem dr inż. Jarosław Tarnawski jest autorem 3 publikacji recenzowanych a współautorem 32, w tym 11 indeksowanych w bazie JCR. Pośrednio oceną znaczenia i wartości opublikowanego dorobku naukowego dr. inż. Jarosława Tarnawskiego są wskaźniki bibliometryczne, które przedstawiają się następująco: wg bazy *Web of Sciences*: H=6, liczba cytowań 82/46, wg bazy *Scopus*: H=8, liczba cytowań: 129/83; a wg bazy *Google Scholar*: H=9, liczba cytowań: 184. Są to wskaźniki na dobrym akceptowalnym poziomie średnim w odniesieniu do reprezentowanej dyscypliny.

Należy odnotować również dobrą współpracę międzynarodową, którą dr inż. Jarosław Tarnawski rozpoczął w 2015 roku stażem naukowym *Training and Internship Programme on Nuclear Energy* w INSTN/CEA Saclay/Paris 05.10.2015 - 28.11.2015 koordynowany przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska. Ważną i efektywną współpracę międzynarodową prowadził w ramach projektu badawczego finansowanego przez European Defence Agency SIRAMIS II pt. *Signature response analysis on multi influence sensors (SIRAMIS II)* w latach 2019-2021, gdzie partnerami były instytucje naukowo-badawcze z Danii, Norwegii i Niemiec. Politechnika

Gdańska występowała jako partner Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Aktualnie trwają prace nad uruchomieniem projektu badawczego SIRAMIS III (*Signature management countering multi-influence underwater sensorsThreats* III), w którym dr inż. Jarosław Tarnawski pełni roli kierownika projektu na Politechnice Gdańskiej.

Dr inż. Jarosław Tarnawski wykazał się również dobrą aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni czego przykładem jest regularna systemowa współpraca badawcza z Akademią Marynarki Wojennej. Rezultatem współpracy są między innymi wspólne opracowanie 5 publikacji z bazy JCR oraz udział w projekcie SIRAMIS II i wspólne prace nad opracowaniem kolejnego wniosku projektu SIRAMIS III.

W ramach działalności dydaktycznej realizowanej głównie na Politechnice Gdańskiej prowadził wykłady i ćwiczenia na kierunku *Automatyka, Robotyka i Systemy Sterowania* takie jak np. *Komputerowe systemy sterowania* czy *Komputerowe systemy sterowania i wspomagania decyzji*. W 2024 otrzymał ważną nagrodę *Pioniera Wydziału* przyznaną przez studentów. W latach (2007-2020) otrzymał 6 nagród Rektora głównie za działalność dydaktyczną. Był promotorem 72 prac inżynierskich i 43 prac magisterskich. Ponadto jest promotorem pomocniczym jednej pracy doktorskiej (mgr inż. Tomasz Karla). Brał udział w wielu edycjach programów popularyzujących naukę takich jak np. *Bałtycki Festiwal Nauki*, czy *Dziewczyny na Politechnikę*. Brał także aktywny udział w popularyzacji energetyki jądrowej koordynowanej przez Ministerstwa Klimatu i Środowiska pod hasłem *Poznaj atom* realizując zajęcia w latach (2018–2023). Brał też udział wraz z wieloma uczelniami w Polsce w projekcie koordynowanym przez Politechnikę Wrocławską i Fundację Manus pt. *3P – Programowanie Przemysłu Przyszłości*.

#### **4. Podsumowanie**

**Mając na uwadze przedłożony przez dr. inż. Jarosława Tarnawskiego cykl 10 publikacji powiązanych tematycznie oraz przedstawione w nich osiągnięcia naukowe w postaci opracowanych oryginalnych metod i algorytmów modelowania i predykowania sygnatur pól fizycznych związanych z obiektami morskimi z zastosowaniem nowoczesnych metod i narzędzi automatyki oraz uczenia maszynowego, udział w realizacji międzynarodowego projektu jak również w wielu projektów badawczych finansowanych przez NCBiR, jak również prowadzoną współpracę międzynarodową z europejskimi zespołami badawczymi oraz aktywność dydaktyczną wraz z popularyzacją nauki w tym szczególnie systemów sterowania i energetyki jądrowej dobrze oceniam cały ten dorobek naukowo-badawczy**



oraz dydaktyczny. Uważam, że dr inż. Jarosław Tarnawski spełnia wszystkie warunki i wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego a Jego dorobek naukowy stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny *Automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne* w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Wnioskuje o dopuszczenie dr. inż. Jarosława Tarnawskiego do dalszego etapu procesu habilitacyjnego.

