

dr hab. inż. Piotr Słobodzan, prof. uczelni
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Katedra Telekomunikacji i Teleinformatyki
Politechnika Wrocławska
Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, 05 czerwca 2026 r.

Recenzja osiągnięcia naukowego pana dr inż. Marka W. Rupniewskiego

I. Podstawa recenzji

Podstawą recenzji jest decyzja Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej z dnia 24 marca 2026 r., na mocy której zostałem powołany w skład komisji habilitacyjnej jako recenzent w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja wszczętym na wniosek pana dr inż. Marka Rupniewskiego. O powołaniu do komisji zostałem poinformowany pismem z dnia 8 kwietnia br. przesłanym przez przewodniczącą Rady Naukowej Dyscypliny, pana prof. dr hab. inż. Jarosława Arabasa.

Niniejsza recenzja została opracowana w oparciu o zapisy art. 219 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” oraz przy uwzględnieniu dobrych praktyk opisanych przez Radę Doskonałości Naukowej (RDN) w poradnikach udostępnionych w zasobach internetowych RDN (data dostępu: 04.05.2026 r.).

II. Informacja o habilitancie

Pan dr inż. Marek Rupniewski jest zatrudniony od 2003 roku w Instytucie Systemów Elektronicznych przy wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Tytuł zawodowy magistra inżyniera elektroniki w specjalności inżynieria komputerowa uzyskał w tej samej uczelni w roku 2002. Rok później, w 2003 r. uzyskał tytuł zawodowy magistra matematyki nadany przez Uniwersytet Warszawski (Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki). Stopień naukowy doktora nauk matematycznych uzyskał w 2009 r. w Instytucie Matematycznym Polskiej Akademii Nauk w oparciu o rozprawę doktorską pt. „Geometria dystrybucji afinicznych parzystego rzędu i ich krzywe osobliwe”.

Osiągnięcia naukowe przedstawione do oceny w postępowaniu habilitacyjnym są związane z dziedziną nauk inżynieryjno-technicznych, z dyscypliną informatyka techniczna i telekomunikacja.

W ramach obowiązków służbowych Kandydat zajmuje się dydaktyką i badaniami naukowymi

prowadzonymi w Zakładzie Teorii Obwodów i Sygnałów na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Jego prace badawcze dotyczą metod i algorytmów przetwarzania sygnałów stosowanych/występujących w telekomunikacji, a w szczególności w radiolokacji i radionawigacji.

III. Ocena osiągnięcia naukowego

Pan dr inż. Marek Rupniewski przedstawił do oceny osiągnięcie naukowe z obszaru cyfrowego przetwarzania sygnałów dotyczące, ogólnie rzecz ujmując, zastosowania wybranych metod rozwiązywania problemów odwrotnych do rekonstrukcji sygnałów oraz estymacji parametrów systemów sensorycznych i ich kalibracji.

Osiągnięcie składa się z cyklu powiązanych tematycznie **10** publikacji, w tym: **4** artykułów opublikowanych w międzynarodowych czasopismach indeksowanych w bazie ISI JCR (prace [3], [6], [9] i [10]) oraz **6** prac opublikowanych w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych (prace [1], [2], [4], [5], [7] i [8]). Główne wyniki osiągnięcia naukowego zostały opublikowane w renomowanych czasopismach naukowych, takich jak:

- IEEE Signal Processing Letters (2 publikacje),
- IET Signal Processing (1 publikacja),
- Measurement (1 publikacja),

oraz w materiałach uznanych konferencji międzynarodowych, np. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* i *IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)*.

Tematyka wymienionych czasopism w pełni pokrywa się z tematyką osiągnięcia. Czasopisma mają wysoki indeks IF i wysoką punktację wg. obowiązującego wykazu czasopism, ogłoszonego przez Ministra Edukacji i Nauki (od 70 pkt. do 200 pkt.). Praca [1] w przedstawionym cyklu została opublikowana przed rokiem 2019 w materiałach konferencyjnych, których nie znalazłem w wykazie czasopism ogłoszonym przez MNiSW i obowiązującym w latach 2013-2016 (części A, B i C). Fakt ten nie wpłynął na moją ocenę osiągnięcia Kandydata z powodu małego znaczenia wymienionej pracy.

Wszystkie wymieniony powyżej czasopisma i konferencje są dobrze znane w środowisku naukowym i mają zasięg międzynarodowy. Są one w pełni reprezentatywne dla obszaru badań związanego z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów. Prace składające się na osiągnięcie naukowe spełniają ustawowe wymagania bibliometryczne.

Wszystkie prace w cyklu są jedno autorskie, a wobec tego wkład własny Kandydata w tych pracach nie podlega ocenie.

Charakterystyka obszaru badawczego związanego z osiągnięciem naukowym

Przedstawiony cykl publikacji opisuje metody i algorytmy przetwarzania sygnałów oparte na rozwiązywaniu problemów odwrotnych formułowanych na różne sposoby. Z tego punktu widzenia cykl prac jest tematycznie powiązany. Jednak w cyklu dominują wyraźnie prace dotyczące rekonstrukcji sygnałów okresowych oraz powtarzalnych na podstawie losowo

rejestrowanych krótkich ciągów próbek (tej tematyki dotyczy 8 z 10 publikacji w cyklu). Uznaję zatem, że zakres tematyczny cyklu wpisuje się głównie w nurt badawczy związany z grupą metod próbkowania i odtwarzania sygnałów okresowych i powtarzalnych na podstawie zbioru próbek uzyskiwanych za pomocą próbkowania nierównomiernego w czasie równoważnym.

Badania nad metodami tego typu zostały zapoczątkowane na przełomie lat 60. i 70. ubiegłego wieku. Obecnie widać wyraźny podział wymienionego nurtu na metody próbkowania oszczędnego i nadmiarowego oraz związanie z nimi metody rekonstrukcji sygnałów. Prace w obu obszarach trwają już ponad ćwierć wieku. Osiągnięcie naukowe Kandydata lokuje się w drugim z wymienionych obszarów, który obejmuje metody wykorzystywane do rozwiązywania problemów klasyfikowanych jako (w jęz. ang.) „*Multi-Reference Alignment (MRA)*”. Ogólnie rzecz ujmując, metody tego typu wykorzystują redundancję informacji w zbiorze próbek sygnału, które zostały zarejestrowane w różnych chwilach czasu podczas wielu powtórzeń przetwarzanego sygnału. Problem rekonstrukcji sygnału rozwiązuje się w tym przypadku np. metodami estymacji statystycznej, analizy widmowej z wykorzystaniem reprezentacji w podprzestrzeniach liniowych, metodami optymalizacji stosowanej do rozwiązywania zagadnień odwrotnych, metodami spektralnymi, metodami opartymi na estymacji charakterystyk sygnału inwariantnych względem przesunięcia cyklicznego oraz metodami uczenia maszynowego. Klasyczne podejście (jedno z najstarszych) bazuje na różnych odmianach tzw. algorytmu EM (*ang. Expectation-Maximization*). Obecnie istnieje wiele nowszych i efektywniejszych podejść. Przykładem prac dobrze prezentujących stan wiedzy w opisanym obszarze badań są publikacje: E. Abbe, T. Bendory, W. Leeb, J. M. Pereira, N. Sharon and A. Singer, "Multireference Alignment Is Easier With an Aperiodic Translation Distribution," in *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 65, no. 6, pp. 3565-3584, June 2019 oraz T. Bendory, A. Jaffe, W. Leeb, N. Sharon, A. Singer, „Super-resolution multi-reference alignment,” *Information and Inference: A Journal of the IMA*, Volume 11, Issue 2, June 2022, pp. 533–555.

Ocena osiągnięć Habilitanta w świetle stanu wiedzy

Przedstawione do oceny osiągnięcie zostało zaprezentowane w postaci monotematycznego cyklu publikacji z obszaru badawczego scharakteryzowanego powyżej.

Na początek skupię się na analizie nowości/unikalności problemu sformułowanego i rozwiązanego w przedstawionych publikacjach. Pan dr inż. Rupniewski pokazał, że w przypadku sygnałów okresowych o okresie T oraz powtarzalnych sygnałów impulsowych możliwa jest ich rekonstrukcja w oparciu o zbiór krótkich, równolicznych i równomiernych ciągów próbek rejestrowanych podczas wielu powtórzeń sygnału, przy czym ([2]-[3], [5]-[6], [8]-[9]):

- a) wystarczy, że ciągi te składają się z 2 lub 3 próbek,
- b) w każdym ciągu próbki są rozłożone równomiernie z odstępem czasu τ , który musi spełniać odpowiednie warunki (np. $\tau < T/2$ dla sygnałów okresowych);
- c) chwile początkowe t_k pobierania ciągów próbek są losowe i mają rozkład $U(0, T]$;
- d) liczba zgromadzonych ciągów próbek musi być duża, tzn. od kilkudziesięciu do nawet kilkuset w zależności od cech sygnału.

Dodatkowo, Kandydat pokazał, że w przypadku powtarzalnych sygnałów impulsowych odstęp chwil próbkowania τ oraz struktura czasowa sygnału muszą spełniać dodatkowe warunki (praca [6]). Widmo częstotliwościowe próbkowanych sygnałów nie musi być ograniczone.

Metody odtwarzania sygnałów okresowych w oparciu o ciągi próbek pobieranych według tej samej zasady, ale z pewnymi różnicami, są znane od prawie dwóch dekad. Jako przykład można tu przytoczyć pracę *P. Vandewalle, L. Sbaiz, J. Vandewalle and M. Vetterli, "Super-Resolution From Unregistered and Totally Aliased Signals Using Subspace Methods," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 55, no. 7, pp. 3687-3703, July 2007*, która wydaje się rozwiązywać bardzo podobny problem. Autorzy tej pracy również założyli, że zbiór próbek wykorzystywany do rekonstrukcji sygnału okresowego składa się z losowo pobieranych skończonych i równomiernych ciągów próbek. Jednak ze względu na warunki stabilności rozwiązania zagadnienia odwrotnego do rekonstrukcji sygnału potrzebna jest mała liczba ciągów próbek (np. 3 ciągi), ale każdy z nich musi zawierać co najmniej kilkadziesiąt próbek (od 25 do 45 próbek). Autorzy wymienionej pracy nie przeanalizowali zbiorów próbek o innej strukturze. W literaturze przedmiotu **nie znalazłem innych prac naukowych**, które dotyczą rekonstrukcji sygnałów okresowych oraz powtarzalnych sygnałów impulsowych na podstawie ciągów próbek o strukturze opisanej w pkt. od a) do d). Podjęcie przez Kandydata tak sformułowanego problemu uważam za zasadne. Obecnie w obszarze telekomunikacji, automatyki, motoryzacji i tym podobnych obszarach, wykorzystuje się sygnały, które można próbować właśnie wg. takiego schematu. Uznaję zatem, że problem badawczy sformułowany przez kandydata jest nowy w świetle obecnego stanu wiedzy, a jego rozwiązanie można traktować jako znaczący wkład w rozwój dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

Jeśli idzie o sposób rozwiązania przez Kandydata problemu opisanego powyżej, to w tym przypadku również znajduję pewne elementy nowości. Pan dr inż. Rupniewski zaproponował metodę rozwiązania, która bazuje, ogólnie rzecz ujmując, na dopasowaniu założonego rozkładu prawdopodobieństwa do zbioru próbek sygnału reprezentowanego w przestrzeni fazowej, tj. przestrzeni stanów zarejestrowanego szeregu czasowego. Kolejne kroki metody obejmują:

- a) rekonstrukcję przestrzeni fazowej (przestrzeni stanów) na podstawie zarejestrowanego zbioru próbek, przy czym zakłada się, że odtworzona przestrzeń fazowa jest przestrzenią euklidesową (w pracach Kandydata ma ona zwykle wymiar 2 lub 3);
- b) wyznaczenie trajektorii w postaci krzywych płaskich lub przestrzennych (zamkniętych w przypadku sygnałów okresowych) w przestrzeni fazowej generowanych przez zbiór próbek sygnału, co w obecności szumu wymaga odtworzenia trajektorii z chmury punktów położonych w jej otoczeniu (patrz praca [1]);
- c) analizę probabilistyczną lub algebraiczną rozkładu prawdopodobieństwa indukowanego na trajektorii w przestrzeni fazowej.

W oparciu o kroki a) – c) Kandydat opracowuje estymator okresu T rekonstruowanego sygnału oraz estymator odtwarzający przebieg sygnału w czasie. Opisana metoda została zaproponowana przez Kandydata w pracy [2]. W kolejnych pracach, tj. [3], [5]-[6], [8]-[9], Kandydat zbadał podstawowe własności tej metody oraz zaproponował inne postaci estymatorów. Z kolei

w pracy [4] opisał implementację układową (wraz z procedurami kalibracji) przetwornika analogowo-cyfrowego, który umożliwia próbkowanie sygnałów okresowych według zaproponowanego przez niego schematu. W ocenianych pracach zostało zastosowane rygorystyczne podejście do sformułowania problemu, jego dogłębna analiza oraz rygorystyczne rozwiązanie, oparte na licznych twierdzeniach i ich dowodach. Z tego punktu widzenia cykl ocenianych publikacji reprezentuje wysoki poziom naukowy, zgodny z obowiązującymi standardami.

Z kolei same metody matematyczne zastosowane przez Kandydata w pkt. od a) do c) są klasyczne i dobrze znane. Istnieje wiele opracowań naukowych (artykułów i książek) poświęconych każdej z metod, czego Kandydat nie ukrywa i w swoich pracach przytacza stosowną w tym zakresie bibliografię. W mojej ocenie **zaproponowana w cyklu publikacji metoda rozwiązania problemu** rekonstrukcji sygnałów okresowych oraz powtarzalnych sygnałów impulsowych **wyróżnia się na tle obecnego stanu wiedzy. Znamiona nowości nosi podejście do rozwiązania problemu** rekonstrukcji sygnału, tzn. połączenie kroków od a) do c). W literaturze przedmiotu nie znalazłem podobnego podejścia do cyfrowego przetwarzania sygnałów. Stosowane obecnie metody rozwiązywania problemów klasy MRA bazują głównie na (podana poniżej lista jest w mojej opinii wystarczająco reprezentatywna):

- zastosowaniu algorytmu EM (*ang. Expectation-Maximization*), który w kolejnych iteracjach estymuje rozkład chwil t_k pobierania ciągów próbek i rekonstruuje sygnał – jest to jedno z najstarszych i najprostszych podejść;
- analizie statystycznej typu MLE (*ang. Maximum Likelihood Estimation*), w której estymuje się parametry odtwarzanego sygnału za pomocą odpowiednio skonstruowanego zagadnienia optymalizacyjnego;
- analizie widmowej połączonej z metodami algebraicznymi, w której zakłada się fourierską reprezentację odtwarzanego sygnału i metodami algebraicznymi (za pomocą rozwiązań równań macierzowych) estymuje się chwile t_k pobierania ciągów próbek i wyznacza współczynniki szeregu Fouriera przyjętego do aproksymacji sygnału;
- estymacji tensora momentów sygnału, niezmienniczego względem przesunięcia cyklicznego, w której wykorzystuje się na przykład kombinacje wielu gaussowskich rozkładów prawdopodobieństwa – obecnie metoda ta stanowi jeden z głównych nurtów w rozwiązywaniu problemów typu MRA (patrz np. praca A. Perry, J. Weed, A. Bandeira, P. Rigollet, A. Singer, „*The Sample Complexity of Multireference Alignment*,” *SIAM Journal on Mathematics of Data Science*, 2019 1:3, 497-517).

Wymienione powyżej metody, za wyjątkiem pierwszej, są bardziej złożone od podejścia zaproponowanego przez Kandydata. Podejście pana dr inż. Rupniewskiego jest koncepcyjnie proste i oparte na prostych metodach matematycznych. Nie oznacza to wcale, w mojej ocenie, że jest ono z tego powodu gorsze. Podczas praktycznej implementacji algorytmów za pomocą konkretnych rozwiązań układowych i tak na koniec docenia się najbardziej prostotę rozwiązania – zbyt złożone algorytmy są często trudne i bardzo kosztowne w implementacji.

Kandydat wiarygodnie wykazał, że jego podejście jest skuteczne i gwarantuje rekonstrukcję sygnału z określoną dokładnością, mierzoną za pomocą błędu średniokwadratowego (*ang.*

RMSE), i że błąd ten maleje proporcjonalnie do odwrotności pierwiastka z liczby zarejestrowanych impulsów sygnału. Z kolei w pracy [5] Kandydat pokazał, że zaproponowane przez niego podejście jest również efektywne w przypadku próbek zniekształconych szumem.

Dla pełnej oceny osiągnięć Kandydata muszę również wspomnieć o słabych stronach przedłożonych do oceny prac. Zaliczam do nich przede wszystkim:

- a) brak pogłębionej analizy wpływu szumu/zakłóceń na proces rekonstrukcji sygnału – uważam, że analiza przeprowadzona w pracy [5] jest zbyt uproszczona, a jej wyniki nie zostały przedstawione zgodnie z ogólnie przyjętymi standardami, a mianowicie, Kandydat nie ocenia wpływu stosunku S/N w zarejestrowanym zbiorze próbek sygnału na stosunek S/N w odtworzonym sygnale; badania eksperymentalne opiera na szumie kwantyzacji aparatury pomiarowej zamiast na układach pomiarowych z profesjonalnymi źródłami szumu, w których stosunek S/N może być zadany dowolnie;
- b) przeprowadzone badania powinny również uwzględniać bardziej rzetelne oszacowanie zależności liczby obserwacji sygnału (liczby ciągów próbek) od stosunku S/N w odtworzonym sygnale (*ang. sample complexity*), co jest od dawna standardem w ocenie metod rekonstrukcji sygnałów;
- c) stosowanie do oceny odtworzonych sygnałów wyłącznie wartości skutecznej różnicy pomiędzy sygnałem wzorcowym a odtworzonym (*ang. RMSE*) – wskaźnik ten skaluje się liniowo z amplitudą sygnałów i może być wykorzystywany jedynie do oceny wzrostu lub spadku różnicy pomiędzy dwoma wielkościami (typowe zastosowanie w zagadnieniach optymalizacji); ocenę odtworzonego sygnału w odniesieniu do wzorca należało przeprowadzić w oparciu o porównanie momentów zwykłych, momentów centralnych, analizę funkcji korelacji wzajemnej lub innych bardziej złożonych charakterystyk;
- d) brak analizy widmowej zrekonstruowanych sygnałów – w żadnej z prac w ocenianym cyklu Kandydat nie analizuje widma sygnału odtworzonego z próbek; analiza widma zrekonstruowanych sygnałów i na przykład ocena wpływu liczby obserwacji sygnału (liczy ciągów próbek) na poszczególne zakresy widma jest obecnie standardem w tym obszarze badań (literatura przedmiotu pokazuje, że w wielu przypadkach interpretacja widma umożliwia znaczne zwiększenie efektywności algorytmów rekonstrukcji sygnałów – patrz prace wymienione powyżej);
- e) brak porównania wyników rekonstrukcji sygnałów z wynikami uzyskanymi za pomocą innych znanych metod – w żadnej z ocenianych prac Kandydat nie podejmuje próby takiego porównania, choć jest to jedna z powszechnie przyjętych metod oceny nowych rozwiązań.

Powyższa lista pokazuje, że warsztat merytoryczny Kandydata wykazuje jeszcze pewne braki, które w mojej ocenie obniżają wartość merytoryczną jego osiągnięć. Niemniej jednak uważam, że **przedstawione do oceny osiągnięcie przyczynia się w znacznym stopniu do rozwoju uprawianej przez Kandydata dyscypliny**. Według mojej najlepszej wiedzy, żadna z dotychczas opisanych w literaturze metod odtwarzania sygnałów okresowych oraz powtarzalnych sygnałów impulsowych nie wykorzystuje podejścia/rozwiązania zaproponowanego przez Kandydata.

Na koniec odniosę się krótko do prac [7] i [9] wchodzących w skład ocenianego cyklu publikacji. Co prawda wymienione prace nie dotyczą zagadnień związanych z technikami próbkowania i odtwarzania sygnałów, ale bez wątpienia są umiejscowione w obszarze związanym z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów. Podobnie jak w pozostałych pracach Kandydat również rozwiązuje postawiony problem za pomocą podejścia probabilistyczno-geometrycznego – problem dotyczy kalibracji układów jednoosiowych czujników wielkości wektorowych wykorzystywanych w nawigacji. Wymienione prace demonstrują, że metody opracowane przez Kandydata mają szersze zastosowanie, a jego warsztat naukowy jest obszerniejszy. Ugruntowuje to dodatkowo moją opinię wyrażoną w poprzednim akapicie.

Wniosek końcowy

Podsumowując ocenę materiałów zawartych we wniosku pana dr inż. Rupniewskiego o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego stwierdzam, że:

- przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe jest cyklem powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w czasopismach naukowych i w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, spełniających wymagania ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”;
- przedstawione osiągnięcie naukowe **stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.**

Biorąc powyższe pod uwagę uważam wniosek Kandydata o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja jest zasadny.



Załącznik do recenzji

Ocena pozostałych elementów dorobku naukowego
pana dr inż. Marka W. Rupniewskiego

I. Dane naukometryczne dorobku Habilitanta

Sumaryczny współczynnik Impact Factor - 19.5
Sumaryczna punktacja MEiN - 1122
Łączna liczba cytowań - 1036 (Scopus)
Liczba cytowani prac z osiągnięcia naukow. - 36 (Scopus)
Indeks Hirscha - 5 (Scopus)

Zdecydowana większość dorobku wpływająca na wartość powyższych wskaźników została zgromadzona w okresie po uzyskaniu doktoratu. Powyższe osiągnięcia wystarczają do tego, aby Habilitant mógł się ubiegać o stopień doktora habilitowanego.

II. Informacja o liczbie publikacji naukowych Habilitanta

Monografie - 0
Rozdziały w monografiach - 1 (po doktoracie)
Liczba publikacji w czasopismach indeksowanych
(z indeksem IF i/lub punktacją MEiN) – ok. 15 (po doktoracie)

Zdecydowana większość dorobku wpływająca na powyższe wskaźniki została zgromadzona w okresie po uzyskaniu doktoratu. Powyższe osiągnięcia są wystarczające, aby Habilitant mógł się ubiegać o stopień doktora habilitowanego.

III. Informacja o aktywności naukowej Habilitanta

Udział w projektach badawczych (NCN, NCBiR itp.) - 10 (wykonawca lub główny wykonawca)
Dodatkowo, w ramach rozpowszechniania wyników badań Habilitant przedstawił osobiście **10** prezentacji na sesjach plenarnych i plakatowych na konferencjach krajowych i międzynarodowych.

Habilitant wykazuje istotną aktywność naukową i w mojej opinii jest gotowy do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Ocenione powyżej elementy oraz pozostałe osiągnięcia zamieszczone w wykazie osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej, **są wystarczające do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.**

