

Dr hab. inż. Rafał Zdunek, prof. uczelni
Katedra Teorii Pola, Układów Elektronicznych
i Optoelektroniki (K35W12ND02)
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów (W12N)
Politechnika Wrocławska
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław

Wrocław, 3 czerwca 2026r.

Recenzja osiągnięć naukowych dr. inż. Marka Wojciecha Rupniewskiego w postępowaniu habilitacyjnym

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została przygotowana w związku z Uchwałą nr 186/2026 Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej z dnia 24 marca 2026 r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Markowi Wojciechowi Rupniewskiemu w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Na mocy wskazanej uchwały zostałem powołany w skład komisji habilitacyjnej do pełnienia funkcji recenzenta.

Podstawę merytorycznej oceny stanowiły dokumenty przekazane w toku postępowania, w szczególności: wniosek o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, autoreferat, wykaz osiągnięć naukowych, analiza naukometryczna oraz pełne teksty dziesięciu publikacji wskazanych jako cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych stanowiących główne osiągnięcie habilitacyjne.

Przedmiotem zasadniczej oceny jest osiągnięcie naukowe, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, przedstawione jako cykl dziesięciu jednoautorskich publikacji poświęconych probabilistyczno-geometrycznym i algebraicznym metodom rekonstrukcji sygnałów, próbkowania nieregularnego oraz kalibracji systemów sensorowych.

2. Sylwetka naukowa Habilitanta

Dr inż. Marek Wojciech Rupniewski uzyskał stopień doktora nauk matematycznych w 2009 r. w Instytucie Matematycznym Polskiej Akademii Nauk na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Geometria dystrybucji afinicznych parzystego rzędu i ich krzywe osobliwe*. Wcześniej uzyskał tytuł zawodowy magistra matematyki na Uniwersytecie Warszawskim, tytuł zawodowy magistra inżyniera elektroniki na Politechnice Warszawskiej oraz tytuł zawodowy licencjata matematyki na Uniwersytecie Warszawskim.

Dotychczasowa ścieżka naukowa Habilitanta łączy solidne przygotowanie matematyczne z kompetencjami inżynierskimi w zakresie elektroniki, przetwarzania sygnałów, systemów pomiarowych i systemów sensorowych. Od 2003 r. Habilitant jest związany z Instytutem Systemów Elektronicznych Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Profil jego badań obejmuje w szczególności cyfrowe przetwarzanie sygnałów, problemy odwrotne, nieregularne próbkowanie, rekonstrukcję sygnałów z krótkich lub niepełnych obserwacji, analizę geometryczną danych pomiarowych, estymację parametrów oraz kalibrację systemów wieloczuJNIKOWYCH.

Tak określony profil badawczy jest zgodny z dyscypliną informatyka techniczna i telekomunikacja. Obejmuje on zarówno aspekt algorytmiczny i obliczeniowy, jak i aspekt systemowy oraz pomiarowy. Szczególnie istotne jest to, że Habilitant nie ogranicza się do stosowania standardowych metod przetwarzania sygnałów, lecz proponuje własną klasę metod opartych na geometrycznej interpretacji krótkich obserwacji sygnału jako punktów w przestrzeni wielowymiarowej.

3. Charakterystyka głównego osiągnięcia naukowego

Jako główne osiągnięcie naukowe Habilitant wskazał cykl dziesięciu jednoautorskich publikacji:

- [1] Marek W. Rupniewski, *Curve Reconstruction from Noisy and Unordered Samples*, ICPRAM 2014.
- [2] Marek W. Rupniewski, *Triggerless Random Interleaved Sampling*, ICASSP 2020.
- [3] Marek W. Rupniewski, *Reconstruction of Periodic Signals from Asynchronous Trains of Samples*, *IEEE Signal Processing Letters*, 2021.
- [4] Marek W. Rupniewski, *TRISH — a Triggerless Random Interleaved Sampling Hardware*, Signal Processing Symposium, 2021.
- [5] Marek W. Rupniewski, *Super-resolution of Periodic Signals from Short Sequences of Samples*, ICASSP 2021.
- [6] Marek W. Rupniewski, *Period and Signal Reconstruction from the Curve of Trains*

- of Samples, *IET Signal Processing*, 2022.
- [7] Marek W. Rupniewski, *Statistical Reconstruction of Pulse Shapes from Pulse Streams*, IEEE Statistical Signal Processing Workshop, 2023.
 - [8] Marek W. Rupniewski, *Reconstruction of Recurring Pulses from Distribution of Short Sequences of Samples*, *IEEE Signal Processing Letters*, 2024.
 - [9] Marek W. Rupniewski, *PCA-aided Calibration of Systems Comprising Multiple Unbiased Sensors*, IEEE Statistical Signal Processing Workshop, 2023.
 - [10] Marek W. Rupniewski, *SVD Calibration of Inertial Sensors*, *Measurement*, 2025.

Wszystkie publikacje wchodzące w skład cyklu są jednoautorskie. Ten fakt ma zasadnicze znaczenie dla oceny indywidualnego wkładu Habilitanta. W odniesieniu do głównego osiągnięcia nie zachodzi problem rozdzielania wkładu między współautorów; odpowiedzialność za sformułowanie problemów badawczych, opracowanie metod, analizę matematyczną, przygotowanie algorytmów, eksperymenty oraz interpretację wyników należy przypisać Habilitantowi.

4. Ocena głównego osiągnięcia naukowego

4.1. Analiza merytoryczna publikacji tworzących osiągnięcie

Praca [1] (*ICPRAM 2014*) ma charakter metodologicznie inicjujący. Autor podejmuje problem rekonstrukcji krzywej łamanej z chmury punktów, gdy próbki są nieuporządkowane i zaszumione. Punkty węzłowe tej łamanej są iteracyjnie modyfikowane przez etapy ewolucji, decymacji i porządkowania. Istotną rolę w tym procesie pełnią lokalne sąsiedztwa typu Voronoi ograniczone promieniem R , który działa jako parametr skali rekonstrukcji i wpływa zarówno na stopień uśredniania szumu, jak i na rozdzielczość uzyskanej łamanej.

Mocną stroną jest prosta konstrukcja metody oraz możliwość stosowania jej do krzywych otwartych i zamkniętych w przestrzeniach różnych wymiarów. W kontekście cyklu publikacja wprowadza narzędzie potrzebne później do analizy krótkich ciągów próbek jako punktów na krzywej. Słabszą stroną jest głównie heurystyczny charakter: brak pełnej analizy zbieżności, stabilności i złożoności, zależność od parametru R dobieranego heurystycznie oraz ograniczona walidacja. Praca nie jest najmocniejszym elementem osiągnięcia, ale ustanawia ważny sposób myślenia: wydobywanie informacji z geometrii zbioru obserwacji.

Praca [2] (*ICASSP 2020*) jest pierwszą zasadniczą publikacją cyklu dotyczącą rekonstrukcji sygnałów okresowych. Habilitant formułuje koncepcję metody TRIS (ang. *triggerless random interleaved sampling*), czyli rekonstrukcji sygnału z wielu krótkich ciągów próbek bez znajomości ich przesunięć czasowych i bez sygnału wyzwalającego.

W klasycznym podejściu typu "*random interleaved sampling*" kluczowa jest znajomość opóźnień względem sygnału wyzwalającego. Habilitant proponuje inne ujęcie: rezygnuje z triggera i wykorzystuje rozkład prawdopodobieństwa krótkich sekwencji próbek.

Nowatorstwo pracy nie polega na samym traktowaniu krótkich sekwencji próbek jako punktów w przestrzeni wielowymiarowej, bowiem jest to zagadnienie znane z prac Packarda i Takensa z lat 1980 i 1981 jako osadzenie opóźnień (ang. *time-delay embedding*), lecz na powiązaniu tej reprezentacji z losowym próbkowaniem bez triggera oraz z rekonstrukcją sygnału okresowego o nieznanym okresie. Mocną stroną jest oryginalne przeformułowanie problemu synchronizacji próbek w zadanie geometryczno-probabilistyczne. Ograniczenia są jednak istotne: metoda wymaga równomiernego rozkładu chwil początkowych w okresie, braku samoprzecięć krzywej krótkich ciągów próbek, niezanikania pochodnej jej parametryzacji i zasadniczo idealnych danych. Walidacja ma charakter głównie symulacyjny. Niezależnie od powyższych uwag publikację tę należy uznać za jeden z filarów osiągnięcia.

Praca [3] (*IEEE Signal Processing Letters*, 2021) rozwija poprzednią koncepcję i wzmacnia ją matematycznie. Autor osłabia założenia regularnościowe, eliminując wymóg istnienia i nieznikania pochodnej odwzorowania, którego obrazem jest krzywa krótkich ciągów próbek. Ważnym elementem jest wykorzystanie funkcji kwantylowej rozkładu punktów na krzywej, co upraszcza wcześniejszą reparametryzację opartą na równaniu całkowym i prowadzi do estymatora sygnału dla skończonej liczby obserwacji.

Najmocniejszą stroną tej publikacji jest dowód zgodności asymptotycznej estymatora okresu i sygnału. W porównaniu z pracą konferencyjną z 2020 r. jest to istotny postęp: metoda nie jest już tylko konstrukcją algorytmiczną, lecz otrzymuje wyraźne uzasadnienie probabilistyczno-statystyczne. Ograniczeniem pozostaje idealizowany model bez zakłóceń pomiarowych oraz wymóg dobrego pokrycia krzywej i braku jej samoprzecięć. Publikację należy zaliczyć do najmocniejszych elementów cyklu.

Praca [4] (*SPSymposium 2021*) ma charakter inżynierski i systemowy. Autor przedstawia demonstrator sprzętowy metody TRIS. Badany sygnał jest rozdzielany na kilka równoległych torów pomiarowych z przetwornikami analogowo-cyfrowymi, a próbki tworzące jedną krótką sekwencję są rejestrowane w kolejnych torach z kontrolowanymi opóźnieniami czasowymi. Pozwala to uzyskać wymagane ciągi próbek bez użycia jednego bardzo szybkiego przetwornika.

Znaczenie tej pracy polega na pokazaniu, że koncepcja teoretyczna może zostać przetestowana w rzeczywistym układzie pomiarowym. Szczególnie istotna jest procedura kalibracji obejmująca redukcję offsetów, wyrównanie wzmocnień i kompensację opóźnień między torami, ponieważ niewielkie błędy międzykanałowe mogą zniekształcić geometrię chmury punktów. Praca nie ma dużej głębi matematycznej i ma charakter demonstracyjny, ale wzmacnia aplikacyjny wymiar cyklu.

Praca [5] (*ICASSP 2021*) rozszerza wcześniejsze podejście na przypadek zaszumio-

nych próbek. W obecności szumu krótkie ciągi próbek nie leżą dokładnie na krzywej, lecz tworzą chmurę punktów wokół niej. Algorytm obejmuje aproksymację krzywej z tej chmury, estymację gęstości wzdłuż krzywej oraz rekonstrukcję sygnału i okresu z wykorzystaniem zmodyfikowanej procedury znanej z wcześniejszych prac.

Mocną stroną publikacji jest przejście od modelu teoretycznego do danych skończonych i zakłóconych. Autor pokazuje możliwość uzyskania efektu nadrozdzielczości, tj. rekonstrukcji informacji o sygnale przy odstępach próbkowania stosunkowo dużym względem okresu sygnału. Ograniczenia obejmują wąski zakres eksperymentów, brak szerokiego porównania z alternatywnymi metodami oraz zależność wyniku od jakości rekonstrukcji krzywej i estymacji gęstości. Walidacja dotyczy głównie szumu pomiarowego o niewielkiej skali, porównywalnej z krokiem kwantyzacji, natomiast nie wykazano odporności na szumy impulsowe, ciężkoogonowe i o rozkładach niesymetrycznych. Publikacja jest jednak ważnym ogniwem cyklu, ponieważ przybliża główną ideę do warunków rzeczywistych pomiarów.

Praca [6] (*IET Signal Processing, 2022*) jest jednym z najważniejszych teoretycznych elementów osiągnięcia. W odróżnieniu od wcześniejszych prac opartych na rozkładzie punktów na krzywej, Autor pokazuje, że okres sygnału można wyznaczyć z geometrii zamkniętej krzywej krótkich ciągów próbek, wykorzystując liczbę obrotu Poincarégo odwzorowania indukowanego przez przesunięcie ciągu o jeden odstęp próbkowania. Wielkość ta opisuje, jak kolejne przesunięcia przemieszczają punkt po krzywej, i pozwala powiązać jej geometrię z okresem sygnału. Dla zdefiniowania tego odwzorowania pojedynczy ciąg musi zatem zawierać dostatecznie dużo informacji; w najprostszym przypadku z ciągu trójelementowego tworzy się parę próbek oraz jej obraz po przesunięciu.

Mocną stroną pracy jest oryginalne powiązanie przetwarzania sygnałów z teorią układów dynamicznych, topologią jednowymiarową i geometrią krzywych. Autor pokazuje także, że sama krzywa wyznacza sygnał z dokładnością do przesunięcia czasowego, jeśli stosunek odstepu próbkowania do okresu sygnału jest niewymierny, oraz podaje kontrprzykład pokazujący konieczność tego założenia. Zaletą jest to, że do estymacji okresu nie jest potrzebny równomierny rozkład chwil początkowych ani gęstość na krzywej. Należy jednak zauważyć, że modelowy charakter teorii wyznacza istotne warunki stosowalności metody: wymagana jest odpowiednia struktura krzywej, brak samoprzecięć i brak bezpośredniego ujęcia szumu. Mimo to jest to jedna z najbardziej wartościowych publikacji cyklu.

Praca [7] (*IEEE Statistical Signal Processing Workshop, 2023*) przenosi metodologię probabilistyczno-geometryczną z sygnałów okresowych na sygnały impulsowe. Habilitant rozważa strumień powtarzających się impulsów i problem rekonstrukcji kształtu pojedynczego impulsu z krótkich ciągów próbek. Nie zakłada znajomości kształtu impulsu, modelu parametrycznego ani rzadkiej reprezentacji w ustalonej bazie.

Główna wartość pracy polega na pokazaniu, że powtarzalność impulsu można wykorzystać statystycznie: krótkie ciągi próbek układają się na krzywej, a ich rozkład

zawiera informację o kształcie impulsu. Wartością publikacji jest otwarcie nowego obszaru zastosowań, m.in. dla pomiarów impulsowo-echowych i zdarzeniowych. Jednocześnie metoda wymaga odpowiedniej separacji kolejnych impulsów, tak aby krótki ciąg próbek nie obejmował fragmentów dwóch różnych impulsów. Metoda pozostaje również uwarunkowana regularnością krzywej tworzonej przez ciąg próbek, dostatecznie gęstym pokryciem danych oraz faktem, że walidacja ma głównie charakter symulacyjny. Jest to jednak praca konferencyjna i etap pośredni, ale ważny dla rozszerzenia głównej idei poza sygnały okresowe.

Praca [8] (*IEEE Signal Processing Letters, 2024*) jest dojrzałym rozwinięciem poprzedniej publikacji dotyczącej rekonstrukcji sygnałów impulsowych. Autor modyfikuje algorytm: zamiast pełnej krzywej tworzonej przez wszystkie niezerowe ciągi próbek wykorzystuje odpowiednio dobraną część środkową, natomiast obserwacje położone na skrajnych osiach służą głównie do estymacji długości impulsu. Dzięki temu warunki rekonstrukcji są mniej restrykcyjne, a metoda obejmuje szerszą klasę kształtów impulsów.

Najważniejszą zaletą publikacji jest rzeczywiste uogólnienie wersji konferencyjnej. Nowy algorytm może działać w przypadkach, w których pełna krzywa używana wcześniej ma samoprzecięcia. Wyniki symulacyjne wskazują, że mediana oraz rozstęp międzykwartylowy błędu RMSE maleją wraz ze wzrostem liczby powtórzeń impulsu w analizowanym strumieniu. Należy jednak zauważyć, że metoda nadal wymaga selektywnego wykorzystania danych, poprawnego rozpoznania struktury krzywej oraz dalszego dopracowania odporności na silniejsze zakłócenia. Publikację należy ocenić wysoko, ponieważ pokazuje możliwość zastosowania metodologii Habilitanta do rekonstrukcji powtarzających się sygnałów impulsowych.

Praca [9] (*IEEE Statistical Signal Processing Workshop, 2023*) różni się tematycznie od głównego nurtu prac o rekonstrukcji sygnałów z krótkich obserwacji, ponieważ dotyczy kalibracji systemów wieloczuJNIKOWYCH. Związek z wcześniejszym dorobkiem ma charakter metodologiczny: Autor ponownie wykorzystuje ukrytą strukturę geometryczną danych pomiarowych do identyfikacji nieznanYCH parametrów. W modelu idealnym odczyty wielu czujników tworzą punkty w przestrzeni, której wymiar odpowiada liczbie czujników, przy czym punkty te leżą w podprzestrzeni o wymiarze równym wymiarowi mierzonej wielkości wektorowej.

Habilitant proponuje algorytm kalibracji oparty na PCA dla układów nieobciążonych czujników jednoosiowych mierzących rzuty tej samej wielkości wektorowej o stałej normie. Mocną stroną pracy jest algebraiczne przeformułowanie problemu zwykle rozwiązywanego przez iteracyjną minimalizację nieliniową. Słabszą stroną jest założenie braku biasu albo konieczność jego wcześniejszego usunięcia, naturalna niejednoznaczność orientacji i skali oraz brak walidacji na rzeczywistym układzie. Praca ma charakter poboczny, ale pokazuje szerszą użyteczność podejścia geometryczno-algebraicznego w metrologii i przetwarzaniu

danych pomiarowych.

Praca [10] (*Measurement*, 2025) jest najbardziej dojrzałym wynikiem w nurcie kalibracji systemów wieloczujnikowych. Habilitant rozwija wcześniejsze podejście, usuwając ważne ograniczenie związane z brakiem biasu. Proponowana metoda wykorzystuje rozkład SVD oraz uogólnione zadanie wartości własnych i pozwala wyznaczać przesunięcia zerowe, współczynniki skali oraz względne orientacje osi pomiarowych czujników inercyjnych bez znajomości rzeczywistych pozycji kalibracyjnych.

Mocną stroną pracy jest nieiteracyjny charakter procedury, ograniczający zależność od inicjalizacji i od arbitralnych ustawień algorytmów optymalizacyjnych. W porównaniu z wcześniejszą publikacją kalibracyjną jest to rozwiązanie pełniejsze: obejmuje bardziej realistyczny model pomiarowy, dowód poprawności, analizę identyfikowalności, warunki minimalnej liczby pozycji kalibracyjnych oraz omówienie stabilności numerycznej. Walidacja obejmuje eksperymenty numeryczne, przykład kalibracji kompasu cyfrowego oraz testy na danych rzeczywistych. Udostępniono również implementację w MATLABie. Ograniczenia dotyczą przyjętego modelu, wymagania zróżnicowanych pozycji pomiarowych oraz efektów praktycznych nieobjętych w pełni analizą, takich jak dryft temperaturowy czy nieliniowości czujników. Publikację należy ocenić bardzo wysoko jako najbardziej dopracowany wynik w części dorobku dotyczącej kalibracji i przetwarzania danych z systemów pomiarowych.

Po analizie pełnych tekstów publikacji stwierdzam, że cykl jest spójny metodologicznie, natomiast jego spójność tematyczna ma charakter szeroki i obejmuje kilka klas problemów z zakresu przetwarzania danych pomiarowych. Jego wspólnym rdzeniem jest traktowanie krótkich sekwencji próbek lub odczytów sensorowych jako punktów w przestrzeni euklidesowej oraz wykorzystywanie geometrii tych punktów, ich rozkładów prawdopodobieństwa albo niskowymiarowej struktury algebraicznej do rekonstrukcji sygnałów, estymacji parametrów lub kalibracji systemów pomiarowych. W tym sensie główne osiągnięcie można syntetycznie określić jako cykl prac dotyczących probabilistyczno-geometrycznych i algebraicznych metod rekonstrukcji sygnałów oraz kalibracji systemów sensorowych na podstawie krótkich, asynchronicznych lub niepełnych obserwacji.

Najmocniejsze merytorycznie elementy cyklu to publikacje [3], [6], [8] i [10]. Zawierają one najbardziej dojrzałe wyniki teoretyczne lub algorytmiczne i zostały opublikowane w rozpoznawalnych czasopismach. Jednocześnie nie wszystkie publikacje konferencyjne wchodzące w skład cyklu należy traktować z jednakową wagą. Szczególnie należy odnotować dwie prace opublikowane w materiałach konferencji ICASSP [2], [5], jednej z najbardziej prestiżowych i rozpoznawalnych konferencji światowych w zakresie przetwarzania sygnałów. Pozostałe publikacje konferencyjne pełnią przede wszystkim funkcję rozwojową: wprowadzają koncepcje, pokazują kolejne zastosowania oraz dokumentują przejście od teorii do implementacji i demonstracji sprzętowej.

4.2. Ocena wkładu Habilitanta w rozwój dyscypliny

W mojej ocenie przedstawiony cykl stanowi istotny, a w rozumieniu wymagań habilitacyjnych znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Wkład ten nie ma charakteru szeroko rozpowszechnionego standardu przemysłowego, lecz jest oryginalnym, samodzielnym i spójnym osiągnięciem specjalistycznym z zakresu przetwarzania sygnałów, nieregularnego próbkowania, rekonstrukcji informacji z krótkich i nieuporządkowanych obserwacji oraz kalibracji systemów sensorowych.

Za uznaniem osiągnięcia za znaczące przemawiają następujące argumenty:

- Cykl wnosi do dyscypliny przede wszystkim specjalistyczny wkład metodyczny: pokazuje, że w problemach rekonstrukcji sygnałów można efektywnie wykorzystywać geometrię i rozkłady krótkich, asynchronicznych sekwencji próbek. Rozszerza to aparat metod rekonstrukcji poza klasyczne modele oparte na długich, uporządkowanych przebiegach czasowych.
- Wkład Habilitanta dotyczy podstawowych problemów przetwarzania i akwizycji sygnałów: identyfikacji okresu, rekonstrukcji kształtu sygnału, estymacji na podstawie danych skończonych i zaszumionych oraz rekonstrukcji powtarzających się impulsów. Są to zagadnienia istotne dla systemów pomiarowych, sensorowych, radarowych i telekomunikacyjnych, a więc mieszczące się bezpośrednio w obszarze dyscypliny.
- Osiągnięcie łączy poziom teoretyczny, algorytmiczny i inżynierski. Obok formalnych wyników dotyczących jednoznaczności rekonstrukcji, zgodności estymatorów i wykorzystania liczby obrotu Poincarégo, Habilitant proponuje konkretne procedury obliczeniowe oraz pokazuje ich zastosowanie w demonstratorze TRISH i w problemach kalibracji układów wieloczujnikowych. Wartość cyklu polega więc nie tylko na oryginalności formalnej, lecz także na rozwijaniu metod możliwych do wykorzystania w rzeczywistych systemach przetwarzania sygnałów.

4.3. Słabe strony i ograniczenia osiągnięcia

Pomimo pozytywnej oceny przedstawionego cyklu należy wskazać kilka słabszych stron osiągnięcia.

- Wiele wyników opiera się na dość silnych założeniach modelowych. W pracach dotyczących rekonstrukcji sygnałów okresowych i impulsowych istotne są m.in. założenia o odpowiednim rozkładzie chwil początkowych krótkich ciągów próbek, braku samoprzecięć rozważanych krzywych, znajomości odstępów próbkowania, separacji impulsów oraz dostatecznie gęstym pokryciu krzywej przez dane. W części wyników pojawiają się także warunki regularnościowe lub warunki arytmetyczne, np. dotyczące relacji między maksymalnym odstępem próbkowania a okresem sygnału, nawet w przypadku

estymacji okresu sygnału. Założenia te są matematycznie uzasadnione, ale zawężają zakres bezpośredniej stosowalności metod.

- Część rezultatów ma charakter wyraźnie modelowy. Jest to wartość z punktu widzenia formalnego, ponieważ Habilitant nie ogranicza się do heurystycznych algorytmów, lecz formułuje twierdzenia o jednoznaczności, zgodności estymatorów i własnościach geometrycznych danych. Jednocześnie nie wszystkie te wyniki zostały przeniesione na przypadki silnie zaszumionych pomiarów, błędów modelu, niestacjonarności, nierównomiernego rozkładu próbek lub bardziej złożonych zakłóceń występujących w rzeczywistych systemach pomiarowych.
- Walidacja eksperymentalna jest nierówna. Najmocniejsze prace czasopismowe zawierają solidniejsze uzasadnienie teoretyczne i algorytmiczne, natomiast część publikacji konferencyjnych ma charakter przede wszystkim symulacyjny, wprowadzający lub demonstracyjny. W wielu przypadkach pokazano potencjał metod, ale zakres porównań z konkurencyjnymi rozwiązaniami, liczba rzeczywistych zbiorów danych oraz analiza odporności na różne klasy zakłóceń pozostają ograniczone.
- Cykl jest spójny przede wszystkim metodologicznie, ale pewne zastrzeżenia budzi włączenie do osiągnięcia dwóch prac dotyczących kalibracji systemów sensorowych. Publikacje te są wartościowe i mieszczą się w szeroko rozumianym obszarze przetwarzania danych pomiarowych, jednak są słabiej powiązane z główną linią cyklu, skoncentrowaną na rekonstrukcji sygnałów z krótkich, asynchronicznych ciągów próbek. W rezultacie wzmacniają one dorobek Habilitanta od strony algebraiczno-inżynierskiej, ale jednocześnie nieco osłabiają jednorodność tematyczną osiągnięcia jako zwartego cyklu publikacji.
- Słabszą stroną osiągnięcia jest nierównomierna waga publikacji wchodzących w skład cyklu. Część prac konferencyjnych pełni funkcję wprowadzenia, wersji wstępnej lub demonstracji koncepcji, które następnie zostały rozwinięte w bardziej dojrzałych publikacjach czasopismowych. W rezultacie, po pominięciu prac o charakterze etapowym albo po potraktowaniu ich łącznie z późniejszymi rozwinięciami, rzeczywisty rdzeń osiągnięcia jest wyraźnie węższy niż sugerowałaby sama liczba dziesięciu publikacji.
- Oddziaływanie bibliometryczne cyklu jest umiarkowane. Nie traktuję tego jako argumentu dyskwalifikującego, ponieważ tematyka jest specjalistyczna, prace są jednoautorskie, a część publikacji jest stosunkowo nowa. Należy jednak odnotować, że wpływ środowiskowy osiągnięcia nie ma jeszcze skali właściwej metodom szeroko zaadaptowanym przez dużą społeczność badawczą lub przemysłową.

Wskazane słabsze strony nie podważają zasadniczo pozytywnej oceny osiągnięcia. Pokazują natomiast, że wkład Habilitanta należy oceniać jako oryginalny, specjalistyczny i samodzielny, ale nie jako powszechnie wdrożoną technologię ani metodę o bardzo szerokim

oddziaływaniu bibliometrycznym. Największa wartość cyklu leży w spójnej metodologii, formalnym opracowaniu wybranych problemów rekonstrukcji sygnałów oraz w rozwijaniu geometrycznego spojrzenia na dane pomiarowe.

5. Ocena pozostałego dorobku naukowego Habilitanta

Poza dziesięcioma publikacjami wskazanymi jako główne osiągnięcie habilitacyjne Habilitant wykazał dodatkowy dorobek publikacyjny obejmujący 11 artykułów niewchodzących w skład cyklu, w tym 7 prac czasopismowych (w tym 5 z listy JCR) i 4 publikacje konferencyjne. Dorobek ten uzupełnia również jeden rozdział w monografii naukowej oraz udział redakcyjny w przygotowaniu materiałów konferencyjnych *Proceedings of the 2025 IEEE Radar Conference (RadarConf'25)*.

Tematycznie pozostałe publikacje obejmują kilka powiązanych, lecz niejednorodnych obszarów: systemy radarowe, cyfrowe przetwarzanie sygnałów, systemy wbudowane, techniki pomiarowe, czujniki, zastosowanie sztucznych sieci neuronowych oraz matematyczne podstawy teorii układów dynamicznych i sterowania. Wśród prac aplikacyjnych można wskazać m.in. publikacje dotyczące nieinwazyjnego pomiaru ciśnienia wewnątrzczaszkowego z wykorzystaniem autoenkodera, detekcji obiektów w radarze dwupasowym, przetwarzania danych w radarze FMCW, wzajemnej lokalizacji nadajników i odbiorników, heterogenicznego systemu GPU/FPGA do przetwarzania sygnałów radarowych oraz modelowania odpowiedzi przepływomierza ugięcia wiązki. Prace te potwierdzają praktyczny, inżynierski profil istotnej części dorobku Habilitanta.

Osobną grupę stanowią publikacje z zakresu matematycznych podstaw teorii układów, w szczególności dotyczące układów kontrolno-afinicznych, bifurkacji i osobliwości. Ten nurt wiąże się z wcześniejszym etapem kariery Habilitanta i z tematyką jego doktoratu, ale równocześnie pokazuje dobre przygotowanie teoretyczne, widoczne później w sposobie formułowania problemów rekonstrukcji sygnałów, wykorzystaniu geometrii krzywych, algebry liniowej i teorii układów dynamicznych.

Pozostały dorobek naukowy nie tworzy drugiego, równie spójnego cyklu badawczego jak osiągnięcie główne. Ma raczej charakter uzupełniający i dokumentuje szerokie kompetencje Habilitanta w obszarach istotnych dla dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. W mojej ocenie dorobek ten należy ocenić pozytywnie: nie stanowi on samodzielnej podstawy do uznania spełnienia przesłanki znacznego wkładu w rozwój dyscypliny, ale wzmacnia ocenę głównego osiągnięcia i potwierdza zdolność Habilitanta do łączenia aparatu matematycznego z problemami rzeczywistych systemów pomiarowych, radarowych i sensorowych.

6. Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji

Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, osoba ubiegająca się o nadanie stopnia doktora habilitowanego powinna wykazywać się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej. Należy przy tym zauważyć, że przepis ten nie precyzuje, czy oceniana aktywność powinna dotyczyć wyłącznie okresu po uzyskaniu stopnia doktora, jak długie powinny być pobyty w innych instytucjach, ani czy ich rezultatem muszą być wspólne publikacje naukowe. Z tego względu ocena tej przesłanki wymaga interpretacji jakościowej, uwzględniającej zarówno charakter, jak i udokumentowane efekty wskazanej aktywności.

Na podstawie przedstawionej dokumentacji można stwierdzić, że Habilitant wykazał aktywność wykraczającą poza macierzystą jednostkę, tj. Politechnikę Warszawską. W dokumentacji wskazano staż naukowy w Laboratoire de Mathématiques INSA w Rouen we Francji, realizowany w ramach stypendium Marie Curie Fellowship w 2005 r. Rezultatem tej współpracy były wspólne publikacje z prof. Witoldem Respondkiem. Należy jednak zaznaczyć, że aktywność ta przypadała na wcześniejszy etap kariery Habilitanta, przed uzyskaniem stopnia doktora, dlatego ma ona znaczenie uzupełniające, a nie rozstrzygające dla oceny obecnego dorobku habilitacyjnego.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant kontynuował kontakty międzynarodowe, w szczególności poprzez współpracę z Beibu Gulf University w Qinzhou w Chinach. Wykazano wielokrotne pobyty Habilitanta w tej uczelni w latach 2018, 2023, 2024 i 2025 w ramach współpracy między Politechniką Warszawską a Beibu Gulf University. Habilitant uczestniczył również jako konsultant w projekcie *Bilingual Teaching Curriculum Construction Project of Beibu Gulf University – Circuit Principles*, realizowanym w latach 2018–2020. Z przedstawionej dokumentacji wynika jednak, że aktywność ta miała przede wszystkim charakter dydaktyczno-programowy. Nie wskazano także czasu trwania poszczególnych pobytów w instytucji zagranicznej ani nie podano, czy ich rezultatem były wspólne publikacje naukowe powstałe po uzyskaniu stopnia doktora. Ogranicza to siłę tego argumentu przy ocenie przesłanki ustawowej dotyczącej istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji.

W mojej ocenie przedstawione informacje potwierdzają, że Habilitant prowadził aktywność poza macierzystą uczelnią, w tym we współpracy z instytucjami zagranicznymi. Aktywność ta ma charakter rzeczywisty, jednak jej zakres oraz udokumentowane efekty naukowe po uzyskaniu stopnia doktora są ograniczone. Jest to zatem najsłabiej udokumentowany element wniosku habilitacyjnego. Jednocześnie, wobec braku ustawowego doprecyzowania minimalnych wymagań dotyczących czasu trwania, charakteru i rezultatów

takiej aktywności, nie znajduję podstaw do jednoznacznego stwierdzenia, że przesłanka z art. 219 ust. 1 pkt 3 nie została spełniona.

Uwzględniając całość przedstawionej dokumentacji, uznaję, że Habilitant spełnia przesłankę określoną w art. 219 ust. 1 pkt 3 ustawy, choć spełnienie to należy ocenić jako umiarkowane i znajdujące się raczej na granicy akceptowalności niż jako wyraźnie silny element dorobku.

7. Ocena działalności badawczej, rozwojowej, organizacyjnej i dydaktycznej Habilitanta

W zakresie działalności badawczo-rozwojowej na uwagę zasługuje udział Habilitanta w licznych projektach badawczych i rozwojowych związanych głównie z technologiami radarowymi, systemami antenowymi, przetwarzaniem sygnałów, transmisją szerokopasmową oraz nawigacją inercyjną. W dokumentacji wskazano pełnienie funkcji kierownika projektu *SDR-Based Fully Polarimetric AESA Radar (PORTAL)*, finansowanego przez European Defence Agency i realizowanego w latach 2025–2028. Habilitant był również wykonawcą w projektach finansowanych przez MNiSW, NCBR i European Defence Agency, obejmujących m.in. demonstratory radarów przeciwlotniczych, radar wielopasmowy o podwyższonej odporności na zakłócenia, radar wielofunkcyjny dla zestawu WISŁA, algorytmy i oprogramowanie dla radaru ZDPSR SOŁA, moduł inercyjnej nawigacji zliczeniowej NAVIMU, technologię transmisji TETRAGON oraz projekty HYPOTENUSE i NAVISAR. Zakres tych prac wskazuje na znaczące doświadczenie Habilitanta w realizacji złożonych projektów technicznych o charakterze zespołowym i aplikacyjnym.

Istotny jest również wymiar wdrożeniowy i ekspercki działalności Habilitanta. W wykazie osiągnięć podano współudział w opracowaniu, zaprojektowaniu i wykonaniu systemu przetwarzania sygnałów dla radaru MTD, wdrożonego do produkcji w Centrum Naukowo-Produkcyjnym Elektroniki Profesjonalnej RADWAR. Ponadto Habilitant wykonał ekspertyzy dotyczące analizy matematycznej algorytmów fuzji w wielomodowym radarze pasywno-aktywnym oraz analizy zniekształceń dla szerokopasmowego radaru SAR-AESA. Potwierdza to, że jego kompetencje były wykorzystywane nie tylko w działalności publikacyjnej, lecz także w praktycznych problemach zaawansowanych systemów pomiarowych i radarowych.

Pozytywnie należy ocenić także aktywność organizacyjną Habilitanta. Pełnił funkcję członka komitetu programowego *Signal Processing Symposium* w 2021 r., a także przewodniczącego ds. publikacji podczas *IEEE Radar Conference* w 2025 r. oraz *International Radar Symposium* w 2026 r. Wykazał również aktywność recenzencką dla czasopism i konferencji z obszaru przetwarzania sygnałów, systemów pomiarowych i technologii radarowych.

Aktywność ta potwierdza rozpoznawalność Habilitanta w środowisku naukowo-technicznym związanym z jego głównym profilem badawczym.

W zakresie działalności dydaktycznej Habilitant wykazał promotorstwo 18 prac dyplomowych, w tym 17 prac inżynierskich i jednej pracy magisterskiej. Jest to dorobek raczej przeciętny, lecz potwierdzający systematyczne zaangażowanie Habilitanta w kształcenie studentów. Na korzyść Habilitanta przemawiają natomiast dwie zespołowe nagrody I stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia dydaktyczne, związane z opracowaniem i wdrożeniem koncepcji modernizacji laboratoriów z teorii obwodów i sygnałów. Ponadto Habilitant uzyskał Medal Komisji Edukacji Narodowej, Srebrny Medal za Długoletnią Służbę oraz certyfikat PRINCE2 Foundation w zakresie zarządzania projektami.

Podsumowując, udział Habilitanta w projektach badawczych i rozwojowych oraz jego działalność wdrożeniową, ekspercką i organizacyjną oceniam pozytywnie. Elementy te potwierdzają doświadczenie w realizacji złożonych prac technicznych z zakresu systemów radarowych, przetwarzania sygnałów i nawigacji inercyjnej. Działalność dydaktyczną oceniam bardziej umiarkowanie: liczba wypromowanych prac nie jest duża, choć na korzyść Habilitanta przemawiają nagrody dydaktyczne oraz udział w modernizacji laboratoriów.

8. Dane naukometryczne

Według przedstawionej dokumentacji całkowity Impact Factor dorobku Habilitanta wynosi 19,5, w tym 14,4 dla publikacji wchodzących w skład cyklu habilitacyjnego. Łączna punktacja ministerialna wszystkich publikacji wynosi 1122 punkty, z czego 675 punktów przypada na publikacje stanowiące główne osiągnięcie. Liczba cytowań wynosi 64 według Web of Science, 88 według Google Scholar oraz 71 według Scopus, natomiast po odjęciu autocytowań odpowiednio 40, 62 i 45. Indeks Hirscha wynosi 4 według Web of Science, 6 według Google Scholar oraz 5 według Scopus.

Dane te traktuję jako pomocnicze. Sumaryczny Impact Factor oraz liczba punktów ministerialnych nie budzą zastrzeżeń. Liczba cytowań oraz indeks Hirscha nie są natomiast wysokie, co częściowo można wyjaśnić tym, że główne osiągnięcie obejmuje przede wszystkim prace opublikowane w ostatnich sześciu latach, które mogły jeszcze nie uzyskać pełnej rozpoznawalności w środowisku naukowym. Należy również podkreślić, że wskaźniki naukometryczne nie mogą stanowić podstawowego kryterium oceny w postępowaniu habilitacyjnym. Uwzględniając powyższe, dorobek Habilitanta w tym zakresie oceniam pozytywnie.

9. Podsumowanie

Po analizie dokumentacji oraz publikacji wchodzących w skład cyklu stwierdzam, że dr inż. Marek Wojciech Rupniewski przedstawił osiągnięcie naukowe stanowiące spójny, samodzielny i oryginalny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Wkład ten koncentruje się na dobrze określonym problemie badawczym i stanowi wartościowe uzupełnienie metod stosowanych w analizie oraz rekonstrukcji sygnałów pomiarowych.

Osiągnięcie łączy komponent teoretyczny, algorytmiczny i częściowo inżynierski. Szczególnie istotna jest konsekwentnie rozwijana linia badawcza oraz jednoautorski charakter wszystkich prac cyklu, potwierdzający samodzielność naukową Habilitanta. Słabsze strony, takie jak umiarkowane oddziaływanie bibliometryczne, silne założenia modelowe części wyników oraz nierówna skala walidacji eksperymentalnej, nie podważają zasadniczej wartości naukowej cyklu.

Pozytywnie oceniam także pozostałą działalność Habilitanta, zwłaszcza udział w projektach badawczo-rozwojowych, prace wdrożeniowe i eksperckie oraz aktywność organizacyjną. Aktywność poza macierzystą uczelnią została udokumentowana w stopniu umiarkowanym, jednak uznaję ją za wystarczającą.

W związku z powyższym stwierdzam, że osiągnięcia naukowe dr. inż. Marka Wojciecha Rupniewskiego oraz przedstawiona dokumentacja spełniają wymagania określone w art. 219 ust. 1 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Recenzja ma konkluzję pozytywną. Wnioskuje o dopuszczenie dr. inż. Marka Wojciecha Rupniewskiego do kolokwium habilitacyjnego w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

Rafał Złumek