

Autoreferat

1. Imię i nazwisko: **Marek Wojciech Rupniewski**
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej:
 - stopień naukowy doktora nauk matematycznych uzyskany w 2009 roku w Instytucie Matematycznym Polskiej Akademii Nauk; tytuł rozprawy doktorskiej: *Geometria dystrybucji afinicznych parzystego rzędu i ich krzywe osobliwe*;
 - tytuł zawodowy magistra matematyki nadany w 2003 roku na Uniwersytecie Warszawskim, Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki;
 - tytuł zawodowy magistra inżyniera elektroniki w specjalności inżynieria komputerowa nadany w 2002 roku na Politechnice Warszawskiej, Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych;
 - tytuł zawodowy licencjata matematyki nadany w 2001 roku na Uniwersytecie Warszawskim, Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych:
Zatrudniony od 2003 roku do chwili obecnej w Instytucie Systemów Elektronicznych na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

Przedmiotowe osiągnięcia związane są z tematyką cyfrowego przetwarzania sygnałów, a w szczególności z problemami odwrotnymi, w których do wyznaczania parametrów systemów lub sygnałów wykorzystywane jest podejście oparte na geometrii euklidesowej, algebrze liniowej oraz statystyce matematycznej. Wspólnym schematem opracowanych metod jest:

- osadzenie danych wejściowych w niskowymiarowej przestrzeni euklidesowej w postaci chmury punktów,
- wyznaczenie struktur geometrycznych, wokół których koncentrują się te punkty,
- probabilistyczna lub algebraiczna analiza rozkładu prawdopodobieństwa indukowanego na takich strukturach.

Osiągnięcia omówione zostają w porządku chronologicznym, który pokrywa się z rosnącą wymiarowością rozważanych struktur geometrycznych.

Znaczna część osiągnięć dotyczy sytuacji, w których wspomniane struktury są jednowymiarowe (otwarte lub zamknięte krzywe), a zagadnienie badawcze dotyczy próbkowania i odtwarzania sygnałów na podstawie próbek. Zgodnie z twierdzeniem Shannona, do jednoznacznego odtworzenia sygnału wymagane jest próbkowanie z częstotliwością co najmniej dwukrotnie większą

od szerokości pasma, przy czym w ogólności niezbędna jest znajomość nieskończonego ciągu próbek. Skończony ciąg próbek wystarcza tylko wówczas, gdy sygnał jest w pewnym sensie rzadki, tj. należy do dostatecznie niskowymiarowej przestrzeni sygnałów. W przeciwnym razie krótki ciąg próbek nie pozwala na dokładną rekonstrukcję, lub pozwala to zrobić jedynie z dużym błędem.

Przedmiotowe badania dotyczą sposobów efektywnego wykorzystania wielu krótkich ciągów próbek, charakteryzujących się tą samą częstotliwością próbkowania, przy czym nie zakłada się znajomości przesunięć czasu pomiędzy początkami poszczególnych ciągów. Takie ciągi próbek mogą pochodzić z różnych urządzeń lub z jednego urządzenia pracującego interwałowo, np. ze względu na dużą częstotliwość sygnału lub ograniczenia energetyczne. Każdy krótki ciąg próbek może być interpretowany jako punkt w wielowymiarowej przestrzeni euklidesowej. Punkty te tworzą struktury geometryczne niosące częściową informację o sygnałach. Informację tę można wydobywać metodami zaczerpniętymi z topologii algebraicznej i teorii układów dynamicznych, a pozostałą część – niezbędną do rekonstrukcji – uzyskuje się z analizy rozkładów probabilistycznych punktów na tych strukturach.

Znacząca część osiągnięć dotyczy estymacji sygnałów okresowych i ich parametrów [1–6]. W takim przypadku punkty reprezentujące ciągi próbek układają się wzdłuż zamkniętych krzywych. Wykazano, że dla sygnałów spełniających pewne warunki regularności, znajomość tych krzywych oraz odstęp czasu między próbkami pozwala jednoznacznie wyznaczyć okres sygnału [6]. Udowodniono również, że możliwa jest jednoznaczna rekonstrukcja sygnału pod warunkiem, że odstęp międzypróbkowy nie jest współmierny z okresem sygnału [6]. W przypadku współmierności nie wystarcza znajomość samego kształtu krzywej, co pokazano za pomocą kontrprzykładów [6]. Wykazano jednak, że rekonstrukcja staje się możliwa przy znanym rozkładzie probabilistycznym wzdłuż krzywej [2]. Opracowano estymatory okresów sygnałów oraz samych sygnałów [2, 3], i wykazano ich zgodność [3].

Wyniki uogólniono na przypadek, w którym pomiary obarczone są błędami (szum kwantowania, niestabilność momentów próbkowania itp.), wskutek czego punkty nie leżą dokładnie na krzywej, lecz tworzą chmurę punktów wokół niej [5]. Opracowano metodę estymacji zamkniętych krzywych na podstawie takich chmur punktów [1] oraz estymatory sygnałów i ich okresów [5]. Wykonano również sprzętowy demonstrator opracowanej metody [4].

Analogiczne podejście zastosowano do sygnałów impulsowych, składających się z powtarzających się, lecz niekoniecznie okresowo, impulsów o jednakowym kształcie [8, 9]. Wykazano, że kształt impulsów oraz czas ich trwania mogą być jednoznacznie odtwarzane na podstawie rozkładów punktów wzdłuż odpowiednich krzywych (zamkniętych [8] lub otwartych [9]). Opracowano estymatory oparte na skończonej liczbie ciągów próbek oraz przedstawiono sposób rekonstrukcji w przypadku niedoskonałości procesu próbkowania [9].

Stosowane w wymienionych wyżej pracach podejście probabilistyczno-geometryczne wykorzystano również w drugiej grupie problemów, w której punkty wzdłuż krzywej lub chmura punktów wokół niej zastąpione zostają, odpowiednio, punktami leżącymi na powierzchni lub skoncentrowaną wokół niej chmurą punktów. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku kalibracji układów jednoosiowych czujników wielkości wektorowych wykorzystywanych w nawigacji zliczeniowej, takich jak żyroskopy, akcelerometry i magnetometry. Kalibracji takiej podlegają: wzajemna orientacja osi pomiarowych czujników, wzmocnienie oraz tzw. dryf. Kalibracje

(pomiar) przeprowadza się przy różnych orientacjach czujników względem stałego wektora mierzonej wielkości. Wyniki uzyskiwanych pomiarów można interpretować jako punkty w przestrzeni o wymiarze równym liczbie czujników. Rozkład prawdopodobieństwa określony przez chmurę takich punktów pozwala na estymację pewnej niskowymiarowej podprzestrzeni liniowej [7], w przypadku gdy dryfy są zerowe lub znane, lub podprzestrzeni afinicznej [10], w ogólnym przypadku. Każda z tych podprzestrzeni zawiera z kolei pewną strukturę algebraiczną, która pozwala na wyznaczenie parametrów podlegających kalibracji metodami algebry liniowej przez rozwiązanie odpowiedniego uogólnionego zagadnienia własnego [10] oraz wykorzystanie rozkładu według wartości osobliwych (SVD) [7, 10]. Warto podkreślić, że opracowana metoda [10] pozwala na kalibrację w deterministycznym czasie (skończona liczba kroków algorytmu kalibracyjnego), nie wymaga określania początkowych wartości parametrów kalibracyjnych, jednocześnie dając lepsze rezultaty kalibracji niż znane w literaturze metody kalibracji oparte na poszukiwaniu parametrów kalibracyjnych ogólnymi metodami optymalizacji (opartymi np. o iteracyjne algorytmy Gaussa-Newtona, Newtona-Raphsona, czy Levenberga-Marquardta).

Wszystkie wymienione osiągnięcia zostały zrealizowane w postaci publikacji jednoautorskich. Sześć z nich to wysokopunktowane (70–200 pkt) publikacje z wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów konferencyjnych ogłoszonego przez Ministra Nauki w dniu 5 stycznia 2024 r., zwanego dalej wykazem ministerialnym. Publikacje oznaczono na poniższej liście symbolami **MP** oraz **IFS**, gdzie P oznacza wartość punktową w wykazie ministerialnym, a S współczynnik JIF (Journal Impact Factor). Lista obejmuje cztery publikacje czasopismowe i cztery prace konferencyjne. Sumaryczny JIF publikacji czasopismowych wynosi **IF14.4**, a łączna wartość punktowa publikacji to **M675**.

- [1] Marek W. Rupniewski. Curve reconstruction from noisy and unordered samples. *ICPRAM 2014 - Proceedings of the 3rd International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, strony 183–188, 2014 **M5**.
- [2] Marek W. Rupniewski. Triggerless random interleaved sampling. *ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, strony 5605–5609. IEEE, 2020 **M70**.
- [3] Marek W. Rupniewski. Reconstruction of periodic signals from asynchronous trains of samples. *IEEE Signal Processing Letters*, 28:289–293, 2021 **M100 IF3.9**.
- [4] Marek W. Rupniewski. TRISH - a triggerless random interleaved sampling hardware. *2021 Signal Processing Symposium (SPSympo)*, strony 238–243. IEEE, 2021 **M20**.
- [5] Marek W. Rupniewski. Super-resolution of periodic signals from short sequences of samples. *ICASSP 2021 - 2021 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, strony 4995–4999. IEEE, 2021 **M70**.
- [6] Marek W. Rupniewski. Period and signal reconstruction from the curve of trains of samples. *IET Signal Processing*, 16(2):232–237, 2022 **M70 IF1.7**.
- [7] Marek W. Rupniewski. PCA-aided calibration of systems comprising multiple unbiased sensors. *2023 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)*, strony 502–506. IEEE, 2023 **M20**.

- [8] Marek W. Rupniewski. Statistical reconstruction of pulse shapes from pulse streams. *2023 IEEE Statistical Signal Processing Workshop (SSP)*, strony 235–239. IEEE, 2023 **M20**.
- [9] Marek W. Rupniewski. Reconstruction of recurring pulses from distribution of short sequences of samples. *IEEE Signal Processing Letters*, 31:396–400, 2024 **M100 IF3.2**.
- [10] Marek W. Rupniewski. SVD calibration of inertial sensors. *Measurement*, 256:117929, 2025 **M200 IF5.6**.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

- Udział w projekcie międzynarodowym w charakterze kierownika:
 - *SDR-Based Fully Polarimetric AESA Radar (PORTAL)*, Contract No. B.PRJ.RT.1130. Projekt finansowany przez European Defence Agency. Projekt rozpoczęty w trzecim kwartale 2025 roku; w trakcie realizacji (planowane zakończenie w 2028 r.).
- Udział w projektach międzynarodowych w charakterze wykonawcy:
 - *HYPersOnic Threat dEtECTION aNd coUntermeaSurEs (HYPOTENUSE)*, No. 21.RTI.SC.640. Projekt finansowany przez European Defence Agency, 2022–2023;
 - *Navigation based on SAR (NAVISAR)*, Contract No. B.PRJ.RT.1146. Projekt finansowany przez European Defence Agency; projekt rozpoczęty w pierwszym kwartale 2025 r., w trakcie realizacji (planowane zakończenie w 2027 r.).
- Stypendium Marie Curie Fellowship w Laboratory of Mathematics INSA w Rouen (Francja, 2005). Owocem pobytu były wspólne publikacje z prof. Witoldem Respondekiem:

[1] Marek W. Rupniewski, W. Respondek. A classification of generic families of control-affine systems and their bifurcations. *Mathematics of Control Signals and Systems*, 21(4):303–336, 2010.

[2] Marek W. Rupniewski, W. Respondek. Generic families and generic bifurcations of control-affine systems. *Taming Heterogeneity and Complexity of Embedded Control*, strony 645–671, 2013.

- Pobyt na Beibu Gulf University w Qinzhou (Chiny, 2018, 2023, 2024, 2025) w ramach współpracy z Politechniką Warszawską. Udział w projekcie w charakterze konsultanta:
 - *Bilingual Teaching Curriculum Construction Project of Beibu Gulf University – Circuit Principles*, 2018–2020.
- Członkostwo w Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) od 2005 r.; w 2021 roku przyznany status starszego członka (*ang. Senior Member*).
- Członkostwo w European Association For Signal Processing (EURASIP) od 2021 r.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

- Nagroda zespołowa I stopnia Rektora PW za osiągnięcia dydaktyczne (2010) za *Opracowanie koncepcji modernizacji laboratorium dydaktycznego Zakładu Teorii Obwodów i Sygnałów*.
- Nagroda zespołowa I stopnia Rektora PW za osiągnięcia dydaktyczne (2012) za *Opracowanie i wdrożenie nowej koncepcji laboratorium dydaktycznego Zakładu Teorii Obwodów i Sygnałów*.
- Medal Komisji Edukacji Narodowej (2022).
- Srebrny Medal za Długoletnią Służbę (2025).
- Promotorstwo 18 prac dyplomowych (17 inżynierskich i 1 magisterskiej).
- Certyfikat PRINCE2 Foundation w zakresie zarządzania projektami (2022).
- Udział w organizacji konferencji:
 - 2021 Signal Processing Symposium (SPSympo 2021) – członek komitetu programowego;
 - 2025 IEEE Radar Conference (RadarConf 2025) – przewodniczący ds. publikacji;
 - 2026 International Radar Symposium (IRS 2026) – przewodniczący ds. publikacji.

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

- Nagroda zespołowa I stopnia Rektora PW za osiągnięcia naukowe (2009) za *Opracowanie koncepcji, zaprojektowanie i współudział w wykonaniu systemu przetwarzania sygnałów dla radaru MTD, wdrożonego do produkcji w Centrum Naukowo-Produkcyjnym Elektroniki Profesjonalnej RADWAR*.



(podpis wnioskodawcy)

