



Dr hab. Paweł Przybyłowicz, prof. AGH  
Wydział Matematyki Stosowanej  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
e-mail: pprzybyl@agh.edu.pl

Kraków, 28.I.2025

*Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Wojciecha Żuławińskiego pt.  
Cyclostationary processes with additive noise – finite- and infinite-variance case*

Przedłożona rozprawa doktorska mgra inż. Wojciecha Żuławińskiego dotyczy procesów cyklostacjonarnych z szumem addytywnym, o wariancji skończonej i nieskończonej. Procesy te, charakteryzujące się okresową strukturą statystyczną, mają szerokie zastosowanie w praktycznych dziedzinach, takich jak diagnostyka maszyn, analiza sygnałów, finansów oraz hydrologii. Tym samym teoretyczny cel badawczy pracy jest bardzo dobrze uzasadniony zastosowaniami praktycznymi uzyskanych wyników do analizy rzeczywistych szeregów czasowych. Celem pracy było rozwinięcie teorii i narzędzi praktycznych do analizy ww. procesów w przypadku szumu addytywnego, ze szczególnym uwzględnieniem przypadków impulsowych tzn. zjawisk charakteryzujących się rozkładami o ciężkich ogonach. Tego typu rozkłady służą np. do modelowania tzw. zjawisk rzadkich.

Rozprawa doktorska została napisana pod opieką dr hab. inż. Agnieszki Wyłomańskiej, prof. uczelni (promotor) oraz dr inż. Aleksandry Grzesiek (promotor pomocniczy). Praca doktorska jest bardzo treściwa, jej objętość to 219 stron, składa się z 11 rozdziałów i jest napisana w języku angielskim, co może również zwiększyć "poczytność" rozprawy na forum międzynarodowym. Na uwagę zasługuje również dorobek Doktoranta. Mianowicie, rozprawa opiera się na siedmiu opublikowanych artykułach. Ponadto, w dorobku autora znajduje się osiem kolejnych artykułów. Doktorant jest współautorem wszystkich 15 artykułów, ponadto artykuły zostały opublikowane w czasopiśmie o zasięgu międzynarodowym. Brał również udział (jako wykonawca) w 4 projektach badawczych, prezentował uzyskane wyniki na 14 konferencjach oraz jest laureatem szeregu nagród za wyniki naukowe.

Poniżej przedstawię pokrótce główne wyniki przedstawione w rozprawie doktorskiej.

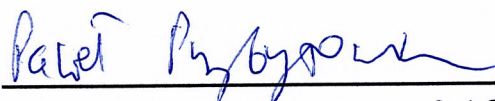
1. Rozszerzenie teorii dla periodycznego modelu autoregresyjnego (PAR):
  - zaproponowano definicję modeli PAR z szumem addytywnym dla wariancji skończonej i nieskończonej, co stanowi istotną nowość w literaturze,
  - wprowadzono i przeanalizowano równania Yule'a-Walkera, bazujące na klasycznych oraz alternatywnych miarach zależności (NCV, FLOC) dla przypadków o nieskończonej wariancji.
2. Nowe metody kalibracji i testowania modeli:
  - opracowano zestaw algorytmów estymujących parametry modelu, obejmujących metodę Yule-Walkera oraz metodę najmniejszych kwadratów z ograniczeniami,
  - podano metodologię walidacji modelu.
3. Analiza procesów cyklostacjonarnych w przypadku rozkładów o ciężkich ogonach:

- wprowadzono nowe miary zależności periodycznej (PePNCV i PePFLOC), umożliwiające analizę procesów cyklostacjonarnych o nieskończonej wariancji,
  - zaprezentowano ich zastosowanie w praktycznych procedurach identyfikacji rzędu modelu.
4. Algorytmy detekcji cyklostacjonarności:
- zdefiniowano nowe wersje technik, takich jak cykliczna spójność spektralna (CSC) i statystyki koherentne/inkoherentne,
  - zaproponowano automatyczną metodę estymacji okresu na podstawie nowo wprowadzonych kryteriów.
5. Walidacja empiryczna:
- za pomocą metod Monte Carlo przeprowadzono rozległe badania symulacyjne, które potwierdzają skuteczność opracowanych algorytmów,
  - podano zastosowania otrzymanych metod do analizy rzeczywistych danych (sygnały akustyczne i wibracyjne), pokazując ich użyteczność w diagnostyce technicznej.

Jest to moim zdaniem imponujący zakres osiągnięć mający dodatkowo duży potencjał do zastosowań w przemyśle (co zostało podkreślone w rozprawie w Rozdziale 10.) Praca jest również napisana bardzo starannie (zarówno redakcyjnie jak i językowo). W pracy nie znalazłem żadnych błędów merytorycznych.

### **Konkluzja**

Rozprawa mgr inż. Wojciecha Żuławińskiego stanowi istotny wkład w rozwój teorii procesów cyklostacjonarnych. Przedstawione metody są dobrze ugruntowane teoretycznie, a ich zastosowanie praktyczne zostało solidnie zweryfikowane empirycznie. Wyniki tej pracy mogą znaleźć szerokie zastosowanie w nauce i przemyśle, szczególnie w kontekście monitoringu stanu technicznego i analizy sygnałów z impulsowymi zakłóceniami. Tym samym uważam, że rozprawa doktorska z naddatkiem spełnia ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane rozprawą doktorskim w dyscyplinie matematyka. **Wnoszę zatem o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ponadto, biorąc pod uwagę zaawansowanie i techniczną biegłość autora a także jego imponujący dorobek oraz aktywność konferencyjną, wnioskuję o wyróżnienie rozprawy doktorskiej.**



---

dr hab. Paweł Przybyłowicz, prof. AGH