

Wrocław, 5 kwietnia 2024 r.

prof. dr hab. Dariusz Buraczewski  
Wydział Matematyki i Informatyki  
Uniwersytet Wrocławski

### Recenzja w postępowaniu habilitacyjnym dr Hanny Wojewódki-Ściążko

Dr Hanna Wojewódka-Ściążko ukończyła matematykę w 2011 roku na Wydziale Matematyki, Fizyki i Informatyki Uniwersytetu Gdańskiego. Na tej samej uczelni w 2015 roku uzyskała stopień doktora nauk matematycznych na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Ergodyczne własności pewnych stochastycznych układów dynamicznych*, pod kierunkiem prof. T. Szarka;

#### Omówienie rozprawy habilitacyjnej

Osiągnięcie naukowe Kandydatki pt. *Opis ergodyczny pewnych klas niestacjonarnych procesów Markowa o wartościach w przestrzeniach polskich* przedstawione w toczącym się postępowaniu habilitacyjnym, stanowi cykl sześciu prac:

- [H1] R. Kukulski, H. Wojewódka-Ściążko, The e-property of asymptotically stable Markov-Feller operators, *Colloq. Math.*, 2021.
- [H2] D. Czapla, K. Horbach, H. Wojewódka-Ściążko, Ergodic properties of some piecewise deterministic Markov process with application to gene expression modelling, *Stoch. Proc. Appl.*, 2020.
- [H3] D. Czapla, S.C. Hille, K. Horbach, H. Wojewódka-Ściążko, Continuous dependence of an invariant measure on the jump rate of a piecewise-deterministic Markov process, *Math. Biosci. Eng.*, 2020.
- [H4] D. Czapla, K. Horbach, H. Wojewódka-Ściążko, A useful version of the central limit theorem for a general class of Markov chains, *J. Math. Anal. Appl.*, 2020.
- [H5] D. Czapla, K. Horbach, H. Wojewódka-Ściążko, The Strassen invariance principle for certain non-stationary Markov-Feller chains, *Asymptot. Anal.*, 2021.
- [H6] K. Czudek, T. Szarek, H. Wojewódka-Ściążko, The law of the iterated logarithm for random interval homeomorphisms, *Isr. J. Math.*, 2021.

Wszystkie powyższe prace są współautorskie. W złożonych oświadczeniach wszyscy współautorzy zgodnie zaznaczają, że wpływ Habilitantki zarówno na uzyskane wyniki jak i ostateczny kształt prac był co najmniej proporcjonalny i niejednokrotnie to właśnie dr Wojewódka-Ściążko inicjowała badania i stawiała hipotezy. Nie mam więc najmniejszych wątpliwości, że wkład koncepcyjny i edytorski Kandydatki prac do ocenianych prac jest istotny.

Zainteresowania badawcze dr Wojewódki-Ściążko dotyczą teorii ergodycznej, a w szczególności własności ergodycznych markowskich układów dynamicznych. W badaniu procesów Markowa najważniejsze pytania dotyczą asymptotycznego zachowania, w tym istnienia i jedności miary stacjonarnej, bądź też innego typu asymptotycznej stabilności, tempa zbieżności rozkładu, a następnie rozważa się np. powiązane twierdzenia graniczne. Jest to obszerna dziedzina probabilistyki i dogłębnie zbadana, zarówno w kontekście dyskretnym jak i ciągłym. Pomimo tego wciąż istnieje wiele pytań dotyczących bądź bardzo konkretnych przykładów, bądź też ogólnych modeli.

Praca [H1] dotyczy operatorów Markowa działających na polskich przestrzeniach metrycznych. Okazuje się, że w tak dużej ogólności wiele klasycznych metod nie znajduje zastosowania i pożądane są nowe pomysły. W pracy badany jest związek pomiędzy asymptotyczną stabilnością, a e-własnością, która mówi, że dla regularnego operatora Markowa  $P$ , rodzina jego iteracji  $\{P^n f\}$  jest równociągła dla funkcji z pewnej rodziny (zazwyczaj przyjmuje się, że są to funkcje ograniczone i lipschitzowskie). W literaturze znane są kryteria sformułowane w terminach e-własności, które implikują asymptotyczną stabilność. Wiadomo również, że asymptotyczna stabilność nie gwarantuje e-własności. W pracy [H1] pokazuje się, że pociąga jednak e-własność na dopełnieniu zbioru pierwszej kategorii i wynik ten jest optymalny. To jest ładny, teoretyczny wynik, który ma jednak również praktyczne konsekwencje, gdyż to właśnie e-własność pozwala oszacować błędy symulacji numerycznych.

Prace [H2] i [H3] dotyczą kawałkami deterministycznych procesów Markowa (PDMP). Są to procesy określone na polskiej przestrzeni stanów, które są kawałkami deterministyczne i zachowują się jak potoki, a w losowych momentach (zazwyczaj po czasie wykładniczym) wykonują skoki lub przełączają się na inny proces. W obu pracach badano zarówno PDMP  $\Psi$  jak i powiązany łańcuch Markowa  $\Phi$ , który zapamiętuje jedynie pozycje tuż po skokach. W [H2] podano warunki implikujące istnienie i jedność miar stacjonarnych dla obu tych procesów oraz badano geometryczną ergodyczność  $\Phi$ . W dowodzie użyto techniki sprzęgania asymptotycznego zaczerpniętej z pracy M. Hairera. Wykazano również wzajemną odpowiedniość pomiędzy zbiorami miar probabilistycznych łańcucha  $\Phi$  oraz procesu  $\Psi$  oraz mocne prawo wielkich liczb dla obu procesów (dla  $\Phi$  jest to dosyć standardowy argument, a dla  $\Psi$  wykorzystano metodę martyngałową). Praca [H3] zawiera analizę ciągłej zależności jedynej miary stacjonarnej od wskaźnika intensywności skoków  $\lambda$  dla obu procesów.

W artykułach [H4] i [H5] badana jest pewna klasa niestacjonarnych łańcuchów Markowa-Fellera o wartościach w polskich przestrzeniach metrycznych. Zakłada się pewien warunek typu geometrycznej ergodyczności, podobny do powyższego, mia-

nowicie funkcja przejścia posiada 'zwiążący kawałek', oraz ponadto korzysta się warunku typu Fostera-Lapunowa. Przykładami konkretnych procesów, dla których te założenia są spełnione, są iterowane systemy funkcyjne ściągające wg średniej. Dla tej klasy procesów markowskich w [H4] dowodzi się Centralne Twierdzenie Graniczne. Wynik i techniki są znacznie ogólniejsze i przy tych samych warunkach można uzyskać tw. Donskera dla stacjonarnych procesów Markowa. Ponadto w [H5] udowodniono Prawo Iterowanego Logarytmu, również w wersji funkcjonalnej (zasada niezmienniczości Strassena).

Ostatecznie w pracy [H6] wykazano Prawo Iterowanego Logarytmu dla iterowanego systemu funkcyjnego składającego się z homeomorfizmów przedziału  $[0, 1]$ . Są to systemy składające się ze skończonej liczby różniczkowalnych homeomorfizmów przedziału  $[0,1]$  o niezerowej pochodnej, w których warunki kontrakcji są zdefiniowane w terminach ich zachowania w punktach brzegowych 0 i 1.

Prace składające się na rozprawę habilitacyjną zostały opublikowane w dobrych i bardzo dobrych czasopismach, z których najbardziej rozpoznawalne międzynarodowo są Israel Journal of Mathematics, Stochastic Processes and their Applications, Colloquium Mathematicum. Ponadto w dorobku dr H. Wojewódki-Ściążko jest 10 artykułów oraz 7 prac konferencyjnych. Część z nich rozwija wyżej omówioną tematykę.

**Podsumowując, przedstawiony powyżej cykl powiązanych tematycznie artykułów, w mojej opinii, spełnia wymaganie sformułowane w Art. 219 ust. 2 Ustawy o posiadaniu w dorobku osiągnięcia naukowego stanowiącego znaczny wkład w rozwój dyscypliny.**

#### **Dorobek naukowy niewchodzący w zakres osiągnięcia naukowego**

W serwisie MathSciNet widocznych jest 14 publikacji, które mają 59 cytowań, natomiast w serwisie Web of Science są 24 publikacje, cytowane łącznie 135 razy. Ta istotna różnica wynika z kilkuletniego okresu w karierze Habilitantki, gdy zajmowała się informatyką kwantową. W wyniku została w latach 2016-17 współautorką trzech prac opublikowanych w niezwykle cenionych czasopismach: w prestiżowym Nature Communications, w Physical Review Letters oraz w IEEE Transactions on Information Theory. W każdej z tych prac była pierwszą lub korespondencyjną autorką, co podkreśla Jej wkład w otrzymane wyniki. Niedawno wróciła do tych badań, co zaowocowało publikacją w Quantum.

#### **Współpraca międzynarodowa, dorobek dydaktyczny i popularyzatorski**

Po uzyskaniu stopnia doktora dr Wojewódka-Ściążko odbyła liczne staże doktorskie:

- w Krajowym Centrum Informatyki Kwantowej w Gdańsku (2013-16);



- w Instytucie Matematyki Uniwersytetu w Lejdzie (trzymiesięczny staż w 2022, dwa miesięczne staże w 2016 i 2017) w Holandii;
- w Instytucie Henri Poincaré w Paryżu we Francji (miesięczny staż w 2017);
- w Instytucie Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk w Gliwicach (od 2019).

Spełniony jest więc również Art. 219 ust. 3 Ustawy: wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Ponadto Kandydatka zrealizowała szereg krótszych wyjazdów m.in. do Leidy i Zurichu. Wygłosiła ponad 30 referatów w trakcie konferencji oraz seminariów, w tym liczne za granicą.

Warto podkreślić, że Habilitantka za swoje badania naukowe w 2017 otrzymała prestiżową nagrodę programu START Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. Podkreślono wówczas Jej badania interdyscyplinarne, przyznając dodatkowo Stypendium im. Barbary Skargi

Dr H. Wojewódka-Ściążko była kierowniczką grantu Miniatura oraz wykonawczynią w trzech innych projektach (w dorobku brakuje jednak np. ważniejszych grantów NCN typu Sonata lub Opus).

#### Konkluzja

Uważam, że przedstawiony przez dr Hannę Wojewódkę-Ściążko dorobek naukowy spełnia wymagania ustawowe niezbędne do nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka.

