

**Uzasadnienie wniosku o przyznanie nagrody Prezesa Rady Ministrów
za wysoko ocenione osiągnięcia będące podstawą nadania stopnia
doktora habilitowanego dr. hab. Kamilowi Szpojankowskiemu, prof. uczelni**

1. Celem wysoko ocenionych osiągnięć, będących podstawą nadania stopnia doktora habilitowanego, jest rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego mającego zastosowania praktyczne

Tematyka osiągnięć jest związana z wolną probablistyką. Jest to stosunkowo młoda dziedzina matematyki stworzona przez Voiculescu w połowie lat 80. XX wieku. Motywacje stojące za stworzeniem tej dziedziny były czysto teoretyczne, związane z próbą odpowiedzi na pewne otwarte pytania, sformułowane przez **Johna von Neumanna**, a dotyczące algebr operatorowych. Bardzo szybko okazało się, że teoria ta ma głębokie związki z teorią macierzy losowych, mianowicie duże niezależne macierze losowe są asymptotycznie wolne. **Powszechność macierzy losowych w statystyce, uczeniu maszynowym, fizyce, sieciach neuronowych czy problemach inżynierskich, powoduje, że narzędzia dostarczane przez wolną probablistykę znajdują natychmiastowe zastosowania w tych obszarach.**

Zastosowania wolnej probablistyki dotyczą głównie następującego zagadnienia: znając spektrum dużych, niezależnych macierzy losowych X , Y w jaki sposób możemy obliczyć spektrum pewnej funkcji od X , Y , takiej jak $X + Y, XY + YX$ itp. W praktycznych zastosowaniach macierz X zawiera sygnał, a macierz Y jest szumem i pytamy o rozkład zaszumionego sygnału, przy czym szum może działać na oryginalną macierz w skomplikowany sposób. Wolna probablistyka dostarczyła bardzo efektywnego rozwiązania tego problemu w przypadku $X + Y$ oraz $X^{1/2}Y X^{1/2}$. Głównym narzędziem do pracy z tego typu funkcjami są tzw. wolne kumulanty odkryte przez Speicherera – autora listu rekomendacyjnego. Pozwoliły one na rozwiązanie problemu znajdowania rozkładu sumy i symetrycznego iloczynu wolnych zmiennych. Wolne kumulanty nie pozwoliły jednak na efektywne rozwiązanie problemów bardziej złożonych, takich jak na przykład $XY + YX$.

2. Główne wyniki osiągnięć, będących podstawą nadania stopnia doktora habilitowanego, mają wybitnie nowatorski charakter i istotne znaczenie dla rozwoju dyscypliny. Osiągnięcia prezentują wysoki poziom wiedzy w dyscyplinie matematyka

W ramach szerzej pojętej nieprzemiennej probablistyki funkcjonują inne rodzaje niezależności w szczególności tzw. boolowska niezależność. Struktury te badane były równolegle do wolnej probablistyki, jednak nie wzbudzały one szerszego zainteresowania z powodu braku znanych związków z teorią macierzy losowych. Boolowska niezależność oraz tzw. boolowskie kumulanty, podobnie jak wolne kumulanty, zostały zdefiniowane przez prof. Rolanda Speicherera, jednego z opiniodawców niniejszego wniosku.

Główną myślą, „mottem”, omawianych osiągnięć będących podstawą nadania stopnia doktora habilitowanego jest przełomowa obserwacja, którą można podsumować jednym zdaniem „Kumulanty boolowskie są przydatne w wolnej probablistyce”. Jest to nieoczekiwana obserwacja metodologiczna, co podkreśla w swojej opinii prof. Roland Speicher, pisząc, „że pomimo iż jest osobą, która odkryła zarówno wolne jak i boolowskie kumulanty, nigdy nie

spodziewał się, że kumulanty boolowskie mogą być przydatne w rozwiązywaniu problemów pochodzących z wolnej probabilistyki”.

Obserwacja ta pozwoliła na uzyskanie szeregu wyników stanowiących niezbyty dowód na to, że boolowskie kumulanty są użytecznym narzędziem w badaniu problemów pochodzących z wolnej probabilistyki. Między innymi opis rozkładu $XY+YX$ dla wolnych zmiennych losowych. Tym co stanowi o sile tej rozprawy jest przełomowy wniosek metodologiczny, wychodzący poza przyjęty schemat badań, w którym wolne kumulanty stosowane były do problemów dotyczących wolnej niezależności, a boolowskie kumulanty do boolowskiej niezależności. Poza podaniem rozwiązań na pewne otwarte problemy, rozprawa ta otwiera drzwi na nowe kierunki badań. Niespodziewana obserwacja metodologiczna dotycząca kumulant boolowskich jest dalej badana i rozwijana. Pozwala ona znajdować rozkłady skomplikowanych wielomianów od wolnych zmiennych losowych, co jest bardzo oczekiwanym narzędziem ze strony zastosowań.

3. Docenienie wyników osiągnięć, będących podstawą nadania stopnia doktora habilitowanego, przez środowisko naukowe

O tym, że środowisko matematyczne widzi duży potencjał w tych badaniach, świadczy przyznanie wspólnego grantu NCN i austriackiej agencji FWF w programie WEAVE-Unisono pt. „BOOMER”, którego kierownikiem po stronie polskiej jest dr hab. Kamil Szpojankowski, prof. uczelni, a po stronie austriackiej prof. Franz Lehner.

Wyniki rozprawy zostały docenione również przez polskich recenzentów, z których większość wniosowała o wyróżnienie rozprawy habilitacyjnej. W podsumowaniu swojej recenzji prof. Piotr Śniady pisze m.in. „Prace Kandydata tworzą spójny, fascynujący, bardzo przemyślany cykl. U jego podstaw leży pochodząca od samego Kandydata idea stosowania boolowskich kumulant poza ich naturalnym habitatem, w kontekście wolnej probabilistyki. Ja sam uważam tę ideę za głęboko nieintuicyjną, gratuluję więc Habiliantowi tak znakomitego pomysłu oraz wykazania na kilku dobrze dobranych przykładach, że istotnie ta idea może być efektywnie wykorzystana w praktyce.” W listach rekomendacyjnych czytamy: „**The work of Professor Szpojankowski on Boolean cumulants places him as a world expert on the subject**” (prof. James Mingo, Kanada) oraz „**The achievements of Kamil Szpojankowski in this habilitation are outstanding**” (prof. Roland Speicher, Niemcy).

Wyniki dr. hab. Kamila Szpojankowskiego, prof. uczelni przyciągają uwagę międzynarodowego środowiska matematycznego o czym świadczą liczne zaproszenia na wyjazdy, m.in. roczny postdoc w University of Waterloo w Kanadzie oraz wyjazdy krótkoterminowe do Technische Universitat Graz w Austrii, Université Paris-Saclay we Francji, St. Mary's University Halifax w Kanadzie, University of Texas at San Antonio w USA oraz CIMAT Centro de Investigación en Matemáticas Guanajuato w Meksyku.