

Chorzów, 4 marca 2024r.

Prof. dr hab. Jan Śładkowski
Instytut Fizyki
Uniwersytet Śląski
Ul. 75 Pułku Piechoty 1
41-500 Chorzów

Recenzja wniosku dra Rafała Raka o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Osiągnięciem naukowym będącym podstawą o ubieganie się o nadanie stopnia doktora habilitowanego jest cykl dziesięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany

Ilościowe aspekty wybranych układów złożonych:

1. S. Drożdż, J. Kwapień, P. Oświęcimka, R. Rak, *Quantitative features of multifractal subtleties in time series*, Europhysics Letters (EPL), 88, 60003 (2009).
2. R. Rak, D. Grech, *Quantitative approach to multifractality induced by correlations and broad distribution of data*, Physica A, 508, 48 (2018).
3. R. Rak, D. Grech, *Quantitative approach to multifractality induced by correlations and broad distribution of data*, Physica A, 508, 48 (2018).
4. R. Rak, S. Drożdż, J. Kwapień, P. Oświęcimka, *Stock returns versus trading volume: is the correspondence more general?*, Acta Physica Polonica B, 44, 2035 (2013).
5. S. Drożdż, J. Kwapień, P. Oświęcimka, R. Rak, *The foreign exchange market: return distributions, multifractality, anomalous multifractality and the Epps effect*, New Journal of Physics, 12, 105003 (2010).
6. R. Rak, P. Zięba, *Multifractal flexibly detrended fluctuation analysis*, Acta Physica Polonica B, 46, 1925 (2015).
7. R. Rak, S. Bwanakare, *Quantitative Characteristics of Correlations of Meteorological Data*, Acta Physica Polonica A, 129, 922 (2016).
8. R. Rak, J. Kwapień, P. Oświęcimka, P. Zięba, S. Drożdż, *Universal features of mountain ridge networks on Earth*, Journal of Complex Networks, 8(1), cnz17, (2020).
9. R. Rak, E. Rak, *The Fractional Preferential Attachment Scale-Free Network Model*, Entropy, 22(5), 509 (2020).
10. R. Rak, E. Rak, *Multifractality of complex networks is also due to geometry: a Geometric SandBox algorithm*, Entropy, 25(9), 1324 (2023).

Uwaga ogólna:

W powyższym spisie publikacji będących podstawą wniosku, tylko w dwóch pracach (1. i 5.) autorzy wypisani są w kolejności alfabetycznej, a w pozostałych dr Rak jest pierwszym autorem. Na

podstawie ogólnie przyjętych zasad oznacza to, że jego wkład w powstanie tych prac był dominujący (potwierdzają to oświadczenia współautorów). Z kolei oświadczeń współautorów prac 1. i 5. wnioskuję, że wkład dra Raka w ich powstanie również jest istotny. Wszystkie te prace ukazały się w renomowanych czasopismach z dyscypliny nauki fizyczne. Stwierdzam więc, że przedstawiony cykl dziesięciu publikacji nie budzi zastrzeżeń i jest wystarczającą podstawą do ubiegania się przez dra Raka o nadanie mu stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne.

Kariera naukowa dra Rafała Raka.

Pan Rafał Rak ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Rzeszowskim w 2003 r. W latach 2003 - 2008 pracował jako asystent w Zakładzie Dynamiki Materii Instytutu Fizyki Uniwersytetu Rzeszowskiego. W 2008 roku na podstawie rozprawy p.t. *Ilościowe charakterystyki fluktuacji i korelacji na polskim rynku akcji*, uzyskał stopień doktora nauk fizycznych na Uniwersytecie Rzeszowskim i awansował na stanowisko adiunkta w tej samej jednostce. Rozprawa doktorska kandydata została oceniona jako wyróżniająca się i nagrodzona przez Rektora Uniwersytetu Rzeszowskiego. Od października 2013 roku pracuje jako adiunkt w Instytucie Nauk Fizycznych. Jest kierownikiem Pracowni Dynamiki Procesów Ekonomicznych i Społecznych oraz Pracowni Teorii Sieci Złożonych w Laboratorium Prognoz i Badań Systemowych, Centrum Innowacji i Transferu Wiedzy Techniczno-Przyrodniczej (CliTWTWP) w Kolegium Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Rzeszowskiego. Przez cały ten okres zajmuje się analizą różnego typu układów złożonych. Jest to niezwykle ciekawa tematyka badawcza mająca w wielu aspektach charakter interdyscyplinarny.

Szczegółowa ocena dorobku naukowego kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Złożoność jest wszechobecnym zjawiskiem zarówno w nauce i technice, jak również i w życiu codziennym. Z tego powodu pojawiają się nie zawsze równoważne definicje tego fenomenu. Niezwykle wysoka złożoność opisu matematycznego takich zjawisk i ich waga są do motywacją poszukiwań różnych „efektywnych” narzędzi do opisu i interpretacji układów złożonych. Układy i procesy fizyczne zwykle są bardzo skomplikowane lub dostarczają olbrzymiej ilości danych, które należy opisać i zinterpretować. Nie powinno więc dziwić nikogo, od kilkudziesięciu już lat fizycy zwrócili uwagę na układy złożone niekoniecznie będące obiektem badań fizyków w ortodoksyjnym rozumieniu fizyki. Doprowadziło to do wyłonienia się sporej już grupy fizyków badających takie problemy. Okazało się, że spojrzenie fizyka na te zagadnienia często prowadzi do nietrywialnych wyników i nowych propozycji nowych narzędzi analitycznych. Do tej grupy zalicza się dr Rafał Rak, który skupił się na analizie tzw. aspektów multifraktalnych danych pochodzących z rynków finansowych i ich porównanie z fraktalnością innego typu danych (np. geometrii struktur naturalnych czy sieci różnego typu).

W pracach 1. i 2. , analizując fluktuacje logarytmicznych stóp zwrotu pochodzących z polskiej, niemieckiej i amerykańskich giełd oraz z rynku walutowego FOREX, zidentyfikowano trzy główne czynniki decydujące o multifraktalności tych danych (długość serii i liniowe korelacje, grube ogony rozkładów i nieliniowe korelacje czasowe). Ponadto pokazano, że tzw. pozorna multifraktalność zwykle jest efektem „grubych (tłustych) ogonów” tych rozkładów. Analiza pozwoliła autorom na wysunięcie praktycznego wniosku by zachować ostrożność przy używaniu analizy multifraktalnej do prognozowania (nawet krótkoterminowych!) zachowań rynków.

W pracy 3. przeanalizowano korelacje krzyżowe w parach danych branych z pomiędzy stóp zwrotu, wolatylności (volatility) , liczby transakcji i wolumenu obrotu dla spółek wchodzących skład indeksu DIJA. Była to, jeśli nie pierwsza, to na pewno jedna z pierwszych prób takiego podejścia. Wyniki wskazują na sensowność i realistyczność założeń modeli proponowanych przez Gabaix i innych.

Analogiczną analizę korelacji stóp zwrotu i wolumenu transakcji dla Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie, będącej jednym z głównych przedstawicieli tzw. rynków wschodzących przeprowadzono w pracy 4. Autorzy nie zauważyli istotnych różnic w zachowaniu GPW w Warszawie tzw. dojrzałych rynków referencyjnych.

Analizę korelacji krzyżowych była kontynuowana w pracy 5. dla rynku walutowego FOREX, który w dni robocze jest czynny przez 24 godziny na dobę, więc zapewnia regularne dane. Potwierdzono istnienie tzw. efektu Eppsa (specyficzne korelacje par różnych instrumentów z długością czasu gromadzenia danych) również dla kursów wymiany walut. Autorzy zauważyli również intrygujący fakt, że widma multifraktalne fluktuacji trójkątnych (trójstronnych) mają ujemne wartości, czego nie oczekiwano.

W pracy 6. autorzy podjęli próbę krytycznej analizy używanych narzędzi, a w szczególności sposobów usuwania efektów trendu, w wyniku której zaproponowano ciekawą modyfikację wielomianowych metod usuwania efektów trendu. Metodę tę testowano na syntetycznych danych (ruchy Browna) i danych rynkowych. Zalety i ewentualne wady proponowanej modyfikacji zostaną pewnie odkryte w dalszych próbach jej użycia. Niemniej, propozycja jest wartościowa i ciekawa.

W pozostałych czterech pracach podjęta została próba konfrontacji zachowań danych pochodzących z rynków finansowych z danymi z innych źródeł: z szeregiem czasowym danych meteorologicznych (praca 7.) , strukturą grzbietów (grani) górskich (praca 8.) , sieci bezskalowych (praca 9.) oraz ogólnej struktury sieci określanej jako (multi-) fraktalną (praca 10.). Ciekawym wynikiem analiz grani górskich jest zauważenie, że „pomimo tak dużej zmienności strukturalnej, sieci topograficznych dla różnych zakresów nie da się rozróżnić nawet metoda multifraktalną.” Jest to wynik raczej sprzeczny z oczekiwaniami, jeśli się weźmie pod uwagę różnorodne warunki ich powstawania. Analiza sieci przeprowadzona w pracach 9. i 10. doprowadziła do zaproponowania modyfikacji modelu Barabasiego i Alberta, nazwanego przez autorów publikacji *Fractional Preferential Attachment Model* (9.) oraz modyfikacji algorytmu „piaskownicy” (Sand Box algorithm) nazwanego przez autorów *Geometric Sandbox algorithm*. Propozycje są interesujące, ale pewnie przyszłe analizy i próby zastosowań ujawnią ich wady i zalety.

Pozostałe wyniki działalności kandydata, zarówno przed jak i po uzyskaniu doktoratu, również uważam za wartościowe, o czym świadczą między innymi miejsca ich publikacji oraz wystąpienia konferencyjne w czasie których były prezentowane.

Dr Rak ma również bardzo dobre „wskaźniki bibliometryczne”, co podkreślam, mimo iż osobiście uważam, że przypisuje się im zbyt dużą wagę o ocenie wartości badań naukowych.

Uważam, że wyniki badań będące podstawą o ubieganie się o stopień naukowy doktora habilitowanego są wartościowe i oryginalne. Ich osiągnięcie wymagało sporego nakładu pracy i pomysłowości. Niewątpliwie świadczą o tym, że dr Rafał Rak jest już dojrzałym naukowcem o już ugruntowanej pozycji naukowej w swojej specjalizacji, zdolnym do wytyczania wartościowych i interesujących kierunków badań naukowych oraz kierowania zespołem badaczy. Uważam również, że działalność naukowa kandydata wchodzi zakres tego co określa się jako dyscyplinę nauki fizyczne.

Działalność i dorobek dydaktyczny kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Dr Rak przeszedł standardową ścieżkę kariery na uczelni, ma więc spore doświadczenie dydaktyczne. Prowadził różne zajęcia dla studentów, przede wszystkim zakresu fizyki teoretycznej i matematyki. Był opiekunem czterech prac dyplomowych, a kilkanaście prac dyplomowych recenzował. Był również

promotorem pomocniczym. Należy podkreślić, że zajmuje się również popularyzacją nauki w różnej formie.

Działalność organizacyjna kandydata do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Kandydat jest aktywnym pracownikiem swojej uczelni. Angażuje się w organizację i prace komitetów naukowych konferencji naukowych. Skutecznie aplikuje o dodatkowe źródła finansowania dla prowadzonej działalności. Jest również zaangażowany w działalność Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Moim zdaniem jest bardzo wartościowym pracownikiem Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Podsumowanie.

Po zapoznaniu się z wnioskiem i dorobkiem dra Rafała Raka, stwierdzam że spełnia on z należytą starannością wszystkie prawne i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki fizyczne. Popieram wniosek dra Rafała Raka i sam wnioskuję o dopuszczenie go do dalszych etapów postępowania mającego zakończyć się nadaniem mu stopnia doktora habilitowanego i nadanie mu tego stopnia naukowego.

M. Sładkowski