

Prof. dr hab. Józef Sznajd  
Instytut Niskich Temperatur  
i Badań Strukturalnych PAN  
Okólna 2, Wrocław

## Ocena osiągnięć naukowych

**dr. Piotra Fronczaka**

w związku z postępowaniem habilitacyjnym

Dr Piotr Fronczak ukończył studia wyższe na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej w roku 1998. W latach 1998-2003 był uczestnikiem studiów doktoranckich zakończonych przygotowaniem, pod kierunkiem prof. Janusza Hołysta, rozprawy doktorskiej pt. „Analiza dynamiki solitonów w obecności sił niejednorodnych”. W latach 2003-2005 kandydat pracował jako informatyk, a następnie odbył staż naukowy w projekcie CREEN na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Od 2008 r. jest zatrudniony na tym samym Wydziale na stanowisku adiunkta.

Dr P. Fronczak jest autorem 28 prac opublikowanych w bardzo dobrych czasopismach o szerokim międzynarodowym zasięgu, w tym między innymi 1. w PRL i 17. w PRE. Prace habilitanta były cytowane przez obcych autorów 360 razy, przy czym do najczęściej cytowanej pracy odwoływano się ok. 70. razy. W przypadku publikacji dotyczących tradycyjnych obszarów fizyki wyniki te byłyby bardzo dobre, w przypadku dziedziny uprawianej przez dr. Fronczaka - analiza złożonych sieci, są na pewno zadowalające.

Rozprawę habilitacyjną (osiągnięcie naukowe, zgodnie z nomenklaturą ustawy) stanowi 10 prac opublikowanych w latach 2006-2014 w PRL (1), PRE (6), EPJB (2) i J. Phys. A (1). Obok jednej pracy samodzielnej w pozostałych jest dwóch do trzech autorów, przy czym w 8. przypadkach współautorką jest A. Fronczak. Ani na podstawie procentowej samooceny udziału kandydata przy powstawaniu prac współautorskich, sięgającej od 30% do 80%, ani na podstawie oświadczeń współautorów nie można oczywiście, jak zwykle, wiarygodnie ocenić wkładu dr Fronczaka do prac cyklu habilitacyjnego. Jedynym możliwym rozwiązaniem jest więc przyjęcie, że wkład ten był istotny.

Przedmiotem badań dr. P. Fronczaka są tzw. sieci złożone, jeden z najgorętszych tematów, którym zajmują się aktualnie „nieortodoksyjni” fizycy. Zgodnie z bazą Web of Science od czasu opublikowania w 1999 r. pracy *Emergence of scaling in random networks* (Barabasi,

Albert), ukazało się ponad 160 000 publikacji dotyczących tej tematyki. Najczęściej cytowane z tych publikacji mają ponad 10 tysięcy odwołań, a indeks Hirscha tematu  $h > 1000$ . Przy tak ogromnym zainteresowaniu znalezienie oryginalnego i interesującego problemu wydaje się rzeczą bardzo trudną. W konsekwencji zdecydowana większość prac w tej tematyce ma charakter przyczynkowski. Tym niemniej zespołowi, w którym pracuje kandydat udało się znaleźć kilka zagadnień, o mniejszym lub większym, ale przynajmniej w kilku przypadkach znaczącym, stopniu oryginalności.

I tak w pierwszej pracy cyklu habilitacyjnego [1] dr Fronczak ze współpracownikami pokazali, że do wykazania możliwości formowania się bezskalowej topologii sieci na skutek sprzężenia struktury sieci i dynamiki zachodzącej na niej zdarzeń nie potrzeba skomplikowanych wieloparametrowych modeli ale wystarczy prosty model samoorganizującej się krytyczności (SOC). Analizując „model pryzm piasku” Baka-Tanga-Wisenfelda, w którym wspomniane wyżej sprzężenie jest realizowane w ten sposób, że po zejściu, każdej lawiny o rozmiarze  $A$ , do węzła, od którego rozpoczęła się lawina przyłączanych jest  $A$  dodatkowych krawędzi, autorzy wykazali numerycznie, że wykładnik rozkładu stopni wierzchołków i wykładnik rozkładu wielkości lawin są sobie równe i bliskie 2. Stawiają jednocześnie tezę, że ta relacja ma charakter uniwersalny dla szerokiej klasy modeli SOC.

Interesującym przyczynkiem do dyskusji o roli odległości w wielkości wymiany handlowej pomiędzy dwoma krajami jest praca [10]. Autorzy badali w niej powszechnie stosowany i mimo braku jednoznacznego uzasadnienia teoretycznego zazwyczaj dobrze opisujący dwustronną wymianę handlową tzw. grawitacyjny model handlu (GMH). W najprostszej wersji GMH zakłada, że wielkość wymiany handlowej pomiędzy dwoma krajami jest proporcjonalna do iloczynu ich produktów krajowych brutto i odwrotnie proporcjonalna do odległości między tymi krajami do pewnej potęgi – współczynnika (wykładnika) odległości. Wbrew obserwowanemu procesowi globalizacji, wyznaczana w oparciu o analizę rzeczywistej wymiany handlowej wartość tego wykładnika nie maleje, a w wielu szacunkach nawet wyraźnie rośnie z czasem. Co oznacza, niezgodnie z naszymi oczekiwaniami, że rola czynnika odległości w wymianie handlowej jest ciągle istotna. Do tej pory podjęto wiele prób wyjaśnienia tej sprzeczności zwanej zagadką globalizacji, przede wszystkim poprzez komplikacje modelu GMH, wprowadzając dodatkowe parametry związane np. z barierami celnymi, prawnymi czy kulturowymi. Podobnie jak w pracy [1] autorzy pracy [10] pokazali,

że do wyjaśnienia, w tym przypadku zagadki globalizacji, wystarczy oryginalny GMH jeżeli uwzględni się ewolucję sieci handlu światowego. Dr P. Fronczak ze współpracowniczką, wykorzystując rzeczywiste dane, wyznaczyli wymiar fraktalny sieci handlu światowego i pokazali, że wzrost współczynnika odległości związany jest ze wzrostem tego wymiaru. Mimo szeregu koniecznych i inherentnych dla tego typu analizy uproszczeń idea związania współczynnika odległości z wymiarem fraktalnym sieci wydaje się interesująca.

W dwóch pracach [6,8] dr P. Fronczak ze współpracowniczką badają proces ukierunkowanego błędzenia przypadkowego na nieskorelowanych sieciach losowych z danym prawem potęgowym rozkładu stopni wierzchołków. W pracy [6], stosując zaproponowane wcześniej przez innych autorów reguły nawigacji autorzy wyprowadzają w przybliżeniu pola molekularnego w granicy nieskończonego czasu, formułę na stacjonarny rozkład znalezienia cząstki w wierzchołku o określonym stopniu. Do formuły tej odwoływano się w wielu późniejszych pracach i można uznać, że znalazła ona miejsce w literaturze przedmiotu. W tej samej pracy wyznaczono również wyrażenie na fundamentalną wielkość związaną z błędzeniem losowym, średni czas pierwszego przejścia pomiędzy dwoma węzłami. Otrzymane analityczne formuły zostały porównane z wynikami symulacji numerycznych w sieciach o strukturze klasycznego grafu i sieciach bezskalowych. W pracy [8], wykorzystując formalizm błędzenia losowego, dr Fronczak bada zaproponowany przez W.X. Wanga i.in. model ruchu pakietów w sieciach komunikacyjnych. W modelu tym zakłada się, że w każdym kroku w układzie generowana jest pewna liczba pakietów z przypadkowo wybieranymi punktami (wierzchołkami) wyjściowymi i docelowymi, przy czym każdy wierzchołek może wysłać nie więcej niż pewną określoną liczbę pakietów. W pracy [8] liczba ta ma wartość stałą niezależną np. od stopnia wierzchołka. Zaproponowane przez Wanga i.in. reguły nawigacji pakietów zastosowane w pracach kandydata są następujące, jeżeli punkt docelowy pakietu znajduje się w pewnym obszarze przeszukiwania to taki pakiet jest usuwany z układu, w przeciwnym przypadku pakiet jest przesyłany do sąsiedniego wierzchołka z prawdopodobieństwem proporcjonalnym do stopnia docelowego wierzchołka do pewnej potęgi „ $\alpha$ ”. Na podstawie symulacji numerycznych wspomniani autorzy stwierdzili, że poniżej pewnej liczby generacji pakietów „ $R = R_c$ ” ruch pakietów w sieci jest swobodny, a powyżej tej wartości ruch się zagęszcza co prowadzi do zablokowania sieci. Wartość graniczną „ $R_c$ ” uznają za punkt ciągłego przejścia fazowego. W pracy [8] dr

Fronczak znajduje formułę analityczną na tę wartość krytyczną, co mimo przyjętych uproszczeń przy jej wyprowadzaniu ma pewną wartość. Porównuje również zależności „ $R_c$ ” od wykładnika „ $\alpha$ ”, określającego preferencyjny wybór wierzchołka, do którego wysyłany jest pakiet, dla klasycznych grafów przypadkowych i sieci bezskalowych. W pierwszym przypadku „ $R_c$ ” jako funkcja „ $\alpha$ ” ma maksimum w postaci garbu, a w drugim w postaci ostrego piku. Przyjmując, że istnieje wartość tempa generacji pakietów, którą można uznać za krytyczną czy graniczną przy analizie modeli ruchu, cenię użyte, wprowadzone tylko w Autoreferacie, sformułowanie dr. Fronczaka, że przejście od fazy swobodnego ruchu do fazy przepełnienia „posiada cechy ciągłej przemiany fazowej”.

Pracę [2] traktuję jako głos środowiska socjofizyków w dyskusji nad prowadzoną przez Unię Europejską biurokratyzacją badań naukowych. Posługując się językiem brukselskich urzędników autorzy konstruują model opisany hamiltonianem składającym się z dwóch wyrazów: pierwszym proporcjonalnym do współczynnika gronowania (klasteryzacji), który ma być miarą intensywności, popieranej przez Komisję Europejską, współpracy i drugim proporcjonalnym do współczynnika produktywności zespołu naukowego (!). Klasteryzacja opisana jest przez współczynnik zaproponowany przez Watta i Strogatza, a współczynnik produktywności poszczególnych współpracujących jednostek (uczony lub grupauczonych) zdefiniowany jest jako iloczyn liczby współpracowników „ $k_i$ ” i funkcji wykładniczej z wykładnikiem ( $-k_i/h$ ), gdzie  $h$  jest optymalną liczbą współpracowników. Autorzy pokazują, że w tak sformułowanym modelu zmiana parametru kontrolnego współczynnika gronowania prowadzi do wielu przejść pomiędzy różnymi konfiguracjami sieci współpracowników. Doceniając wkład intelektualny autorów, praca [2] nie przedstawia oczywiście modelu optymalnej struktury europejskiej współpracy naukowej, co najwyżej wskazuje na problem, a w istocie, podobnie jak to robi Komisja Europejska taki problem kreuje.

Na dorobek naukowy dr. P. Fronczaka opublikowany w czasopismach o szerokim międzynarodowym zasięgu po uzyskaniu stopnia doktora, a nie wchodzący w skład rozprawy habilitacyjnej składa się 14 prac z czego 9 ukazało się w PRE. Połowa z tych prac, podobnie jak publikacje stanowiące rozprawę habilitacyjną, poświęcona jest badaniu złożonych sieci. W pozostałych dr. P. Fronczak zajmuje się m.in. badaniem cieczy ferromagnetycznej jako modelu socjologicznych oddziaływań pomiędzy osobnikami tworzącymi grupę społeczną [b-6]. Przy czym autorzy pracy [b-6] uwzględniają w zaproponowanym modelu „ludzkie” cechy:

towarzyskość i indywidualność. W pracy [b-10] autorzy badają wydajność (produktywność) naukową tzn. liczbę opublikowanych prac na głowę naukowca na podstawie bazy INSPEC. Pokazują m.in. , że liczba opublikowanych prac na głowę rośnie, a długość kariery naukowej maleje. Znajdują również prawa potęgowe określające liczbę autorów, którzy opublikowali daną liczbę prac. Wykazując, że odpowiednie wykładniki potęgowe są różne dla młodych i starszych badaczy. W pracy [b-12] P. Fronczak i A. Fronczak podejmują próbę wyjaśnienia obserwowanego w wielu układach ekologicznych i biologicznych potęgowego prawa Taylora, wiążącego wariancję z wartością średnią, na bazie drugiej zasady termodynamiki. Dr P. Fronczak jest również współautorem 320. stronicowej monografii: *Świat sieci złożonych. Od fizyki do Internetu* oraz rozdziału w książce. Był współautorem czterech prac opublikowanych w materiałach konferencyjnych. Wyniki swoich badań przedstawił w formie referatów na 6. a w formie komunikatów (plakatów) na 18. międzynarodowych konferencjach naukowych m.in. w Grecji, Danii, Austrii, Włoszech, Niemczech i Serbii oraz na 4. Seminarjach w Warszawie, Wielkiej Brytanii i Hiszpanii.

Dr P. Fronczak kierował jednym projektem NCN i był wykonawcą w kilku projektach międzynarodowych i krajowych. Był członkiem komitetów organizacyjnych 6. międzynarodowych konferencji. Kandydat ma typowe dla nauczyciele akademickiego osiągnięcia dydaktyczne, prowadził wykłady i ćwiczenia z fizyki i metod numerycznych oraz przygotowywał wykłady multimedialne. Był promotorem siedmiu prac magisterskich i trzech inżynierskich, jest promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich. Za osiągnięcia dydaktyczne dwukrotnie otrzymał Nagrodę Zespołową II stopnia Rektora Politechniki Warszawskiej. Odbył jednosemestralny staż na Politechnice w Darmstadt, finansowany przez program Erasmus oraz jednomiesięczny w IMEDEA (Palma de Mallorca).

Publikacje składające się na rozprawę habilitacyjną i dorobek naukowy dr. P. Fronczaka opublikowane w cenionych czasopismach fizycznych, zawierają szereg wartościowych wyników, które przyczyniły się do rozwoju „fizyki” sieci złożonych. Pewną trudność stwarza ocena samodzielności kandydata, a w szczególności umiejętności formułowania problemów naukowych, co jest jednym z zadań pracownika naukowego, mającego uprawnienia do promowania doktorów. W całym dorobku naukowym dr. Fronczaka jest tylko jedna praca opublikowana samodzielnie, a jej tematyka jest ściśle związana z zagadnieniami analizowanymi we wcześniejszych pracach. Wydaje się, że głównym przedmiotem

zainteresowania dr. Fronczaka są symulacje numeryczne. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że w uprawianej przez habilitanta dziedzinie symulacje komputerowa i analiza numeryczna mają znaczenie fundamentalne jestem przekonany, że Jego udział przy powstawaniu wspólnych publikacji był bardzo znaczący. Dorobek organizacyjny i dydaktyczny kandydata oceniam jako wystarczający do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Reasumując, uważam że dorobek naukowy dr. P. Fronczaka spełnia wymagania ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom habilitacyjnym i popieram wniosek o nadanie dr. Piotrowi Fronczakowi stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka.

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials and a long horizontal flourish extending to the right.

Wrocław 28.05.2015