

Wrocław, 10.10.2018

prof. dr hab. Jacek Cichoń  
Katedra Informatyki  
Wydział Podstawowych Problemów Techniki  
Politechniki Wrocławskiej

## RECENZJA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO DRA PAWŁA PILARCZYKA

Dr Paweł Pilarczyk otrzymał tytuł zawodowy magistra matematyki w roku 1997 oraz tytuł magistra informatyki w roku 1999 na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. W roku 2001 uzyskał stopień doktora w dziedzinie nauk matematycznych w dyscyplinie informatyka za rozprawę pt. *Topologiczny algorytm ścisłej weryfikacji istnienia trajektorii okresowych*.

W latach 1999 - 2006 związany był z Instytutem Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. W latach 2006 - 2016 przebywał w ośrodkach naukowych w Kioto (Japonia), Bradze (Portugalia) i w Klosterneuburg (Austria). Od roku 2016 do chwili złożenia wniosku habilitacyjnego zatrudniony był stanowisku Assistant Professor w California State University Channel Island na tzw. Tenure Track.

Postępowanie habilitacyjne pana dra Pawła Pilarczyka został wszczęte w dniu 30 stycznia 2018 r. Na jego „osiągnięcie naukowe”, zatytułowane *Algorytmy dyskretne ścisłej analizy numeryczno - topologicznej układów dynamicznych*, składa się cykl 8 publikacji. Wszystkie prace wchodzące w skład osiągnięcia opublikowane są w bardzo dobrych czasopismach (trzy z nich opublikowane są w *Foundations of Computational Mathematics*, które na listach Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego oceniane jest na 50 pkt, dwie prace opublikowane są w renomowanym czasopiśmie *SIAM Journal on Applied Dynamical System* (40 pkt.)). Jednakże tylko jedna z tych ośmiu publikacji jest publikacją samodzielną.

### Omówienie osiągnięcia naukowego

Przedstawione osiągnięcie naukowe polega na opracowaniu metody numerycznego badania dynamiki układów dynamicznych określonych na ograniczonych podzbiorach  $\mathbb{R}^n$ . Jednym z głównych parametrów opracowanych metod jest parametr rozdzielczości siatki. Stosowana metoda polega, w dużym uproszczeniu, na podziale ustalonego obszaru  $B \subseteq \mathbb{R}^n$  na rodzinę  $\mathcal{F}$  równoległoboków o małych krawędziach i przybliżaniu rozważanego ciągłego odwzorowania  $f : B \rightarrow B$  za pomocą rodzin kostek pokrywających obrazy  $\{f[K] : K \in \mathcal{F}\}$ , tzn. dla dowolnej kostki  $K \in \mathcal{F}$  wyznaczona jest rodzina kostek  $\mathcal{F}_K$  takich, że  $f(K) \subseteq \bigcup \mathcal{F}_K$ . Przyporządkowanie to generuje w naturalny sposób graf skierowany na rodzinie kostek. Metodę tę autor nazywa *kombinatoryczną reprezentacją odwzorowania ciągłego*. Do tak

skonstruowanego obiektu stosowany jest następnie aparat topologii algebraicznej: wyznaczane są rozkłady Morse’a (odpowiadające, w tym przypadku, nieznacznie zmodyfikowanemu pojęciu silnych składowych spójnych grafu), dla których wyznaczane są indeksy Conleya.

Metoda ta została opisana w pracy [H1] z roku 2005. Z dostarczonych materiałów wynika, że powyższy pomysł reprezentowania odwzorowań ciągłych za pomocą przybliżeń kostkowych pochodzi od prof. L. Górniewicza. W pracy [H1] uzasadniono stosowanie tego rozwiązania (np. dlaczego nie stosuje się rozbić simplicjalnych, dlaczego nie pracuje się z przeciw-obrazami) i uzasadnienia te wydają się przekonujące. W tej samej pracy sformułowano i udowodniono twierdzenie (Theorem 1.1) uzasadniające poprawność zastosowanej metody. Praca [H1] zawiera dosyć staranny opis opracowanego algorytmu (poszczególne składniki zapisane są w pseudo - kodzie) oraz omówione są przeprowadzone testy numeryczne. Okazało się, że zbudowany algorytm działa w rozsądnym czasie: na analizowanych przykładach działał kilkadziesiąt minut oraz zużywał kilkadziesiąt megabajtów pamięci.

Przypuszczam, że już w momencie zakończenia prac związanych z publikacją [H1] było jasne, że opracowany szablon algorytmu w naturalny sposób poddaje się uśrednieniu (np. obraz każdej kostki można analizować w oddzielnym procesie). Zadanie paralelizacji badanych algorytmów zostało zrealizowane w publikacji [H4] z roku 2010. Praca ta ma charakter techniczny ale zawiera również dowody poprawności zbudowanego algorytmu oraz próbuje się w niej oszacować złożoności czasową zbudowanego algorytmu. Próba ta okazała się niezbyt udana: autor po udowodnieniu Theorem 5 próbuje przekonać czytelnika, że oszacowanie przez  $O(2^{(n-1)q_\infty})$  jest lepsze od  $O(2^{nq_\infty})$ , gdzie  $q_\infty$  jest pewnym ustalonym parametrem. Pragnę zauważyć, że jest to jedyna samodzielna praca autora i jestem nieco zdziwiony, że ta ewidentna usterka nie została zauważona przez recenzentów czasopisma *Foundations of Computational Mathematics*.

Zbudowane metody dla dyskretnych układów dynamicznych służyć mogą również do badań układów dynamicznych z czasem ciągłym. Autor omawia to w publikacji [H7] z roku 2015. Zastosowana została naturalna metoda dyskretyzacji czasu a poprawność tej metody została podparta twierdzeniem Theorem 5.1.

Ostatnia z załączonych serii prac (praca [H8]) z roku 2016 zawiera interesujące wyniki. Autorzy tej pracy pokazują, że górnio półciągłe odwzorowania wielowartościowe można zastąpić dowolnymi relacjami domkniętymi. Co więcej, używane wcześniej założenie acykliczności przeciwobrazów punktów nie jest w tym podejściu konieczne.

**Zastosowania.** Praca [H6] została opublikowana w roku 2012 w „*Journal of Theoretical Biology*”. Autorzy pracy analizują w nim właściwości stosunkowo prostego modelu dynamiki populacyjnej, wprowadzonego przez Zipkin’a, Kraft’a, Co-och’a i Sullivana w roku 2009. Praca ta zawiera niezbyt trudną, ale elegancką, analizę tego modelu. Sprowadzono zagadnienie badania tego modelu do pewnego równania rekurencyjnego drugiego rzędu, wyznaczone są zakresy parametrów sterujących dla których istnieją stabilne punkty równowagi (Proposition 2.1, Proposition

2.3) oraz stwierdzono istnienie w tym modelu tak zwanego efektu hydry (Proposition 2.5) (efekt ten jest dosyć intensywnie badane w ostatnich latach). Dzięki zastosowaniu automatycznych metod badania dynamiki stwierdzono w tym modelu istnienie atraktorów okresowych, stwierdzono efekt bifurkacji podwojenia okresu oraz efekt rezonansu. Praca ta w sposób ewidentny pokazuje użyteczność zbudowanych narzędzi. Współautorem pracy [H6] jest prof. Eduardo Liz Marzán - znany specjalista od układów dynamicznych, dynamiki populacyjnej oraz biologii matematycznej.

Podobne badania przeprowadzono w pracy [H3] dla klasycznego modelu Lesliego z dynamiki populacyjnej. Oprócz potwierdzenia szeregu zjawisk zaobserwowanych wcześniej metodami symulacyjnymi wyznaczono otoczenia wszystkich zbiorów rekurencyjnych (również niestabilnych), podzielono wszystkie zaobserwowane typy dynamiki globalnej na rozłączne klasy. Krótko mówiąc przeprowadzono znacznie bardziej wnikliwą analizę tego modelu niż to było dotychczas zrobione bez użycia wspomaganie automatycznego. Co więcej, uzyskane wyniki są dowodliwe matematycznie, co nie zawsze jest możliwe w badaniach opartych na prostych symulacjach numerycznych.

**Uwagi o oprogramowaniu.** Autor poświęca wiele miejsca na omówienie detali implementacyjnych opracowanych algorytmów (rozdziały 2, 3.3 autoreferatu). Dowiadujemy się tam, że oprogramowanie zostało napisane w języku C++ z wykorzystaniem szablonów; autor przekonuje, że jest to lepsze rozwiązanie od podejścia obiektowego. Omawia architekturę zastosowanego rozwiązania rozproszonego (wprowadza takie pojęcia jak koordynator, pracownik itp.). Jestem nieco rozczarowany tymi rozważaniami, gdyż są one prowadzone na poziomie studentów studiów informatycznych. Oprogramowanie opracowanych algorytmów, ich paralelizacja, zbudowanie do niego web'owych interfejsów jest zajęciem żmudnym i czasochłonnym, lecz równocześnie rutynowym i nie ma charakteru działalności teoretycznej. Zbudowane przez dra P. Pilarczyka algorytmy, wraz z ich kodami źródłowymi, dostępne są na stronach udostępnionych przez autora. Kody z którymi miałem okazję się zapoznać są bardzo starannie napisane i mają dokładną dokumentację. Jednakże wyraźne podkreślanie roli kodowania jako istotnego składnika swojego osiągnięcia naukowe sugeruje, że niezbyt precyzyjnie odróżnia on elementy teoretyczne od aspektów czysto technicznych.

### Podsumowanie

Badania naukowe dra Pawła Pilarczyka zaklasyfikować można do szeroko rozumianych Metod Numerycznych, w których głównym narzędziem matematycznym jest topologia algebraiczna oraz, pomocniczym, kombinatoryka skończona. Badania jego przypisać można również do niedawno ukształtowanego się działu badań o nazwie Topologia Obliczeniowa. Uzasadniony jest zatem, moim zdaniem, wniosek o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk matematycznych w dyscyplinie informatyka.

Dr P. Pilarczyk w swoim autoreferacie stwierdza, że jego osiągnięcia naukowe zawierają wyniki czterech rodzajów: a) wyniki teoretyczne, (b) algorytmy, (c) oprogramowanie (d) zastosowania. Całość omawianego osiągnięcia można podsumować następująco:

- (1) postawiony został cel zbudowania narzędzi służących do numerycznej analizy własności układów dynamicznych działających na przestrzeniach będących podzbiorami ograniczonymi przestrzeni  $\mathbb{R}^n$  kontrolowanych skończoną liczbą parametrów z ograniczonych podzbiorów  $\mathbb{R}^n$ .
- (2) do rozwiązania tego zadania postanowiono zastosować podejście „kostkowe”
- (3) przeprowadzono badania teoretyczne wykorzystujące aparat topologii algebraicznej uzasadniające poprawność opracowanych metod; w tym celu konieczne było wprowadzenie nowych pojęć (np. praca z parami  $(X, A)$ ) i udowodnienie szeregu nowych twierdzeń
- (4) zrealizowano implementacje opracowanych algorytmów
- (5) zastosowano zbudowane algorytmy do zbadania kilku klasycznych zagadnień z dynamiki populacji

Postawione zadanie zostało zatem zrealizowane w całości. Zaznaczyć pragnę, że nie znalazłem w żadnej z publikacji [H1] - [H8] wielce nowatorskich pomysłów. Pierwsze ciekawe, moim zdaniem, wyniki teoretyczne pojawiły się w ostatniej pracy [H8], w której swój wkład autor ocenia na 30%. Wydaje mi się, że wszystkie wprowadzane nowe pojęcia pojawiały się w sposób naturalny w trakcie prowadzonych badań, zaś autor opanował dostatecznie sprawnie aparat matematyczny aby pokonać trudności techniczne i udowodnić potrzebne po wykazywania poprawności budowanych algorytmów twierdzenia. Tym niemniej całość przedsięwzięcia zrobiła na mnie pozytywne wrażenie: dzięki badaniom teoretycznym i działalności programistycznej autora dysponujemy obecnie narzędziami służącymi do zautomatyzowania dużej części procesu badania naturalnej klasy układów dynamicznych.

Wszystkie, poza pracą [H4], publikacje są napisane wspólnie z innymi autorami. Z oświadczeń współautorów wynika, że wkład merytoryczny dra P. Pilarczyka w powstanie większości z nich był decydujący. Wyjątkiem jest ostatnia praca [H8] z roku 2016, w której wkład dra P. Pilarczyka jest oceniany na 30%.

Dr P. Pilarczyk prowadzi intensywną współpracę międzynarodową. Intensywnie uczestniczy w konferencjach naukowych. W najbardziej aktywnym pod tym względem roku 2014 brał aktywny udział w 9 konferencjach. W roku 2017 uczestniczył w jednej konferencji. Był członkiem komitetów programowych 7 konferencji. Oprócz zestawu prac zawartych w „osiągnięciu naukowym” jest autorem 20 innych publikacji (część z nich ma charakter raportów technicznych i uważam, że autor podjął słuszną decyzję o nie umieszczaniu ich w swoim osiągnięciu). Jest więc bardzo aktywnym naukowcem. Jego badania mają wpływ na badania innych naukowców (np. Zin Arai (Chubu University, Japonia), Konstantin Mischaikow (Rutgers, The State University of New Jersey, USA), Hiroshi Kokubu (Kyoto University, Japonia), Hiroe Oka (Ryukoku University, Japonia), Tomoyuki Miyaji (Meiji University, Japonia).

Przedstawione „osiągnięcie naukowe” dowodzi, że doktor Paweł Pilarczyk potrafi samodzielnie sformułować ciekawy problem naukowy, dobrać odpowiednie narzędzia do jego zbadania, ma opanowany warsztat matematyczny i posiada dużą sprawność programistyczną. Uważam, że ostatnia z przedstawionych publikacji [H8] z roku 2016 będzie podstawą ulepszenia zbudowanych do tej pory algorytmów, czyli, że po ewentualnym uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego nadal będzie

przewodził intensywne badania naukowe. Warte podkreślenia jest też to, że autoreferat autora jest napisany przejrzysto i starannie.

Dr P. Pilarczyk posiada dosyć spore doświadczenie dydaktyczne. Prowadził zajęcia zarówno z czystej matematyki (np. „Równania wariacyjne”) jak i tak techniczne jak „Computer Networks”, czy też „Cloud Computing”. Biorąc pod uwagę profesjonalizm widoczny w pisanych przez niego kodach można być pewnym jakości prowadzonych przez niego zajęć dla studentów z programowania.

Biorąc pod uwagę

- (1) pozytywną, mimo pewnych zastrzeżeń, ocenę „osiągnięcia naukowego”
- (2) istnienie udokumentowanego wpływu jego badań na badania prowadzone przez innych naukowców
- (3) uzyskanie wyników naukowych po otrzymaniu stopnia doktora stanowiących nowy wkład w rozwój informatyki teoretycznej
- (4) dużą aktywnością naukową

stwierdzam, że „osiągnięcie naukowe” doktora Paweł Pilarczyk spełnia wszystkie wymagania (zarówno formalne jak i zwyczajowe) stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk matematycznych w dyscyplinie informatyka.

Jacek Cichoń