Prof. dr hab. Piotr Oprocha
Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Matematyki Stosowanej
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków
e-mail: oprocha@agh.edu.pl

Kraków, 7 stycznia 2020

Ocena dorobku naukowego
doktora Piotra Kowalczyka
w związku z postępowaniem habilitacyjnym na
Wydziale Matematyki Politechniki Wrocławskiej

Ocena osiągnięcia naukowego

W ramach swojego dorobku naukowego dr Kowalczyk przedstawił cykl 8 publikacji

[K1] P. Kowalczyk, *A novel route to a Hopf-bifurcation scenario in switched systems with dead zone*, Physica D, **348** (2017), 60-66.

[K2] P. Glendinning, P. Kowalczyk, and A. B. Nordmark, *Multiple attractors in grazing-sliding bifurcations in an explicit example of a Filippov type flow*, the IMA Journal of Applied Mathematics, **81(4)**, (2016), 711-722.

[K3] P. Glendinning, P. Kowalczyk, and A. B. Nordmark, *Attractors near grazing-sliding bifurcations*, Nonlinearity, **25(6)** (2012),1867-1885.

[K4] M. di Bernardo, C. J. Budd, A. R. Champneys and P. Kowalczyk, *Bifurcation and Chaos in Piecewise-smooth Dynamical Systems: Theory and Applications*, Springer-Verlag, 2008.

[K5] P. Kowalczyk, P. T. Piiroinen, *Two-parameter sliding bifurcations of periodic solutions in a dry-friction oscillator*, Physica D, **237(8)** (2008), 1053-1073.

[K6] P. Kowalczyk, M. di Bernardo, A. R. Champneys, S. J. Hogan, M. Homer, Yu. A. Kuznetsov and P. T. Piiroinen, *Two-parameter non-smooth bifurcations of limit cycles: classification and open problems*, International Journal of Bifurcation and Chaos, **16(3)** (2006).

[K7] A. B. Nordmark and P. Kowalczyk, *A co-dimension two scenario of sliding solutions in grazing-sliding bifurcation*, Nonlinearity, **19(1)** (2006), 1-16, 2006

[K8] P. Kowalczyk and M. di Bernardo, *Two-parameter degenerate sliding bifurcations in Filippov systems*, Physica D, **204** (2005), 204-229.

Ogólnie rzecz biorąc, prace dotyczą potoków indukowanych przez równania różniczkowe z nieciągłym polem wektorowym, gdzie jako podstawowy model można przytoczyć układy Filippova postaci

$$x'(t) = \begin{cases} F_1(x(t)) & \text{, gdy } H(x(t)) \geqslant 0 \\ F_2(x(t))) & \text{, gdy } H(x(t)) < 0 \end{cases}$$

przy czym zakłada się, że H jest gładka. W pracach zazwyczaj zakłada się także, że pola wektorowe F_1, F_2 zależą od pewnego parametru μ, dzięki czemu można mówić o bifurkacjach. Prace ukazały się w cenionych czasopismach, oraz wydają się być rozpoznawalne w szeroko pojętym środowisku naukowym i cieszyć się zainteresowaniem (cytowania).

Mimo tego pierwszego bardzo dobrego wrażenia, prace pozostawiają spory niedosyt. Habilitant w sposób dość luźny traktuje precyzję matematyczną, licząc na to, że czytelnik sam „dopowie" brakujące założenia. Przykładowo mowa jest o „wystarczającej gładkości H" przy czym nigdzie nie precyzuje się o jaką klasę może chodzić (C^1, C^∞). Nie zakłada się także, by 0 było punktem regularnym funkcji H, a jednocześnie nazywa zbiór $\Sigma = \{x : H(x) = 0\}$ powierzchnią (kowymiaru 1). Habilitantowi w jego rozważaniach często brakuje matematycznej precyzji. Przykładowo w [K3] definiuje się sekcję Poincaré kluczową do dalszych rozważań (bez niej trudno mówić o odwzorowaniu PDM), wzorem

$$\Pi = \{x \in \mathbb{D} : \langle H_x, F_1 \rangle (x^*, \mu^*) = 0\}.$$

W tym przypadku funkcja H jest funkcją dwóch zmiennych $H(x, \mu)$ a F_1 polem wektorowym, także zależnym od punktu x oraz parametru μ (odpowiedzialnego za bifurkację). Zatem standardowo przyjąć by można, że H_x oznacza wektor gradientu H względem x, a iloczyn skalarny jest wyznaczany w punkcie (x^*, μ^*). Ale czym w takim razie są punkty x definiujące Π? W pracy [K2] przeprowadza się symulacje, oparte o wyniki teoretyczne z pracy [Glendinning et al., 2011] której próżno szukać w bibliografii. Co prawda jest tam praca P. Glendinninga z 2012 roku, ale i w niej trudno szukać jakichś twierdzeń z dowodami. Co więcej, próbując zrozumieć rozważania odnośnie PDM odsyłani jesteśmy do kolejnej pracy, tym razem z roku 2006. Ale i tam ciężko o bliższe konkrety. W obliczeniach często przechodzi się na formuły przybliżone, nie tłumacząc się nigdzie, dlaczego takie przejścia są dozwolone. Pracuje się w notacji $\mathcal{O}(\varepsilon)$ itp. Jest to być może podejście stosowane w naukach eksperymentalnych (fizyka, nauki inżynierskie), ale jednak matematycy oczekują większej precyzji wypowiedzi. W pracach dostrzegalny jest także brak jakichś bardziej formalnych definicji, czy też twierdzeń (i dowodów) spełniających oczekiwania matematyków. Są to bardziej rozważania natury dość ogólnej i pewne przekształcenia/obliczenia które nazywane są dowodami. Spore rozczarowanie w tym zakresie przynosi autoreferat stanowiący część centralną ocenianego wniosku (i osiągnięcia). Przykładowo, znajdujemy w nim:

Definicja 1. *Strumień kawałkami gładki jest dany jako skończony zbiór równań różniczkowych zwyczajnych:*

$$\dot{x} = \Big\{ F_i(x, \mu) \quad , \; dla \; x \in S_i$$

gdzie $\cup_i S_i = D \subset \mathbb{R}^n$ i żadne wnętrze zbioru S_i nie jest puste. Przekrój $\Sigma_{ij} := \overline{S_i} \cap \overline{S_j}$ jest albo $\mathbb{R}^{(n-1)}$-rozmaitością zawartą w domknięciach ∂S_j i ∂S_i, albo jest zbiorem pustym. Każde pole wektorowe F_i jest wystarczająco gładkie względem stanu x i parametru μ i generuje odpowiadający temu polu potok, powiedzmy $\Phi(x, t)$, we wnętrzu otwartego zbioru S_i. Niemniej, każdy potok Φ_i jest zdefiniowany na całym zbiorze D.

Po pierwsze, zbiory S_i powinny być otwarte, bo w innym przypadku jak należy rozumieć gładkość F_i oraz istnienie rozwiązań (gdyby np. S_i miały punkty izolowane, czy też jakieś elementy o pustym wnętrzu). Chyba, że chodzi o gładkość (a zatem i określoność) na całym D? Także zbiór D powinien być chyba otwarty. Co oznacza wystarczająca gładkość w definicji. Dalej, w wypowiedzi chyba chodzi, o podrozmaitość wymiaru $(n-1)$ w $\mathbb{R}^n$. Zbiory ∂S_j są domknięte z definicji, więc nie ma sensu mówić o ich domknięciach. W jaki sposób potok Φ_i jest zdefiniowany na całym D. Czy pola F_i też są tam zdefiniowane?

Chwilę dalej, habilitant wykonuje obliczenie:

$$\left.\frac{\partial^2 \Phi(x,t)}{\partial t}\right|_{t=0} = \frac{\partial F_i}{\partial t} = \frac{\partial F_i}{\partial \Phi_i} \frac{\partial \Phi_i}{\partial t} = F_{i,x} F_i(x)$$

Nawet jeśli przyjmiemy, że μ jest ustalone i napiszemy dla prostoty $F_i(x)$ zamiast $F_i(x,\mu)$, to i tak przeliczenie jest nieco zaskakujące, w sytuacji $x \mapsto F_i(x)$. Oczywiście można się domyślić jak zapisać tą operację w sposób matematycznie ścisły, i co w zasadzie autor ma na myśli. Ja osobiście oczekiwał bym skorzystania z faktu, że $\Phi_i(x,t) = y(t)$, gdzie y jest rozwiązaniem równania różniczkowego zwyczajnego $y'(t) = F_i(y(t))$ z warunkiem początkowym $y(0) = \Phi(x,0) = x$, co doprowadza nas do rachunku:

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2\Phi(x,t)}{\partial t} &= \frac{d}{dt}y'(t) = \frac{d}{dt}F_i(y(t)) = F_i'(y(t))y'(t) = F_i'(y(t))F_i(y(t)) \\ &= F_i'(\Phi(x,t))F_i(\Phi(x,t)).\end{aligned}$$

Oczywiście kładąc $t = 0$ otrzymujemy

$$\left.\frac{\partial^2\Phi(x,t)}{\partial t}\right|_{t=0} = F_i'(x)F_i(x).$$

Oczywiście, jeśli chcieli byśmy pisać to wyrażenie w pełnej ogólności notacji, tzn. uwzględniając μ, to potoki Φ_i też gdzieś od tego parametru zależeć powinny. Dalej czytamy w autoreferacie:

Definicja 4. *Kawałkami gładki układ hybrydowy jest opisany poprzez zbiór równań różniczkowych zwyczajnych: $x' = F_i(x,\mu)$ gdy $x \in S_i$ oraz zbiór tzw. odwzorowań restartujących: $x \mapsto R_{ij}(x,\mu)$, gdy $x \in \Sigma_{ij} := \overline{S_i} \cap \overline{S_j}$. Zbiory $\cup_i S_i = D \subset \mathbb{R}^n$ mają niepuste wnętrze. Każda granica Σ_{ij} jest $\mathbb{R}^{(n-1)}$-wymiarową rozmaitością zawartą w granicy ∂S_j i ∂S_i, albo jest zbiorem pustym. Zakładamy, że każde pole wektorowe F_i i odwzorowanie R_{ij} są wystarczająco gładkie i zdefiniowane, odpowiednio, w otwartym otoczeniu S_i i Σ_{ij}.*

W powyższej definicji, poza wcześniej opisanymi uwagami, brakuje kompletnie informacji w jaką przestrzeń prowadzą odwzorowania R_{ij}, a w zasadzie należało by to sprecyzować, jeśli chcemy mówić o gładkości. Ta definicja także w najmniejszym stopniu nie definiuje, co należy rozumieć przez układ hybrydowy. Standardowo przez układ dynamiczny z czasem ciągłym (lub potok), rozumie się funkcję ciągłą $\Phi\colon X \times \mathbb{R} \to X$ spełniającą warunki $\Phi(x,0) = x$ oraz $\Phi(\Phi(x,s),t) = \Phi(x,s+t)$ dla wszystkich $x \in X$, $s,t \in \mathbb{R}$. Ale w takim razie jak działa układ hybrydowy, który w jakiś sposób ma łączyć dynamikę dwóch potoków. Czemu służyć ma funkcja R_{ij}? Jak definiowana jest ewolucja w zbiorze Σ_{ij}?

Podobnie dalej, czytamy:

Definicja 5. *Udarowy układ hybrydowy jest to kawałkami gładki układ hybrydowy, dla którego $R_{ij}\colon \Sigma_{ij} \to \Sigma_{ij}$, i potok jest ograniczony do ewolucji po jednej stronie granicy nieciągłości, tzn. na $\overline{S_i} = S_i \cup \Sigma_{ij}$.*

Po pierwsze, R_{ij} ma być określone na otoczeniu Σ_{ij} zatem być może chodzi o to, że $R_{ij}(\Sigma_{ij}) \subset \Sigma_{ij}$ a nie że jest zdefiniowane jedynie na Σ_{ij}? Po drugie nic nie zakładamy o indeksach i,j, ale wiemy z definicji, że $\Sigma_{ij} = \Sigma_{ji}$ co sugerować by mogło, że potok po osiągnięciu zbioru Σ_{ij} nie może go już nigdy opuścić, bo według definicji startując w $\overline{S_i}$ musi tam pozostać, podobnie jak startując z $\overline{S_j}$. Czy o to rzeczywiście chodzi, trudno powiedzieć. Ten brak precyzji przewija się w zasadzie przez całość rozważań, co jest w mojej ocenie niedopuszczalne w przypadku samodzielnego pracownika naukowego (w ramach matematyki). W zasadzie od studentów studiów licencjackich przygotowujących prace dyplomowe wymagam więcej.

Chyba na podobne problemy natrafił autor streszczenia książki [K4] dla Mathematical Reviews, gdyż na końcu streszczenia czytamy „Although the mathematical prerequisites

involved could make this book accessible to undergraduates with a good knowledge of ODEs as well, it is not easy to read, in particular since a number of misprints in the first edition require careful calculations by the reader."

Na koniec należy zwrócić uwagę, że tytuł pracy doktorskiej habilitanta brzmiał "Analytical and numerical investigations of sliding bifurcations in n-dimensional piecewise smooth dynamical systems" napisanej pod kierunkiem Profesorów Maria di Bernardo oraz Johna Hogana. Jak łatwo zauważyć, tematyka jest dość mocno skorelowana z tą stanowiącą przedstawione osiągnięcie. Widać dość jasno, że habilitant w nieznacznym stopniu poszerzył swoje zainteresowania naukowe od czasu uzyskania stopnia doktora. Nadal rozważa bifurkacje, w układach typu Filipova (układy z powierzchnią nieciągłości) i w ogromnej części chodzi o bifurkacje typu grazing-sliding. Co więcej, promotor (a nawet w przypadku [K6] obaj) jest współautorem prac [K4], [K6] i [K8]. To dodatkowo podważa istotny rozwój naukowy od czasu uzyskania stopnia doktora oraz niezależność naukową.

W mojej ocenie, biorąc wszystkie powyższe elementy pod uwagę stwierdzam, że przedstawione osiągniecie nie stanowi istotnego wkładu w rozwój dyscypliny **matematyka**. Przedstawione osiągnięcie wydaje się być powiązane z naukami inżynierskimi i w jakimś stopniu nimi umotywowane, jednak jego wpływ na rozwój nowej myśli matematycznej (definicje, twierdzenia, ścisłe rozumowanie) wydaje się być znikomy.

Pozostałe osiągnięcia naukowo badawcze

Poza 8 publikacjami wchodzącymi w skład osiągnięcia naukowego, dr Kowalczyk przedstawił jeszcze 14 innych prac (artykuły w czasopismach z listy JCR) oraz 8 prac będących raportami po konferencyjnymi (proceedings). W większości są to czasopisma specjalizujące się w tematyce z pogranicza matematyki i fizyki.

Prace kandydata są zauważalne (h-index 10 według WoS; kilkaset cytowań). Jest kilka prac które maja ponad 100 cytowań. Także książka [K4] cieszy się bardzo dużym zainteresowaniem. Od strony bibliometrycznej są to wyniki imponujące, którymi niejeden matematyk u końca kariery nie może się poszczycić.

Habilitant prezentuje wyniki swoich badań na konferencjach międzynarodowych, średnio na jednej rocznie, przy czym według wniosku ostatnie takie wystąpienie miało miejsce na początku roku 2016. Według wniosku, żadne z tych wystąpień nie było referatem na zaproszenie (invited talk). Jest to o tyle dziwne, że ponadprzeciętny poziom cytowań (jak na matematykę) powinien w oczywisty sposób skutkować licznymi wykładami na zaproszenie. Wniosek nie zawiera także informacji o referatach na seminariach, dłuższych wizytach naukowych poza jednostkę w której aktualnie miało miejsce zatrudnienie, czy też innej aktywności tego typu.

Habilitant kierował grantem dla młodych naukowców *„Abrupt changes in the behaviour of hybrid systems in discontinuity induced multiple attractors bifurcations"* w ramach konkursu First Grant EPSRC w latach 2013-2014. We wniosku nie ma informacji o udziale w innych projektach. Według wniosku nie otrzymał jak do tej pory żadnych nagród za działalność naukową w otwartych konkursach.

Z powyższej perspektywy, pozostałe osiągnięcia naukowe habilitanta oceniam jako dobre. Aktywność publikacyjna i cytowalność wykazują istotną dynamikę, jednak reputacja w środowisku (wykłady na zaproszenie) i upowszechnianie wyników pozostaje nieco w tyle. Pomimo wrażenia, że habilitant w swoich badaniach głównie opiera się na istniejących lokalnie grupach badawczych oraz współpracy w ich zakresie, to ze względu na mnogość różnych stanowisk po doktoracie, liczba tych współpracowników jest dość bogata. Warto w tym miejscu oba te elementy docenić (mobilność; liczba współpracowników).

Działalność organizacyjna i dydaktyczna

Habilitant nie uczestniczył w komitetach organizacyjnych konferencji (czy to lokalnych, czy też o zasięgu międzynarodowym), ani nie był organizatorem sesji specjalnych na takich konferencjach. Nie był redaktorem w tomach specjalnych czy też redaktorem w czasopismach naukowych. We wniosku nie znajdujemy informacji czy kiedykolwiek recenzował jakiś artykuł dla liczącego się czasopisma naukowego. Nie figuruje także jako recenzent w Mathematical Reviews. We wniosku nie znajduję informacji o jakichkolwiek funkcjach administracyjnych czy też istotnej działalności organizacyjnej na rzecz którejś z uczelni na której miał okazję pracować. Trudno ocenić działalność organizacyjną habilitanta na rzecz uczelni czy środowiska naukowego pozytywnie. Po prostu nie ma o niej mowy we wniosku. Nie ma także wzmianki o jakiejkolwiek działalności popularyzatorskiej (choćby udział w dniach otwartych, zajęcia z uczniami szkół średnich itp.).

Jeśli chodzi o doświadczenie dydaktyczne, to Habilitant prowadził szeroką gamę przedmiotów, tak mocno specjalistycznych dla studentów wyższych lat matematyki jak i innych studentów. Ze względu na bogatą historię zatrudnienia, były to tak wykłady w języku angielskim jak i polskim. Był opiekunem kilku prac dyplomowych każdego roku w latach 2016-2018 (Manchester Metropolitan University). Jak widać, działalność dydaktyczna prezentuje się standardowo a doświadczenie jako wykładowcy bez wątpienia można ocenić pozytywnie. Choć habilitant prowadził liczne kursy dla studentów, nie był do tej pory promotorem prac magisterskich czy też promotorem pomocniczym w jakimś postępowaniu o nadanie stopnia doktora.

Całość działalności organizacyjnej, popularyzatorskiej i dydaktycznej oceniam dość nisko. W moim przekonaniu wymagania ustawowe nie są tutaj spełnione w istotnym stopniu. Jednak w połączeniu z aktywnością publikacyjną, był bym w stanie skłonić się do pozytywnej oceny całości pozostałego dorobku poza przedstawionym głównym osiągnięciem. W mojej ocenie całość przedstawionych informacji pozwala uznać w najlepszym wypadku, że kryteria zostały spełnione w minimalnym zakresie.

Konkluzja.

Niestety, w świetle wszystkich powyższych uwag krytycznych nie mogę stwierdzić by przedstawiony wniosek spełniał tak zwyczajowe jak i ustawowe wymagania stawiane wobec kandydatów reprezentujących dyscyplinę naukową **matematyka**. Co więcej, mam też zarzuty co do istotnego poszerzenia tematyki badawczej w ostatnich latach, samodzielności naukowej jak i działalności organizacyjnej, w zakresie kształcenia młodej kadry oraz popularyzatorskiej habilitanta, przez co wniosek wydaje mi się w wielu aspektach przedwczesny. Z powyższych powodów **nie popieram** wniosku o nadanie dr Piotrowi Kowalczykowi stopnia doktora habilitowanego.