Prof. dr hab. Krzysztof Frączek
Wydział Matematyki i Informatyki UMK
ul. Chopina 12/18
87-100 Toruń

Toruń, 7 stycznia 2016

Recenzja w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. Maciejowi J. Capińskiemu

Dr Maciej J. Capiński jest absolwentem Uniwersytetu Jagielońskiego. Dyplom magistra matematyki (z wyróżnieniem) otrzymał w roku 2000 po ukończeniu studiów w Instytucie Matematyki UJ. W roku 2005 uzyskał stopień doktora nauk matematycznych (również z wyróżnieniem) w zakresie matematyki w tej samej uczelni na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Dyfuzja Arnolda w organicznym problemie trzech ciał" napisanej pod kierunkiem prof. dra hab. Piotra Zgliczyńskiego. Habilitant obecnie (od 2006 r.) pracuje na Wydziale Matematyki Stosowanej AGH.

Habilitant jest do tej pory autorem 11 opublikowanych prac naukowych, dotyczących głównie zastosowań metod topologicznych oraz ścisłego dowodzenia komputerowego w teorii układów dynamicznych, oraz współautorem dwóch monografii z matematyki finansowej oraz komputerowych jej aspektów.

Ocena osiągnięć badawczo-naukowych Habilitanta. W skład osiągnięć naukowych przedstawionych do oceny w postępowaniu habilitacyjnym wszedł cykl 5 prac naukowych pod wspólnym tytułem „Topologiczne i geometryczne metody dla rozmaitości normalnie hiperbolicznych w układach dynamicznych":

[C] M.J. Capiński, *Covering relations and the existence of topologically normally hyperbolic invariant sets*, Discrete Contin. Dyn. Syst. 23 (2009), 705–725;

[CZ1] M.J. Capiński, P. Zgliczyński, *Cone conditions and covering relations for topologically normally hyperbolic invariant manifolds*, Discrete Contin. Dyn. Syst. 30 (2011), 641–670;

[CR] M.J. Capiński, P. Roldán, *Existence of a center manifold in a practical domain around L1 in the restricted three-body problem*, SIAM J. Appl. Dyn. Syst. 11 (2012), 285–318;

[CS] M.J. Capiński, C. Simó, *Computer assisted proof for normally hyperbolic invariant manifolds*, Nonlinearity 25 (2012), 1997–2026;

[CZ2] M.J. Capiński, P. Zgliczyński, *Geometric proof for normally hyperbolic invariant manifolds*, J. Differential Equations 259 (2015), 6215–6286.

Wspólnym mianownikiem wszystkich tych prac jest dowodzenie istnienia rozmaitości normalnie hiperbolicznych dla układów dynamicznych na przestrzeniach euklidesowych lub rozmaitościach różniczkowych. W sytuacji klasycznej mamy do czynienie z gładkim odwzorowaniem f podzbioru otwartego przestrzeni $\mathbb{R}^n$ i rozmaitość normalnie hiperboliczna Λ to niezmiennicza rozmaitość w $\mathbb{R}^n$ taka, że dla każdego $x \in \Lambda$ istnieje rozkład $\mathbb{R}^n = T_x\Lambda \oplus E_x^u \oplus E_x^s$ na podprzestrzenie, dla których kierunki (niestabilne) z E_x^u są jednostajnie ściągane w tył oraz kierunki (stabilne) z E_x^s są jednostajnie ściągane w przód przez $df : T\Lambda \to T\Lambda$ oraz dynamika kierunków z $T_x\Lambda$ jest w pewnym sensie słabsza niż w kierunkach stabilnych i niestabilnych.

W pracy [C] Habilitant podchodzi do problemu istnienia rozmaitości normalnej z punktu widzenia dynamiki topologicznej. Tym razem f jest tylko homeomorfizmem, natomiast warunki częściowej hiperboliczności są zastąpione warunkami nakrywanie, w których uwikłane są odpowiedniki kierunków stabilnych i niestabilnych. W klasycznych warunkach nakrywania (wywodzących się z teorii indeksu Conley'a) występują tylko przestrzenie stabilne i niestabilne, natomiast w przypadku rozpatrywanym przez Habilitanta uwzględniona została podprzestrzeń centralna, na której dynamika homeomorfizmu jest słabo kontrolowana. Główny wynik, twierdzenie 3.1, pracy [C] stanowi, że przy wspomnianych warunkach nakrywania homeomorfizm f posiada zbiór niezmienniczy Λ, który można traktować jako daleki topologiczny odpowiednik rozmaitości normalnej. Z drugiej strony jest to odpowiednik rezultatu Gidei-Zgliczyńskiego (praca [22] w spisie literatury w Autoreferacie) na temat istnienia punktów stałych w przypadku, gdy nie ma podprzestrzeni centralnej. Tak jak dowód Gidei-Zgliczyńskiego, również dowód podany przez Habilitanta opiera się na użyciu teorii stopnia Browdera. Dodatkowo, w pracy [C] Habilitant wskazuje w jaki sposób weryfikować komputerowo, w sposób ścisły, warunki nakrywania, co zostaje wykorzystane w analizie konkretnego przykładu.

Przy tak słabych założeniach jest w pracy [C] uzyskany zbiór niezmienniczy nie ma szans być nawet rozmaitością topologiczną. Z tym problemem Habilitant zmierzył się we współautorskiej pracy [CZ1]. W niej sformułowane zostały bardzo naturalne założenia nazywane warunkami stożka, które w języku topologii, lepiej naśladuję własności częściowej hiperboliczności. Wspominane warunki stożka są adaptacją warunków zaproponowanych przez Zgliczyńskiego w [Covering relations, cone conditions and the stable manifold theorem, J. Differential Equations 246 (2009), 1774-1819] w sytuacji bez przestrzeni centralnej. Główny rezultat pracy [CZ1] stanowi, że jeśli oprócz warunków nakrywania homeomorfizm f spełnia również warunki stożka, to otrzymany w pracy [C] zbiór niezmienniczy Λ jest topologiczną rozmaitością niezmienniczą, będącą lokalnie wykresem nad podprzestrzenią centralną oraz Λ posiada topologiczną podrozmaitość stabilną i niestabilną. Jest to rezultat, który już może być uznany za topologiczną wersję twierdzenia o istnieniu rozmaitości normalnie hiperbolicznej. Niewątpliwą zaletą tego rezultatu jest jego nieperturbacyjny charakter. W klasycznych twierdzeniach o istnieniu normalnie hiperbolicznych rozmaitości zwykle rozpatruje się małe perturbacje dyfeomorfizmu, dla którego taka rozmaitość istnieje. W pracy [CZ1] przedstawiona została również metoda ścisłej komputerowej weryfikacji własności stożka. Ta metoda weryfikacji została zastosowana do dowodu (wspomaganego komputerowo) istnienia rozmaitości normalnie hiperbolicznej dla rotującego odwzorowania Henona w sytuacji nieperturbacyjnej.

W pracach [CR] i [CS] techniki wypracowane w [CZ1] zostały rozwinięte i pewnych przypadkach uproszczone. W pracy [CR] pozwoliło to na stworzenie metody dowodzenia istnienia topologicznych rozmaitości centralnych dla potoków stowarzyszonych z autonomicznymi równaniami różniczkowymi zwyczajnymi. Tu najbardziej spektakularne zastosowanie dotyczy ograniczonego problemu trzech ciał i badania dynamiki w otoczeniu punktu libracji L_1. Natomiast w pracy [CS] wypracowano techniki, które pozwoliły udowodnić istnienie niezmienniczej rozmaitości topologicznej dla rotującego odwzorowania logistycznego. Tym razem autorzy spotkali się z problemem braku jednostajnej częściowej hiperboliczności, który został pokonany poprzez akcelerację dynamiki. Wspomnijmy, że dla badanych przez autorów w [CS] parametrów układu dynamicznego nieścisłe badania numeryczne wskazywały na istnienie chaotycznego atraktora.

Zdecydowanie najdonioślejszą w cyklu pięciu prac przdstawionych przez Habilitanta jest [CZ2]. Jest to kontynuacja badań zawartych w [CZ1], lecz tym razem celem autorów jest wypracowanie metody ścisłego dowodzenia gładkości rozmaitości normalnie hiperbolicznych uzyskanych w [CZ1]. W tym celu sformułowane zostały tzw. warunki skali przyciągania, są to dość subtelne warunki, które wykorzystują jedynie pochodne cząstkowe pierwszego rządu odwzorowania gładkiego f. Dodając do topologicznych warunków nakrywania oraz stożka różniczkowe warunki skali przyciągania odpowiedniego stopnia autorzy udowodnili istnienie odpowiednio gładkich rozmaitości normalnie hiperbolocznych oraz podrozmaitości stabilnych i niestabilnych. Tym razem oprócz podejścia topologicznego w dowodzie zastosowano metody bardziej geometryczne. Ten sposób podejścia do problemu wydaję się być bardzo nowatorski i niezwykle efektywny. Jak zawsze w przypadku prac Habilitanta zadbano również o wypracowanie metod ścisłej komputerowej weryfikacji założeń. Praca [CZ1] kończy się zastosowaniami dla rotującego odwzorowania Henona. Autorzy przy różnych parametrach układu, korzystając ze wspomagania komputerowego, szacują z dołu rząd gładkości rozmaitości.

Każda w omawianych pięciu prac jest opublikowana w dobrym (Discrete Contin. Dyn. Syst.), bardzo dobrym (SIAM J. Appl. Dyn. Syst., Nonlinearity) lub prestiżowym (J. Differential Equations) czasopiśmie specjalistycznym, wszystkie zajmują wysokie pozycje na liście Journal Citation Reports (JCR). Niewątpliwie każdy artykuł zawiera ciekawe i naturalne wyniki dające możliwość efektywnego badania własności dynamicznych ważnych klas gładkich układów dynamicznych. Wiele z omawianych rezultatów ma charakter istotnie nowatorski. Jak już wspomniałem najwyżej cenię wyniki pracy [CZ2] zarówno za nowatorstwo koncepcyjne, jak i poziom techniczny dowodów. Większość prac ma bardzo techniczny charakter i wydaje się być przyciężkawa. Jednak należy pamiętać, że nadrzędnym priorytetem w badaniach Habilitanta jest stosowanie ścisłych metod komputerwych, co wymusza taką formę uprawiania matematyki.

Pozostały dorobek naukowo-badawczy Habilitanta składa się z 6 prac opublikowanych w latach 2003-2015 w dobrych i bardzo dobrych czasopismach matematycznych (wszystkie notowane na liście JCR).

W pracach [A1] i [A2] (zgodnie z numeracją z Autoreferatu) badane są metodami topologicznymi własności dynamiczne (istnienie punktów stałych i podzbiorów chaotycznych) dla nieautonomicznych zwyczajnych równań różniczkowych. W pracach tych uogólniane są wcześniej znane rezultaty i moim zdaniem nie jest to tematyka specjalnie pasjonująca. Z drugiej strony prace te stanowiły początek kariery naukowej Habilitanta i należy je potraktować jako formę rozgrzewki.

Prace [A3], [A4] i [A6] dotyczą bardzo nośnego tematu jakim jest ograniczony problem trzech ciał. Skupiają się one na badaniu dynamiki w otoczeniu punktów punktów libracji (w pracy [A3] w przypadku eliptycznym traktowanym jako perturbacja sytuacji kołowej). Prace te zawierają zaawansowane technicznie rezultaty, które są stosowane w ścisłych dowodach komputerowych ([A4] i [A6]).

Zupełnie inny charakter ma praca [A5], w której znajdują się rozważania na temat zarządzania ryzykiem w inwestycjach kapitałowych. Habilitant rozważa miernik ryzyka $CVaR^{\alpha}$ (Conditional Value of Risk) w modelu inwestycyjnym Blacka-Scholesa, gdy inwestor inwestuje w europejską opcję kupna. Główny wynik tej krótkiej pracy stanowi twierdzenie 4, które dostarcza efektywnego wzoru na $CVaR^{\alpha}$ i pozwala na minimalizację ryzyka za pomocą programowania liniowego.

Ten krótki artykuł wraz z dwiema monografiami [B1] i [B2] (je zaliczam do osiągnięć dydaktycznych) dobrze świadczą o chęci Habilitanta do szukania nowej tematyki badawczej, co dobrze wróży jego dalszej karierze naukowej.

Podsumowując pozostały dorobek naukowo-badawczy Habilitanta oceniam go jako przyzwoity, choć jak na 15 lat kariery naukowej nie jest bardzo rozbudowany i różnorodny. Dużo wyżej oceniam dokonania przestawione do oceny w postępowaniu habilitacyjnym. Z punktu widzenia zaawansowania technicznego, nowatorskości oraz znaczenia w rozwoju układów dynamicznych są one dużo bardziej cenne.

Traktując dorobek naukowo-badawczy Habilitanta w całości należy stwierdzić, że jest on rozpoznawalny na arenie międzynarodowej. Dokonania Habilitanta były cytowane 34 razy (wg MathScinet), w tym 22 cytowania są obce; według bazy WoS cytowań jest 46, w tym 28 obcych. Jest to przyzwoity wynik zważywszy techniczny charakter rezultatów Habilitanta. Z drugiej strony działalność matematyczna związana z tzw. zastosowaniami, a z taką sytuacją mamy do czynienia, zwykle ma wyższą cytowalność niż rezultaty z czystej matematyki. Jednak nie przywiązywałbym do tych kwestii zbyt wielkiej wagi.

Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej Habilitanta. Dorobek dydaktyczny i w kształceniu kadr oceniam bardzo wysoko. Habilitant był promotorem ponad trzydziestu prac magisterski i jest obecnie opiekunem pomocniczym w przewodzie doktorskim mgr Anny Wasieczko-Zając. Był recenzentem w przewodzie doktorskim na Uniwersytecie w Bergen (Norwegia). Jednak największe wrażenie robi cykl monografii (w autoreferacie wspomina się tylko o dwóch, lecz znalazłem niezależnie informację o planach wydania następnych pięciu) dotyczących matematyki finansowej, który może być traktowany również jak element dorobku popularyzatorskiego. Habilitant jest ceniony za działalność dydaktyczną również na macierzystej uczelni, w roku 2015 otrzymał dwie nagrody.

Habilitant ma doświadczenie w zdobywaniu i realizacji grantów naukowych. W ostatnich latach kierował jednym grantem NCN, był uczestnikiem w dwóch innych grantach naukowych oraz otrzymał Grant Fundacji Kościuszkowskiej na wyjazd zagraniczny.

Międzynarodową współpracę naukową doktoranta należy ocenić wysoko. Obył on trzy zagraniczne staże naukowe, w tym dwa w wysokiej rangi instytucjach w USA (University of Texas, Georgia Institute of Technology). Nawiązał wiele kontaktów naukowych ze znanymi matematyki, takimi jak M. Gidea, R. de la Llave, C. Simó czy W. Tucker. Wygłosił ponad 20 referatów na specjalistycznych konferencjach międzynarodowych.

W tej części mojej oceny uważam, że dorobek Habilitanta należy uznać za ponadprzeciętny.

Podsumowanie recenzji. Jak już wspomniałem wcześniej dorobek naukowy Habilitanta i jego wartość dla rozwoju teorii topologicznych i gładkich układów dynamicznych oceniam wysoko. Jednak na zakończenie recenzji chciałbym podzielić się pewnymi ogólnymi refleksjami. W trakcie studiowania nadesłanych mi materiałów cały czas tkwiła we mnie wątpliwość co do samodzielności prowadzonych przez Habilitanta prac. Są one mocno związane z działalności naukową promotora jego rozprawy doktorskiej prof. dra hab. P. Zgliczyńskiego - świetnego matematyka. Profesor Zgliczyński jest współautorem dwóch najważniejszych, w mojej ocenie, prac z cyklu habilitacyjnego, a dodatkowo w pozostałych pracach czuć wyraźnie styl uprawianej przez niego matematyki. Pozbycia się tego typu wątpliwości nie ułatwia treść oświadczenia o współautorstwie sporządzonego przez prof. Zgliczyńskiego, który nieco humorystycznie przypisał sobie dokładnie co drugi rezultat we wspólnych pracach. Jest to, jak ja rozumiem, forma protestu przeciw nadmiernej i niepotrzebnej formalizacji w postępowaniach habilitacyjnych, ten rodzaj protestu jak najbardziej popieram. Sformułowane przeze mnie wątpliwości mają jednak taki charakter, że całe szczęście nie da się ich przekuć w bardziej formalny zarzut. Z drugiej strony mamy bogatą współpracę międzynarodową Habilitanta, która może świadczyć o przecięciu naukowej pępowiny łączącej go ze swoim promotorem.

Podsumowując uważam, że przestawiony przez Habilitanta dorobek naukowo-badawczy oraz jego aktywność dydaktyczna, popularyzatorska oraz we współpracy międzynarodowej spełniają ustawowe i zwyczajowe wymogi. W związku z tym popieram wniosek o nadanie dr. Maciejowi J. Capińskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk matematycznych w dziedzinie matematyka.

Krzysztof Frączek