

Prof. Dr hab. Grzegorz Łukaszewicz
Wydział Matematyki Informatyki i Mechaniki
Uniwersytetu Warszawskiego
Ul. Banacha 2, 02-097 Warszawa

OCENA
osiągnięcia naukowego
pt. *Ewolucyjne inkluzje Clarke'a oraz aproksymacja
ich rozwiązań w oparciu o metody dyskretyzacji czasowej i przestrzennej*
oraz dorobku naukowego, dydaktycznego i organizatorskiego
w przewodzie habilitacyjnym **Dr. Krzysztofa Bartosza**

Uwagi ogólne. Dr Krzysztof Bartosz jest absolwentem Wydziału Matematyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, gdzie uzyskał dyplom magistra matematyki w 2003 r. Stopień doktora nauk matematycznych w zakresie matematyki uzyskał w 2007 r. po ukończeniu studiów doktoranckich na Wydziale Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Od 2010 r. zajmuje stanowisko adiunkta w Katedrze Teorii Optymalizacji i Sterowania na Wydziale Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Ocena osiągnięcia naukowego. Osiągnięcie naukowe jest zawarte w 10-ciu powiązanych ze sobą tematycznie artykułach naukowych:

- [H1] K. Bartosz, Numerical methods for evolution hemivariational inequalities, Rozdział 5-ty w książce *Advances in Variational and Hemivariational Inequalities, Advances in Mechanics and Mathematics*, vol. 33, edytorzy: W. Han, S. Migórski, M. Sofonea, Springer, 2015, 109-142,
- [H2] K. Bartosz, Variable time-step theta-scheme for nonlinear second order evolution inclusion, *International Journal of Numerical Analysis and Modeling*, vol. 14, no. 6 (2017), 842-868,
- [H3] K. Bartosz, M. Sofonea, Modeling and analysis of a contact problem for a viscoelastic rod, *Zeitschrift für angewandte Mathematics und Physics*, vol. 67, no. 127 (2016), 861-883,
- [H4] K. Bartosz, L. Gasiński, Z. Liu, P. Szafraniec, Convergence of a time discretization for nonlinear second order inclusion, *Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society* (2017), 93-120,

- [H5] K. Bartosz, M. Sofonea, The Rothe method for variational-hemivariational inequalities with applications to contact mechanics, *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, vol. 48, no. 22 (2016), 861-883,
- [H6] K. Bartosz, Convergence of Rothe scheme for a class of dynamic variational inequalities involving Clarke subdifferential, *Applicable Analysis* (2017), 1-21,
- [H7] M. Barboteu, K. Bartosz, T. Janiczko, W. Han, Numerical analysis of a hyperbolic hemivariational inequality arising in dynamic contact, *SIAM Journal of Numerical Analysis*, vol. 53, no. 1 (2015), 527-550,
- [H8] K. Bartosz, D. Danan, P. Szafraniec, Numerical analysis of a dynamic bilateral thermoviscoelastic contact problem with nonmonotone friction law, *Computers and Mathematics with Applications*, vol. 73 (2017), 727-746,
- [H9] M. Barboteu, K. Bartosz, W. Han, Numerical analysis of an evolutionary variational-hemivariational inequality with application in contact mechanics, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol. 318 (2017), 882-897,
- [H10] M. Barboteu, K. Bartosz, D. Danan, Analysis of a dynamic contact problem with nonmonotone friction and non-clamped boundary conditions, *Applied Numerical Mathematics*, vol. 126 (2018), 53-77.

Trzy z powyższych artykułów są samodzielne.

Deklarowany procentowy wkład habilitanta w prace współautorskie, zgodny z oświadczeniami współautorów, wynosi odpowiednio [H3] - 80, [H4] - 55, [H5] - 75, [H7] - 50, [H8] - 50, [H9] - 55 i [H10] - 60 procent. Sam wkład jest omówiony dokładniej w oświadczeniu i będzie omówiony poniżej.

W osiągnięciu naukowym poruszone są zagadnienia dotyczące istnienia, jednoznaczności, regularności i aproksymacji rozwiązań pewnych klas nierówności ewolucyjnych. Motywacją podjęcia badań były wybrane nierozwiązane dotąd zagadnienia mechaniki kontaktowej z niemonotonicznymi więzami. Takie zagadnienia są bardzo ważne w modelowaniu konkretnych inżynierskich rozwiązań, a w rozważanej dziedzinie są wyraźnie trudniejsze od klasycznych już zagadnień z więzami monotonicznymi. Dla rozwiązania postawionych przez siebie problemów z fizyki, habilitant musiał jednocześnie pokonać spore trudności techniczne i rozszerzyć stosowane dotąd techniki, wprowadzając różne innowacje. Dotyczy to zarówno części rozważań teoretycznych jak i analizy numerycznej.

Dla przykładu, w zakresie rozważanych problemów niemonotonicznych modelowanych za pomocą inkluzji Clark'a, w pracach [H2], [H6], [H10] habilitant analizuje problemy ciała nieprzymocowanego, co nie pozwala na skorzystanie z klasycznej techniki nierówności Korna z uwagi na brak brzegu Dirichleta i wymusza posługiwanie się niekoercytywnym operatorem lepkości.

Ciekawym, nowym zagadnieniem jest rozważany w pracy [H3] model jednowymiarowego pręta z silnie nieliniowym lepkosprężystym prawem konstytutywnym oraz nieliniowym i niemonotonicznym warunkiem kontaktowym. Model ten prowadzi do podwójnie nieliniowej inkluzji.

W zakresie analizy numerycznej, w porównaniu do rozważań wielu poprzedników, jak np. Barboteu, Fernandez, Taraf, Martinez, habilitant bada także nietrywialne niemonotoniczne warunki kontaktowe, np. niemonotoniczne prawo tarcia, co jest istotną innowacją.

Połączenie rozważań czysto teoretycznych i analizy numerycznej jest bardzo mocną stroną tej rozprawy. Podjęte przez habilitanta to dwustronne podejście generuje, z jednej strony, nowe ciekawe problemy, przez co niektóre rezultaty mają charakter jeszcze warunkowy, szczególnie te, związane z założeniami o regularności rozwiązań. Z drugiej daleko wykracza poza czysto teoretyczne, egzystencjalne ale niekonstruktywne wyniki, kierując się na pełną analizę trudnych konkretnych problemów. Aspekt numeryczny jest nadzieją na ożywienie tego przedmiotu badań. Habilitant wniósł tu znaczny wkład naukowy.

W zakresie metod, nie jest niczym dziwnym wobec tego co napisałem powyżej, że habilitant szeroko stosuje metodę dyskretyzacji czasowej, znaną od dawna, ale tutaj zastosowaną po raz pierwszy do pewnych typów ewolucyjnych inkluzji różniczkowych. Użycie metody Rothe jest także mocno związane z nowymi rezultatami Piotra Kality w zakresie jej stosowalności do ewolucyjnych inkluzji różniczkowych. Autor stosuje te rezultaty w pracach [H1] – [H5], upraszczając je w pracy [H6].

Te nowe zastosowania dotyczą np. nierówności typu Clarke’a, drugiego rzędu względem czasu, rozważane w pracach [H1] i [H2].

W pracach [H5], [H6] i [H9] metoda dyskretyzacji czasowej została natomiast użyta do problemów mających postać inkluzji rzędu drugiego względem czasu, zawierającej dwa typy subróżniczek: subróżniczkę Clarke’a i subróżniczkę w sensie analizy wypukłej. Tym samym, składnik wielowartościowy jest tu sumą operatora pseudomonotonicznego pochodzącego od subróżniczki Clarke’a oraz maksymalnie monotonicznego pochodzącego od subróżniczki w sensie analizy wypukłej. Zastosowanie do takiego problemu metody Rothe jest tu nowatorskie.

Ciekawym rezultatem jest uogólnienie, w pracy [H4], pewnego wyniku Emricha [9] dotyczącego równania na inkluzję, w dodatku przy istotnie słabszych założeniach dotyczących wiodącego operatora, co wymagało znacznie trudniejszej analizy.

W pracy [H2] habilitant wykazał, że wielokrotnie stosowane w podobnych kontekstach w literaturze przedmiotu założenie o pewnych stałych liczbowych w zagadnieniu, warunkujące tzw. warunek małości, nie jest konieczne.

Oryginalnym osiągnięciem w zakresie numeryki jest uzyskanie, w pracy [H7] po raz pierwszy optymalnego oszacowania błędu rzędu $o(h + k)$, gdzie h i k są parametrami dyskretyzacji przestrzennej i czasowej dla dynamicznego procesu kontaktowego z niemonotonicznym prawem tarcia. Wcześniej podobne oszacowania były już uzyskane w prostszych zagadnieniach, np. nie uwzględniających tarcia i przy monotonicznych więzach.

Przy całej różnorodności wyników i metod, struktura ciągu prac [H1] – [H10] jest bardzo logiczna, można powiedzieć, narastająca, gdzie w kolejnych pracach wprowadza się uogólnienia poprzednich, związane z nowymi trudnościami. Np. praca [H8] stanowi rozszerzenie

pracy [H7] poprzez uwzględnienie zjawiska termalnego.

Omówione powyżej artykuły naukowe powstały we współpracy z matematykami z różnych ośrodków naukowych, są opublikowane w czasopismach o globalnym zasięgu. Są starannie napisane, z klarowną strukturą uwzględniającą wszystkie potrzebne składowe. Analiza matematyczna tych prac jest złożona, ale przedstawienia są eleganckie. Znaczenie tych wyników, w tym wkład habilitanta, oceniam wysoko.

Ocena dorobku naukowego i aktywności naukowej. Poza pracami stanowiącymi osiągnięcie naukowe, habilitant napisał kilkanaście prac w recenzowanych czasopismach naukowych (JCR) dotyczących tematyki podobnej do tej przedstawionej w rozprawie habilitacyjnej. Problemy poruszane w tych pracach to głównie poprawność stawiania zagadnień brzegowych i początkowo-brzegowych dla wybranych klas inkluzji ewolucyjnych dla konkretnych problemów mechaniki kontaktowej.

Habilitant bada rozmaite zagadnienia. Jednym jest np. zagadnienie termistora, gdzie występują trzy rodzaje sprzężonych warunków trzech różnych typów. W innej ciekawej pracy, subróżniczka Clarke'a pochodzi od prawa konstytutywnego, a nie, jak zwykle, od warunków brzegowych. W tym problemie mamy też pewne odwrócenie zależności konstytutywnej, polegające na odwróceniu zależności między naprężeniami a odkształceniami, przy czym w prawie konstytutywnym mamy także wyraz zależny od historii procesu. W jeszcze innej pracy rozważany jest problem belki znajdującej się w pewnej odległości od podłoża, na którą działają siły prostopadle do niej skierowane. To złożone zagadnienie jest przeanalizowane także numerycznie, co pozwoliło zilustrować przybliżony kształt belki w danej chwili. Habilitant podjął także w dwóch pracach problem sterowania optymalnego i stabilności na zaburzenia danych początkowych. W wielu pracach analiza numeryczna, w tym szacowanie błędów przybliżeń, idzie w parze z analizą na poziomie abstrakcyjnym.

Habilitant ma także jasno określone plany co do dalszego rozwijania metod numerycznych w zagadnieniach kontaktowych, ich uogólniania a także stosowania do innych problemów. Jest to moim zdaniem dobry kierunek, prowadzący do wielu nowych ciekawych i ważnych wyników.

Konkludując ocenę całości dorobku naukowego, nie mam wątpliwości, że Dr. Krzysztof Bartosz jest profesjonalistą w dziedzinie równań różniczkowych i analizy numerycznej w rozważanym zakresie, co pozwala mu już na tym etapie mu na prowadzenie samodzielnych badań jak również na kierowanie zespołem.

Co się tyczy ocen parametrycznych publikacji habilitanta, to były one cytowane ok. 85-ciu razy, indeks Hirsh'a wynosi 6 według Web of Science. Są to dobre wyniki na tym etapie rozwoju naukowego.

Habilitant jest bardzo aktywny w środowisku naukowym.

Uczestniczył w sześciu projektach naukowych (w tym NCN, Maestro, Polonium, dwa inne projekty międzynarodowe), w ramach których odwiedził kilka ośrodków naukowych (Zhejiang University, Guangxi University w Chinach oraz Rochester University i University of Iowa w USA).

Aktywnie uczestniczył w kilkunastu liczących się międzynarodowych konferencjach naukowych (w Chinach, Francji, Niemczech, w Polsce i w USA, w sumie 18 wykładów, w tym 5 wykładów zaproszonych (w Chinach, we Francji i w USA)).

Dwa razy brał udział w organizacji międzynarodowych konferencji odbywających się w Polsce jako członek komitetu naukowego lub organizacyjnego.

Habilitant recenzuje też dla liczących się czasopism o ogólnym zasięgu (w tym dla *Asymptotic Analysis*, *Nonlinear Analysis RWA*, *Nonlinearity*).

Ocena dorobku dydaktycznego i organizatorskiego.

Dorobek dydaktyczny stanowią głównie wykłady, ćwiczenia i laboratoria prowadzone na Uniwersytecie Jagiellońskim, w tym trzy różne wykłady. Ich tematyka dotyczyła wstępu do matematyki, analizy matematycznej, algebry liniowej, statystyki oraz metod numerycznych i programowania.

Opieka nad studentami i doktorantami dotyczy promotorstwa dwóch prac magisterskich oraz opieki w charakterze promotora pomocniczego nad dwoma doktorantami w Instytucie Matematyki UJ.

Warta wymienienia jest wieloletnia aktywność habilitanta w zakresie popularyzacji matematyki i pracy z uczniami szkół średnich, w ramach warsztatów komputerowych oraz unijnego projektu *Młodzieżowe Uniwersytety Matematyczne*, gdzie prowadził zajęcia dla uczniów i szkolenia dla nauczycieli w zakresie doskonalenia dydaktyki matematyki.

W roku akademickim 2013/14 habilitant otrzymał prestiżową nagrodę JM Rektora Uniwersytetu Jagiellońskiego za wysoką jakość pracy dydaktycznej w wymienionym roku.

Podsumowanie końcowe. Dr Krzysztof Bartosz ma znaczny i uznany na arenie międzynarodowej dorobek naukowy. Jest specjalistą w zakresie równań różniczkowych i ich metod numerycznych, w szczególności inkluzji różniczkowych. Jego działalność naukowa jest bogata i różnorodna. Jest aktywny na krajowej i międzynarodowej arenie naukowej jako uczestnik i organizator konferencji naukowych, uczestnik projektów naukowych, a także recenzent. Jest cenionym wykładowcą.

Przedstawiony materiał zdecydowanie kwalifikuje Dr. Krzysztofa Bartosza do dalszego postępowania w przewodzie habilitacyjnym. Spełnia on w pełni ustawowe i zwyczajowe wymagania stawiane kandydatom do otrzymania stopnia doktora habilitowanego.


Grzegorz Łukaszewicz

23 maja, 2018 r.

