INSTYTUT MATEMATYCZNY
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa
tel.: 48-22-522-81-00, fax: 48-22-629-39-97, e-mail: im@impan.pl

Prof. dr hab. Bronisław Jakubczyk

IM PAN, Warszawa

Opinia w sprawie nadania dr hab. Ewie Małgorzacie Bednarczuk tytułu naukowego profesora.

Doktor hab. Ewa M. Bednarczuk ukończyła studia matematyczne w 1974 roku na Uniwersytecie Warszawskim a w roku 1985 obroniła doktorat napisany w Instytucie Matematycznym PAN pod kierunkiem profesora Stefana Rolewicza. W roku 2006 uzyskała stopień doktora habilitowanego nauk technicznych w Instytucie Badań Systemowych PAN na podstawie rozprawy „Parametryczne problemy optymalizacji wielokryterialnej". Od roku 1976 jest zatrudniona w Instytucie Badań Systemowych. W tym czasie podejmowała zatrudnienia okresowe w innych instytucjach akademickich w Polsce i za granicą, w tym jako profesor Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w latach 2007-2013 oraz profesor PW na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych.

Główne zainteresowania i dorobek naukowy dr hab. Ewy Bednarczuk koncentruje się na analizie wypukłej, problematyce teorii optymalizacji i optymalizacji wektorowej, analizie w przestrzeniach z porządkiem zadanym przez stożek wypukły oraz wybranymi zagadnieniami nieliniowej analizy związanymi z tymi problemami. Rozważane są w szczególności problemy motywowane optymalizacją wektorową dla odwzorowań o wartościach w przestrzeniach z porządkiem.

Standardowy problem optymalizacji wypukłej polega na stwierdzeniu czy istnieją punkty minimalne (maksymalne) dla odwzorowania $f: X \to Y$, gdzie X jest zwykle przestrzenią metryczną lub przestrzenią Banacha a Y przestrzenią liniowo-topologiczną lokalnie wypukłą, lub też przestrzenią Banacha wyposażoną w domknięty wypukły stożek $K \subset Y$.

Stożek K zadaje w Y częściowy porządek: $y \leqq y'$ jeśli $y'-y \in K$. Można więc szukać punktów minimalnych/maksymalnych wśród wartości odwzorowania f w Y. Cała gama problemów z optymalizacji funkcji czy funkcjonałów przenosi się tutaj na odwzorowania $f: X \to Y$ jako nowe wyzwanie. Bogactwo nowych problemów jest znacznie większe, rozszerzenie zwykłych technik optymalizacyjnych jest często mocno nietrywialne, intuicje nabyte w problematyce zwykłej optymalizacji nie wystarczają.

Z dorobku około 40-tu publikacji w języku angielskim wyróżniają się prace opublikowane w renomowanych czasopismach międzynarodowych, w tym po jednej pracy w SIAM J. on Control and Optimization, SIAM J. of Optimization, Archiv der Mathematik, J. of Mathematical Analysis and Applications oraz Bolletino della Unione Mathematica Italiana, 3 prace w Nonlinear Analysis, T.M.A., 3 prace w J. of Convex Analysis. Ponadto trzy publikacje ukazały się w sprawozdaniach konferencyjnych.

Znaczna większość publikacji przed habilitacją i do roku 2007 jest samodzielna, podczas gdy późniejsze publikacje są w większości wynikiem współpracy z jednym lub dwoma współautorami lub współautorkami.

Tematyka wczesnych badań przed uzyskaniem stopnia doktora habilitowanego koncentruje się na własnościach problemów optymalizacji skalarnej z ograniczeniami, w tym półciągłości rozwiązań dla zadań parametrycznych i dobrego postawienia zadań. Późniejsze badania prowadzące do habilitacji to podobne problemy, postawione jednak dla zadań optymalizacji wektorowej. Wieńczące opracowanie tych ostatnich zagadnień to starannie opracowana 120-stronicowa monografia opublikowana w czasopiśmie Dissertationnes Mathematicae.

Można zauważyć, że najbardziej zauważonym tematem badań Ewy M. Bednarczuk jest dobra określoność problemów optymalizacji wektorowej. Jedną z pierwszych definicji w wersji wektorowej zaproponowała tu Bednarczuk w pracach z 1987 (konferencyjna) i 1994 w Control and Cybernetics. Jest ono później cytowane w kilku pracach jako „B-well posedness", od nazwiska autorki. Trzy z prac dotyczących tego tematu mają, wg MathSciNet, powyżej 30 cytowań każde. Jednak, jak pisze autorka w publikacji w Diss. Math. (2007), w optymalizacji wektorowej nie ma jednej ogólnie przyjętej definicji.

Główne wyniki naukowe po habilitacji.
Opiszę krótko wybrane wyniki naukowe odwołując się do numeracji prac podanej w autoreferacie. W pracach [30] i [31] opublikowanych wspólnie z Dariuszem Zagrodnym w Archiv der Mathematik oraz SIAM J. on Control and Optimiz. w latach 2009 i 2010 rozszerzono do przypadku wektorowego dwie znane zasady wariacyjne. Zamiast funkcji o wartościach skalarnych rozważa się tu odwzorowania o wartościach w przestrzeni liniowo-topologicznej lokalnie wypukłej z porządkiem zadanym przez stożek wypukły. Tzw. zasada wariacyjna Ekelanda opublikowana w roku 1974 jest prostym ale niezwykle użytecznym twierdzeniem używanym w optymalizacji i nieliniowej analizie funkcjonalnej w sytuacjach gdy podpoziomica funkcji nie jest zbiorem zwartym. Zakłada się w niej jedynie dolną półciągłość funkcji a w tezie pojawia się jej lipschitzowska perturbacja. W latach 2000-2008 zasada ta została rozszerzona do przypadku wektorowego z kierunkową perturbacją ze stożka K. W pracy [30] udowodniono wariant wektorowy tej zasady, gdzie wariacje są brane z ograniczonego, wypukłego podzbioru stożka K. Natomiast w pracy [31] została rozszerzona do przypadku wektorowego tzw. zasada Borweina-Preissa, opublikowana w roku 1987 i będąca gładką wersją zasady typu Ekelanda (zasadę Ekelanda można nazwać wersją lipschitzowską). Trudnością było już przeniesienie na ogólniejszy przypadek samego sformułowania twierdzenia. Te wyniki wydają się cennymi osiągnięciami choć minęło zbyt mało czasu by ocenić ich możliwe zastosowania. Pierwsza z tych prac jest już cytowana 32 razy (bez autocytowań) wg. Scholar Google a główny wynik był też uogólniany.

Ważnym motywem w optymalizacji wektorowej jest uogólnienie pojęcia punktu krytycznego funkcji o wartościach skalarnych do odwzorowań o wartościach wektorowych. Bez własności optymalności czy zakładania istnienia relacji porządku w przestrzeni wartości takie pojęcie jest zdefiniowane przez degenerację rzędu macierzy jakobianowej odwzorowania. Więcej żąda się od własności punktu krytycznego w kontekście optymalizacji wektorowej.

W tym kontekście szczególnie zainteresowała mnie praca [32] w Set-Valued and Variational Analysis z 2011 roku, wspólna z E. Miglierina i E. Molho, gdzie głównym wynikiem jest twierdzenie „o przełęczy górskiej", będące pewnym uogólnieniem klasycznego twierdzenia, o tej samej nazwie, dla funkcji o wartościach skalarnych. W celu sformułowania tego twierdzenia używa się uogólnienia warunku Palais-Smale'a dla funkcji (funkcjonału) o wartościach skalarnych do odwzorowań f:R^n→R^m o wartościach w przestrzeni R^m z porządkiem zadanym przez stożek [0,∞)^m. (Zaadoptowano tu wprowadzone wcześniej przez Bao i Mordukhovicha bardziej abstrakcyjne uogólnienie tego warunku.) Zakładając uogólniony warunek Palais-Smale'a oraz pewien warunek geometryczny otrzymuje się w tezie istnienie punktu krytycznego odwzorowania f. Dodatkowo twierdzenie podaje przepis na znalezienie tego punktu jako granicy ciągu punktów wyznaczonych pewnym algorytmem typu minmax względem wprowadzonego porządku w R^m. Trzeba jednak dodać, że klasyczne „skalarne" twierdzenie o przełęczy górskiej znalazło zastosowanie przy dowodzeniu istnienia rozwiązań nieliniowych równań (w tym różniczkowych), skąd też czerpało motywację. Dla wektorowej wersji tego twierdzenia nie ma dotąd tak spektakularnych zastosowań.

W dowodzie twierdzenia o przełęczy górskiej używa się pojęcia wektorowego pseudo-gradientu do określenia „kierunków spadku" odwzorowania o wartościach w przestrzeni z porządkiem i stosuje się odpowiednią zasadę wariacyjną typu Ekelanda. W dwu pracach z A.Y. Krugerem sformułowano warunki gwarantujące, że minimum odwzorowania jest tzw. lokalnym słabym ostrym minimum. Badano tzw. własność oszacowania błędu przez rozszerzenie definicji silnego nachylenia. W pracy [34] w dowodach twierdzeń o nachyleniu stosowana jest skalarna zasada Ekelanda a w [35] jej wektorowa wersja.

Zagadnienia różniczkowalności kierunkowej odwzorowań stożkowo wypukłych były tematem badań cyklu trzech prac z Krzysztofem Leśniewskim. Przypomnijmy najpierw, że ponieważ definicja wypukłości funkcji na przestrzeni liniowej o wartościach w R wymaga jedynie użycia struktury liniowej i porządku w R, można ją automatycznie przenieść na odwzorowania o wartościach w przestrzeni wektorowej Y z porządkiem. Jeśli porządek jest zadany przez stożek $K \subset Y$ to odwzorowanie $f:X\to Y$ wypukłe względem porządku zadanego przez ten stożek jest nazywane stożkowo wypukłym. W roku 1972 M. Valadier podał warunki dostateczne na kierunkową różniczkowalność odwzorowań stożkowo wypukłych o wartościach w przestrzeniach Banacha. Warunkiem na przestrzeń Y jest by była ona słabo ciągowo zupełna.

W pracy [39] E.M. Bednarczuk i K. Leśniewski wykazali, że jeśli dla każdego domkniętego, wypukłego stożka K w przestrzeni Banacha Y każde wypukłe odwzorowanie $f:\Omega \subset X\to Y$ z dowolnego wypukłego podzbioru Ω zawierającego zero w nietrywialnej rzeczywistej przestrzeni wektorowej X ma pochodną kierunkową w każdym punkcie Ω, w każdym dopuszczalnym kierunku w Ω, to przestrzeń Y jest słabo ciągowo zupełna. W sformułowaniu twierdzenia nie ma wymagania, że przestrzeń X jest nietrywialna, co czyni go nieprawdziwym. Z dalszych rozważań można się domyślić, że autorzy to zakładają. De facto, za przestrzeń X można wziąć R i w istocie autorzy udowadniają następujące twierdzenie.

Jeśli dowolna funkcja wypukła z odcinka w przestrzeń stożkowo wypukłą Y jest w każdym punkcie prawo- lub lewo-różniczkowalna to Y jest słabo ciągowo zupełna.

Mylące jest sformułowanie w Autoreferacie, że główne twierdzenie w [39] podaje warunek konieczny na różniczkowalność kierunkową odwzorowań wypukłych.
W pracy [44] osłabiono warunek wystarczający na różniczkowalność kierunkową zastępując wypukłość odwzorowania f silną parawypukłością tego odwzorowania, badaną wcześniej przez S. Rolewicza. Z kolei w artykule [46] (wysłanym do druku) analizowano różniczkowalność Gateaux na zbiorze typu Gδ wykazując, że silna parawypukłość i lokalna wektorowa ograniczoność jest warunkiem wystarczającym na taką różniczkowalność.

Kolejny problem badany w pracach autorki, wraz z Agnieszką Prusińską i Alexey'em Tret'yakovem, to stabilność rozwiązań w problemie optymalizacji funkcjonału przy ograniczeniach zadanych przez operator nieliniowy. Zakładając, że w wyjściowym problemie punkt optymalny jest punktem osobliwym gładkiego operatora nieliniowego, tzn. jego pochodna w tym punkcie nie jest surjekcją, podaje się warunki wystarczające na to by rozwiązanie optymalne było bliskie wyjściowemu przy małych zaburzeniach funkcjonału i operatora ograniczeń. Kluczowym jest założenie, że pochodna wzdłuż niezerowego kierunku skończonego szeregu Taylora operatora ograniczeń jest w danym punkcie surjekcją a także spełnia pewne oszacowania. Innym wynikiem jest pewna wersja twierdzenia o funkcji uwikłanej dla osobliwych funkcji operatorowych.

Dr hab. Ewa Bednarczuk opublikowała również dwie prace [36], [41] wraz z Moniką Sygą dotyczące problemu minimaksowego. Używa się w nich pojęcia wypukłości względem jednej z dwu rodzin funkcji Φ: klasy funkcji na przestrzeni Hilberta półciagłych z dołu i ograniczonych z dołu przez funkcję kwadratową, oraz funkcji wypukłych na takiej przestrzeni, półciagłych z dołu. Dla funkcji a(x,y) zmiennej x z przestrzeni Hilberta X i y z rzeczywistej przestrzeni wektorowej Y, takiej że $a(\cdot, y)$ jest funkcją Φ -wypukłą względem $x \in X$ dla każdego ustalonego y i $a(x, \cdot)$ jest funkcją wklęsłą ze względu na $y \in Y$ przy każdym x, podaje się warunki na to by

$$\min \max a(x,y) = \max \min a(x,y),$$

gdzie max jest brane względem x a min względem y. Warunki z pracy [41]w sposób elegancki charakteryzują własność minimaksową, dodając nową charakteryzację do już istniejących.

Inne osiągnięcia naukowe, organizacyjne i dydaktyczne.
Dr hab. Ewa Małgorzata Bednarczuk była promotorem dwu prac doktorskich, Moniki Sygi i Krzysztofa Leśniewskiego, oraz trzech prac magisterskich na Wydziale MINI PW, a także opiekunem naukowym dwu innych doktorantów w IBS PAN. W latach 1997-2018 prowadziła szereg wykładów kursowych z różnych podstawowych działów matematyki na polskich uczelniach: Politechnice Warszawskiej, Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego i Wyższej Szkole Informatyki i Zarządzania. Prowadziła również wykłady na uczelniach zagranicznych: Uniwersytecie w Nancy (Francja, semestr letni 1994/95), Uniwersytet La Sapienza, (Rzym, semestr zimowy 1992/93), Uniwersytet w Ho Chi Minh (Wietnam, semestr letni 2007). Od 2018 r. jest członkiem komitetu redakcyjnego Control and Cybernetics, czasopisma wydawanego przez IBS PAN. Wcześniej wydała dwa tomy tego czasopisma jako redaktor-gość. Była członkiem zespołów programowych i organizacyjnych trzech międzynarodowych konferencji z problematyk optymalizacyjnej w Centrum Banacha oraz jednej w Wittenbergu (Niemcy). Kierowała grantem KBN, grantem Wydziału MINI PW, a także zespołem badawczym IBS PAN.

Podsumowanie.

Podsumowując dokonania naukowe dr hab. mogę stwierdzić, że stanowią one istotny wkład w dziedzinę, w sposób znaczny przekraczającą wymagania stawiane przy ubieganiu się o stopień doktora habilitowanego. Nie potrafię wskazać wśród tego dorobku dokonań przełomowych, wyznaczających nowe szlaki badań. Jednakże wiele wyników rozszerza dotychczasową wiedzę w tej tematyce. W części prac autorka (i współautorzy) jako jedna z pierwszych analizuje nowe problemy, rozszerza zakres dotychczasowych badań, uzyskuje nowe oryginalne wyniki. W tematyce optymalizacji wektorowej jest ona czołową specjalistką w Polsce a jej badania są zauważone i cytowane przez specjalistów zagranicznych.

Konkluzja.

Sądzę, że wymienione powyżej osiągnięcia dr hab. Ewy Bednarczuk dają podstawę do stwierdzenia, że dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny jest wystarczający do nadania jej tytułu profesora. Uważam, że kandydatka spełnia wymagania przyjęte dla uzyskania tego tytułu i rekomenduję nadanie jej tytułu profesora.

Warszawa, 11. 04. 2019.

Bronisław Jakubczyk