

Opinia w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego doktorowi Marcinowi Piterze

Dr Marcin Pitera uzyskał stopień doktora w naukach matematycznych w zakresie matematyki na Uniwersytecie Jagiellońskim na Wydziale Matematyki i Informatyki w 2015 roku na podstawie rozprawy doktorskiej pt. „Selected problems on discrete-time stochastic control for dynamic risk and performance measure” napisanej pod kierunkiem prof. dr. hab. Łukasza Stettnera. Od 2014 roku jest zatrudniony na Uniwersytecie Jagiellońskim na Wydziale Matematyki i Informatyki. Obecnie zajmuje stanowisko adiunkta.

Przedstawione we wniosku materiały są kompletne i starannie przygotowane. Zawierają wszelkie informacje potrzebne w przygotowaniu oceny.

Charakterystyka i ocena osiągnięcia naukowego

Przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe dr. Marcina Pitery opiera się na dziewięciu artykułach opublikowanych w wysoko notowanych czasopismach z listy JCR. Wszystkie prace są współautorskie, a wkład habilitanta w każdej pracy jest taki sam jak pozostałych autorów pracy. W opisie będę stosować numerację użytą we wniosku.

Moją ocenę rozpocznę od omówienia prac [H1] i [H2] dotyczących optymalizacji portfela ze średnią wypłatą na jednostkę czasu i inwestorem wrażliwym na ryzyko. Dynamika portfela w artykule [H1] uwzględnia czynniki ekonomiczne opisane przez proces Markowa spełniający tzw. warunek minoryzacji (warunek ergodyczności). Celem jest wyznaczenie strategii inwestycyjnej H maksymalizującej $\liminf_{t \rightarrow \infty} \frac{\mu^\gamma(\ln(V_t^H/V_0^H))}{t\lambda}$, gdzie $(V_t^H)_t$ jest procesem wartości portfela dla strategii H , a μ^γ jest równoważnikiem pewności wykładniczej funkcji użyteczności. Tutaj $\gamma \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ jest współczynnikiem ryzyka decydenta. Wykorzystując ważoną span semi-normę i metody z pracy Hairera i Mattingly'ego (2011) pokazano, że odpowiedni operator równania optymalności jest lokalną kontrakcją. Ponadto, optymalna strategia H^* jest scharakteryzowana przez równanie optymalności. Natomiast w artykule [H2] badany jest problem optymalizacji portfela z kosztami transakcji. Aby znaleźć optymalną strategię i funkcję wartości (tj. optymalną wartość problemu) pokazano, że równanie optymalności ma rozwiązanie, a stała w tym równaniu jest rozwiązaniem przedstawionego problemu. W przypadku, może mniej ciekawym, decydenta „kochającego ryzyko” (*risk-loving case*) użyto metody tzw. znikającego współczynnika dyskonta, a w przypadku inwestora z awersją do ryzyka (*risk-averse case*) posłużono się span semi-normą i kontrakcją. Wynik pierwszy uzyskano przy dość ogólnych założeniach całkowalności i wykorzystywano tw. Arzeli-Ascoliego. Natomiast przy drugiej metodzie

założono pewne warunki ergodyczności na logarytmiczne stopy zwrotów z aktywów (str. 1302 w [H2]), a dowód oparto o analizę ogonów procesu sterowanego.

Kolejne prace [H3]-[H5] poświęcone są procesom Markowa z czasem ciągłym. W artykule [H3] rozważano impulsowe sterowanie diadyczne na siatce czasu o kroku $\delta > 0$ dla kryterium średniej wypłaty uwzględniającym ryzyko decydenta. Rozważając normy ważone i wykorzystując wyniki z pracy [H1] pokazano istnienie diadycznego rozwiązania równania optymalności. Okazuje się, że stała w równaniu optymalności jest optymalną wartością problemu optymalizacyjnego. Autorzy, aby uporać się z nieograniczonym przypadkiem szumu, wykorzystali ciekawe nierówności dla entropijnej miary ryzyka sumy zmiennych losowych. Praca uogólnia pracę Sadowego i Stettnera (2002) na nieograniczone funkcje wypłaty czy kosztu i osłabia warunki ergodyczności. Problem optymalnego zatrzymania z kryterium wypłaty wrażliwym na ryzyko i czasem ciągłym jest rozważany w pracy [H4]. W części pierwszej omówiono dyskretny model, gdzie pokazano, że optymalny moment zatrzymania może zostać uzyskany poprzez rozwiązanie równania optymalności dla diadycznego problemu zatrzymania. Podobne wyniki uzyskano dla przypadku procesu z czasem ciągłym. W szczególności Twierdzenie 15 podaje istotne własności funkcji wartości. Wyniki z [H3]-[H4] wykorzystano w dość kompletnej pracy [H5], gdzie podano rozwiązanie dla problemu sterowania impulsowego. Mianowicie, problem sterowania impulsowego zanurza się w problem optymalnego zatrzymania. Podobny zabieg został użyty w przypadku modeli z decydem neutralnym na ryzyko (zobacz np. Robin (1981)). Związek pomiędzy tymi problemami (równaniami optymalności) leży w typie półgrupy związanym z procesem Markowa i opiera się o zamianę miary opartą o multiplikatywne równanie Poissona. Praca ta posiada także walor algorytmiczny, gdyż jak wynika z Twierdzenia 4.4 w [H5] strategię prawie optymalną dla oryginalnego modelu sterowania impulsowego można uzyskać przez ciąg ε -optymalnych strategii dla problemów sterowania diadycznego.

Prace [H6] i [H7] różnią się tematyką i stosowanymi technikami dowodowymi od wcześniejszych artykułów. Dotyczą one spójności czasowej dynamicznych miar ryzyka oraz indeksów akceptowalności zdefiniowanych przy użyciu równoważników pewności funkcji użyteczności. Pierwsza z prac poświęcona jest dynamicznym miarom ryzyka spełniającym warunki lokalności i monotoniczności. Podano ogólną definicję zgodności czasowej przy użyciu tzw. reguł uogólniających. Jest to pojęcie o tyle ważne, że w przypadku koherentnych czy wypukłych miar ryzyka pozwala ona na stosowanie metod programowania dynamicznego w problemach optymalizacji (zobacz np. Acciaio i Penner (2011), Ruszczyński (2010)). Natomiast w [H7] badane są aksjomatyczne własności indeksów akceptowalności.

Kolejny temat podejmowany przez habilitanta to istnienie ograniczonego rozwiązania multiplikatywnego równania Poissona dla procesów Markowa na ogólnej przestrzeni stanów ze słabo ciągłym prawdopodobieństwem przejścia. Multiplikatywne równanie odnosi się do zastosowania entropijnej miary ryzyka w definicji średniej wypłaty. Zakładając bardzo silny warunek ergodyczności (silną własność mieszania) uzyskano wspomnianą tezę. Dowód jej wykorzystuje wcześniejsze techniki związane ze span semi-normą. Pokazano także związki istnienia rozwiązania równania Poissona z dynamiką procesu na dopełnieniu nośnika miary niezmienniczej.

Kryteria oparte o średnią wypłatę na jednostkę czasu są niedostatecznie selektywne, ponieważ zależą od ogona zwrotów, a nie od wypłat osiągniętych w pierwszych krokach. Jednym ze sposobów na ominięcie tej wady w modelu niedyskontowanym jest badanie problemu dyskontowanego dla współczynników dyskonta bliskich 1, tzn. w przypadku małych stóp procentowych. Ostatnia z przedstawionych prac [H9] dotyczy między innymi istnienia tzw. polityk optymalnych w sensie Blackwella (Blackwell (1962)) dla markowskich procesów decyzyjnych z entropijną miarą ryzyka oraz ze skończonymi zbiorami stanów i akcji (Twierdzenie 4.4 w [H9]).

Uzyskane rezultaty trafnie uzasadniają tytuł osiągnięcia naukowego dr. Marcina Pitery, który jest związany z teorią sterowania i optymalizacji. Dobrze wiadomo, że w klasycznych modelach dynamicznych kluczową rolę odgrywają równania optymalności i metody programowania dynamicznego. Tak dzieje się w przypadku optymalizacji oczekiwanych kosztów czy wypłat zdefiniowanych w skończonym lub nieskończonym horyzoncie czasowym. Wtedy rozwiązanie równania optymalności pozwala na charakteryzację optymalnej wypłaty i optymalnej polityki decydenta. Habilitant do takich dynamicznych modeli wprowadza decydenta wrażliwego na ryzyko, który jest scharakteryzowany przez tzw. współczynnik ryzyka Arrowa-Pratta dla wykładniczej funkcji użyteczności. Za najbardziej wartościową pracę uważam [H5] opublikowaną w bardzo dobrym czasopiśmie *SIAM Journal on Control and Optimization*. Habilitant uzyskał nowe wyniki, które w istotny sposób poszerzają wiedzę na temat powiązania sterowania impulsowego z kryterium wypłaty wrażliwym na ryzyko. Ważny wynik dotyczy konstrukcji polityk optymalnych lub prawie optymalnych dla oryginalnego problemu sterowania impulsowego. Podsumowując udało się tutaj otrzymać wyniki podobne do rezultatów z pracy Robin (1981) dla sterowania impulsowego z decydem neutralnym na ryzyko. Za ciekawą pracę uważam także pracę [H2] na temat optymalizacji portfela, która wymagała dość ciekawej analizy probabilistycznej w dowodzie Propozycji 5.2. Ponadto, na uwagę zasługuje praca [H8] opublikowana w prestiżowym czasopiśmie poświęconym badaniom operacyjnym *Mathematics of Operations Research*. W niej także można znaleźć inne techniki dowodowe niż te stosowane w artykułach ze sterowania.

Podsumowując, tematyka, którą zajmuje się dr Marcin Pitera, jest bardzo aktualna i leży w nurcie nowoczesnych badań poświęconych dynamicznym problemom optymalizacji uwzględniającym ryzyko. Wachlarz technik jakie stosuje habilitant w swoich pracach jest zróżnicowany i wymaga znajomości różnych działów matematyki, m.in. analizy funkcjonalnej, teorii miary, rachunku prawdopodobieństwa, procesów stochastycznych, teorii sterowania w czasie ciągłym i dyskretnym. Analiza osiągnięcia naukowego pozwala mi stwierdzić, że dr Marcin Pitera posiada głęboką wiedzę w zakresie problematyki badawczej, którą się zajmuje oraz znaczący potencjał badawczy. Reasumując, przedstawione osiągnięcie naukowe wnosi wartościowy wkład do teorii sterowania stochastycznego.

Ocena pozostałego dorobku naukowego

Całkowity dorobek dr. Marcina Pitery składa się z 27 artykułów, wszystkich współ-

autorskich. Z listy artykułów wynika, że 25 zostało opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, choć jak autor wniosku zaznaczył, niektóre wyniki z tych prac wchodziły w skład rozprawy doktorskiej. Spora część z tych prac posiada walory aplikacyjne i dotyczy różnych obszarów badawczych, nie tylko sterowania stochastycznego, ale i statystyki matematycznej, matematyki finansowej.

W latach 2017-2021 oraz 2021-2024 dr Pitera był wykonawcą oraz kierownikiem w grantach NCN. Warto tu podkreślić, że drugi grant dotyczy modeli ryzyka finansowego przy użyciu m.in. algorytmów uczenia maszynowego. Obecnie uczestniczy jako wykonawca w realizacji innego grantu Opus finansowanego przez NCN. W okresie 2015-2024 habilitant uczestniczył w wielu konferencjach naukowych w Polsce i zagranicą. Na niektórych z nich miał zaproszone referaty. Sam także brał udział w komitetach organizacyjnych niektórych konferencji. Ponadto, dr Pitera wygłaszał referaty na seminariach naukowych nie tylko w Polsce, ale także w ośrodkach naukowych poza Polską (Illinois Institute of Technology, Ulm University, Renyi Institute of Mathematics). Habilitant aktywnie uczestniczy w życiu naukowym recenzując prace do czasopism matematycznych o uznanej randze międzynarodowej. Był m.in. recenzentem artykułów do SIAM Journal on Control and Optimization czy Operations Research. Na uwagę zasługuje także jego działalność redakcyjna: od 2024 pełni rolę edytora (tzw. *Associate Editor*) w *Statistics & Risk Modelling* oraz od 2023 w *Mathematica Applicanda*.

Dr Marcin Pitera był promotorem pomocniczym w przewodzie doktorskim dr. Damiana Jelito, a także jest promotorem pomocniczym mgr. Kewina Pączka. Ma doświadczenie w prowadzeniu prac dyplomowych oraz był zaangażowany w szkoły letnie oraz konferencje studenckie.

Dr Marcin Pitera ma doświadczenie we współpracy z zagranicznymi ośrodkami naukowymi. Odbył dwa staże trzymiesięczne w Illinois Institute of Technology oraz jeden staż dwumiesięczny na Wydziale Matematyki w Uppsala University. Reasumując, uważam, że działalność naukowa dr. Pitery jest na wysokim poziomie.

Konkluzja

Przedstawione do ceny osiągnięcie naukowe dr. Marcina Pitery pt. „Długookresowe problemy sterowania stochastycznego z kryterium wrażliwym na ryzyko oraz powiązane funkcje celu” stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny naukowej matematyka. Stwierdzam, że spełnia one wymagania stawiane osiągnięciom habilitacyjnym w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018r. Popieram wniosek o nadanie dr. Marcinowi Piterze stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie matematyka.

