SZKOŁA GŁÓWNA HANDLOWA W WARSZAWIE
WARSAW SCHOOL OF ECONOMICS

Zakład Wspomagania i Analizy Decyzji

Warszawa, 7 marca 2025 r.

prof. dr hab. Bogumił Kamiński

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Recenzja pracy doktorskiej mgr Pawła Kropińskiego pt.

„Optimizing investment strategies with machine learning

methods supported by graph-theoretic techniques"

Niniejszy dokument został opracowany w odpowiedzi na pismo nr BRAN/27/2025 z dnia 19 lutego 2025 r. wystosowane przez Przewodniczącego Rady Awansów Naukowych Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu wnioskujące o wykonanie recenzji pracy doktorskiej mgr Pawła Kropińskiego pt. „Optimizing investment strategies with machine learning methods supported by graph-theoretic techniques". Zgodnie z wnioskiem recenzja jest wykonana w odniesieniu do wymogów określonych ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Ustawa).

W pierwszej części recenzji dokonuję oceny spełnienia przez rozprawę wymogów formalnych, a następnie przedstawiam uwagi szczegółowe do jej treści. Na tej podstawie, dokonana jest ocena czy przedłożony tekst, zgodnie z art. 187 pkt. 1 i 2 Ustawy, spełnia następujące wymagania:

1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości.
2. Kandydat wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.
3. Przedmiotem rozprawy jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Recenzja zakończona jest konkluzją.

1. Ocena spełnienia wymogów formalnych

Przedłożona rozprawa ma formę cyklu pięciu publikacji:

1. Kropiński, P., & Anholcer, M. (2022). How Google Trends can improve market predictions—the case of the Warsaw Stock Exchange. Economics and Business Review, 8(2), 7–28. https://doi.org/10.18559/ebr.2022.2.2
2. Kropiński, P. (2024). Uncertainty in Central and Eastern European markets. Evidence from Twitter-based uncertainty measures. Post-Communist Economies, 36(3), 382–403. https://doi.org/10.1080/14631377.2023.2288737
3. Kropiński, P., Bosek, B., & Pudo, M. (2024). State ownership, probability of informed trading, and profitability potential: Evidence from the Warsaw Stock Exchange. International Review of Financial Analysis, August 2023, 103365. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103365
4. Kropiński, P. (2024). Community Structure Detection: Enhancing Portfolio Returns Amidst Risk and Uncertainty. Evidence From the Warsaw Stock Exchange. Submitted to Central European Management Journal.
5. Kropiński, P. (2024). Can Large Language Models Mitigate Sector Shocks in the Australian Market? Submitted to Finance Research Letters.

i jest sporządzona w języku angielskim.

Zostało do rozprawy dołączone streszczenie w języku polskim, co jest wystarczające zgodnie z Uchwałą nr 20 (2023/2024) Senatu Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu z dnia 26 stycznia 2024 roku.

W związku z tym rozprawa spełnia wymogi formalne w tym postępowaniu doktorskim.

Należy jednak zwrócić uwagę, że w sekcji „Wyniki" streszczenia pominięto opis badania „Community Structure Detection: Enhancing Portfolio Returns Amidst Risk and Uncertainty. Evidence From the Warsaw Stock Exchange", a jego wyniki przypisano do pracy "State ownership, probability of informed trading, and profitability potential: Evidence from the Warsaw Stock Exchange", dla której z kolei pominięto opis wyników. Dodatkowo pozycje „Community Structure Detection: Enhancing Portfolio Returns Amidst Risk and Uncertainty. Evidence From the Warsaw Stock Exchange" oraz „Can Large Language Models Mitigate Sector Shocks in the Australian Market?" nie są w tej chwili artykułami zgodnie ze standardowo przyjmowanymi standardami regulacyjnymi, wg. których „Artykuł naukowy jest to recenzowany artykuł opublikowany w czasopiśmie naukowym albo w recenzowanych materiałach z międzynarodowej konferencji naukowej (…)" (Dz.U.2022.661 t.j., Rozporządzenie MNiSW z dnia 22 lutego 2019 r.). Są one w tej chwili dopiero w procesie wydawniczym. Niemniej trzy pierwsze prace spełniają wymóg artykułu, więc łącznie uznaję wymóg ustawowy za spełniony.

Rozprawa dotyczy zagadnień optymalizacja strategii inwestycyjnych poprzez wykorzystanie niestandardowych źródeł danych (w tym przetwarzania danych tekstowych) oraz nowatorskiego wykorzystania technik grafowych (detekcja społeczności w grafie indukowanym przez transformację macierzy korelacji pomiędzy zwrotami badanych aktywów). W pracy Kandydat przedstawia autorskie badania empirycznych dotyczące modelowania rynków akcji. W związku z tym uznaję, że praca może być poddana recenzji w zakresie nauk o ekonomii i finansów.

2. Uwagi szczegółowe w zakresie oceny merytorycznej

Praca doktorska mgr. Pawła Kropińskiego składa się z 61 stron wprowadzenia oraz pięciu publikacji. Jest napisana w języku angielskim. Wprowadzenie jest podzielona na spis treści, wstęp, przegląd badanego zagadnienia i problemu badawczego, uzasadnienia wyboru badanego problemu, specyfikacji celów badania i hipotez badawczych, opisu metodyki i wykorzystanych danych, wyników badań, wniosków, podsumowania, bibliografii i listy publikacji składających się na cykl. W niniejszej sekcji omawiam główne uwagi merytoryczne i metodyczne do przedłożonej rozprawy. Ze względu na fakt, że stanowi ona cykl publikacji w pierwszej części odniosę się do nich łącznie, a następnie przedstawię ocenę indywidualną każdej z prac.

W zakresie ogólnym rozprawa wskazuje trzy obszary na których skupia się Kandydat w swoich rozważaniach dotyczących optymalizacji procesów inwestycyjnych:

1. Możliwość wykrycia zainteresowania inwestorów na podstawie tematyki dyskusji dostępnej w zasobach sieciowych (opisanej tekstowo) i zbadanie, czy jest ona predyktywna dla zbytniej reakcji inwestycyjnej tych inwestorów w okresach zwiększonej niepewności rynkowej.
2. Asymetria informacyjna inwestorów (mierzona poprzez wskaźnik Probability of Inofrmed Traiding) jest predyktywna dla stóp zwrotów z inwestycji oraz wykorzystanie rekomendacji generowanych przez duże modele językowe w zakresie mitygowania konsekwencji występowania szoków sektorowych na giełdzie.
3. Możliwość wykorzystania metod wykrywania społeczności w grafach do budowy portfeli inwestycyjnych w okresach wysokiej zmienności rynku oferuje wartość dodaną w zakresie zarządzania ryzykiem i stóp zwrotu w stosunku do standardowych portfeli odniesienia (buy-and-hold i mimalnego ryzyka).

Postawione problemy oceniam jako wartościowe w obszarze finansów oraz oryginalne oraz zgodne z aktualnymi trendami rozwoju metod analitycznych w badanych zagadnieniach.

Chciałbym zgłosić jednak następujące uwagi polemiczne:

1. Cykl publikacji nie został skonkludowany wnioskami łącznymi. Na stronie 12 dysertacji Kandydat zawarł rysunek „Visual representation of the dissertation connections", który sugeruje możliwość łącznego wykorzystania uzyskanych badaniach wyników do optymalizacji strategii inwestycyjnych. Jednak nie przedstawił w pracy szczegółowej propozycji (np. procedury) jak tego można dokonać.
2. Badania przedstawione w rozprawie dotyczą różnych okresów czasu i różnych rynków. To prowadzi do naturalnego pytania, czy, patrząc na nie łącznie, można stwierdzić, że są to wnioski ogólne, czy też dotyczą konkretnych rynków w konkretnych okresach czasu. W opisie brakowało mi bardziej szczegółowego odniesienia się Kandydata do tego zagadnienia.
3. Ogólnie oceniam, że Kandydat przedstawił szeroką gamę zróżnicowanych wyników. To samo w sobie jest pozytywne, ponieważ wykazuje jego duży zakres wiedzy i umiejętności. Jednak konsekwencją takiego podejścia jest to, że każde z zagadnień indywidualnych jest badane stosunkowo płytko. W szczególności, podejście Kandydata do badania hipotez polega na ich weryfikacji, jednak bez próby badania hipotez alternatywnych, które mogłyby równie dobrze, lub lepiej wyjaśniać badane zjawisko. Podejście to jestem w stanie zrozumieć, ze względu na zakres prowadzonych badań, jednak to wykluczanie alternatywnych wyjaśnień zjawisk jest ważnym procesem badawczym (por. np. badania Odeda Galora, dr h.c. UMK w Toruniu, w ostatnim okresie dyskutowane w polskim środowisku ekonomicznym, w zakresie zunifikowanej teorii wzrostu gospodarczego, gdzie większość wysiłku badawczego była włożona właśnie w wykluczenie alternatywnych wyjaśnień badanych zjawisk), czego w rozprawie mi zabrakło. W dalszej części recenzji, tam gdzie to zagadnienie jest szczególne istotne, będę je szczegółowo podnosił.

W dalszej części przejdę do recenzji poszczególnych prac składających się na cykl.

Praca: Kropiński, P., & Anholcer, M. (2022). How Google Trends can improve market predictions—the case of the Warsaw Stock Exchange. Economics and Business Review, 8(2), 7–28. https://doi.org/10.18559/ebr.2022.2.2

Celem artykułu jest zbadanie współzależności między indeksem WIG20 a słowami kluczowymi związanymi z niepewnością w polityce gospodarczej, określonymi za pomocą indeksu wyszukiwania Google Trends.

Głównym narzędziem badawczym wykorzystanym w pracy jest test przyczynowości w sensie Grangera. Badanie przeprowadzone jest na indeksie WIG20 w dwóch okresach porównawczych od 1 stycznia 2015 r. do 1 grudnia 2019 r. oraz od 1 czerwca 2019 r. do 1 czerwca 2021 r. Te dwa okresy, w intencji Kandydata, dotyczą okresu przed oraz po wybuchu pandemii COVID-19. Hipotetyzowanymi zmiennymi związanymi ze zmianami indeksu jest częstotliwość występowania słów kluczowych związanych z niepewnością w polityce gospodarczej (tabela 1 w tekście). Jako osiągnięty wynik Kandydat wskazuje, że w okresie pandemicznym znacznie więcej słów kluczowych wykazuje związek ze zmianami WIG20 niż w okresie przed pandemią. Ten wynik jest w moje ocenie interesujący i wartościowy zarówno teoretycznie jak i z punktu widzenia praktyki inwestycyjnej.

W zakresie uwag chciałbym podnieść dwie kwestie:

1. Kandydat nie dokonuje badania stabilności otrzymanych wyników wewnątrz badanych okresów (przed i po wybuchu pandemii). Interesującym byłoby zweryfikowanie tej kwestii (zarówno w zakresie istotności poszczególnych zmiennych jak i stabilności parametru *p* procedur).
2. W pracy dokonywana jest bardzo duża liczba testów hipotez odnośnie występowania przyczynowości w sensie Grangera. Natomiast nie zostały wykorzystane żadne techniki kontroli o kwestię wykonywania porównań wielokrotnych (tj. odrzucenia prawdziwej hipotezy zerowej wyłącznie w wyniku losowej zmienności prób). Z tego co rozumiem Kandydat przyjął 5% próg odrzucenia H0, co oznacza, że bez dokonania takiej korekty, przy 34 wykonywanych testach na grupę oczekujemy około 2 odrzuceń H0 z przyczyn czysto losowych – i ta uwaga pomija optymalizację parametru p, która dodatkowo pośrednio prowadzi do jeszcze większej liczby porównań. Jednak ponieważ

stwierdzona liczba odrzuceń jest powyżej tej liczby i część odrzuceń jest na bardzo silnym poziomie istotności, więc ta uwaga nie podważa w ogólności otrzymanego wyniku, ale osłabia jego moc.

Praca: Kropiński, P. (2024). Uncertainty in Central and Eastern European markets. Evidence from Twitter-based uncertainty measures. Post-Communist Economies, 36(3), 382–403. https://doi.org/10.1080/14631377.2023.2288737

Celem artykułu jest zbadanie zależności pomiędzy największymi indeksami giełdowymi rynków Europy Środkowo-Wschodniej a miarami niepewności wyliczonych na podstawie danych zbieranych z platformy X (dawniej: Twitter).

Metodyka badania jest bardzo zbliżona do pierwszego artykułu z cyklu. Dotyczy ona indeksów: CROBEX, BUX, PX, BET oraz WIG w okresie od 1 grudnia 2019 r. do 26 sierpnia 2022 r. Podobnie jak poprzednio wartościowym wynikiem jest wykazanie, że wykorzystane miary niepewności są powiązane przyczynowo w sensie Grangera ze zmianami badanych indeksów.

Poza wskazanymi uwagami do pierwszej pracy (dotyczą one też tej pracy ze względu na tą samą metodykę) mam do niej następujące pytanie. Z jakiego powodu Kandydat w tej pracy wykorzystał kryterium BIC do ustalania parametru p, a w pierwszej pracy AIC? Przyczyny tej decyzji nie były dla mnie jasne w kontekście przedstawionych w obu pracach wywodów.

Praca: Kropiński, P., Bosek, B., & Pudo, M. (2024). State ownership, probability of informed trading, and profitability potential: Evidence from the Warsaw Stock Exchange. International Review of Financial Analysis, August 2023, 103365. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103365

W badaniu tym przeanalizowano prawdopodobieństwo handlu wykorzystującego niejawne rynkowo informacje (ang. *Probability of Informed Trading*, PIN) w przypadku

przedsiębiorstw w których udziały ma państwo oraz to, w jaki sposób kryzys COVID-19 wpłynął na tą asymetrię informacji rynkowych. W badaniu wykazano różnice w zakresie występowania takiego handlu między spółkami w których udziały ma państwo oraz innymi spółkami giełdowymi, oraz różnice w okresie przed i po wybuchu pandemii COVID-19. Ogólnie wnioski uznaję za ciekawe i wartościowe. Jednak oceniam je jako jedynie wykazujące współwystępowanie zjawisk, a nie ich współzależność.

Do tego badania mam więcej uwag, w szczególności:

1. Kwestie redakcyjne:
    a. Nie rozumiem czym się różni informacja zawarta w tabeli 3 i tabeli 4.
    b. Nie rozumiem idei rozbicia wykresu 5 na trzy podwykresy.
    c. Oś Y na wykresach 5 i 6 nie jest opisana (wnioskuję, że to PIN).
2. Kandydat we wnioskowaniu koncentruje się jedynie na ocenie statystycznej istotności efektu, a nie na jego ekonomicznej istotności. Moim zdaniem w wielu przypadkach różnica między porównywanymi grupami, choć istotna statystycznie (zapewne ze względu na wielkość badanej próby), jest nieznaczna i niematerialna.
3. Kluczową moją uwagę sformułuję w odniesieniu do zdania zawartego w pracy: „This empirical evidence highlights the role of state ownership in fostering information symmetry and ensuring market stability.”. Które wzkazuje, że Kandydat uważa, że stwierdzone zależności mają naturę przyczynową, a nie współwystępowania. Tutaj właśnie szczególnie brakuje w pracy krytycznej analizy innych potencjalnych wyjaśnień występowania zbadanej zależności. Może np. istotą jest wielkość spółek, lub sektor spółek, ew. inne czynniki, które są skorelowane z faktem posiadania przez skarb państwa w nich udziałów (w sytuacji rynku polskiego występują silne tego typu korelacje). Uważam za istotną próbę oczyszczenia efektu posiadania przez skarb państwa udziału w spółce od innych jej cech tego typu. Tego typu próba nie została w badaniu podjęta.

Praca: Kropiński, P. (2024). Community Structure Detection: Enhancing Portfolio Returns Amidst Risk and Uncertainty. Evidence From the Warsaw Stock Exchange. Submitted to Central European Management Journal.

W niniejszym badaniu przeprowadzono analizę sektorową, skupiając się na spółkach o największej kapitalizacji rynkowej w siedmiu kluczowych sektorach Australian Securities Exchange. Używając nagłówków wiadomości jako jedynej zmiennej niezależnej, oceniono trzy duże modele językowe (LLM) pod kątem ich efektywności podczas występowania sektorowych szoków na rynku. Kandydat wykazał, że wykorzystanie LLM w tych okresach jest bardziej efektywne niż strategii buy-and-hold. Wynik ten uważam za ciekawy i ogólnie zgodny z trendami rozwoju metod wsparcia decyzji inwestycyjnych obserwowanych na świecie.

Natomiast moje pytanie wzbudziło dlaczego akurat do badania został wybrany rynek Australijski i jak to wykazuje tematyczną spójność przedłożonych prac (z których wszystkie pozostałe w całości lub w części dotyczyły rynku polskiego). Nie jest to uwaga kluczowa, ale pojawia się np. pytanie, czy tego typu badanie na rynku polskim miało inne wyniki? To w szczególności weryfikowałoby stabilność wyciąganych wniosków. Podobnie nie było dla mnie w pełni jasne z jakiego powodu badanie koncentruje się tylko na okresach szoków sektorowych. Czy w innych okresach proponowane podejście nie daje dobrych rezultatów? Te uwagi prowadzą do kwestii, którą zawarłem już w ogólnej części uwag. Nie było dla mnie jasne w jaki sposób Kandydat proponuje, że otrzymane wyniki mogą być wykorzystane kompleksowo jako komponent optymalizacji strategii inwestycyjnych (jak wskazał to na stronie 12 rozprawy).

Praca: Kropiński, P. (2024). Can Large Language Models Mitigate Sector Shocks in the Australian Market? Submitted to Finance Research Letters.

Badanie pokazuje, że w okresach niepewności i spadków indeksów podejścia do konstrukcji portfela inwestycyjnego wykorzystujące teorię grafów, a konkretnie wykrywanie społeczności, mogą znacząco poprawiać zwroty z portfela w stosunku do

strategii prostych. W tym celu Kandydat konstruuje oraz testuje autorskie metody budowy portfela inwestycyjnego. Ogólnie osiągnięte wyniki oceniam za obiecujące i potencjalnie możliwe do wykorzystania w praktyce.

W zakresie tej pracy dwie główne kwestie, które nie były dla mnie jasne są następujące:

1. Jak Kandydat uzasadnia potencjalną przewagę metod wykrywania społeczności w grafach nad tradycyjnymi metodami analizy skupień. Takie porównanie w pracy nie jest przedstawione a jest bardzo naturalne. Chodzi o to, że wykorzystywana przez kandydata do konstrukcji grafu macierz $[d_{i,j}]$ mogłaby zostać potraktowana jako macierz odległości i wykorzystana w dowolnej standardowej metodzie analizy skupień. Jest pytanie czy takie podejście dawałoby gorsze wyniki?
2. Drugą kwestią jest zagadnienie stabilności wykrywanych przez wykorzystane metody skupień. Do tej kwestii Kandydat nie odnosi się szczegółowo. W szczególności jest pytanie czy są one stabilne między okresami oraz czy są one stabilne między uruchomieniami badanych metod (G-N, Louvain, Walktrap). Kwestia polega na tym, że np. wielokrotne uruchomienie algorytmu Louvain na tych samych danych może dawać potencjalnie różne wyniki. Stąd jest pytanie jak Kandydat sobie z tą kwestią radził (np. czy procedura wyszukiwania społeczności była wykonywana wielokrotnie i wybierany był najlepszy wynik ze względu na jakąś miarę wybraną przez Kandydata?).

Podsumowując uwagi szczegółowe stwierdzam, że przedstawione prace wykazują wiedzę i umiejętności Kandydata w zakresie modelowania rynków finansowych. Otrzymane wyniki, mimo przedstawionych zastrzeżeń szczegółowych, są wartościowe zarówno z punku widzenia badawczego jak i ich potencjalnego wykorzystania w praktyce gospodarczej.

4. Konkluzja

Głównym wynikiem uzyskanym przez Kandydata jest zbadanie możliwości wykorzystania nowych źródeł danych (głównie tekstowych) oraz metod analizy danych grafowych (w tym detekcji społeczności) do optymalizacji procesów inwestycyjnych na rynkach finansowych. Wynik ten oceniam jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie dyscypliny nauk o ekonomii i finansach. Przedstawione w rozprawie wyniki są autorskie, a prowadzone przez Kandydata wnioskowanie jest zasadniczo prawidłowe. W recenzji sformułowałem szereg zastrzeżeń, których uwzględnienie mogłyby podnieść wartość prezentowanych wyników, ale nie wpływają one na ogólnie pozytywną ocenę rozprawy. Przeprowadzone przez Kandydata badania odpowiadają poziomowi standardowo oczekiwanemu na poziomie prac doktorskich. Dodatkowo jednoznacznie oceniam, że Kandydat wykazał się ogólną wiedzą w zakresie ekonomii i finansów, zwłaszcza w zakresie modelowania rynków finansowych i metod ilościowych. Z tego względu oceniam, że:

1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie ekonomia i finanse. Jest to potwierdzone przeglądami literatury przedstawionymi w przedłożonych pracach, oraz wykazaniem umiejętności budowy modeli ilościowych i wykorzystania ich do formułowania rekomendacji w zakresie badania rynków finansowych.
2. Kandydat wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Oceniam, że przeprowadzone badanie w zakresie konstrukcji i wykorzystania modeli ilościowych wykazuje taką umiejętność na poziomie oczekiwanym w postępowaniach doktorskich.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona praca spełnia wymogi ustawowe stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie ekonomia i finanse.

Bogumił Kamiński

……

Bogumił Kamiński

Podpisano przez /Signed by:
BOGUMIŁ KAMIŃSKI
Data /Date: 2025.03.10 22:32
mSzafir