



UNIWERSYTET  
MIKOŁAJA KOPERNIKA  
W TORUNIU  
Wydział Nauk Ekonomicznych  
i Zarządzania

Toruń, 4 kwietnia 2024 r.

Prof. dr hab. Tadeusz Kufel  
Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
ul. Gagarina 13a  
87-100 Toruń

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Przemysław Jaśko  
pt. „Zastosowanie metod Data Mining w strategii arbitrażu  
statystycznego na rynku kapitałowym”**

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. Przemysława Jaśko pt. „Zastosowaniem metod Data Mining w strategii arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym”, napisana pod opieką naukową prof. dr. hab. Tadeusz Grabińskiego. Recenzję przedkładam na prośbę prof. dr. hab. Stanisława Popka, Dyrektora Szkoły Doktorskiej UEK (pismo z dn. 3 stycznia 2024 r. na podstawie decyzji Rady Dyscypliny Ekonomii i Finansów Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie z dn. 11 grudnia 2023 r.).

**Temat, cel pracy oraz jej założenia badawcze**

Tematyka dysertacji dobrze wpisuje się w dyscyplinę naukową ekonomia i finanse. Dysertacja na temat zastosowania metod Data Mining w strategii arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym autorstwa mgr Przemysława Jaśko jest ambitnym i ważnym projektem badawczym, który próbuje odpowiedzieć na istotne pytania związane z wykorzystaniem metod ilościowym w analizie strategii arbitrażu statystycznego na rynku

kapitałowym. Autorowi udało się stworzyć cenną i wyczerpującą analizę teoretyczną oraz empiryczną, co pozwala na wyciągnięcie wniosków o praktycznym zastosowaniu wyników pracy. Celem empirycznym pracy była „ilościowa analiza z wykorzystaniem zaawansowanego aparatu statystycznego i eksploracyjnej analizy szeregów czasowych struktury wielowymiarowego procesu stochastycznego logarytmów cen indeksu WIG20 i jego składowych, w kontekście znalezienia (wskazanych w części teoretycznej) współzależności umożliwiających budowę strategii inwestycyjnej arbitrażu statystycznego”.

W ramach celu teoretycznego Doktorant formalnie określił „jaka musi być struktura losowego układu dynamicznego lub też jego generatora w postaci układu stochastycznych równań różnicowych (lub równań różniczkowych), aby istniały (w ogólności losowe) podzbiory przestrzeni fazowej (w naszym przypadku przestrzeni logarytmów cen aktywów)”. Tym samym praca ma być w zamiarze Doktoranta wyczerpującym studium metodologiczno-empirycznym dotyczącym możliwości konstrukcji arbitrażu statystycznego na rynkach kapitałowych.

W pracy Doktorant nie sformułował hipotez badawczych tylko pytania badawcze w podziale na dwie grupy: 7 pytań badawczych z kategorii formalno-teoretycznych oraz 5 pytań badawczych z kategorii empirycznych. Uściśleniem pytań badawczych będą hipotezy statystyczne w ramach analiz empirycznych.

### **Charakterystyka i ocena zawartości rozprawy**

Dysertacja liczy 775 stron, jej ogólna struktura jest klarowna i dobrze przemyślana. Doktorant wyodrębniła w rozprawie strukturę hierarchiczną: 5 części, 8 rozdziałów z podrozdziałami oraz dodatki. Ta struktura jest zbyt rozbudowana. Część I Wstęp zawiera tylko rozdział 1 - *Wprowadzenie*, a Część V Zakończenie zawiera rozdział 8 – *Wnioski końcowe*. Natomiast Rozdział 7 - *Wnioski empiryczne odnośnie możliwości arbitrażu statystycznego na polskim rynku kapitałowym końcowe* obejmuje łącznie 4 strony i mogłyby stanowić kolejny podrozdział o numerze 6.8.

Autor dysertacji zastosował rozbudowaną strukturę, a zawartość merytoryczna jest bogata i zróżnicowana, odwołująca się do różnych aspektów metodologicznych i empirycznych. Kolejność rozdziałów jest logiczna prowadzącą czytelnika przez zagadnienia teoretyczne oraz kończąca się empiryczną weryfikacją.

Praca zawiera kompletną dokumentację literaturową dotyczącą wykorzystywanych metod, ale nie tylko, ponieważ omówiono także część metod nie wykorzystywanych

w części empirycznej. Jednakże zakres dyskusji i krytycznej oceny bibliografii obejmującej 413 pozycji literatury i jest mocną stroną dysertacji.

Postawione cele pracy i pytania badawcze są zgodne z obszarem badawczym arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym oraz z zastosowaniem metod inżynierii finansowej, w tym kontekście.

Analiza wielowymiarowego procesu stochastycznego logarytmów cen indeksu WIG20 i jego składowych jest ważną częścią pracy, ponieważ analiza wielowymiarowa pozwala na zrozumienie złożonych interakcji pomiędzy różnymi składnikami rynku kapitałowego. Analiza logarytmów cen indeksu WIG20 i jego składowych umożliwia zgłębienie dynamiki rynku kapitałowego.

Wykorzystanie zaawansowanego aparatu statystycznego i eksploracyjnej analizy szeregów czasowych to kluczowy element badania, ponieważ pozwala na identyfikację wzorców, tendencji i anomalii w finansowych szeregach czasowych, co jest niezbędne do opracowania skutecznych strategii inwestycyjnych.

Znalezienie współzależności umożliwiających budowę strategii inwestycyjnej arbitrażu statystycznego jest logiczne, ponieważ arbitraż statystyczny opiera się na wykorzystaniu wykrytych anomalii w danych.

Określenie struktury losowego układu dynamicznego to ambitny cel, który jest kluczowy dla zrozumienia fundamentalnych właściwości rynku kapitałowego i procesów generujących ceny aktywów.

Analiza zbieżności trajektorii w czasie do punktu równowagi lub referencyjnych trajektorii jest także istotne z punktu widzenia identyfikacji momentów, w których zachodzą istotne zmiany w dynamice procesów finansowych.

Ogólnie rzecz biorąc, pytania postawione w pracy są zgodne z założeniami arbitrażu statystycznego oraz zastosowaniem metod inżynierii finansowej w analizie rynku kapitałowego. Ważne jest również, to że podczas pracy nad tymi celami uwzględniono potencjalne ograniczenia danych oraz metody ich analizy. Ocena realizacji pytań badawczych jest podsumowana w rozdziale 8 – Wnioski końcowe. Syntetyczne ujęcie wniosków pozwala kolejnym badaczom na wykorzystanie zastosowanej procedury badawczej.

Poniżej przedstawiam pytania i uwagi, które w zasadniczej części mają charakter polemiczny i nie umniejszają mojej pozytywnej oceny dysertacji.

Tytuł dysertacji w obecnym brzmieniu zobowiązuje w większym stopniu do

wykorzystania metod Data Mining, ponieważ empiryczna weryfikacja została wykonana w oparciu o wysoko specjalizowane narzędzia inżynierii finansowej z zakresu analizy szeregów czasowych na przykładzie polskiego rynku kapitałowego, dlatego uważam, że modyfikacja tytułu dysertacji według mojej propozycji to: „Zastosowanie narzędzi inżynierii finansowej w strategii arbitrażu statystycznego na polskim rynku kapitałowym”, lepiej oddaje zawartość dysertacji, a także zawarte w niej szerokie teoretyczne – literaturowe studia nad strategiami arbitrażu statystycznego. Tytuł Części IV: „Analiza empiryczna dotycząca możliwości strategii arbitrażu statystycznego na polskim rynku kapitałowym” wskazuje wyraźnie na ograniczenie analizy empirycznej do polskiego rynku kapitałowego. Jednakże przykład empiryczny dotyczy tylko stóp zwrotu indeksu WIG20 oraz 20 jego składowych – 20 największych notowanych firm na GPW w Warszawie.

Empiryczną weryfikację zastosowanych metod wykonano w oparciu o szeregi z notowań z okresu od 2017-07-28 do 2020-02.28, czyli 643 notowań dziennych na zamknięcie sesji, czyli tuż przed wystąpienie w Polsce pandemii Covid-19, dlatego nasuwa się pytanie: czy zastosowane narzędzia analityczne i jakie, wskażą dostosowania dynamiki do zależności długookresowych dla okresu obejmującego okres pandemii lub ogólniej polikryzysu, a to oznacza rozbudowanie odpowiedzi na pytania badawcze PE2, PE3 i PE4 o okres polikryzysu (pandemia, kryzys energetyczny, inflacja oraz napad Rosji na Ukrainę).

Ponadto, istnieją pewne aspekty, które wymagają uwagi pod kątem poprawy formalnej jakości tekstu. Przede wszystkim, Autor konsekwentnie używa liczby mnogiej w sytuacjach, w których wskazane byłoby użycie form bezosobowych, np. „przeprowadziliśmy analizę”, „przypomnijmy, że ...” (s. 254, 265, 280). Takie odstępstwo od norm akademickich wprowadza pewne zakłócenia w spójności tekstu, np. „pokażemy również” (s. 28), „co pokażemy we wzorach” (s. 297), „wyniki ... analizowaliśmy w ...” (s. 646), „wykonaliśmy...” (s. , 646, 662, 655, 659, 660), czy „uzyskaliśmy ...” (s. 38, 178, 285, 369, 372, 379, 399, 436, 574, 621, 662, 665, 666). Zalecane jest stosowanie form bezosobowych, co przyczynia się do większej neutralności i obiektywności w wyrażaniu wniosków.

Ponadto, język używany przez Autora nie zawsze jest zgodny z konwencjami naukowymi. W niektórych przypadkach, zamiast neutralnych sformułowań, używane są bardziej rozwlekłe i emocjonalne zwroty, np.: „przedstawimy za chwilę pewne właściwości” (s. 14), „co tyczy się ...” (s. 32, 33, 35, 37, 35, 258, 309, 363, 377, 378, 380, 405, 419, 423, 465, 471, 555, 559, 568, 582, 588, 599, 614, 645), „jeżeli chodzi o ...” (s. 15, 23, 36, 86, 129, 191, 277, 286, 331, 335, 377, 396, 406, 521), czy „udało nam się dokonać...” (s. 662). W celu zachowania profesjonalizmu pracy, zalecane jest ograniczenie używania

sformułowań bardziej charakterystycznych dla języka publicystycznego. Dodatkowo, występowanie wyrażeń potocznych w tekście niweczy starania Autora o zachowanie wysokiego poziomu formalnego.

W rezultacie, poprawa spójności w stosowaniu form bezosobowych, ograniczenie języka publicystycznego oraz wyeliminowanie wyrażeń potocznych będzie korzystne dla podniesienia jakości formalnej pracy, zwłaszcza w kontekście jej potencjalnej publikacji. Te drobne, lecz istotne korekty, przyczynią się do zwiększenia czytelności i profesjonalizmu tekstu, co z kolei poprawi jego wartość naukową.

Od strony edytorskiej praca jest przygotowana profesjonalnie. Skład tekstu matematycznego nie budzi żadnych zastrzeżeń, a wręcz tylko pozytywne oceny.

### **Wnioski końcowe**

Na podstawie przeprowadzonej analizy w pracy doktorskiej na temat strategii arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym, stwierdzam, że Autor zdefiniował pytania badawcze w swojej pracy, a także zrealizował zadania badawcze, które przyczyniły się do uzyskania cennych wyników.

Przede wszystkim, Autor zidentyfikował kluczowe problemy badawcze związane z wyborem metod ekonometrycznych do analizy strategii arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym, a następnie w sposób szczegółowy omówił i rozwiązał każdy z nich. W szczególności, warto zauważyć, że Autor podjął wysiłek analizy zarówno teoretycznej, jak i empirycznej w swojej pracy, co w znaczący sposób podniosło jej wartość i jakość.

Pytania badawcze postawione przez Autora są jasne, konkretne i dobrze uzasadnione teoretycznie i empirycznie. Ponadto, wszystkie cele, pytania i hipotezy zostały zweryfikowane za pomocą odpowiednich metod badawczych, co przyczyniło się do uzyskania cennych wniosków dotyczących strategii arbitrażu statystycznego. Przy realizacji dysertacji Doktorant wykazał się szerokimi umiejętnościami informatycznymi, aby wykonać samodzielnie całość numerycznych obliczeń, a to jest cenna umiejętność w wykorzystaniu zaawansowanych metod ilościowych.

Ogólnie rzecz biorąc, praca doktorska mgr Przemysława Jaśko jest starannie wykonaną z kompleksową analizą problemów związanych z wyborem metod analizy strategii arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym. Mimo, iż praca jest bardzo obszerna i szczegółowa, to czytelnikowi łatwo jest zrozumieć przedstawione zagadnienia dzięki przejrzystej prezentacji wyników badań. Praca ta jest wartościowa dla nauki, a jej wyniki mogą być wykorzystane przez inwestorów w celu podejmowania lepszych decyzji inwestycyjnych.

## **Konkluzja**

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Przemysława Jaśko pt. „Zastosowaniem metod Data Mining w strategii arbitrażu statystycznego na rynku kapitałowym”, napisana pod opieką naukową prof. dr. hab. Tadeusza Grabińskiego w pełni spełnia kryteria stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) w związku z ustawą z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.). Doktorant podjął się badania oryginalnego i ważnego problemu naukowego, który rozwiązał w sposób rzetelny. W rozprawie doktorskiej Doktorant wykazał się umiejętnością prowadzenia samodzielnej i pracowitej pracy naukowej, wymagającej opanowania ilościowych narzędzi badawczych. Niniejszym wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie do publicznej obrony.

