

Marcin Fałdziński

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Autoreferat przedstawiający opis osiągnięć i dorobku w pracy naukowo-badawczej

do cyklu publikacji pt.:

**„Zastosowanie cen maksymalnych i minimalnych w modelowaniu i
prognozowaniu warunkowej wariancji, kowariancji oraz ryzyka rynkowego
ze szczególnym uwzględnieniem modelu DCC”**

Załącznik nr 3 do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego

Toruń, 8 kwietnia 2025 r.

Spis treści

1. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
2. Doświadczenie zawodowe	3
3. Ogólna charakterystyka dorobku naukowego	3
3.1. Ilościowe zestawienie publikacji.....	3
3.2. Zainteresowania naukowe	4
3.3. Projekty badawcze.....	5
3.4. Współpraca międzynarodowa, współpraca z praktyką oraz z innymi uczelniami	6
3.5. Referaty na konferencjach i seminariach naukowych.....	7
3.6. Nagrody i wyróżnienia	7
3.7. Recenzje naukowe	8
4. Główne osiągnięcia naukowe	8
4.1. Wskazanie osiągnięcia naukowego	8
4.2. Cel naukowy, uzasadnienie wyboru tematyki badania oraz struktura cyklu publikacji	9
4.3. Wkład głównego osiągnięcia w rozwój nauki oraz wnioski dla praktyki.....	11
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych.....	25
5.1. Publikacje komplementarne do wchodzących w skład cyklu	25
5.2. Publikacje znajdujące się poza tematyką omówioną jako główne osiągnięcie naukowe ..	27
6. Dorobek dydaktyczny, popularyzatorski, organizacyjny i inny	32
Pozostała literatura przywołana w autoreferacie	33
Załączniki.....	39
Załącznik 1. Wystąpienia konferencyjne.....	39
Załącznik 2. Udział w publikacjach wchodzących w skład osiągnięcie	44

1. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 2013 **doktor nauk ekonomicznych** na podstawie rozprawy pt. „Teoria wartości ekstremalnych w ekonometrii finansowej”, studia doktoranckie w latach 2007-2011 na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania (WNEiZ) Uniwersytetu Mikołaja Kopernika (UMK) w Toruniu.
promotor: prof. dr hab. Magdalena Osińska
recenzenci: prof. dr hab. Krzysztof Jajuga, prof. dr hab. Małgorzata Doman
- 2007 **magister** na podstawie pracy pt. „Zastosowania teorii wartości ekstremalnych w ekonometrii finansowej”, studia magisterskie na specjalności metody ilościowe na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania UMK w latach 2002-2007.
promotor: prof. dr hab. Magdalena Osińska

2. Doświadczenie zawodowe

X 2014 – obecnie	adiunkt , Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, UMK w Toruniu
VII 2021 – obecnie	główny developer globalnego modelu ICAAP (Internal Capital Adequacy Assessment Process) dla ryzyka kredytowego typu „wholesale”, CITIBANK Poland PLC
X 2010 – IX 2014	asystent , Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, UMK w Toruniu
X 2019 – IX 2021	wykładowca , Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy
2021	wykładowca , kurs Quantitative Risk Management, Department of Monetary Theory and Policy na Prague University of Economics and Business
2019, 2018, 2017, 2016	wykonawca prac zleconych , raporty dotyczące walidacji modeli ekonometrycznych oceny ryzyka zmian wartości na nieruchomościach dla Centrum Prawa Bankowego i Informacji Sp. z o.o., tzw. Centrum AMRON
2023, 2021	wykonawca prac zleconych , modele prognostyczne zmiany wartości zabezpieczeń kredytów hipotecznych dla lokali mieszkalnych, budynków jednorodzinnych oraz nieruchomości komercyjnych, Centrum Prawa Bankowego i Informacji Sp. z o.o., tzw. Centrum AMRON
2019	wykonawca prac zleconych , algorytm wyznaczania trendu zmian wartości nieruchomości oraz algorytmu predykcji wartości nieruchomości Centrum Prawa Bankowego i Informacji Sp. z o.o., tzw. Centrum AMRON
XII 2008 – I 2011	specjalista , Urząd Statystyczny w Bydgoszczy
IX 2006 – X 2007	kontroler finansowy , Torfarm S.A. (obecnie Neuca S.A.)

3. Ogólna charakterystyka dorobku naukowego

3.1. Ilościowe zestawienie publikacji

Jestem autorem lub współautorem 46 publikacji, w tym 32 opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych (Tabela 1). 11 artykułów naukowych opublikowałem w czasopismach indeksowanych w bazie *Journal Citation Reports*, większość z pozostałych artykułów naukowych ukazała się w uznanych czasopismach ogólnopolskich i europejskich.

Tabela 1 Zestawienie publikacji po uzyskaniu stopnia doktora

Typ publikacji	Liczba publikacji	Liczba punktów MNiSW*
Artykuły w recenzowanych czasopismach naukowych	19	1275
Monografie ¹ i rozdziały w monografiach	6	80
Materiały konferencyjne	7	70
Razem	32	1425

*Liczba punktów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego obowiązująca w roku publikacji. Źródło: opracowanie własne na podstawie systemu Omega

Tabela 2 Zestawienie publikacji w bazach oraz cytowania po uzyskaniu stopnia doktora

Nazwa bazy	Liczba publikacji w bazie	Cytowania	<i>h</i> -index
Web of Science (WoS)	22	194	7
Scopus	14	144	6
Google Scholar	33	308	10
Research Gate	26	221	8

Źródło: opracowanie własne na podstawie Web of Science, Scopus, Google Scholar oraz Research Gate.

Sumaryczny wskaźnik **Impact Factor** (IF), moich publikacji po uzyskaniu stopnia doktora, wynosi **30,364**. Łączna liczba punktów MNiSW, moich publikacji po uzyskaniu stopnia doktora, wynosi **1425**. Tabela 2 prezentuje cytowania oraz *h*-index dla publikacji po uzyskaniu stopnia doktora według czterech baz z publikacjami naukowymi. Indeks *i*-10 wynosi 6 od 2018 roku, natomiast całkowity wynosi 10, na podstawie informacji z Google Scholar.

Według portalu Research Gate, liczba wyświetleń² za lata 2014-2025 wynosi 10311, spośród których 2912 to wyświetlenia lub pobrania pełnych tekstów artykułów.

3.2. Zainteresowania naukowe

Moje zainteresowania naukowe dotyczą ogólnie zastosowań ekonometrii i statystyki w analizie i prognozowaniu procesów finansowych i ekonomicznych. W szczególności skupiam się wokół prognozowania warunkowej wariancji i warunkowej kowariancji stóp zwrotu instrumentów finansowych, ze szczególnym uwzględnieniem cen minimalnych i maksymalnych oraz z zastosowaniem metod wywodzących z teorii wartości ekstremalnych.

¹ Samodzielna autorska monografia **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**] naukowa ukazała się rok po obronie doktoratu (2014 rok), gdzie w dużym stopniu, opiera się na osiągnięciach przedstawionych w procesie doktorskim.

² Wyświetlenie (ang. Reads) na portalu Research Gate rozumiane jest jako wyświetlenie posumowania publikacji (takie jak tytuł, abstrakt oraz lista autorów), kliknięcia na wykresy w publikacji, wyświetleń lub pobrań pełnego tekstu publikacji.

Wspomniane badania wykorzystywane są w praktyce do szacowania miar ryzyka rynkowego, w postaci wartości zagrożonej (*value-at-risk*) i oczekiwanego niedoboru (*expected shortfall*) oraz ich testowania wstecznego (*backtesting*). Dodatkowo, uczestniczyłem w badaniach nad ekonometryczną analizą przyspieszonego wzrostu gospodarczego w wybranych krajach.

3.3. Projekty badawcze

1. Udział w projektach badawczych w ramach konkursu międzynarodowego

- a. 20-16786S pt. „Online attention and financial markets” organizowanego przez Czech Grant Agency, realizowany w latach 2020-2023. Wyniki projektu badawczego (publikacje [4],[5] i [6]) są opisane w rozdziale 4.

2. Udział w projektach badawczych w ramach konkursu ogólnokrajowego

- a. 2016/21/B/HS4/00662 pt. „Wielowymiarowe model zmienności - wykorzystanie cen minimalnych i maksymalnych” w ramach konkursu OPUS, organizowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Realizowany w latach 2017-2022. Wyniki projektu badawczego (publikacje [1], [2], [5] i [6]) są opisane w rozdziale 4.
- b. 2015/17/B/HS4/01000 pt. „Ekonometryczna analiza czynników przyspieszonego wzrostu w europejskich gospodarkach rynkowych” w ramach konkursu OPUS, organizowanego przez Narodowe Centrum Nauki. Realizowany w latach 2015-2019. Budżet projektu: 201580 zł. Wyniki projektu badawczego (publikacje [13]-[16] oraz [26]) są opisane w podrozdziale 5.2.

3. Kierowanie projektem badawczym w ramach konkursu ogólnouczelnianego

- a. 2585/2020 pt. “Quantitative risk management with application of high and low prices in case of multivariate models” w ramach konkursu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza, organizowanego przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika. Realizowany w latach 2020-2021. Budżet projektu: 15000 zł. Wyniki projektu badawczego (publikacja [3]) są opisane w rozdziale 4.

4. Kierowanie projektem badawczym w ramach konkursu ogólnowydziałowego

- a. 2183-E pt. „Metody testowania wstecznego w analizie ryzyka rynkowego” w ramach wydziałowego grantu dla młodych naukowców. Okres realizacji: 2016 rok. Wyniki projektu badawczego (publikacje [17]-[20] oraz [23]) są opisane w rozdziale 5.
- b. 2587-E pt. „Ekonometryczna analiza powiązań rynków kapitałowych z wykorzystaniem wielowymiarowych modeli zmienności” w ramach wydziałowego grantu dla młodych naukowców. Okres realizacji: 2015 rok. Wyniki projektu badawczego (publikacje [22], [24] oraz [29]) są opisane w rozdziale 5.
- c. 1842-E pt. „Analiza transferu ryzyka ekstremalnego na wybranych rynkach finansowych świata” w ramach wydziałowego grantu dla młodych naukowców. Okres realizacji: 2014 rok. Wyniki projektu badawczego (publikacje [25] oraz [30]) są opisane w rozdziale 5.

3.4. Współpraca międzynarodowa, współpraca z praktyką oraz z innymi uczelniami

Współpraca międzynarodowa:

- 1) wykonawca projektu badawczego w ramach konkursu międzynarodowego 20-16786S pt. „Online attention and financial markets” (zob. Rozdział 3.3),
- 2) wygłosiłem lub byłem współautorem 15 referatów wygłoszonych w języku angielskim na konferencjach lub seminariach międzynarodowych,
- 3) współpracuję z UiS Business School, University of Stavanger, Stavanger, Norwegia (od 2018 roku) oraz z Faculty of Finance and Accounting, Prague University of Economics and Business, Praga, Czechy (od 2020 roku) w zakresie prowadzenia badań naukowych, które bezpośrednio powiązane są głównym osiągnięciem opisanym w rozdziale 4,
- 4) zrecenzowałem cztery artykuły nadesłane do międzynarodowych czasopism naukowych (zob. Rozdział 3.7),
- 5) prowadziłem kurs pt. Quantitative Risk Management na Prague University of Economics and Business (Department of Monetary Theory and Policy) w ramach International Week. Liczba godzin kursu: 25,
- 6) prowadziłem wykłady i ćwiczenia w języku angielskim dla studentów z zagranicy (Portfolio Theory, Advanced Portfolio Theory, Statistics in Management oraz Mathematical Methods for Economics and Finance na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika)

Współpraca z praktyką:

- 1) Od lipca 2021 roku, jestem pracownikiem CITIBANK Poland PLC, gdzie jestem zatrudniony w charakterze głównego developera globalnego modelu ICAAP (*Internal Capital Adequacy Assessment Process*) dla ryzyka kredytowego typu „wholesale”, który obejmuje 63 kraje na świecie. Model ten jest wymagany przez wiodące instytucje regulujące systemy finansowe (m.in. Europejski Bank Centralny (ECB), Bank Anglii (BoE), Narodowy Bank w Japonii (BoJ), Narodowy Bank Singapuru (MAS), Narodowy Bank Zjednoczonych Emiratów Arabskich (UAE)). Jestem odpowiedzialny za budowę modelu ICAAP spełniającego wymagania regulatorów, dla których ten model jest wykorzystany. Przygotowuję dokumentację modelu, która podlega sprawdzeniu i weryfikacji przez zespół walidacyjny. Implementuję model w postaci skryptów w języku Python. Opracowuję analizy i raporty dotyczących modelu ICAAP.
- 2) Od 2016 roku, współpracuję z Centrum Prawa Bankowego i Informacji Sp. z o.o., w ramach której byłem:
 - a) współautorem raportów dotyczących walidacji modeli ekonometrycznych oceny ryzyka zmian wartości na nieruchomościach zgodnie z Rekomendacją W Komisji Nadzoru Finansowego w latach 2016, 2017, 2018 oraz 2019,

- b) współautorem modeli prognostycznych zmiany wartości zabezpieczeń kredytów hipotecznych dla lokali mieszkalnych, budynków jednorodzinnych oraz nieruchomości komercyjnych w latach 2021 oraz 2023, które zawierały przygotowanie danych, specyfikację i budowę modeli ekonometrycznych, weryfikację i prognozowanie, skrypty umożliwiające wielokrotne korzystanie wraz ze napływem nowych danych oraz przygotowanie dokumentacji,
 - c) współautorem algorytmu wyznaczania trendu zmian wartości nieruchomości oraz algorytmu predykcji wartości nieruchomości w 2018 roku,
 - d) współautorem raportu zawierającego segmentację rynku lokali mieszkalnych i budynków jednorodzinnych na potrzeby budowy modeli prognostycznych zmian wartości zabezpieczeń kredytów hipotecznych w 2021 roku,
- 3) W latach 2008 – 2011, byłem specjalistą w Urzędzie Statystycznym w Bydgoszczy (oddział w Toruniu), gdzie przygotowywałem analizy ekonometryczno-statystyczne z zakresu rynku pracy w Polsce.

Współpraca z Wyższą Szkołą Gospodarki w Bydgoszczy:

W latach 2019 – 2021, prowadziłem zajęcia z przedmiotów polsko i angielskojęzycznych, przede wszystkim dla studentów z zagranicy.

3.5.Referaty na konferencjach i seminariach naukowych

Od momentu uzyskania stopnia doktora, wygłosiłem lub byłem współautorem 28 referatów na konferencjach i seminariach naukowych – „Załącznik 1. Wystąpienia konferencyjne” do wniosku o wszczęcie postępowania habilitacyjnego. Z tego 15 referatów wygłoszonych w języku angielskim, a 14 wystąpień odbyło się za granicą. W zestawieniu konferencji nie uwzględniono tych, na których byłem obecny bez referatu.

3.6.Nagrody i wyróżnienia

- 1) Stypendium Rektora UMK za wysoko punktowane publikacje naukowe (2019, 2020, 2021, 2022, 2023 oraz w 2024 roku),
- 2) Zespołowa nagroda Rektora UMK (III stopnia) za osiągnięcia naukowe (2020 rok),
- 3) Nagroda od IHS Markit (wydawca programu EViews), za napisanie i opublikowanie dodatku (skryptu) do oprogramowania ekonometryczno-statystycznego EViews, umożliwiającego estymację i prognozowanie na podstawie modeli DCC-GARCH oraz DCC-RGARCH (2021 rok) (szczegółowy opis dodatku znajduje się w podrozdziale 4.3),
- 4) Zespołowa Nagroda Rektora UMK (I stopnia) za osiągnięcia w dziedzinie organizacyjnej (2015 oraz 2018 rok),
- 5) Wyróżnienie Dziekana WNEiZ UMK za szczególne zaangażowanie i pracę w procesie uzyskania międzynarodowej akredytacji AACSB (The Association to Advance Collegiate Schools of Business) w 2015 roku. Podziękowanie pisemne w imieniu Rady Dziekańskiej WNEiZ UMK za wyróżniające się zaangażowanie w działalność organizacyjną w ramach zespołu ds. ww. akredytacji (2022 rok);

- 6) Robert Fry Engle, Laureat Nagrody Nobla w dziedzinie ekonomii, w jednej ze swoich prac współautorskich, tj. De Nard G., Engle R. F., Ledoit O., Wolf M., (2022), Large dynamic covariance matrices: Enhancements based on intraday data, *Journal of Banking & Finance*, 38, 106426, z 2022 roku, razem z De Nardem, Ledoitem i Wolfem zacytował publikację [1], wchodzącą w skład osiągnięcia.

3.7. Recenzje naukowe

Po doktoracie, opracowałem łącznie cztery recenzje artykułów naukowych. Recenzowałem teksty nadesłane do następujących czasopism naukowych: *Computational Statistics*, *Mathematics*, *Przegląd Statystyczny* oraz *Unia Europejska.pl*.

4. Główne osiągnięcia naukowe

4.1. Wskazanie osiągnięcia naukowego

Głównym osiągnięciem naukowym w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) jest cykl artykułów powiązanych tematycznie, pod wspólnym tytułem: „**Zastosowanie cen maksymalnych i minimalnych w modelowaniu i prognozowaniu warunkowej wariancji, kowariancji oraz ryzyka rynkowego ze szczególnym uwzględnieniem modelu DCC**”.

Na cykl publikacji składa się siedmiu artykułów naukowych:

- [1] Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin, Molnár Peter: Range-based DCC models for covariance and value-at-risk forecasting, *Journal of Empirical Finance*, vol. 54, 2019, s. 58-76, DOI:10.1016/j.jempfin.2019.08.004, MEiN: **100 pkt.**, IF: **1,566**
- [2] Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin: Improving forecasts with the co-range dynamic conditional correlation model, *Journal of Economic Dynamics & Control*, vol. 108, 2019, s. 1-16, DOI:10.1016/j.jedc.2019.103736, MEiN: **140 pkt.**, IF: **1,204**
- [3] Fałdziński Marcin, Fiszeder Piotr, Orzeszko Witold: Forecasting volatility of energy commodities: comparison of GARCH models with support vector regression, *Energies*, vol. 14, nr 1, 2021, s. 1-18, DOI:10.3390/en14010006, MEiN: **140 pkt.**, IF: **3,252**
- [4] Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin, Molnár Peter: Attention to oil prices and its impact on the oil, gold and stock markets and their covariance, *Energy Economics*, vol. 120, 2023, s. 1-10, DOI:10.1016/j.eneco.2023.106643, MEiN: **200 pkt.**, IF: **13,6**
- [5] Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin, Molnár Peter: Modeling and forecasting dynamic conditional correlations with opening, high, low, and closing prices, *Journal of Empirical Finance*, vol. 70, 2023, s. 308-321, DOI:10.1016/j.jempfin.2022.12.007, MEiN: **100 pkt.**, IF: **2,1**
- [6] Fałdziński Marcin, Fiszeder Piotr, Molnár Peter: Improving volatility forecasts: Evidence from range-based models, *The North American Journal of Economics and*

Finance, vol. 69, 102019, 2024, s. 1-28, <https://doi.org/10.1016/j.najef.2023.102019>, MEiN: **70 pkt.**, IF: **3,8**

- [7] Fatdziński Marcin: Peaks over Threshold Approach with a time-varying scale parameter and range-based volatility estimator for Value-at-Risk and Expected Shortfall estimation, *Przegląd Statystyczny. Statistical Review*, vol. 71, 2024, 1, 23–77, <https://doi.org/10.59139/ps.2024.01.2>, MEiN: **40 pkt.**

Mój udział w wymienionych publikacjach wynosi: publikacje [1], [3],[4] oraz [5] po 33,(3)%, publikacje [2] i [6] po 50% oraz publikacja [7] jest to 100%. We wszystkich tych artykułach byłem współodpowiedzialny/odpowiedzialny za koncepcję badawczą, przygotowanie danych, oprogramowanie niezbędnych algorytmów i ich przetestowanie, wykonanie obliczeń oraz przygotowanie publikacji. Szczegółowa informacja o zakresie prac w publikacjach współautorskich zawarta jest w Załączniku 2 oraz potwierdzona załączonymi oświadczeniami.

Łączna liczba punktów MEiN (na dzień przyznania punktów) dorobku naukowego wybranego do cyklu wynosi **790**. Sumaryczny wskaźnik wpływu Impact Factor dorobku naukowego wybranego do cyklu wynosi **25,522**.

4.2.Cel naukowy, uzasadnienie wyboru tematyki badania oraz struktura cyklu publikacji

Głównym celem cyklu publikacji jest zaproponowanie nowych modeli zmienności uwzględniających zakres cen (tzn. różnicę między ceną maksymalną i minimalną) lub ich estymatorów, które pozwalają na otrzymanie dokładniejszych prognoz warunkowej wariancji oraz warunkowej kowariancji, zarówno w ujęciu jednowymiarowym jak i wielowymiarowym. Osiągnięcie naukowe (rozumiane jako cykl publikacji) ma zastosowanie praktyczne, w co najmniej kilku ujęciach. Po pierwsze, dokładniejsze prognozy warunkowej wariancji oraz warunkowej kowariancji mogą posłużyć do dokładniejszych oszacowań miar ryzyka rynkowego, tj. wartości zagrożonej (*Value-at-Risk*, VaR) oraz oczekiwanego niedoboru (*Expected Shortfall*, ES), które są jednymi z podstawowych miar wymaganych, przez instytucje regulujące rynki finansowe³ do określenia wymogów kapitałowych. Dokładniejsze oszacowania miar ryzyka rynkowego umożliwiają uzyskanie lepiej oszacowanych rezerw, dzięki czemu instytucja finansowa może lepiej zarządzać dostępnym kapitałem. Po drugie, dokładniejsze prognozy warunkowej wariancji, a zwłaszcza warunkowej kowariancji, mogą posłużyć do zbudowania jakościowo lepszego portfela aktywów oraz poprawienia procesu zarządzania takim portfelem. Możliwość uzyskania oszacowań warunkowej kowariancji dla

³ Bazylejski Komitet Nadzoru Finansowego (*Basel Committee on Banking Supervision*) wymaga oszacowania miar ryzyka rynkowego oraz przetestowania ich jakości, przez instytucje finansowe. W swoich wymaganiach, komitet określa, ile tzw. przekroczeń mogą mieć oszacowania VaR. Jeżeli liczba przekroczeń jest za wysoka, wtedy instytucja finansowa jest zobowiązana do podniesienia swoich minimalnych wymogów kapitałowych. Taka sytuacja oznacza, nie tylko przeznaczenie większych środków na zabezpieczenie, które może nie mieć rzeczywistego uzasadnienia, ale również może prowadzić, do podejmowania decyzji w oparciu o jakościowo gorsze oszacowania ryzyka.

wielu aktywów ma szczególne znaczenie, ponieważ w praktyce, instytucje finansowe budują portfele złożone z setek tysięcy czy tysięcy aktywów. Dlatego też, w swoich badaniach, uwzględniam problem estymacji modeli wielowymiarowych, dla wysokich wymiarów. Po trzecie, zaproponowane przeze mnie modele zmienności, mogą posłużyć inwestorom indywidualnym w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Zasób informacji dostępny przez inwestorów indywidualnych jest znacznie różniący się od tego dostępnego przez inwestorów instytucjonalnych. W związku z tym, zaproponowano modele uwzględniające ogólnodostępne narzędzia i informacje, które stały się popularne, z rozwojem usług i produktów internetowych.

W cyklu publikacji założono **hipotezę badawczą**, mówiącą o tym, że uwzględnienie cen minimalnych i maksymalnych, ich zakresu, czy też zbudowanych na nich estymatorów, w jedno- i wielowymiarowych modelach zmienności pozwala na uzyskanie lepiej dopasowanych modeli do danych empirycznych, jak i na zbudowanie dokładniejszych prognoz warunkowej wariancji i warunkowej kowariancji, w porównaniu z modelami z tej samej klasy, ale pozbawionych takich dodatkowych informacji. Ponadto, zaproponowane modele umożliwiają wyjaśnienie mechanizmu działania zmienności w nowy sposób, co podnosi zrozumienie fenomenu zmienności na rynkach finansowych.

Główną **motywacją** podjęcia tematu jest, ciągle stosunkowa nowość tematu, jak również luka badawcza, którą w cyklu publikacji staram się zmniejszyć. Zmienność obok wartości oczekiwanej, jest jedną z kluczowych miar opisującą rozkład badanej zmiennej, która ma zastosowanie praktyczne i niejednokrotnie decydujące o badanym zjawisku. Zmienność w finansach stanowi jeden z najważniejszych czynników w wycenie instrumentów pochodnych, budowie portfela inwestycyjnego, podejmowaniu decyzji inwestycyjnych, hedgingu, analizie ryzyka i wielu innych. W związku z tym, bardzo wiele badań koncentruje się na modelowaniu zmienności, badaniu mechanizmów jej działania, które potrafią lepiej ją opisywać i prognozować. Zmienność na rynkach finansowych nie jest obserwowalna bezpośrednio, ale może być estymowana z wykorzystaniem jej wpływu na kształtowanie się procesu ceny. W literaturze znane są charakterystyczne cechy (*stylized facts*) szeregów czasowych cen aktywów, które mówią m.in o grupowaniu zmienności czy autokorelacji. Na tej kanwie, powstały modele zmienności (np. modele klasy GARCH i SV), które starają się modelować i prognozować zmienność. Przytłaczająca większość badań i nowych propozycji modeli zmienności wykorzystuje tylko ceny zamknięcia, ignorując dodatkowe informacje płynące z analizy cen minimalnych i maksymalnych. Oznacza to, że ścieżka cen kształtująca się między cenami zamknięcia nie jest uwzględniona w modelowaniu zmienności. Zwłaszcza w przypadku dni z turbulencjami, objawiającymi się wzrostami i spadkami cen w ciągu dnia spowoduje, że oszacowana zmienności na podstawie tylko cen zamknięcia może pokazać niską zmienność, gdzie dopiero uwzględnienie zakresu cen (*range*, czyli różnica między ceną maksymalną i minimalną) pozwoli poprawnie

oszacować, że zmienność jest wysoka. Literatura dostarcza dowodów⁴ na to, że zakresy cen i oparte na nich estymatory wariancji, mogą mierzyć zmienność w dokładniejszy sposób niż estymator wariancji na bazie cen zamknięcia. Co ważne, zakres cen i oparte na nim estymatory wariancji mogą być wykorzystywane do mierzenia nieobserwowalnej rzeczywistej zmienności (np. Mapa, 2003; Chou, 2005; Patton, 2011). Wybór metody, czy też miary do mierzenia rzeczywistej zmienności ma kluczowe znaczenie nie tylko w kontekście samej jej estymacji, ale również oceny i wyboru modeli z punktu widzenia modelowania i prognozowania zmienności. Standardowym podejściem w literaturze jest sprawdzenie jak dobrze modele zmienności radzą sobie z modelowaniem i prognozowaniem rzeczywistej zmienności, więc wybór metody, czy estymatora do jej szacowania jest ważne w poprawnym wyborze takich modeli. Dodatkowo, estymatory zmienności na bazie zakresu cen okazują się być odporne na efekty mikrostruktury rynku i szumu (Alizadeh et al., 2002; Shu, Zhang, 2006).

Pomimo tego, że w ostatnich kilkunastu latach powstały modele zmienności zbudowane zarówno bezpośrednio na zakresie cen jak i wykorzystujące estymatory wariancji oparte na zakresie cen, to jak się okazuje, ten temat nie jest wyczerpany i ciągle stanowi wyzwanie badawcze. Jak wykazuję w przedstawionym cyklu publikacji, ceny minimalne i maksymalne i w konsekwencji zbudowane na nich estymatory zmienności, pozwalają modelować zmienność w dokładniejszy sposób, dodając nowe wyjaśnienie mechanizmu działania zmienności, ale również pozwalają na uzyskanie dokładniejszych prognoz warunkowej wariancji i kowariancji. Ważnym elementem było zbudowanie wielowymiarowych modeli zmienności, które są oszczędnie sparametryzowane, czyli można stosunkowo łatwo oszacować ich parametry oraz jednocześnie można zastosować nawet dla bardzo dużej liczby procesów.

4.3. Wkład głównego osiągnięcia w rozwój nauki oraz wnioski dla praktyki

Podejmowane przeze mnie badania w istotnym stopniu przyczyniają się do rozwoju subdyscyplin: ekonometria finansowa, prognozowanie i metody predykcji oraz budowanie modeli i estymacja⁵ w ramach dyscypliny naukowej „ekonomia i finanse”. Poniżej zaprezentowane zostaną argumenty świadczące o tym, że publikacje wybrane do wskazanego cyklu, stanowią wkład w rozwój nauki na forum międzynarodowym oraz w Polsce.

Głównym celem artykułu [1] było uwzględnienie estymatora zmienności opartego na zakresie cen, do lepszego modelowania i prognozowania warunkowej zmienności i

⁴ Szczegółowe pozycje wskazane są w rozdziale 4.3

⁵ Za klasyfikacją w ramach *Journal of Economic Literature*, C51 Model Construction and Estimation, C53 Forecasting and Prediction Methods oraz C58 Financial Econometrics:
<https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php?view=jel#E> (24 listopad 2024 r.)

kowariancji stóp zwrotu w porównaniu do klasycznych modeli zmienności. Motywacją do podjęcia tematu, były niewątpliwe zalety płynące z informacji zawartej w cenach minimalnych i maksymalnych i ich zakresie do opisu zmienności. Jak już wskazano, ceny minimalne i maksymalne posiadają dodatkową informację na temat kształtowania się zmienności w ciągu dnia, czego mogą nie zawierać ceny zamknięcia. Dlatego też uwzględnienie cen minimalnych i maksymalnych, ich zakresu, czy też estymatorów zbudowanych na nich, może przyczynić się do lepszego opisu zmienności i wyjaśnienia fenomenu jej działania. W artykule [1] zaproponowany został wielowymiarowy model dynamicznych warunkowych korelacji (DCC) z uwzględnieniem zakresu cen, w postaci modelu RGARCH (Molnár, 2016). Zaproponowany model DCC-Range-GARCH (DCC-RGARCH) jest podobny w swojej konstrukcji do modelu DCC (Engle, 2002), gdzie kwadraty błędów w jednowymiarowych modelach GARCH są zastąpione estymatorem wariancji Parkinsona (1980), natomiast sama parametryzacja macierzy kowariancji pozostaje niezmienną. Estymator wariancji Parkinsona oparty na zakresie cen, jest nieobciążonym estymatorem wariancji arytmetycznego ruchu Browna i jest zdefiniowany jako iloraz kwadratu logarytmu zakresu cen oraz stałej $4\ln(2)$. Z badań symulacyjnych wynika (zob. Garman, Klass, 1980), że estymator Parkinsona jest ponad 4,9-krotnie efektywniejszy od estymatora wariancji na podstawie cen zamknięcia.

Zaletami zaproponowanego modelu DCC-RGARCH jest oszczędna parametryzacja, umożliwiająca oszacowanie modelu nawet dla bardzo dużych wymiarów oraz wykorzystanie informacji zawartych w cenach maksymalnych i minimalnych, za pomocą estymatora wariancji Parkinsona. Analogicznie jak dla modelu DCC-GARCH, parametry modelu DCC-RGARCH można oszacować za pomocą dwuetapowej procedury estymacji z wykorzystaniem quasi-metody największej wiarygodności. Procedura ta zakłada, że w pierwszym etapie szacowane są parametry jednowymiarowych modeli RGARCH dla każdego szeregu oddzielnie. Drugi etap polega na estymacji parametrów równania warunkowej korelacji, na podstawie standaryzowanych reszt ze wszystkich szeregów wykorzystanych w pierwszym etapie. Alizadeh et al. (2002) oraz Brandt i Diebold (2006) wykazali, że warunkowy rozkład logarytmu zakresu cen jest w przybliżeniu zgodny z rozkładem gaussowskim, co w duży sposób uzasadnia estymację modeli zmienności z wykorzystaniem metody największej wiarygodności.

Do oceny efektywności zaproponowanego modelu wykorzystano również modele DCC-GARCH oraz DCC-CARR (Chou et al., 2009), które służą do porównania z modelem DCC-RGARCH w części empirycznej. Model DCC-CARR jest wielowymiarową wersją modelu CARR (Chou, 2005), który opisuje dynamikę warunkowej średniej zakresu cen. Wspomniane trzy modele, tj. DCC-GARCH, DCC-CARR oraz DCC-RGARCH zastosowane są w badaniu empirycznym do trzech różnych zestawów danych, tj. trzech par walut (EUR/USD, USD/JPY, GBP/USD), trzech funduszy ETF (the United States Oil Fund, the United States Natural Gas Fund oraz the Energy Select Sector SPDR Fund) oraz pięciu spółek akcji (Amazon, Apple, Goldman Sachs, Google oraz IBM). Zakres czasowy badania obejmuje lata od 2 stycznia 2008

roku do 30 grudnia 2016 roku. Dodatkowo, uwzględniono dwa modele GARCH uwzględniające asymetrię, tj. EGARCH (Nelson, 1991) oraz GJR (Glosten et. al., 1993), które potrafią opisać asymetryczną reakcję na dodatnie i ujemne szoki w warunkowej wariancji. W artykule wykazano, że zaproponowany model DCC-RGARCH lepiej dopasowuje się w próbie do danych empirycznych niż modele DCC-GARCH i DCC-CARR, na podstawie logarytmu wiarygodności i testu Lagrange’a. Jedną z cech charakterystycznych modelu RGARCH jest, że oszacowania parametru stojącego przy estymatorze Parkinsona są znacznie większe niż w przypadku oszacowań parametru stojącego przy kwadracie błędów w modelu GARCH. Oznacza to, że w modelu RGARCH, szoki z poprzedniego okresu mają silniejszy wpływ na zmienność z okresu bieżącego niż w przypadku modelu GARCH. Właśnie dzięki zastosowaniu zakresu cen, model jest w stanie reagować szybciej na zmieniające warunki na rynku, co jest kluczowe zarówno z punktu widzenia dopasowania w próbie, jak i trafności prognozowanej zmienności. W artykule przeprowadzono badanie mające na celu sprawdzenie dokładności prognoz uzyskanych z zaproponowanego modelu oraz modeli porównawczych. Polegało to na wyznaczeniu prognoz na jeden dzień w przód, dla zakresu od 4 stycznia 2010 r. do 30 grudnia 2016 roku, co daje siedem lat prognoz. Prognozy zbudowane zostały, z wykorzystaniem tzn. przesuwanego okna, które zawiera 500 obserwacji do oszacowania parametrów. W celu zbadania dokładności wykorzystano miary średniego błędu kwadratowego (MSE) oraz średniego błędu absolutnego (MAE). Zazwyczaj model RGARCH prowadzi do dokładniejszych prognoz warunkowej wariancji (zwłaszcza w przypadku kursów walut), co zostało zweryfikowane za pomocą testu Diebolda i Mariano (Diebold, Mariano, 1995). Z kolei dla warunkowej kowariancji to model DCC-RGARCH prowadził do najdokładniejszych prognoz w zdecydowanej większości badanych szeregów. Wszystkie trzy porównywane modele mają tożsame mechanizmy warunkowej korelacji, co oznacza, że przewaga modelu DCC-RGARCH wynika z zastosowania zakresu cen. Dodatkowo, w artykule przeprowadzona jest analiza wykorzystania prognoz do szacowania miary ryzyka, jaką jest wartość zagrożona (VaR) dla portfela, czyli z wykorzystaniem prognoz warunkowej wariancji i kowariancji. Oszacowania VaR zostały sprawdzone przy użyciu testowania wstecznego (*backtesting*), przy użyciu testów liczby przekroczeń (*unconditional coverage*, Kupiec, 1995; Candelon et al., 2011) oraz ich niezależności (*independence*, Christoffersen, 1998; Candelon et al., 2011). Dodatkowo, wartość zagrożona została porównana z wykorzystaniem funkcji strat (Sarma et al., 2003; Caporin, 2008). W tym przypadku, model DCC-RGARCH najczęściej pozwolił na uzyskanie dokładniejszych oszacowań miary ryzyka, jaką jest wartość zagrożona (VaR). Podsumowując, wykazano przewagę modelu DCC-RGARCH, wykorzystującego ceny maksymalne i minimalne, zarówno w dopasowaniu do danych, prognozowaniu oraz w pomiarze ryzyka rynkowego. W artykule wykazano, że informacja zawarta w cenach minimalnych i maksymalnych może zostać wykorzystana do dokładniejszego modelowania i prognozowania warunkowej wariancji i kowariancji, co może prowadzić do przewagi w porównaniu z klasycznymi modelami zmienności, w praktycznych zastosowaniach.

Wymiernym efektem publikacji [1], jest autorskie napisanie i opublikowanie dodatku (skryptu) pod nazwą `dcc_rgarch`⁶ do programu EViews. Dodatek `dcc_rgarch` pozwala na oszacowanie parametrów modelu DCC-RGARCH i DCC-GARCH z warunkowym rozkładem normalnym albo rozkładem t-Studenta. Umożliwia również uzyskanie prognoz warunkowej wariancji, kowariancji i korelacji na jeden okres w przód. Estymacja parametrów części korelacyjnej (czyli modelu DCC) jest bardzo wrażliwa na parametry startowe i stosunkowo łatwo można uzyskać oszacowania parametrów poza dozwolonymi przedziałami, dlatego też z tego powodu dodatek umożliwia szacowanie parametrów z restrykcjami na parametry, co nie jest standardowo dostępne w programie EViews i wymagało oprogramowania dodatkowych algorytmów. Aby dodatkowo zaradzić kwestii wrażliwości algorytmu na wartości parametrów startowych, zaimplementowano możliwość estymacji parametrów modeli z wykorzystaniem szukania po dopuszczalnej przestrzeni parametrów (*grid search*). Metoda ta pozwala na uzyskanie szacunków parametrów, nawet jeżeli nie ma dostępnej wiedzy *a priori* co do parametrów lub użytkownik ma podejście agnostyczne. Wymienione zalety w sposobie estymacji parametrów modeli DCC-RGARCH i DCC-GARCH uzupełnione są poprzez wyznaczenie odpornych błędów oszacowań parametrów. Niewątpliwą zaletą dodatku `dcc_rgarch`, jest możliwość zastosowania modelu DCC-RGARCH i DCC-GARCH dla bardzo dużych wymiarów⁷. Dla testowanych szeregów czasowych akcji złożonych z 3418 obserwacji, z powodzeniem można oszacować parametry modeli dla zbiorów danych zawierających 50, 200 czy 400 szeregów czasowych. Z dodatku `dcc_rgarch` można korzystać poprzez wywołanie odpowiednich komend, z wiersza poleceń, jak również z wykorzystaniem interfejsu.

W artykule [2] podjęto temat wykorzystania ko-zakresu cen, czyli kowariancji zakresu cen, do budowy wielowymiarowego modelu zmienności. Skoro zakres cen może dostarczyć dodatkowe informacje płynącą z cen minimalnych i maksymalnych do lepszego szacowania zmienności, również można wykorzystać tę informację do lepszego mierzenia współzależności między aktywami, czyli do szacowania kowariancji stóp zwrotu między instrumentami finansowymi. Podobnie, jak w przypadku zmienności, kowariancja oparta tylko na cenach zamknięcia ignoruje kształtowanie się współzależności stóp zwrotu w okresach między kolejnymi cenami zamknięcia. Wykorzystanie ko-zakresu cen, ma na celu poprawienie oszacowań kowariancji między aktywami. Uzasadnieniem podjęcia tematu, jest niewątpliwa ważność mierzenia współzależności między aktywami, gdyż jak wiadomo rynki finansowe są nieoderwalnie ze sobą powiązane. Jak się okazuje, w praktyce to kowariancja (korelacja), ma bardzo duże znaczenie w analizie portfelowej, czy też w mierzeniu ryzyka portfela. Oznacza to, że wyznaczenie metod czy też budowa modeli, które pozwolą na lepsze opisanie nie tylko zmienności ale i również współzależności aktywów, jest niezwykle ważne z praktycznego punktu widzenia.

⁶ Dodatek `dcc_rgarch` dostępny jest na stronie: <https://eviews.com/Addins/addins.shtml> (23 październik 2024 r.).

⁷ Jedynym ograniczeniem są możliwości sprzętowe jednostki obliczeniowej.

W pracy tej zaproponowany został model DCC ko-zakresu (*co-range DCC*). Model ten wykorzystuje ceny minimalne i maksymalne nie tylko do estymacji warunkowej wariancji, ale również do estymacji warunkowej kowariancji. Ko-zakres cen jest jednym z elementów mechanizmu kowariancyjnego modelu, dzięki czemu ma bezpośredni wpływ na oszacowania kowariancji. Równania warunkowej wariancji opisane są w postaci jednowymiarowych modeli CARR, które zbudowane są dla zakresu cen. Z kolei równania warunkowej kowariancji opisane są z wykorzystaniem zmodyfikowanego modelu DCC Tse-Tsui (Tse, Tsui, 2002), który uwzględnia ko-zakres cen w postaci macierzy korelacji dla zakresu cen (macierz korelacji dla zakresu cen wymaga oszacowania ko-zakresu cen oraz wariancji zakresu cen). Model DCC ko-zakresu posiada zalety modelu DCC, tzn. oszczędną parametryzację oraz możliwość szacowania parametrów modelu w sposób dwuetapowy. W artykule przeprowadzono badanie symulacyjne w celu sprawdzenia własności zaproponowanego modelu względem trzech innych modeli alternatywnych, tj. modeli DCC-GARCH, DCC Tse Tsui oraz DCC-CARR. Symulacja Monte Carlo polegała na wyznaczeniu dziennych warunkowych kowariancji i wariancji z modelu VECH (Bollerslev et al., 1998), przy założeniu wielowymiarowego rozkładu normalnego oraz rozkładu t-Studenta. Jeżeli chodzi o parametry modelu VECH, to założono podobne wartości do tych, które można znaleźć w pracy de Almeida, Hotta i Ruiza z 2018 roku. Z racji faktu, iż model DCC ko-zakresu oraz DCC-CARR wymagają posiadania wartości cen maksymalnych i minimalnych dla każdego dnia, symulowano śróddzienne (*intraday*) ścieżki cen z wykorzystaniem geometrycznego ruchu Browna z zerowym dryftem. Wygenerowano 501 dziennych obserwacji dla pięciowymiarowego modelu VECH oraz 100,000 śróddziennych cen z geometrycznego ruchu Browna dla każdego dnia. Symulacja powtórzona była 1000 razy, gdzie symulowane wartości posłużyły do analizy własności zaproponowanego modelu oraz oceny zdolności predykcyjnych w zakresie warunkowej wariancji i kowariancji. Prawdopodobnie, jest to pierwsze takie badanie symulacyjne w literaturze, które bada własności modeli zmienności opartych o zakres cen w porównaniu do modeli wykorzystujących ceny zamknięcia. Analiza wyników symulacyjnych w próbie wykazała, że model CARR lepiej opisuje zmienność stóp zwrotu niż model GARCH. W przypadku prognozowania, dokonano statystycznej weryfikacji z wykorzystaniem testów SPA (*Superior Predictive Ability*, Hansen 2005) oraz testu MCS (*Model Confidence Set*, Hansen et al. 2011). Ponadto, wyniki symulacyjne wykazały, że model DCC ko-zakresu prowadzi do dokładniejszych prognoz warunkowej wariancji i warunkowej kowariancji względem wszystkich modeli alternatywnych. Artykuł uzupełniono o badanie empiryczne dla trzech par walut, tj. EUR/USD, USD/JPY oraz GBP/USD, dla próby od 2 stycznia 2006 r. do 30 grudnia 2016 roku. Wykazano, że w próbie model DCC ko-zakresu lepiej dopasowuje się do badanych szeregów oraz lepiej odzwierciedla dynamikę zmienności. W modelu DCC ko-zakresu, oszacowany parametr stojący przy macierzy korelacji zbudowanej z wariancji i kowariancji zakresu cen jest ponad dwukrotnie większy od odpowiadającego szacunku parametru przy macierzy korelacji zbudowanej ze standaryzowanych błędów w pozostałych modelach porównawczych. Ma to szczególne znaczenie w modelowaniu i prognozowaniu, ponieważ szoki z poprzedniego okresu mają

większy wpływ na bieżącą kowariancję, dzięki czemu model szybciej reaguje na zmieniające się warunki na rynku. Wolna reakcja na nagłe zmiany na rynku jest jedną z głównych wad modeli typu GARCH, które jest podnoszona w literaturze (np. Andersen et al., 2003, Hansen et al., 2012). W przypadku prognozowania, uzyskano statystycznie dokładniejsze prognozy wariancji z modelu CARR niż z modelu GARCH. Model DCC ko-zakresu prowadził również do dokładniejszych prognoz warunkowej kowariancji. W artykule wykazano, że wykorzystanie cen minimalnych i maksymalnych zarówno do modelowania wariancji i kowariancji stóp zwrotu, prowadzi do ich dokładniejszych oszacowań i prognoz, w porównaniu z modelami opartymi na cenach zamknięcia. Artykuł [2] jest jednym z pierwszych w literaturze, który zajmuje się wielowymiarowymi modelami zmienności z wykorzystaniem cen minimalnych i maksymalnych w bezpośrednim modelowaniu warunkowej wariancji i kowariancji instrumentów finansowych, które można zastosować w praktyce.

W artykule [3] dokonano porównania możliwości prognostycznych w zakresie zmienności, modeli z klasy GARCH z metodą wektorów nośnych (*Support Vector Regression*, SVR), wywodzącą się z uczenia maszynowego, na rynku surowców energetycznych, a dokładniej ich kontraktów futures. Zarządzanie ryzyka na rynku surowców energetycznych ma ogromne znaczenie nie tylko dla instytucji finansowych, ale również dla przedsiębiorstw zależnych od takich surowców, aż po całe gospodarki narodowe, których rozwój gospodarczy zdeterminowany jest przez surowce energetyczne. Z tego też powodu, modelowanie i prognozowanie zmienności na rynkach surowców energetycznych jest tak ważne i przyciąga coraz większe zainteresowanie badaczy i praktyków. Ostatnimi laty, metoda wektorów nośnych i jej modyfikacje są jednymi z bardziej popularnych metod, które zostały wykorzystane na rynkach surowców energetycznych (np. Xie et al., 2006; Hu, Trafalis, 2011; Li, Ge, 2013; Fan et al., 2016; Li et al., 2016; Yu et al., 2017; Zhang, Zhang, 2018; Li et al., 2019; Su et al., 2019). W związku z tym, w badaniu [3] postanowiono wykorzystać metodę wektorów nośnych i model klasy GARCH do oceny i zdolności predykcyjnych w zakresie zmienności. Dodatkowo, w artykule wykazano, że dokładność prognoz zmienności jest zależna od wykorzystanej miary rzeczywistej zmienności do oceny wskazanych modeli.

Jak już zostało przedstawione, jedną z kluczowych kwestii w przypadku oceny modeli zmienności, jest pomiar rzeczywistej nieobserwowalnej zmienności. Dlatego też w artykule, do oceny zdolności predykcyjnych zastosowanych modeli wykorzystano dwa estymatory pomiaru rzeczywistej wariancji, tj. kwadrat dziennych stóp zwrotu oraz estymator Parkinsona. Zmienność jest miarą, która nie jest bezpośrednio obserwowalna, dlatego też stosuje się inne metody, które mogą ją oszacować. Kwadrat dziennych stóp zwrotu jest nieobciążonym estymatorem zmienności stóp zwrotu, niemniej jednak miara ta jest obciążona bardzo dużym szumem (Andersen i Bollerslev, 1998). Okazuje się, że zrealizowana wariancja jest istotnie dokładniejszą miarą wariancji niż kwadrat stóp zwrotu, ale wymaga posiadania danych śróddziennych, które są trudniejsze w uzyskaniu oraz podatne na problemy z jakością danych. Z drugiej strony, estymator Parkinsona, wykorzystujący ceny minimalne i maksymalne, ma zbliżoną dokładność do zrealizowanej wariancji oraz nie ma

problemu z dostępnością takich cen (np. Patton, 2011; Degiannakis, Livada, 2013). Estymatory wariancji zakresu cen były już wielokrotnie wykorzystane w literaturze jako miary wariancji (np. Mapa, 2003; Chou, 2005; Liu, Hung, 2010; Patton, 2011). W literaturze są badania pokazujące, że metoda SVR może prowadzić do dokładniejszych prognoz zmienności niż modele klasy GARCH (np. Gavrishchaka, Ganguli, 2003; Perez-Cruz et al., 2003; Gavrishchaka, Banerjee, 2006; Chen et al., 2010; Ou, Wang, 2010; Bildirici, Ersin, 2012; Geng, Yu, 2013; Santamaría-Bonfil et al., 2015; Bezerra, Albuquerque, 2017, 2019; Peng et al., 2018; Gong et al., 2019). Jednakże, w większości tych badań wykorzystano kwadrat dziennych stóp zwrotu jako miarę rzeczywistej zmienności. W związku z powyższym, w badaniu postanowiono wykorzystać kwadrat dziennych stóp zwrotu jak i estymator Parkinsona jako miary rzeczywistej zmienności. Wykorzystano następujące modele klasy GARCH: GARCH z rozkładem normalnym oraz z rozkładem t-Studenta, EGARCH, GJR, APARCH (Ding et al., 1993), IGARCH (Engle, Bollerslev, 1986) oraz GARCH-M (Engle et al., 1987). Metody uczenia maszynowego coraz częściej wykorzystywane są do modelowania i prognozowania zmienności na rynkach finansowych. Badanie empiryczne zostało przeprowadzone dla pięciu szeregów kontraktów futures z rynków surowców energetycznych, tj. ropy naftowej WTI, gazu ziemnego, oleju napędowego, benzyny oraz oleju grzewczego, dla zakresu czasowego od 2 stycznia 2015 r. do 31 grudnia 2019 roku. W badaniu zastosowano autoregresyjną metodę SVR, która wykorzystywała kwadrat stóp zwrotu i jego opóźnienia. W przypadku kwadratów stóp zwrotu jako miary zmienności, wyniki są zróżnicowane, gdyż zarówno modele klasy GARCH jak i metoda SVR dają podobnie dokładne prognozy zmienności. Co ciekawe, wartości miary MSE są duże z racji występowania wartości odstających i dlatego też bardzo trudno wykazać statystyczną przewagę, tylko jednego z modeli. Dla estymatora Parkinsona jako miary zmienności, wyznaczone błędy MSE i MAE są znacznie mniejsze niż te uzyskane dla kwadratów stóp zwrotu. W tym przypadku, to modele klasy GARCH zazwyczaj dawały dokładniejsze prognozy warunkowej wariancji niż metoda SVR. Wyniki badania pokazują, że użycie miary przybliżającej rzeczywistą zmienność ma zdecydowanie duże znaczenie, w kontekście wyników prognozowania wariancji. W pracy pokazano, że modele SVR jak i modele zmienności klasy GARCH, mogą dostarczyć dokładnych oszacowań i prognoz zmienności stóp zwrotu aktywów, w zależności od przyjętej miary rzeczywistej zmienności.

W artykule [4] podjęto temat badania wpływu zainteresowania inwestorów informacjami dotyczącymi stóp zwrotu, zmienność i kowariancji dla trzech funduszy ETF (tj. ropy naftowej - United States Oil Fund, złota - SPDR Gold Shares oraz indeksu S&P 500 - SPDR Portfolio S&P 500 Growth). Ropa naftowa jest najważniejszym surowcem z punktu widzenia globalnego, a co za tym idzie, zrozumienie mechanizmów działania rynku ropy naftowej ma duże znaczenie nie tylko z ujęcia praktycznego (Huang, et al. 2008, Gkillas et al., 2020, Tiwari et al., 2020). Okazuje się, że zainteresowanie inwestorów ma wpływ na rynki finansowe (np. Da et al., 2011). Zainteresowanie może być mierzone na wiele sposobów, np. poprzez badanie informacji z artykułów, mediów społecznościowych takie jak platforma X (dawniej

Twitter) (np. Gjerstad et al., 2021), czy też samego poszukiwania informacji o danych rynku. Jednym z użytecznych źródeł takich informacji jest Google Trends, która dostarcza wyników wyszukiwanych fraz w wyszukiwarce Google, która jest niewątpliwie największą platformą dostarczającą takich usług na świecie. Oznacza, to że informacja na temat jak często osoby wyszukują określone frazy, jest odpowiednią miarą zainteresowania, zwłaszcza inwestorów indywidualnych, którzy zazwyczaj mają dostęp tylko do informacji publicznych.

Uwaga inwestorów mierzona była za pomocą wyników wyszukiwania frazy „oil prices” w platformie Google, za pomocą narzędzia Google Trends. Związek samego zainteresowania inwestorów z rynkami finansowymi jest pośredni, ponieważ przed podjęciem decyzji o inwestycji poszukują oni dodatkowej informacji w Internecie. Należy podkreślić, że w grupie poszukującej informacji na dany temat, mogą znaleźć się inwestorzy, którzy poszukują informacji o pewnym instrumencie finansowym lub wycenianym produkcie, ale nie muszą oni dokonać zakupu/sprzedaży takiego aktywa. Niemniej jednak samo ich zainteresowanie i natężenie, może wpływać na decyzje zakupowe/sprzedażowe innych uczestników rynku. Dlatego też dane obrazujące uwagę inwestorów mogą pomagać prognozować stopy zwrotu, zmienność i kowariancje na rynkach finansowych. Wykorzystanie wyników wyszukiwania na platformie Google było już podjęte w wielu badaniach (np. Da et al., 2011; Joseph et al., 2011; Vozlyublennaja 2014; Bijl et al., 2016; Gwilym et al., 2016; Aalborg, Molnár, de Vries 2019; Kim et al., 2019; Prange, 2021). W opisywanym badaniu, wykorzystano indeks wolumenu wyszukiwania Google (*Google's search volume index*), który jest uznawany za odpowiednie przybliżenie uwagi inwestorów (Da et al., 2011). Wyszukiwania dla frazy „oil prices”, która była już wcześniej wykorzystana przez Campos et al. (2017), wyznaczonoienne wartości indeksu wolumenu wyszukiwania. W artykule [4] zaproponowano model DCC-X-RGARCH-X, który jest rozszerzeniem modelu DCC-RGARCH (zob. [1]) o zmienne egzogeniczne zarówno w równaniach warunkowej średniej i wariancji, ale co również ważne - warunkowej korelacji. Model DCC-X-RGARCH-X pozwala na włączenie zmiennej reprezentującej uwagę inwestorów w postaci standaryzowanego indeksu wolumenu wyszukiwania. Zaproponowany model został porównany z trzema innymi modelami, tj. modelem DCC-GARCH, DCC-X-GARCH-X (Vargas, 2008) oraz DCC-RGARCH. W badaniu wykorzystano notowania dzienne funduszy ETF z zakresu od 13 kwietnia 2006 roku do 11 czerwca 2020 roku, co daje względnie długi okres, uwzględniający podokresy zarówno niskiej, zwiększonej jak i ekstremalnej zmienności. Badanie empiryczne wykazało brak statystycznej istotności parametru odpowiadającego zmiennej egzogenicznej w równaniu warunkowej średniej i warunkowej wariancji, natomiast jej istotność w równaniu warunkowej korelacji w przypadku modelu DCC-X-GARCH-X. Oszacowany parametr miał ujemny charakter, co oznacza, że wzrostowi wyszukiwania frazy „oil prices” na platformie Google towarzyszy spadek kowariancji (korelacji) stóp zwrotu. Ujemna reakcja zaobserwowana jest między stopami zwrotu akcji i złota oraz akcji i ropy naftowej. Wszystkie cztery modele (tj. DCC-GARCH, DCC-RGARCH, DCC-X-GARCH-X, DCC-X-RGARCH-X) posłużyły do zbadania możliwości prognostycznych warunkowej wariancji i kowariancji. Wykazano, że modele GARCH-X, RGARCH i RGARCH-X

prowadzą do statystycznie dokładniejszych prognoz wariancji niż te uzyskane z klasycznego modelu GARCH. W przypadku warunkowej wariancji zaobserwowano, że dodatkowa zmienna reprezentująca uwagę inwestorów zwiększała dokładność prognoz w przypadku modelu GARCH, natomiast nie zwiększała w przypadku modelu RGARCH. W kontekście prognozowania kowariancji wykazano, że model DCC-X-RGARCH-X pozwala na uzyskanie statystycznie dokładniejszych prognoz warunkowej kowariancji w porównaniu pozostałymi wykorzystanymi modelami. W celu dodatkowego sprawdzenia uzyskanych wyników postanowiono sprawdzić, czy uwzględnienie zmiennej w postaci indeksu wolumenu wyszukiwania Google, przyczyni się do zbudowania dokładniejszych prognoz wariancji i kowariancji dla burzliwego okresu pandemii COVID-19. W tym przypadku również okazało się, że prognozy z modelu DCC-X-RGARCH-X są statystycznie najdokładniejsze. Podsumowując, wykazano, że uwzględnienie uwagi inwestorów w postaci wyników wyszukiwania z Google Trends, może dostarczyć dodatkowej informacji w kontekście modelowania i prognozowania zmienności i kowariancji instrumentów finansowych, a tym samym dodatkowo uzupełniają zasób informacji płynący z wykorzystania cen minimalnych i maksymalnych. Badanie pokazało, że wielowymiarowe modele zmienności, które wykorzystują informacje zawarte w zakresie cen, może być rozszerzony o dodatkowe elementy pozwalające lepiej opisać zmienność i kowariancje między instrumentami finansowymi. Zaproponowany wielowymiarowy model zmienności wykorzystujący zarówno zakres cen, jak i informacje o zainteresowaniu inwestorów, jest prawdopodobnie pierwszym w literaturze, który pokazuje, że obie te informacje są komplementarne w kontekście modelowania i prognozowania zmienności i kowariancji.

W artykule [5] przeanalizowano wpływ uwzględnienia nie tylko cen minimalnych i maksymalnych, ale również cen otwarcia i zamknięcia, zarówno w równaniach warunkowej wariancji jak i warunkowej kowariancji. Modelowanie i prognozowanie zmiennych w czasie kowariancji, ma kluczowe znaczenie w praktycznych zastosowaniach do budowy portfela aktywów, zarządzania ryzykiem takiego portfela, czy też samego wyboru aktywów do portfela. Dlatego też, zbudowanie modeli, które potrafią dokładniej szacować i prognozować nie tylko zmienność, ale i kowariancję, ma tak ważne znaczenie.

W pracy tej zaproponowano model DCC-OHLC, który zbudowany jest z jednowymiarowych modeli RGARCH dla wariancji, natomiast równania warunkowej korelacji wykorzystują estymator korelacji Popova z 2016 roku. Zaproponowany model jest kombinacją modeli DCC Tse Tsui z Range-GARCH oraz estymatora Popova. Model DCC-OHLC jest pierwszym wielowymiarowym modelem zmienności, który wykorzystuje estymator korelacji zbudowany na cenach otwarcia, zamknięcia, minimalnych i maksymalnych (*Open, High, Low, Close, OHLC*). Należy podkreślić, że model DCC-OHLC wykorzystuje ceny OHLC nie tylko w równaniu wariancji stóp zwrotu, ale również w równaniu korelacji. Uzasadnieniem wykorzystania cen OHLC, które są łatwo dostępne, polega na zwiększeniu zasobu informacji, nie tylko tego zawartego w cenach zamknięcia, czy też z cen minimalnych i maksymalnych, ale również tych zawartych w cenach otwarcia. Okazuje się,

że ceny otwarcia pozwoliły na skonstruowanie efektywniejszych estymatorów wariancji niż estymator oparty na samych cenach zamknięcia (np. Garman, Klass, 1980; Yang, Zhang, 2000). W artykule [5] wykorzystano estymator korelacji Popova, jako modyfikacja estymatora Rogersa i Zhou z 2008 roku, który zbudowany jest w oparciu o ceny: otwarcia, zamknięcia, minimalne oraz maksymalne. Estymator Popova wykorzystuje zbilansowaną nadwyżkową stopę zwrotu (*balanced excess return*) jako różnicę między długościami górnego i dolnego knota świecy japońskiej (Nison, 1994). Jest on średnią z dwóch współczynników korelacji, gdzie pierwszy w swojej konstrukcji wykorzystuje stopy zwrotu cen zamknięcia, a drugi - zbilansowane nadwyżkowe stopy zwrotu. Mimo, że estymator Popova jest obciążony (w bardzo niewielkim stopniu), ale jest o wiele bardziej efektywny (z przyrostami efektywności o około 65%) niż klasyczny estymator korelacji Pearsona. Równanie warunkowej korelacji w modelu DCC-OHLC składa się z macierzy korelacji bezwarunkowej, macierzy warunkowej korelacji z poprzednich okresów oraz macierzy korelacji estymatora Popova z poprzednich okresów. Zaproponowany model jest oszczędnie sparametryzowany oraz pozwala na wykorzystanie dwuetapowej metody estymacji parametrów za pomocą metody quasi-największej wiarygodności. Model DCC-OHLC porównany jest z trzema konkurencyjnymi modelami, tj. DCC-GARCH, DCC-CARR oraz DCC-RGARCH. Badanie empiryczne zostało przeprowadzone na dwóch zbiorach danych. Pierwszy składał się z pięciu funduszy ETF (indeks S&P 500, obligacje inwestycyjne (iShares Core U.S. Aggregate Bond), akcji przedsiębiorstw na rynku nieruchomości (iShares U.S. Real Estate), kontraktów futures na ropę naftową (United States Oil Fund) i kontraktów na złoto (SPDR Gold Shares), natomiast drugi - z pięciu kursów walut: EUR/USD, USD/JPY, GBP/USD, AUD/USD oraz USD/CAD. Dla obu zbiorów danych zakres czasowy obejmował dane od 3 stycznia 2012 roku do 31 grudnia 2018 roku. Model DCC-OHLC okazał się statystycznie lepiej dopasowany do danych empirycznych niż model DCC-GARCH. W badaniu empirycznym pokazano, że model DCC-OHLC prowadził do uzyskania statystycznie dokładniejszych prognoz warunkowej kowariancji niż pozostałe modele porównawcze, zarówno dla zbioru walut jak i funduszy ETF. Dodatkowo, dokonano porównania dokładności szacowania wartości zagrożonej (VaR), czyli jednej z podstawowych miar ryzyka rynkowego. Z modelu DCC-OHLC uzyskano statystycznie najdokładniejsze oszacowania wartości zagrożonej z prawdopodobieństwem 95% i 99%, dla funkcji *strat regulatora* (*regulator's loss function*, Sarma et al., 2003; Caporin, 2008). Podsumowując, w badaniu wykazano, że model DCC-OHLC wykazuje przewagę wobec nie tylko klasycznych modeli typu DCC-GARCH, ale również tych wykorzystujących ceny minimalne i maksymalne, tj. DCC-CARR i DCC-RGARCH. W artykule [5] pokazano, że uwzględnienie informacji zawartej w komplecie dostępnych cen, tj. otwarcia, maksymalnych, minimalnych i zamknięcia, pozwala na dokładniejsze modelowanie i prognozowanie zmienności i kowariancji. Oznacza to, że przeprowadzone badanie w artykule stanowi wskazanie, aby nie pomijać żadnej z cen OHLC w budowaniu modeli zmienności.

W artykule [6] podjęto temat porównania jednowymiarowych modeli zmienności opartych na zakresie cen. Literatura wykazuje, że modele zmienności zakresu cen ogólnie

mają przewagę nad modelami zmienności opartych na cenach zamknięcia (np. Chou et al., 2015; Petropoulos et al., 2022). Niemniej jednak, w literaturze brakuje analiz porównawczych różnych klas modeli zmienności opartych na zakresie cen. Zazwyczaj, badania skupiają się określonym modelu zmienności, który uwzględnia zakres cen i dokonują zestawienia z klasycznymi modelami zmienności, np. klasy GARCH. Dlatego też w badaniu wzięto pod uwagę dwa najpopularniejsze modele tego typu, tj. model CARR (Chou, 2005) oraz RGARCH (Molnár, 2016). Dodatkowo, modele te porównano ze standardowym modelem GARCH oraz dwoma modelami uwzględniającymi asymetrię wpływu dodatnich i ujemnych stóp zwrotu na wariancję, tj. GJR oraz EGARCH. Pierwszym etapem analizy wymienionych modeli było wykorzystanie symulacji Monte Carlo do porównania możliwości modelowania zmienności stóp zwrotu w próbie oraz ich prognozowania. Badanie symulacje polegało na generowaniu szeregu stóp zwrotu z modelu stochastycznej zmienności (*stochastic volatility*, SV). Model SV zakłada dwa niezależne procesy błędów, jeden w równaniu warunkowej średniej, a drugi - w równaniu warunkowej wariancji. Dzięki temu model SV jest bardziej elastyczny i lepiej dopasowuje się do danych empirycznych (np. Danielsson, 1994; Kim et al., 1998) niż modele klasy GARCH. Dzienna zmienność jest symulowana za pomocą dyskretnej wersji modelu SV, która została przedstawiona w pracy Alizadeh et al. z 2002 roku. W ten sposób wygenerowanych jest 3610 dziennych cen i zmienności dla siedmiu zestawów parametrów startowych, które pozwalają na zbadanie wrażliwości wyników na wartości startowe. Aby uzyskać ceny minimalne i maksymalne, dla każdego uzyskanego w powyższy sposób dnia, wygenerowano 100 000 śróddziennych cen, które również symulowane są przy użyciu dyskretnego modelu SV. Wartości startowe parametrów modelu SV do generowania cen śróddziennych są tożsame z tymi wykorzystanymi dla wygenerowanych cen dziennych, za wyjątkiem poziomu cen i logarytmu zmienności, które brane są z symulacji cen dziennych z poprzedniego dnia. Jest to konieczne aby procesy cen i zmienności śróddziennych odpowiadały procesom założonym w cenach i zmienności dziennej. Tak wygenerowane szeregi posłużyły do oszacowania parametrów badanych modeli oraz wyznaczenia prognoz zmienności, przy czym pierwsze 3600 obserwacji służy do porównania własności w próbie, natomiast pozostałe 10 obserwacji wykorzystanych jest do porównania własności prognostycznych, tj. na jeden, pięć i dziesięć dni w przód. Tak przeprowadzona symulacja Monte Carlo powtarzana jest 1000 razy dla każdego z siedmiu zestawów parametrów. Należy podkreślić, że zarówno szeregi symulowanych cen dziennych i śróddziennych wygenerowane są z modelu stochastycznej zmienności, który nie faworyzuje żadnego z porównywanych modeli. W pracy przedstawiono średnie wartości oszacowanych parametrów wszystkich analizowanych modeli, wyznaczonych na podstawie 1000 iteracji w ramach symulacji Monte Carlo, dla siedmiu wariantów wartości startowych. Oszacowania parametru stojącego przy estymatorze Parkinsona (model RGARCH) oraz przy opóźnionym zakresie cen (model CARR) są znacząco większe od oszacowań parametru stojącego przy kwadracie opóźnionych reszt z modelu GARCH. Zakres cen ma większy wpływ na warunkową zmienność niż kwadrat stóp zwrotu, gdyż jest mniej zanieczyszczoną szumem miarą zmienności. Zestawienie logarytmów funkcji wiarygodności wykazało, że modele RGARCH oraz CARR zawsze uzyskały

statystycznie lepsze dopasowanie do danych empirycznych niż standardowy model GARCH. Model RGARCH okazał się również statystycznie lepiej dopasowany niż modele EGARCH i GJR. Z drugiej strony, nie można wskazać, który model z pary CARR i RGARCH ma statystyczną przewagę w dopasowaniu do danych empirycznych. Jednakże, w sześciu na siedem przypadków, mniejsze średnie wartości logarytmu funkcji wiarygodności uzyskano z modelu RGARCH. W przypadku prognozowania warunkowej wariancji na jeden dzień w przód, według miary MAE, zarówno test SPA jak i MCS wykazały, że prognozy wariancji z modelu RGARCH są statystycznie dokładniejsze od tych uzyskanych z pozostałych modeli. W przypadku miary MSE, wyniki są mniej jednoznaczne, gdyż najmniejsze wartości tej miary uzyskano dla prognoz z modelu RGARCH, ale ze statystycznego punktu widzenia, dla czterech z siedmiu symulowanych wariantów, nie ma różnicy pod względem trafności prognoz uzyskanych z modelu CARR. Prognozy wariancji na pięć i dziesięć dni w przód wykazały, że prawie zawsze model RGARCH dawał dokładniejsze prognozy od pozostałych modeli. Drugi etap porównania możliwości modelowania zmienności stóp zwrotu w próbie oraz ich prognozowania skupił się na badaniu empirycznym dla dwóch zbiorów danych rzeczywistych. Badanie empiryczne dotyczyło sześciu par walut (AUD/USD, EUR/USD, GBP/USD, NZD/USD, USD/CAD i USD/JPY) oraz dziewięciu indeksów giełdowych (BOVESPA, CAC40, DAX, FTSE 100, HSI, IPC, KOSPI, NIKKEI 225 oraz S&P 500). Zakres czasowy obejmował dane od 2 stycznia 2003 roku do 31 marca 2017 roku. Podobnie jak w badaniu symulacyjnym, w modelu RGARCH oszacowania parametru stojącego przy opóźnionej wariancji okazały się mniejsze od oszacowania tego parametru z modelu GARCH. Z drugiej strony, w modelu RGARCH oszacowania parametru stojącego przy opóźnionym estymatorze Parkinsona okazały się większe od oszacowań parametru przy kwadracie opóźnionych reszt z modelu GARCH. Podobną zależność można zaobserwować porównując oszacowania parametrów modelu CARR względem oszacowań parametrów z modelu GARCH. W przeważającej liczbie przypadków model RGARCH jest lepiej dopasowany do danych empirycznych niż pozostałe modele. W przypadku prognozowania wariancji na dzień do przodu, prognozy z modelu RGARCH okazały się prawie zawsze statystycznie dokładniejsze od tych uzyskanych z pozostałych porównywanych modeli, dla obu miar tj. MAE i MSE. Co ciekawe, prognozy wariancji na pięć i dziesięć dni w przód nie pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie, który model prowadzi do dokładniejszych prognoz. Dodatkowo, w artykule sprawdzono, czy dokładniejsze ekstremalnie duże prognozy wariancji mogą być wyjaśnione przez poziom zmienności z dnia poprzedniego. W pracy [6] wykazano, że wzrost zrealizowanej wariancji prowadzi do większej przewagi w prognozowaniu z modelu RGARCH nad prognozami z pozostałych wykorzystanych modeli. Podobnie, wzrost zrealizowanej wariancji prowadzi do dokładniejszych prognoz z modelu CARR od tych uzyskanych z modeli GARCH, GJR i EGARCH. Podsumowując, w artykule [6] przedstawiono porównanie modeli zmienności zakresu cen z klasycznymi modelami zmienności opartymi tylko na cenach zamknięcia. Wykazano, że sposób użycia cen minimalnych i maksymalnych w modelu zmienności, ma kluczowe znaczenie w kontekście modelowania i prognozowania zmienności. Artykuł dokonuje kompleksowej analizy porównawczej jednowymiarowych modeli zmienności

zbudowanych z wykorzystaniem zakresu cen, tj. CARR i RGARCH, nie tylko ze standardowymi modelami zmienności typu GARCH, ale również z modelami asymetrycznymi tj. GJR i EGARCH. Jest to jeden z nielicznych artykułów w literaturze, który dokonuje takiego porównania, zarówno przy wykorzystaniu symulacji jak i badania empirycznego.

W artykule [7] podjęto temat uwzględnienia cen minimalnych i maksymalnych w metodzie przekroczeń powyżej wartości progowej (*Peaks over Threshold*, POT) wywodzącej się z teorii wartości ekstremalnych⁸ (*Extreme Value Theory*, EVT). Teoria wartości ekstremalnych, przede wszystkim, skupia się na modelowaniu i prognozowaniu obserwacji, które uznaje się za ekstremalne. Oznacza to, że cała uwaga zwrócona jest w kierunku ogonów rozkładów, gdzie jednym z podstawowych sposobów ich wykorzystania jest estymacja kwantyli dla bardzo wysokiego prawdopodobieństwa. Takie kwantyle stanowią podstawę miar ryzyka rynkowego (np. wartości zagrożonej (VaR) i oczekiwanego niedoboru (ES)), które są głównymi miarami zarządzania ryzykiem rynkowym. Organizacje regulujące rynki finansowe (np. Bazylejski Komitet Nadzoru Finansowego) wymagają szacowania miar ryzyka rynkowego i testowania ich jakości przez instytucje finansowe. W sytuacji niedostatecznej jakości miar VaR i ES instytucja może być zmuszona do podniesienia minimalnych wymogów kapitałowych. Oznacza to, że poszukiwania dokładniejszych metod szacowania miar ryzyka rynkowego ma ogromne znaczenie z punktu widzenia uczestników rynków finansowych. W artykule [7] zaproponowano model GARCH-GPD-P, który łączy ze sobą modele zmienności klasy GARCH z metodą POT, gdzie uwzględniono estymator Parkinsona do opisanie zmienności w obserwacjach ekstremalnych. Metoda POT polega na modelowaniu wartości ekstremalnych, które są powyżej określonej wysokiej wartości progowej, z wykorzystaniem uogólnionego rozkładu Pareto (*Generalized Pareto distribution*, GPD). Zaproponowane rozszerzenie metody POT polega na uwzględnieniu estymatora Parkinsona jako dodatkowej zmiennej opisującej parametr skali w rozkładzie GPD, gdzie założono, że ten parametr jest zmienny w czasie i zależy od stałej i estymatora Parkinsona. Oznacza to, że do modelowania wartości ekstremalnych uwzględnia się zmienność ekstremów, poprzez wykorzystanie ich zakresu cen minimalnych i maksymalnych. Wiąże to się, z grupowaniem zmienności, które również jest obserwowane w przypadku samych wartości ekstremalnych, dlatego też, uwzględnienie zmienności ekstremów może przyczynić się do ich dokładniejszego modelowania i prognozowania. Zaletą zaproponowanego podejścia jest większa elastyczność w szacowaniu kwantyli z rozkładu GPD, które później są podstawą do szacowania wartości zagrożonej i oczekiwanego niedoboru. Zaproponowany model GARCH-GPD-P porównano z modelem GARCH z warunkowym rozkładem normalnym i t-Studenta oraz z modelem GARCH-GDP (McNeil i Frey, 2000), które posłużyły jako benchmarki w badaniu symulacyjnym i empirycznym. W badaniu symulacyjnym generowano szeregu stóp zwrotu z modelu stochastycznej zmienności (*stochastic volatility*, SV) w wersji ciągłej (Melino i Turnbull, 1990; Taylor, 1990). W ten sposób wygenerowano 1600 dziennych cen, gdzie dla

⁸ Wykorzystanie i znaczenie teorii wartości ekstremalnych w ekonometrii finansowej było przedmiotem moich badań, które zostały opublikowane w formie artykułów i autorskiej monografii (szczegóły w podrozdziale 5.2).

każdego dnia wygenerowano 100000 śróddziennych cen przebiegających zgodnie z geometrycznym ruchem Browna. Na początek usunięto pierwsze 100 obserwacji w celu pozbycia się wpływu wartości startowych. Na podstawie kolejnych 500 obserwacji szacowano parametry dla modelu GARCH-GPD-P oraz modeli porównawczych. W tym kroku uzyskano również jednodniowe szacunki wartości zagrożonej i oczekiwanego niedoboru. Następnie, powtarzano ten krok 1000 razy z wykorzystaniem tzw. ruchomego okna, gdzie usuwa się jedną obserwację z początku próby i jednocześnie dodając jedną na koniec próby, co oznacza, że próba jest stała i wynosi 500 obserwacji. W ten sposób uzyskuje się 1000 szacunków VaR i ES dla jednego wygenerowanego szeregu, które to szacunki podlegają testowaniu wstecznemu. Cała powyższa procedura symulacyjna była powtarzana 1000 razy, co ostatecznie dało 1 mln oszacowanych wartości zagrożonych i oczekiwanego niedoboru. Do testowania wstecznego VaR wykorzystano, zestaw testów sprawdzających własności VaR, tj. udziału przekroczeń oraz niezależności przekroczeń w czasie, jak również funkcje strat oraz miarę PM. Miarę PM zaproponowano w pracy Şener et al. (2012), którą dodatkowo zweryfikowano przy użyciu testu zdolności predykcyjnych na podstawie testu White'a (White, 2000) jako rozszerzenie testu Diebolda i Mariano. Do testowania wstecznego oczekiwanego niedoboru wykorzystano test udziału przekroczeń oraz niezależności skumulowanego procesu przekroczeń, które zostały zaproponowane w pracy Du i Escanciano w 2016 roku. W badaniu symulacyjnym wykazano istotny statystycznie parametr przy estymatorze Parkinsona w modelu GPD-P oraz uzyskano statystycznie lepsze dopasowanie modelu do danych w porównaniu z dopasowaniem modelu GPD, przy wykorzystaniu testu mnożnika Lagrange'a. W pracy wykazano, że model GARCH-GPD-P skutkuje dokładniejszymi oszacowaniami wartości zagrożonej na 5% prawdopodobieństwie, według funkcji start regulatora oraz miary PM. W przypadku oczekiwanego niedoboru najmniejsze wartości średniej skumulowanego procesu przekroczeń uzyskano dla zaproponowanego modelu GARCH-GPD-P. W badaniu empirycznym wykorzystano dwanaście szeregów czasowych, tj. pięć spółek giełdowych (Amazon, Apple, Google, Microsoft oraz NVIDIA), trzy pary walut (EUR-USD, GBP-USD oraz USD-JPY) oraz cztery kryptowaluty (BTC-USD, ETH-USD, LTC-USD oraz XRP-USD). Podobnie jak w badaniu symulacyjnym, dla wszystkich analizowanych szeregów wykazano statystyczną istotność parametru stojącego przy estymatorze Parkinsona oraz istotnie lepsze dopasowanie (test Lagrange'a) modelu GPD-P do danych w stosunku do dopasowania modelu GPD. W badaniu empirycznym również wykazano przewagę modelu GARCH-GPD-P, w stosunku do wykorzystanych modeli porównawczych, ze względu na oszacowania wartości zagrożonej i oczekiwanego niedoboru dla 5% prawdopodobieństwa. Przewaga modelu GARCH-GPD-P wynika z szybszej reakcji na zmiany w zmienności wartości ekstremalnych, poprzez uwzględnienie dodatkowej zmiennej do modelowania ekstremów. Podsumowując, w artykule [7] wykazano, że ceny minimalne i maksymalne mogą być wykorzystane do lepszego opisu ekstremów w finansowych szeregach czasowych, dzięki czemu można uzyskać dokładniejsze oszacowania miary ryzyka rynkowego jakimi są wartość zagrożona (VaR) i oczekiwany niedobór (ES). W artykule [7], zaproponowano model GARCH-GPD-P, który poddano kompleksowej ocenie z

wykorzystaniem badania symulacyjnego i badania empirycznego. Jest to jeden z pierwszych artykułów w literaturze, który wykorzystuje zakres cen do modelowania ogonów rozkładu w finansowych szeregach czasowych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1. Publikacje komplementarne do wchodzących w skład cyklu

- [8] Fałdziński Marcin, Osińska Magdalena: The use of range-based volatility estimators in testing for Granger causality in risk on international capital markets, *Journal of Risk Model Validation*, vol. 14, nr 3, 2020, s. 1-27, DOI:10.21314/JRMV.2020.224, MEiN: **40 pkt.**, IF: **0,357**
- [9] Fałdziński Marcin, Pietrzak Michał Bernard: The multivariate DCC-GARCH model with interdependence among markets in conditional variances' equations, *Przegląd Statystyczny*, vol. 62, nr 4, 2015, s. 397-413, MEiN: **14 pkt.**

W artykule [8] podjęto temat transferu ryzyka ekstremalnego na rynkach finansowych, który pozwala na poznanie mechanizmu powiązań w przypadku zdarzeń o wyjątkowym charakterze. Zbadanie takich powiązań ma kluczowe znaczenie z praktycznego punktu widzenia, ponieważ właśnie ekstremalne zdarzenia prowadzą do największych i najbardziej dotkliwych konsekwencji na rynkach finansowych. Obserwowany efekt zarażania (*contagion effect*, *spillover effect*) na rynkach finansowych jest szczególnie podatny na wystąpienie w przypadku pojawienia się zdarzeń o charakterze wyjątkowym. Przyczynowość w ryzyku w sensie Grangera (Hong et al. 2009), wykorzystująca wartość zagrożoną, może pozwolić na ocenę powiązań między rynkami w przypadku sytuacji ekstremalnych. Kluczowym aspektem jest odpowiednie oszacowanie wartości zagrożonej, które w tym przypadku będzie uwzględniało obserwacje ekstremalne. Oszacowania wartości zagrożonej można uzyskać poprzez wyznaczenie wartości oczekiwanej, zmienności oraz kwantyli rozkładu dla wysokiego prawdopodobieństwa stóp zwrotu danego aktywa. Okazuje się, że oszacowania zmienności i kwantyli rozkładu stóp zwrotu stają się najważniejszymi miarami w oszacowaniu wartości zagrożonej, gdyż często przyjmuje się wartość oczekiwana stóp zwrotu oscyluje wokół zera. Dlatego też m.in. do oszacowania zmienności wykorzystano estymatory zmienności oparte na cenach otwarcia, maksymalnych, minimalnych i zamknięcia (OHLC). W pracy zastosowano model z pracy McNeil i Frey z 2000 r., która łączy ze sobą modele zmienności klasy GARCH z metodą POT do oszacowania miary ryzyka rynkowego. Połączenie polega na wykorzystaniu modeli GARCH do szacowania zmienności, natomiast metoda POT do szacowania kwantyli z uogólnionego rozkładu Pareto (*Generalized Pareto Distribution*, GPD). Następnie oszacowana zmienność i kwantyle z rozkładu GPD, posłużyły do oszacowania wartości zagrożonej. W literaturze są nieliczne badania efektu

zarażania, zwłaszcza w przypadku sytuacji ekstremalnych (np. Hong et al. 2009, Lee & Lee, 2009, Candelon, et al. 2013), niemniej jednak te badania pomijają znaczenie odpowiedniego modelowania wartości ekstremalnych, do oszacowań wartości zagrożonej, które następnie są podstawą do wnioskowania o występowaniu efektu zarażania. Dodatkowo, w artykule [8] zaproponowano, aby zmienność była szacowana z wykorzystaniem estymatorów wariancji zakresu cen, z racji ich efektywności w oszacowaniu zmienności, które to estymatory również posłużyły do wyznaczenia wartości zagrożonej. W badaniu wykorzystano następujące estymatory zmienności: Parkinsona z 1980 r., Garmana i Klassa z 1980 r., Rogersa i Stachella z 1991 r. oraz Yanga i Zhanga z 2000 r. W następnym kroku oszacowania wartości zagrożonej uzyskane z następujących modeli, tj. AR-GARCH, AR-GARCH z metodą POT, metoda POT z wymienionymi estymatorami zmienności, polegały testowaniu wstecznemu. Testowanie wsteczne służy do oceny poprawności oszacowań wartości zagrożonej z punktu widzenia jej własności statystycznych, ale również wykorzystania w praktyce. W tym celu wykorzystano m.in. jedenaście różnych funkcji strat oraz test Diebolda i Mariano. Po testowaniu wstecznym, zbadano przyczynowości w ryzyku w sensie Grangera przy pomocy testów z prac Hong et al. z 2009 r. oraz Candelon et al. z 2013 roku. Oba testy, sprawdzają wartość oczekiwaną procesu przekroczeń (*violation process*) dla oszacowań wartości zagrożonej. Oznacza, to że interesujące są sytuacje, kiedy stopy zwrotu wykraczają poza wartość zagrożoną, które można uznać za ekstremalne, pod warunkiem, że wartość zagrożona została poprawnie oszacowana. Dlatego też, uwzględnienie metod i modeli, które potrafią poprawnie modelować i prognozować obserwacje ekstremalne, ma szczególne znaczenie dla poprawności całego badania. W badaniu empirycznym zbadano transfer ryzyka ekstremalnego dla dwóch grup indeksów giełdowych, tj. rynków rozwijających się złożonych z jedenastu indeksów giełdowych oraz rynków rozwiniętych złożonych z dziewięciu indeksów giełdowych. W części empirycznej przedstawiono wyniki transferu ryzyka ekstremalnego między giełdą szanghajską (indeks SSE) a pozostałymi badanymi rynkami, gdzie najczęściej powiązania odbywają się do S&P 500, CAC 40, NIKKEI 225, NASDAQ oraz FTSE 100. W pracy pokazano, że wykorzystanie estymatorów wariancji zakresu cen z metodą POT prowadzi do dokładniejszych oszacowań wartości zagrożonej niż te uzyskane z modelu AR-GARCH. W artykule [8] pokazano, że estymatory wariancji zbudowane na cenach OHLC, mogą być również z powodzeniem stosowane do wyznaczania wartości zagrożonej, która sama w sobie ma duże znaczenie praktyczne, ale też do badania zjawiska zarażania, zwłaszcza w przypadku sytuacji ekstremalnych.

W artykule [9] zaproponowano wielorównaniowy model DCC-GARCH-In, który w równaniach warunkowej wariancji uwzględnia dodatkową zmienną, w postaci średniej ważonej z pozostałych opóźnionych warunkowych wariancji. Modelowanie współzależności między instrumentami finansowymi ma duże uzasadnienie praktyczne, ale stanowi wyzwanie w przypadku dużych wymiarów, a tym bardziej gdy próbuje się uwzględnić dodatkowe zależności występujące między zmiennością a współzależnościami między aktywami. W literaturze, znane są wielorównaniowe modele zmienności (np. model BEKK -

Engle i Kroner, 1995, model VECM – Bollerslev et al., 1988), które w swojej specyfikacji zakładają, że wszystkie wariancje i kowariancje są ze sobą powiązane. Takie specyfikacje są bardzo ogólne i posiadają niewątpliwe zalety współzależności między wariancjami i kowariancjami, ale nie są pozbawione wad. Główną przeszkodą w zastosowaniu takich modeli na szerszą skalę, jest konieczność estymacji bardzo dużej liczby parametrów, które już w przypadku małych wymiarów okazują się bardzo trudne, a wręcz czasami niemożliwe. Zaletami zaproponowanego modelu DCC-GARCH-In jest uwzględnienie współzależności w zakresie wariancji między badanymi procesami oraz względnie oszczędna parametryzacja. Z drugiej strony, jedną z trudności w estymacji modelu DCC-GARCH-In jest określenie wag, do wyznaczenia średniej ważonej warunkowych wariancji. W artykule podane są pewne sposoby na wyznaczenie takich wag. W badaniu empirycznym, zastosowano zaproponowany model DCC-GARCH-In w przypadku piętnastowymiarowym, dla indeksów giełdowych z zakresu czasowego od 3 stycznia 2000 roku do 3 stycznia 2012 roku. Macierz wag została skonstruowana na podstawie kapitalizacji badanych giełd, które w prosty sposób są przełożeniem ogólnej zależności rynków o małej kapitalizacji od tych o dużej. Oszacowania parametru stojącego przy zmiennej reprezentującej średnie ważne z opóźnionych warunkowych wariancji okazały się statystycznie istotne i dodatnie w jedenastu przypadkach. Zaproponowany model okazał się lepiej dopasowany do danych empirycznych, w porównaniu do modelu DCC-GARCH. Szczegółowej analizie poddano trzy wybrane szeregi (tj. S&P 500, DAX i WIG) z przedstawieniem warunkowych korelacji i warunkowych wariancji. W pracy przedstawiono, że największy wpływ warunkowych wariancji dla badanych rynków jest dla indeksu DAX, następnie dla S&P 500, a najmniejszy w przypadku WIG. Okazuje się, że różnice w warunkowych wariancji z modelu DCC-GARCH-In a modelem DCC-GARCH sięgają 40% i są zmienne w czasie. Potwierdza to, że zależności między rynkami nie są stałe i mogą być pomocne do modelowania zmienności w przypadkach wielowymiarowych. Podsumowując, wielorównaniowe modele zmienności uwzględniające powiązania pomiędzy warunkowymi wariancjami i kowariancjami są naturalnym rozwinięciem modeli jednorównaniowych, gdzie jedną z trudności jest włączenie tych współzależności tak, aby estymacja była możliwa nawet dla dużych wymiarów.

5.2. Publikacje znajdujące się poza tematyką omówioną jako główne osiągnięcie naukowe

Publikacje znajdujące się poza tematyką określoną jako główne osiągnięcie naukowe, można podzielić na cztery grupy.

Pierwsza grupa, obejmująca publikacje [11], [13], [14], [15], [16], [21] oraz [26] skupia się wokół tematu ekonometrycznej analizy przyspieszonego wzrostu gospodarczego wybranych gospodarek (tj. Irlandii, Hiszpanii, Turcji, Hiszpanii, Holandii i Izraela). Każdy rozpatrywany kraj poddany został indywidualnej ocenie z punktu widzenia uwarunkowań i historii ich rozwoju. Badanie polegało na identyfikacji i modelowaniu przyspieszonego

wzrostu gospodarczego z wykorzystaniem przede wszystkim progowych modeli z korektą błędem (*Threshold Error Correction Model*, TECM). Głównie założenie, które przyświecało w badaniu polegało na tym, że istnieje długoterminowa ścieżka rozwoju, ale w krótkim okresie wzrost charakteryzuje się nieliniową dynamiką uwidaczniającą się powyżej określonego progu. W przypadku wymienionych modeli kluczowe kwestie, które powstają to obecność kointegracji i jej nieliniowość. Dlatego też, w publikacjach rozpatrywane są różne możliwe scenariusze: brak kointegracji, kointegracja i efekty progowe, kointegracja oraz brak efektów progowych. W tym celu wykorzystane zostały podejścia zaprezentowane w pracach Engla i Grangera z 1987 r., Balke i Fomby z 1997 r., Endersa i Siklosa z 2001 r., Kaperaniosa et al. z 2006 r., Bruzdy z 2007 r. oraz własne modyfikacje. W wyniku badań zidentyfikowano najczęściej kointegrację liniową, rzadziej nieliniową typu progowego. Zidentyfikowano zmienne progowe, wartość progową oraz okresy kiedy następowało przetączenie między stanami. Dodatkowym aspektem badania, były propozycje w zakresie metodologii badania kointegracji z efektami progowymi. Badania w tym zakresie i jej publikacje powstały w ramach grantu NCN o numerze 292180, który jest wymieniony w podrozdziale 3.3, punkt 2.

Druga grupa, obejmująca publikacje [17], [18], [19], [20], [22], [23], [24], [27], [28] oraz [29] skupiające się, przede wszystkim, na temacie testowania wstecznego („*backtesting*”) miary ryzyka rynkowego jaką jest wartość zagrożona (VaR), w przypadku wielorównaniowych modeli zmienności jak również powiązań na rynkach finansowych. W pracy [23], zaproponowano nowe podejście do testowania wstecznego wartości zagrożonej, w przypadku założenia wielu poziomów prawdopodobieństwa jednocześnie. Takie badania należą do rzadkości w literaturze, ponieważ w zdecydowanej większości, prace z tego zakresu wykorzystują jeden poziom prawdopodobieństwa. Badanie tylko dla jednego poziomu prawdopodobieństwa jest uproszczeniem, zarówno z punktu widzenia praktycznego, ponieważ regulacje w tym zakresie najczęściej określają dwa poziomy prawdopodobieństwa (95% i 99%), jak i teoretycznego, gdyż model, który prowadzi do poprawnych oszacowań VaR na jednym poziomie, może mieć je nieakceptowalne na innym.

Trzecia grupa, obejmujące prace [12], [25], [30], [31] oraz [32] skupiają się wokół tematów wykorzystania teorii wartości ekstremalnych do poprawnego modelowania obserwacji o charakterze ekstremalnym, które można wykorzystać w zastosowaniach praktycznych w finansach. Poruszane są tutaj m.in. zagadnienia transferu ryzyka ekstremalnego czy też możliwości zastosowania praktycznego teorii wartości ekstremalnej do modelowania i prognozowania opóźnień w logistyce. Praca [32] jest autorską monografią⁹ z zakresu teorii wartości ekstremalnych i jej zastosowań w ekonometrii finansowej. W monografii:

- podjęto próbę uporządkowania i usystematyzowania zagadnień związanych z teorią wartości ekstremalnych w ekonometrii finansowej,

⁹ Monografia przede wszystkim powstała na podstawie pracy doktorskiej z 2013 roku.

- usystematyzowano wiedzę na temat nieparametrycznych estymatorów indeksu wartości ekstremalnych oraz zbadano je pod względem dokładności mierzenia grubości ogonów rozkładu, z wykorzystaniem badania symulacyjnego oraz badania empirycznego,
- zaprezentowano parametryczne metody estymacji w teorii wartości ekstremalnych,
- zaproponowano autorski model, która stanowi połączenie modeli zmienności klasy GARCH z metodą przekroczeń powyżej próg (POT),
- zastosowano metodę POT z modelami zmienności do szacowania wartości zagrożonej (VaR), oczekiwanego niedoboru (ES) oraz spektralnej miary ryzyka (SRM), w celu mierzenia ryzyka rynkowego,
- wyznaczono średnie długości serii zwrotów ekstremalnych, które najczęściej odpowiadają za załamania się oszacowań miar ryzyka,
- zastosowano model warunkowej zmienności wartości ekstremalnych (CEVV) do modelowania zmienności ekstremów,
- zastosowano miary PML (PMG) do wyznaczenia prawdopodobnej maksymalnej straty (zysku) na rynku kapitałowym.

Czwarta grupa, obejmuje pracę [10], która skupia się wokół tematu wyznaczania trendu oraz prognozowania cen nieruchomości.

- [10] Orzeszko Witold, Fatdziński Marcin, Siemińska Ewa: Real Estate Valuation Algorithm Using Nonparametric Regression Methods. *Ekonomia i Prawo. Economics and Law*, vol. 23, no. 4, s. 655 - 673. DOI 10.12775/EiP.2024.33. MEiN: **70 pkt.**, IF: **0,3**
- [11] Osińska Magdalena, Gatecki Maciej, Boehlke Jerzy, Fatdziński Marcin, Khan Atif, Shachmurove Yochanan, *Bulleting of Geography. Socio-Economic Series*, Extended Threshold Error Correction Model of economic growth in Israel, Wydawnictwo Naukowe UMK, nr 57, 2022, s. 45-63, MEiN: **100 pkt.**, IF: **1.1**.
- [12] Fatdziński Marcin, Osińska Magdalena, Zalewski Wojciech: Extreme value theory in application to delivery delays, *Entropy*, MDPIAG, vol. 23, nr 7, 2021, s. 1-15, DOI:10.3390/e23070788, MEiN: **100 pkt.**, IF: **2,738**
- [13] Boehlke Jerzy, Fatdziński Marcin, Gatecki Maciej, Osińska Magdalena: Searching for factors of accelerated economic growth : the case of Ireland and Turkey, *European Research Studies Journal*, University of Piraeus, International Strategic Management Association, vol. 23, nr 1, 2020, s. 292-304, DOI:10.35808/ersj/1550, MEiN: **100 pkt.**
- [14] Boehlke Jerzy, Fatdziński Marcin, Gatecki Maciej, Osińska Magdalena: Econometric analysis of economic miracles in selected economies using TECM approach, W: *Economic miracles in the European economies* / ed. Magdalena Osińska / Osińska Magdalena (red.), 2019, Springer, Springer International Publishing, ISBN 978-3-030-05605-6, s. 175-230, DOI:10.1007/978-3-030-05606-3_9, MEiN: **20 pkt.**
- [15] Fatdziński Marcin: Testing for structural breaks in macroeconomic processes of growth, W: *Economic miracles in the European economies* / ed. Magdalena Osińska / Osińska

- Magdalena (red.), 2019, Springer, Springer International Publishing, ISBN 978-3-030-05605-6, s. 125-150, DOI:10.1007/978-3-030-05606-3_7, MEiN: **20 pkt.**
- [16] Boehlke Jerzy, Fatdziński Marcin, Gatecki Maciej, Osińska Magdalena: Economic growth in Ireland in 1980-2014 : a threshold cointegration approach, *Argumenta Oeconomica*, nr 2, 2018, s. 157-188, DOI:10.15611/aoe.2018.2.07, MEiN: **15 pkt.**, IF: **0,347**
- [17] Meluzín Tomáš, Fatdziński Marcin, Pietrzak Michał, Balcerzak Adam, Zinecker Marek: The use of backtesting in assessment of the value-at-risk on Unites States, Great Britain and German capital markets, W: *European Financial Systems 2018 : proceedings of the 15th International Scientific Conference, June 25-26, 2018 Brno, Czech Republic* / [ed. by Josef Nešleha, Filip Hampl, Miroslav Svoboda] / Nešleha Josef, Hampl Filip, Svoboda Miroslav (red.), 2018, Masaryk University. Faculty of Law, ISBN 978-80-210-8980-8, s. 395-401, MEiN: **15 pkt.**
- [18] Zinecker Marek, Fatdziński Marcin, Meluzín Tomáš, Pietrzak Michał, Balcerzak Adam: Application of tests Juc, Jcc and Jind for checking the correctness of the value-at-risk : an example of United States and German capital markets, W: *The 12th International Days of Statistics and Economics, September 6-8, 2018, Prague, Czech Republic : conference proceedings* / Löster Tomáš, Pavelka Tomáš (red.), 2018, Melandrium, ISBN 978-80-87990-14-8, s. 2054-2063, MEiN: **15 pkt.**
- [19] Zinecker Marek, Meluzín Tomáš, Fatdziński Marcin, Balcerzak Adam, Pietrzak Michał: The use of backtesting binominal tests in assessment of the value-at-risk on German and Polish capital markets, W: *Proceedings of the International Scientific Conference Quantitative Methods in Economics : Multiple Criteria Decision Making XIX, 23rd May - 25th May 2018, Trenčianske Teplice, Slovakia* / [ed.: Marian Reiff, Pavel Gežík] / Reiff Marian, Gežík Pavel (red.), 2018, Letra Edu, ISBN 978-80-89962-07-5, s. 390-397, MEiN: **15 pkt.**
- [20] Zinecker Marek, Pietrzak Michał, Fatdziński Marcin, Balcerzak Adam, Meluzín Tomáš: The use of tests LRuc, LRind, LRcc on example of estimation of the Value-at-Risk for WIG, DAX and DJIA indices, W: *Mathematical Methods in Economics MME 2018 : 36th International Conference, Jindřichův Hradec, September 12-14, 2018 : conference proceedings* / eds.: Lucie Váchová, Václav Kratochvíl / Váchová Lucie, Kratochvíl Václav (red.), 2018, MatfyzPress Publishing House of the Faculty of Mathematics and Physics Charles University, ISBN 978-80-7378-371-6, s. 636-641, MEiN: **15 pkt.**
- [21] Boehlke Jerzy, Fatdziński Marcin, Gatecki Maciej, Osińska Magdalena: Dynamics of economic growth in Ireland in 1980-2014, *Naučno-Tehničeskie Vedomosti SPbGPU. Ekonomičeskie Nauki*, vol. 10, nr 2, 2017, s. 7-20, DOI:10.18721/JE.10201, MEiN: **1 pkt.**
- [22] Pietrzak Michał Bernard, Fatdziński Marcin, Balcerzak Adam P., Meluzín Tomáš, Zinecker Marek: Short-term shocks and long-term relationships of interdependencies among Central European capital markets, *Economics & Sociology, Centre of Sociological Research - Ukraine*, vol. 10, nr 1, 2017, s. 61-77, DOI:10.14254/2071-789X.2017/10-1/5, MEiN: **15 pkt.**
- [23] Fatdziński Marcin: Backtesting value-at-risk for multiple risk levels: a lexicographic ordering approach, W: *Mathematical methods in economics 2017: proceedings of the 35th International Conference, 13th-15th September 2017, Hradec Králové, Czech Republic* / [ed. Pavel Pražák] / Pražák Pavel (red.), 2017, University of Hradec Králové, ISBN 978-80-7435-678-0, s. 155-160, MEiN: **15 pkt.**

- [24] Balcerzak Adam P., Fatdziński Marcin, Pietrzak Michał Bernard, Meluzín Tomáš, Zinecker Marek: Analiza powiązań pomiędzy rynkami kapitałowymi wybranych krajów Grupy Wyszehradzkiej, *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego*, nr 45, 2016, s. 11-28, DOI:10.18276/sip.2016.45/1-01, MEiN: **9 pkt.**
- [25] Fatdziński Marcin, Osińska Magdalena: Volatility estimators in econometric analysis of risk transfer on capital markets, *Dynamic Econometric Models*, vol. 16, 2016, s. 21-35, DOI:10.12775/DEM.2016.002, MEiN: **13 pkt.**
- [26] Boehlke Jerzy, Fatdziński Marcin, Gatecki Maciej, Osińska Magdalena: Economic miracles in light of institutional economics, W: *Proceedings of the 6th EACO International Scientific Conference*, December 8-9, 2016, Krakow, Poland / ed.: Zuzana Machová / Machová Zuzana (red.), 2016, European Association Comenius - EACO & VŠEO, ISBN 978-80-905405-2-1, s. 17-30, MEiN: **5 pkt.**
- [27] Fatdziński Marcin, Balcerzak Adam, Meluzín Tomáš, Pietrzak Michał, Zinecker Marek: Cointegration of interdependencies among capital markets of chosen Visegrad countries and Germany, W: *Mathematical methods in economics 2016: proceedings of the 34th International Conference*, 6th-9th September 2016, Liberec, Czech Republic / eds, Aleš Kocourek, Miroslav Vavroušek, edited by Aleš Kocourek and Miroslav Vavroušek, s. 189–194. Liberec: Technical University of Liberec, MEiN: **5 pkt.**
- [28] Balcerzak, Adam, Marcin Fatdziński, Tomáš Meluzín, Michał Pietrzak, and Marek Zinecker: Interdependence among Capital Markets of Germany, Poland and Baltic States : Application of DCC-GARCH Model, W: *8th International Scientific Conference Managing and Modelling of Financial Risks*, VŠB-TU of Ostrava, Faculty of Economics, Department of Finance, Ostrava, 5th-6th September 2016: *Proceedings. Part 1*, Ostrava: Technical University of Ostrava, s. 28–36., MEiN: **5 pkt.**
- [29] Zinecker Marek, Balcerzak Adam, Fatdziński Marcin, Meluzín Tomáš, Pietrzak Michał: Application of DCC-GARCH model for analysis of interrelations among capital markets of Poland, Czech Republic and Germany, W: *Proceedings of the International Scientific Conference Quantitative Methods in Economics (Multiple Criteria Decision Making XVIII)*, 25th May - 27th May 2016, Vrátna, Slovakia / ed.: Marian Reiff, Pavel Gežík / Reiff Marian, Gežík Pavel (red.), 2016, Letra Interactive, ISBN 978-80-972328-0-1, s. 416-420.
- [30] Fatdziński Marcin: Analiza transferu ryzyka ekstremalnego między wybranymi rynkami finansowymi z zastosowaniem przyczynowości w ryzyku w sensie Grangera, *Przegląd Statystyczny*, vol. 61, nr 4, 2014, s. 433-448, MEiN: **8 pkt.**
- [31] Osińska Magdalena, Fatdziński Marcin, *Econometric Analysis of Risk Transfer between Central Asian Currencies*, W: *Materiały Międzynarodowej Naučno-Praktycznej Internet-Konferencji "Problemy Sovremennoj Ékonomiki i Obrazovaniâ"*, 6-7 Fevralâ 2014 G. T. 1 = Materials of the International Scientific and Practical Internet Conference "Problems of the Modern Economy and Education", February 6-7, 2014. Vol. 1 / Red. V. A. Korvâkov [et Al.], Almaty: Almatinskaâ Akademiâ Ékonomiki i Statistiki, s. 89-95.
- [32] Fatdziński Marcin: *Teoria wartości ekstremalnych w ekonometrii finansowej*, 2014, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, ISBN 978-83-231-3184-7, 162 s., MEiN: **20 pkt.**

6. Dorobek dydaktyczny, popularyzatorski, organizacyjny i inny

W ramach prac związanych z dydaktyką i działalnością popularyzatorską:

- 1) Jestem koordynatorem przedmiotu prowadzonego w języku angielskim na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania UMK w Toruniu pt. Portfolio Theory oraz Advanced Portfolio Theory,
- 2) Na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania UMK w Toruniu prowadziłem wykłady lub ćwiczenia z następujących przedmiotów: Matematyka, Matematyka w finansach, Ekonometria, Prognozowanie gospodarcze, Statystyka, Statystyka opisowa, Ekonometria i prognozowanie procesów gospodarczych, Ekonometria stosowana, Portfolio Theory, Advanced Portfolio Theory, Analiza portfela inwestycyjnego, Statistics in Management oraz Mathematical Methods for Economics and Finance,
- 3) W Wyższej Szkole Gospodarki w Bydgoszczy prowadziłem wykłady lub ćwiczenia z następujących przedmiotów: Econometrics, Forecasting, Mathematical Economics oraz Statistical Inference,
- 4) Recenzowałem 21 prac magisterskich i licencjackich (łącznie) na Wydziale Nauk Ekonomicznych i Zarządzania UMK w Toruniu,
- 5) Od 2010 roku jestem członkiem zespołu ds. akredytacji międzynarodowej AACSB dla uczelni biznesowych odpowiedzialnym za wdrożenie, spełnienie wymagań oraz ciągłe doskonalenie w ramach akredytacji (osiągnięcie: uzyskanie akredytacji AACSB przez Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania UMK w Toruniu jako pierwsza publiczna uczelnia w Polsce),
- 6) Pomagam w organizacji wizyt i obsłudze gości na WNEiZ UMK w Toruniu podczas wybranych konferencji naukowych (np. konferencji pt. Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego Dynamiczne Modele Ekonometryczne),

Pozostała literatura przywołana w autoreferacie

Aalborg H. A., Molnár P., de Vries J. E., (2019), What Can Explain the Price, Volatility and Trading Volume of Bitcoin?, *Finance Research Letters*, 29, 255-265.

Alizadeh S., Brandt M., Diebold F. X., (2002), Range-Based Estimation of Stochastic Volatility Models, *Journal of Finance*, 57, 1047-1091.

Andersen T.G., Bollerslev T., (1998), Answering the Skeptics: Yes, Standard Volatility Models Do Provide Accurate Forecasts, *International Economic Review*, 39, 885–905.

Andersen T. G., Bollerslev T., Diebold F. X., Labys P., (2003), Modeling and Forecasting Realized Volatility, *Econometrica*, 71 (2), 579-625.

Balke N.S., Fomby T.B., (1997), Threshold cointegration, *International Economic Review*, 38, 627–645.

Basel Committee on Banking Supervision, 2019, Minimum Capital Requirements for Market Risk. Bank for International Settlements.

Bezerra P. C. S., Albuquerque P. H. M., (2017), Volatility forecasting via SVR–GARCH with mixture of Gaussian kernels, *Computational Management Science*, 14, 179–196.

Bezerra P. C. S., Albuquerque P. H. M., (2019), Volatility Forecasting: The Support Vector Regression Can Beat the Random Walk, *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 4, 115–126.

Bijl L., Kringhaug G., Molnár P., Sandvik E., (2016), Google Searches and Stock Returns, *International Review of Financial Analysis*, 45, 150–156.

Bildirici M., Ersin O. O., (2012), Support Vector Machine GARCH and Neural Network GARCH Models in Modeling Conditional Volatility: An Application to Turkish Financial Markets. *SSRN Electronic Journal*

Bollerslev T., Engle R. F., Wooldridge J. M., (1988), A Capital Asset Pricing Model with Time-Varying Covariances, *Journal of Political Economy*, 96, 116-131.

Brandt, M., Diebold, F. (2006). A no-arbitrage approach to range-based estimation of return covariances and correlations, *Journal of Business*, 79, 61–74.

Bruzda J., (2007), Procesy nieliniowe i zależności długookresowe w ekonomii. Analiza kointegracji nieliniowej, Wydawnictwo UMK, Toruń

Campos I., Cortazar G., Reyes T., (2017), Modeling and Predicting Oil VIX: Internet Search Volume Versus Traditional Variables, *Energy Economics*, 66, 194-204.

Candelon B., Colletaz G., Hurlin C., Tokpavi S., (2011), Backtesting Value-at-Risk: A GMM Duration-Based Test, *Journal of Financial Econometrics*, 9 (2), 314–343.

Candelon, B., Joëts M., Tokpavi S., (2013), Testing for Granger causality in distribution tails: an application to oil markets integration, *Economic Modelling*, 31, 276–285.

- Caporin M., (2008), Evaluating Value-at-Risk Measures in the Presence of Long Memory Conditional Volatility, *Journal of Risk*, 10 (3), 79-110.
- Chen S., Härdle W. K., Jeong K., (2010), Forecasting volatility with support vector machine-based GARCH model, *Journal of Forecasting*, 29, 406–433.
- Chou R. Y., (2005), Forecasting Financial Volatilities with Extreme Values: The Conditional Autoregressive Range (CARR) Model, *Journal of Money, Credit and Banking*, 37 (3), 561-582.
- Chou R. Y., Chou H.-C., Liu N., (2015), Range Volatility: A Review of Models and Empirical Studies, in: Lee C. F., Lee J. C., (eds.), *Handbook of Financial Econometrics and Statistics*, Springer, New York.
- Chou R. Y., Wu C. C., Liu N., (2009), Forecasting Time-Varying Covariance with a Range-Based Dynamic Conditional Correlation model, *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 33, 327-345.
- Christoffersen P. F., (1998), Evaluating Interval Forecasts, *International Economic Review*, 39 (4), 841-862.
- Da Z., Engelberg J., Gao P., (2011), In Search of Attention, *The Journal of Finance*, 66, 1461-1499.
- Danielsson J., (1994), Stochastic Volatility in Asset Prices: Estimation with Simulated Maximum Likelihood, *Journal of Econometrics*, 64 (1-2), 375–400.
- de Almeida D., Hotta L. K., Ruiz E., (2018), MGARCH Models: Trade-off between Feasibility and Flexibility, *International Journal of Forecasting*, 34 (1), 45-63.
- De Nard G., Engle R. F., Ledoit O., Wolf M., (2022), Large dynamic covariance matrices: Enhancements based on intraday data, *Journal of Banking & Finance*, 38, 106426,
- Degiannakis S., Livada A., (2013), Realized Volatility or Price Range: Evidence from a Discrete Simulation of the Continuous Time Diffusion Process, *Economic Modelling*, 30, 212–216.
- Diebold F. X., Mariano R. S., (1995), Comparing Predictive Accuracy, *Journal of Business and Economic Statistics*, 13, 253-263.
- Ding Z., Granger C. W. J., Engle R. F., (1993), A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model, *Journal of Empirical Finance*, 1, 83–106.
- Enders W., Siklos P.L., (2001), Cointegration and threshold adjustment, *Journal of Business and Economic Statistics*, 19(2), 166–176.
- Engle R. F., (2002), Dynamic Conditional Correlation – A Simple Class of Multivariate GARCH Models, *Journal of Business and Economic Statistics*, 20, 339–350.
- Engle R. F., Bollerslev T., (1986), Modelling the Persistence of Conditional Variances, *Econometric Reviews*, 5, 1–50.
- Engle R.F., Granger C.W.J., (1987), Cointegration and error correction: representation, estimation, and testing, *Econometrica*, 55(2), 51–276.

- Engle R. F., Lilien D. M., Robins R. P., (1987), Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M Model, *Econometrica*, 55, 391–407.
- Engle R. F., Kroner K. F., (1995), Multivariate Simultaneous Generalized ARCH, *Econometric Theory*, 11, 122-150.
- Fan L., Pan S., Li Z., Li H., (2016), An ICA-based support vector regression scheme for forecasting crude oil prices, *Technological Forecasting and Social Change*, 112, 245–253.
- Garman M. B., Klass M. J., (1980), On the estimation of security price volatilities from historical data, *Journal of Business*, 53, 67–78
- Gavrishchaka V. V., Banerjee S., (2006), Support vector machine as an efficient framework for stock market volatility forecasting, *Computational Management Science*, 3, 147–160.
- Gavrishchaka V. V., Ganguli S. B., (2003), Volatility forecasting from multiscale and high-dimensional market data, *Neurocomputing*, 55, 285–305.
- Geng L.-Y., Yu F., (2013), Forecasting Stock Volatility using LSSVR-based GARCH Model Optimized by Siwpsso Algorithm, *Journal of Applied Sciences*, 13, 5132–5137.
- Gkillas K., Gupta R., Pierdzioch C., (2020), Forecasting Realized Oil-Price Volatility: The Role of Financial Stress and Asymmetric Loss, *Journal of International Money and Finance*, 104, 102137.
- Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E., (1993), On the Relation Between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks, *Journal of Finance*, 48 (5), 1779-1801.
- Gong X.-L., Liu X.-H., Xiong X., Zhuang X.-T., (2019), Forecasting stock volatility process using improved least square support vector machine approach, *Soft Computing*, 23, 11867–11881.
- Gwilym O. A., Hasan I., Wang Q., Xie R., (2016), In Search of Concepts: The Effects of Speculative Demand on Stock Returns: In Search of Concepts, *European Financial Management*, 22, 427–449.
- Hansen P. R., (2005), A Test for Superior Predictive Ability, *Journal of Business & Economic Statistics*, 23 (4), 365-380.
- Hansen P. R., Huang Z., Shek H. H., (2012), Realized GARCH: A Joint Model for Returns and Realized Measures of Volatility, *Journal of Applied Econometrics*, 27, 877-906.
- Hansen P. R., Lunde A., Nason J. M. (2011), The Model Confidence Set, *Econometrica*, 79, 453-497.
- Hong Y., Liu Y., Wang S., (2009), Granger causality in risk and detection of extreme risk spillover between financial markets, *Journal of Econometrics*, 150(2), 271–287.
- Horpestad, J.B., Lyócsa, Š., Molnár, P., & Olsen, T.B. (2019). Asymmetric volatility in equity markets around the world. *The North American Journal of Economics and Finance*, 48, 540–554.
- Hung J. C., Lee M. C., Liu H. C., (2008), Estimation of Value-at-Risk for Energy Commodities via Fat-Tailed GARCH Models, *Energy Economics*, 30 (3), 1173-1191.
- Hu Y., Trafalis T. B., (2011), New kernel methods for asset pricing: application to natural gas price prediction, *International Journal of Financial Markets and Derivatives*, 2, 106–120.

- Joseph K., Babajide Wintoki, M., Zhang, Z., (2011), Forecasting Abnormal Stock Returns and Trading Volume Using Investor Sentiment: Evidence from Online Search, *International Journal of Forecasting*, 27, 1116–1127.
- Kapetanios G., Shin Y., Snall A., (2006), Testing for cointegration in nonlinear smooth transition error correction models, *Econometric Theory*, 22(6), 279–303.
- Kim N., Lučivjanská K., Molnár P., Villa R., (2019), Google Searches and Stock Market Activity: Evidence from Norway, *Finance Research Letters*, 28, 208-220.
- Kim S., Shephard N., Chib S., (1998), Stochastic Volatility: Likelihood Inference and Comparison with ARCH Models, *Review of Economic Studies*, 65 (3), 361-393.
- Kupiec P., (1995), Techniques for Verifying the Accuracy of Risk Measurement Models, *Journal of Derivatives*, 3, 73-84.
- Li S., Ge Y., (2013), Crude Oil Price Prediction Based on a Dynamic Correcting Support Vector Regression Machine, *Abstract and Applied Analysis*, 2013, 528678.
- Li T., Zhou, M., Guo C., Luo M., Wu J., Pan F., Tao Q., He T., (2016), Forecasting Crude Oil Price Using EEMD and RVM with Adaptive PSO-Based Kernels, *Energies*, 9, 1014.
- Li T., Zhou Y., Li X., Wu J., He T., (2019), Forecasting Daily Crude Oil Prices Using Improved CEEMDAN and Ridge Regression-Based Predictors, *Energies*, 12, 3603.
- Liu H. C., Hung J. C., (2010), Forecasting Volatility and Capturing Downside Risk of the Taiwanese Futures Markets under the Financial Tsunami, *Managerial Finance*, 36, 860–875.
- Mapa D. A., (2003), Range-Based GARCH Model for Forecasting Volatility, *Philippine Review of Economics*, 60, 73–90.
- McNeil J.A., Frey F., (2000), Estimation of tail-related risk measures for heteroscedastic financial time series: an extreme value approach, *Journal of Empirical Finance*, 7, 271–300.
- Melino A, Turnbull S., (1990), Pricing Foreign Currency Options with Stochastic Volatility, *Journal of Econometrics*, 45, 7-39.
- Molnár P., (2016), High-Low Range in GARCH Models of Stock Return Volatility, *Applied Economics*, 48 (51), 4977-4991.
- Nelson D. B., (1991), Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach, *Econometrica*, 59 (2), 347-370.
- Nison S., (1994), *Beyond Candlesticks: New Japanese Charting Techniques Revealed*, John Wiley & Sons, New York.
- Ou P., Wang H., (2010), Financial Volatility Forecasting by Least Square Support Vector Machine Based on GARCH, EGARCH and GJR Models: Evidence from ASEAN Stock Markets, *International Journal of Economics and Finance*, 2, 51–64.
- Parkinson M., (1980), The Extreme Value Method for Estimating the Variance of the Rate of Return, *The Journal of Business*, 53, 1, 61-65.

Patton A. J., (2011), Volatility Forecast Comparison using Imperfect Volatility Proxies, *Journal of Econometrics*, 160, 246–256.

Peng Y., Albuquerque P. H., Camboim de S. á. JM, Padula A. J. A., Montenegro M. R., (2018), The best of two worlds: forecasting high frequency volatility for cryptocurrencies and traditional currencies with support vector regression, *Expert Systems with Applications*, 97, 177–192.

Perez-Cruz F., Afonso-Rodriguez J., Giner J., (2003), Estimating GARCH Models Using Support Vector Machines, *Quantitative Finance*, 3, 163–172.

Petropoulos F., Apiletti D., Assimakopoulos V., Babai M. Z., Barrow D. K., Bergmeir C., Bessa R. J., Boylan J. E., Browell J., Carnevale C., Castle J. L., Cirillo P., Clements M. P., Cordeiro C., Oliveira F. L. C., de Baets S, Dokumentov A., Fiszeder P., Franses P. H., Gilliland M., Gönül M. S., Goodwin P., Grossi L., Grushka-Cockayne Y., Guidolin M., Guidolin M., Gunter U., Guo X., Guseo R., Harvey N., Hendry D. F., Hollyman R., Januschowski T., Jeon J., Jose V. R. R., Kang Y., Koehler A. B., Kolassa S., Kourentzes N., Leva S., Li F., Litsiou K., Makridakis S., Martinez A. B., Meeran S., Modis T., Nikolopoulos K., Önköl D., Paccagnini A., Panapakidis I., Pavía J. M., Pedio M., Pedregal D. J., Pinson P., Ramos P., Rapach D. E., Reade J. J., Rostami-Tabar B., Rubaszek M., Sermpinis G., Shang H. L., Spiliotis E., Syntetos A. A., Talagala P. D., Talagala T. S., Tashman L., Thomakos D., Thorarinsdottir T., Todini E., Arenas J. R. T., Wang X., Winkler R. L., Yusupova A., Ziel F., (2022), Forecasting: Theory and Practice, *International Journal of Forecasting*, 35 (3), 836–47.

Popov V., (2016), Correlation Estimation Using Components of Japanese Candlesticks, *Quantitative Finance*, 16 (10), 1615-1630.

Prange P., (2021), Does Online Investor Attention Drive the Co-movement of Stock-, Commodity-, and Energy Markets? Insights from Google Searches, *Energy Economics*, 99, 105282.

Rogers L. C. G., Satchell S. E., (1991), Estimating variance from high, low and closing prices, *Annals of Applied Probability*, 1(4), 504–512

Rogers L. C. G., Zhou F., (2008), Estimating from High, Low, Opening and Closing Prices, *The Annals of applied Probability*, 18 (2), 813-823.

Santamaría-Bonfil G., Frausto-Solís J., Vázquez-Rodarte I., (2015), Volatility forecasting using support vector regression and a hybrid genetic algorithm, *Computational Economics*, 45, 111–133.

Sarma M., Thomas S., Shah A., (2003), Selection of Value-at-Risk Models, *Journal of Forecasting*, 22 (4), 337-358.

Shu J. H., Zhang, J. E., (2006), Testing range estimators of historical volatility, *Journal of Futures Markets*, 26, 297–313.

Su M., Zhang Z., Zhu Y., Zha D., (2019), Data-Driven Natural Gas Spot Price Forecasting with Least Squares Regression Boosting Algorithm, *Energies*, 12, 1094.

Taylor S., (1990), Modelling Stochastic Volatility, Discussion Paper, University of Lancaster, Lancaster.

Tiwari A. K., Aye G. C., Gupta R., Gkillas K., (2020), Gold-Oil Dependence Dynamics and the Role of Geopolitical Risks: Evidence from a Markov-Switching Time-Varying Copula Model, *Energy Economics*, 88, 104748.

Tse Y. K., Tsui A. K. C., (2002), A Multivariate GARCH Model with Time-Varying Correlations, *Journal of Business and Economic Statistics*, 20 (3), 351-362.

Vargas G. A., (2008), What Drives the Dynamic Conditional Correlation of Foreign Exchange and Equity Returns?, MPRA Paper No. 7174.

Vozlyublenniaia N., (2014), Investor Attention, Index Performance, and Return Predictability, *Journal of Banking & Finance*, 41, 17–35.

Xie W., Yu L., Xu S., Wang S., (2006), A New Method for Crude Oil Price Forecasting Based on Support Vector Machines. In Proceedings of the Computational Science–ICCS 2006. ICCS 2006, Reading, UK, 28–31 May 2006; Lecture Notes in Computer Science, 3994; Alexandrov V. N., van Albada G. D., Sloot P. M. A., Dongarra J., Eds.; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.

Yang D., Zhang Q., (2000), Drift independent volatility estimation based on high, low, open and close prices, *Journal of Business*, 73(3), 477–492.

Yu L., Zhang X., Wang S., (2017), Assessing Potentiality of Support Vector Machine Method in Crude Oil Price Forecasting, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13, 7893–7904.

Zakoian J. M., (1994), Threshold heteroskedastic models, *Journal of Economic Dynamics & Control*, 18, 931–955.

Zhang Y.-J., Zhang J.-L., (2018), Volatility forecasting of crude oil market: A new hybrid method, *Journal of Forecasting*, 37, 781–789.

Załączniki

Załącznik 1. Wystąpienia konferencyjne

Po uzyskaniu stopnia doktora

1. Wygłoszony referat pt. "Improving Volatility Forecasts: Simulation and Empirical Evidence from Range-Based Models", wspólnie z P. Fiszeder, P. Molnár, na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 4 - 6 września 2023 r.
2. Wygłoszony referat pt. "Modeling and Forecasting Dynamic Conditional Correlations with Opening, High, low and closing prices", wspólnie z P. Fiszeder, P. Molnár, na konferencji The 8th Annual Conference of the International Association for Applied Econometrics, zorganizowanej przez The International Association for Applied Econometrics, Londyn, 21 - 24 czerwca 2022 r.
3. Wygłoszony referat pt. "Modeling and forecasting dynamic conditional correlations with high-low range", wspólnie z P. Fiszeder, P. Molnár, na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 6 - 7 września 2021 r.
4. Wygłoszony referat pt. "Improving Volatility Forecasts: Evidence from Range-Based Models", wspólnie z P. Fiszeder, P. Molnár, na konferencji 19th Annual International Conference on Finance, zorganizowanej przez Athens Institute for Education and Research, Ateny, 5 - 8 lipca 2021 r.
5. Wygłoszony referat pt. "Improving volatility forecasts: evidence from range-based models", wspólnie z P. Fiszeder, P. Molnár, na konferencji ERFIN Econometric Research in Finance Workshop, zorganizowanej przez Szkoła Główna Handlowa, Warszawa, 18 - 18 września 2020 r.
6. Wygłoszony referat pt. "Combining the dynamic conditional correlation and Range-GARCH models to improve covariance forecasts", wspólnie z P. Fiszeder, na konferencji International Conference on Applied Econometrics, zorganizowanej przez The World Academy of Science, Engineering and Technology, Rzym, 20 - 25 marca 2020 r.
7. Wygłoszony referat pt. "Testing for Structural Breaks in Macroeconomic Processes of Growth - A Case of Ireland, Spain, Turkey and Netherlands", na konferencji 26th EBES Conference - Prague, zorganizowanej przez The Eurasia Business and Economics Society (EBES), Praga, 24 - 26 października 2018 r.
8. Wygłoszony referat pt. "The use of tests LRuc, LRind, LRcc on example of estimation of the Value-at-Risk for WIG, DAX and DJIA indices", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji Mathematical Methods in Economics MME 2018: 36th International Conference, zorganizowanej przez Mathematical Methods in Economics MME 2018 : 36th International Conference, Jindřichův Hradec, 12 - 14 września 2018 r.
9. Wygłoszony referat pt. "Application of tests Juc, Jcc and Jind for checking the correctness of the value-at-risk : an example of United States and German capital markets", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji The 12th International Days of Statistics and Economics, zorganizowanej przez University of Economics, Praga, 6 - 8 września 2018 r.
10. Wygłoszony referat pt. "The use of backtesting in assessment of the value-at-risk on United States, Great Britain and German capital markets", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji

- European Financial Systems 2018 15th International Scientific Conference, zorganizowanej przez The Department of Finance at Masaryk University, Brno, 25 - 26 czerwca 2018 r.
11. Wygłoszony referat pt. "The use of backtesting binominal tests in assessment of the value-at-risk on German and Polish capital markets", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji International Scientific Conference Quantitative Methods in Economics : Multiple Criteria Decision Making XIX, zorganizowanej przez Department of Operations Research and Econometrics Faculty of Economic Informatics University of Economics in Bratislava, Trenčianske Teplice, 23 - 25 maja 2018 r.
 12. Wygłoszony referat pt. "Backtesting value-at-risk for multiple risk levels: a lexicographic ordering approach", na konferencji 35th International Conference on Mathematical Methods in Economics, zorganizowanej przez University of Hradec Králové, Faculty of Informatics and Management, Hradec Králové, 13 - 15 lutego 2018 r.
 13. Wygłoszony referat pt. "Modeling economic growth in the TECM framework", wspólnie z M. Osińska, M. Gatecki, na konferencji Macromodels International Conference, zorganizowanej przez Uniwersytet Łódzki, Wąsowo, 13 - 16 listopada 2017 r.
 14. Wygłoszony referat pt. "Estimation of Value-at-Risk with Application of DCC-GARCH Model with Interdependence in Conditional Variance Equations", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji XXXVI Konferencja Naukowa Wielowymiarowa Analiza Statystyczna (Multivariate Statistical Analysis MSA), zorganizowanej przez Instytut Statystyki i Demografii oraz Katedrę Metod Statystycznych Uniwersytetu Łódzkiego, Spała, 6 - 8 listopada 2017 r.
 15. Wygłoszony referat pt. "Performance of Volatility Estimators in Testing for Granger Causality in Risk on International Capital Markets", wspólnie z M. Osińska, na konferencji World Finance Conference 2017, zorganizowanej przez Università Degli Studi di Cagliari, Cagliari, 25 - 28 lipca 2017 r.
 16. Wygłoszony referat pt. "Linearity vs. Non-Linearity in a Mechanism of Economic Growth", wspólnie z M. Osińska, M. Gatecki, na konferencji VII Konferencja Naukowa Modelowanie i Prognozowanie Gospodarki Narodowej, zorganizowanej przez Uniwersytet Gdański, Sopot, 29 - 31 maja 2017
 17. Wygłoszony referat pt. "Modeling Economic Growth in Ireland and in Spain Using TECM Approach", wspólnie z M. Osińska, J. Boehlke, M. Gatecki, na konferencji Statistics of the XXI Century: New Challenges, New Opportunities, zorganizowanej przez Department of Statistics and Demography Faculty of Economics Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kijów, 23 - 26 maja 2017 r.
 18. Wygłoszony referat pt. "Economic growth in Ireland - a comparison of GDP and GNP", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji 43rd Macromodels International Conference, zorganizowanej przez Institute of Econometrics and Statistics University of Lodz, Polish Academy of Sciences, Łódź, 14 - 16 listopada 2016 r.
 19. Wygłoszony referat pt. "Transfer ryzyka ekstremalnego z zastosowaniem przyczynowości w ryzyku w sensie Grangera – przypadek Polski", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji IX Konferencja Ogólnopolska Rynek Kapitałowy, Skuteczne Inwestowanie, zorganizowanej przez Uniwersytet Szczeciński, Międzyzdroje, 7 - 9 września 2016 r.
 20. Wygłoszony referat pt. "Cointegration of Interdependencies Among Capital Markets of Chosen Visegrad Countries and Germany", wspólnie z M. Pietrzak, A. Balcerzak, na

- konferencji 34th International Conference on Mathematical Methods in Economics, zorganizowanej przez Technical University of Liberec, Liberec, 6 - 9 września 2016 r.
21. Wygłoszony referat pt. "Application of DCC-GARCH model for analysis of interrelations among capital markets of Poland, Czech Republic and Germany", wspólnie z M. Pietrzak, A. Balcerzak, na konferencji International Scientific Conference Quantitative Methods in Economics: Multiple Criteria Decision Making XVIII, zorganizowanej przez University of Economics in Bratislava, Vrátna, 25 - 26 maja 2016 r.
 22. Wygłoszony referat pt. "Modeling economic growth in Ireland in 1973-2014 a threshold cointegration approach", wspólnie z M. Osińska, na konferencji 21st International Scientific Conference, Economics and Management, zorganizowanej przez University of Technology, Brno, 18 - 21 maja 2016 r.
 23. Wygłoszony referat pt. "Wielowymiarowy model DCC-GARCH z uwzględnieniem współzależności między rynkami w zakresie warunkowej wariancji", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji Seminarium z ekonometrii finansowej, zorganizowanej przez Wydział Matematyki i Informatyki UAM, Poznań, 11 - 11 grudnia 2015 r.
 24. Wygłoszony referat pt. "The Multidimensional Value-at-Risk Backtesting", na konferencji Multivariate Statistical Analysis MSA, zorganizowanej przez Uniwersytet Łódzki, Łódź, 16 - 18 listopada 2015 r.
 25. Wygłoszony referat pt. "Economic growth in Ireland in 1980-2014 as an example of economic miracle - a threshold cointegration approach", wspólnie z M. Osińska, M. Gatecki, na konferencji VI Konferencja Naukowa z cyklu Ekonomia i Prawo, zorganizowanej przez Katedra Teorii Ekonomii WNEiZ UMK, Toruń, 15 - 16 września 2015 r.
 26. Wygłoszony referat pt. "Analiza współzależności w ryzyku z wykorzystaniem różnych miar zmienności – przypadek państw BRIC", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 8 - 10 września 2015 r.
 27. Wygłoszony referat pt. "Wykorzystanie przestrzennej macierzy wag w modelach GARCH w celu uwzględnienia wzajemnego oddziaływania rynków kapitałowych", wspólnie z M. Pietrzak, na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 8 - 10 września 2015 r.
 28. Wygłoszony referat pt. "Zastosowanie mapy ryzyka w celu uwzględnienia wielkości strat w testowaniu wstecznym", na konferencji XVI Konferencja Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki SGGW, Warszawa, 22 - 23 czerwca 2015 r.

Przed uzyskaniem stopnia doktora

1. Wygłoszony referat pt. "Ekonometryczna analiza tempa wzrostu gospodarki Irlandii w latach 1980-2014 jako przykład cudu gospodarczego", wspólnie z M. Osińska, na konferencji Modelowanie i Prognozowanie Gospodarki Narodowej, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Katedra Statystyki, Wydział Zarządzania UG, Sopot, 6 - 8 maja 2015
2. Wygłoszony referat pt. "Transfer ryzyka ekstremalnego z zastosowaniem przyczynowości w ryzyku w sensie Grangera - przypadek Polski", na konferencji Rynek Kapitałowy VIII

- Konferencja Skuteczne inwestowanie, zorganizowanej przez Katedra Ubezpieczeń i Rynków Kapitałowych Uniwersytet Szczeciński, Międzyzdroje, 10 - 12 września 2014
3. Wygłoszony referat pt. "Analiza transferu ryzyka ekstremalnego między wybranymi rynkami finansowymi z zastosowaniem przyczynowości w ryzyku w sensie Grangera", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki SGGW, Warszawa, 23 - 24 czerwca 2014
 4. Wygłoszony referat pt. "Transmisja ryzyka na polski rynek finansowy", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 3 - 5 września 2013
 5. Wygłoszony referat pt. "Links between financial markets and fundamental processes in China", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji Financial Markets Principles of Modelling Forecasting and Decision-Making, zorganizowanej przez Uniwersytet Łódzki, Spółka, 8 - 10 maja 2012
 6. Wygłoszony referat pt. "Analiza zależności w ryzyku na rynkach finansowych", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji Ryzyko w działalności podmiotów gospodarczych, zorganizowanej przez Wydział Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 24 - 25 października 2011
 7. Wygłoszony referat pt. "Szacowanie wartości zagrożonej przy użyciu metody Self-Exciting POT", na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 6 - 9 września 2011
 8. Wygłoszony referat pt. "Granger causality in variance - implementation of Cheung-Ng and Hong procedures in Gretl", wspólnie z M. Osińska, T. Zdanowicz, na konferencji 2nd gretl Conference, zorganizowanej przez WNEiZ UMK oraz Wyższa Szkoła Bankowa w Toruniu, Toruń, 16 - 17 czerwca 2011
 9. Wygłoszony referat pt. "Modelling extreme-value dependence on the financial market in China", na konferencji Contemporary Issues in Economy: After the Crisis?, zorganizowanej przez PTE Oddział w Toruniu oraz WNEiZ UMK, Toruń, 13 - 14 maja 2011
 10. Wygłoszony referat pt. "Econometric Analysis of the Risk Transfer on Capital Markets. A Case of China", wspólnie z M. Osińska, T. Zdanowicz, na konferencji 71st International Atlantic Economic Conference, zorganizowanej przez Internacional Atlantic Economic Society, Ateny, 16 - 19 marca 2011
 11. Wygłoszony referat pt. "Zastosowanie zmodyfikowanej metody POT z modelami zmienności do oceny ryzyka inwestycyjnego na rynku kapitałowym", na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 8 - 10 września 2009
 12. Wygłoszony referat pt. "Usefulness of the Spectral Risk Measures with Extreme Value Theory Approach", na konferencji Financial Markets Principles of Modelling Forecasting and Decision-Making, zorganizowanej przez Uniwersytet Łódzki, Łódź, 7 - 9 maja 2009
 13. Wygłoszony referat pt. "Szacowanie prawdopodobnej maksymalnej straty przy zastosowaniu teorii wartości ekstremalnych na przykładzie indeksów giełdowych", na konferencji

Współczesne Zjawiska w Gospodarcze, zorganizowanej przez PTE Oddział w Toruniu oraz WNEiZ UMK, Toruń, 22 - 24 listopada 2008

14. Wygłoszony referat pt. "Porównanie nieparametrycznych estymatorów indeksu wartości ekstremalnych", na konferencji Warsztaty Doktorskie z Zakresu Ekonometrii i Statystyki, zorganizowanej przez Uniwersytet Łódzki, Spół, 4 - 8 czerwca 2008
15. Wygłoszony referat pt. "Metoda bloków i indeks ekstremalny w teorii wartości ekstremalnych", na konferencji Współczesne Zjawiska w Gospodarcze, zorganizowanej przez PTE Oddział w Toruniu oraz WNEiZ UMK, Toruń, 23 - 24 listopada 2007
16. Wygłoszony referat pt. "Modele GARCH i SV z zastosowaniem teorii wartości ekstremalnych", wspólnie z: M. Osińska, na konferencji Ogólnopolskie Seminaria Naukowe Profesora Zygmunta Zielińskiego, Dynamiczne Modele Ekonometryczne, zorganizowanej przez Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK, Toruń, 4 - 6 września 2007

Załącznik 2. Udział w publikacjach wchodzących w skład osiągnięcia

Tabela 3 przedstawia zakres prac w publikacjach współautorskich, które są potwierdzone oświadczeniami dołączonymi do wniosku.

Tabela 3 Zakres prac w publikacjach współautorskich wchodzących w skład osiągnięcia

Prace współautorskie wchodzące w skład osiągnięcia	Zakres prac
Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin, Molnár Peter: Range-based DCC models for covariance and value-at-risk forecasting, <i>Journal of Empirical Finance</i> , vol. 54, 2019, s. 58-76, DOI:10.1016/j.jempfin.2019.08.004	przygotowanie koncepcji i metodologii publikacji, przygotowanie publikacji oraz odpowiedzialny za przygotowanie danych, napisanie skryptów i ich przetestowanie oraz wykonanie obliczeń.
Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin: Improving forecasts with the co-range dynamic conditional correlation model, <i>Journal of Economic Dynamics & Control</i> , vol. 108, 2019, s. 1-16, DOI:10.1016/j.jedc.2019.103736	przygotowanie koncepcji i metodologii publikacji, przygotowanie publikacji oraz odpowiedzialny za przygotowanie danych, napisanie skryptów i ich przetestowanie oraz wykonanie obliczeń.
Fałdziński Marcin, Fiszeder Piotr, Orzeszko Witold: Forecasting volatility of energy commodities: comparison of GARCH models with support vector regression, <i>Energies</i> , vol. 14, nr 1, 2021, s. 1-18, DOI:10.3390/en14010006	przygotowanie koncepcji i metodologii publikacji, przygotowanie publikacji oraz odpowiedzialny za przygotowanie danych, napisanie skryptów modeli typu GARCH i ich przetestowanie oraz wykonanie obliczeń.
Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin, Molnár Peter: Attention to oil prices and its impact on the oil, gold and stock markets and their covariance, <i>Energy Economics</i> , vol. 120, 2023, s. 1-10, DOI:10.1016/j.eneco.2023.106643	przygotowanie koncepcji i metodologii publikacji, przygotowanie publikacji oraz odpowiedzialny za przygotowanie danych, napisanie skryptów i ich przetestowanie oraz wykonanie obliczeń.
Fiszeder Piotr, Fałdziński Marcin, Molnár Peter: Modeling and forecasting dynamic conditional correlations with opening, high, low, and closing prices, <i>Journal of Empirical Finance</i> , vol. 70, 2023, s. 308-321, DOI:10.1016/j.jempfin.2022.12.007	przygotowanie koncepcji i metodologii publikacji, przygotowanie publikacji oraz odpowiedzialny za przygotowanie danych, napisanie skryptów i ich przetestowanie oraz wykonanie obliczeń.
Fałdziński Marcin, Fiszeder Piotr, Molnár Peter: Improving volatility forecasts: Evidence from range-based models, <i>The North American Journal of Economics and Finance</i> , vol. 69, 102019, 2024, s. 1-28, https://doi.org/10.1016/j.najef.2023.102019	przygotowanie koncepcji i metodologii publikacji, przygotowanie publikacji oraz odpowiedzialny za przygotowanie danych, napisanie skryptów i ich przetestowanie oraz wykonanie obliczeń.