

Załącznik 2 do wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

**Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych w języku  
polskim**

**dr Robert Ślepaczuk**

**Warszawa, kwiecień 2019**

## Spis treści

<b>1.</b>	<b>Podstawowe informacje o kandydacie</b> .....	4
<b>1.1.</b>	<b>Imię i nazwisko oraz dane kontaktowe</b> .....	4
<b>1.2.</b>	<b>Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej</b> .....	4
<b>1.3.</b>	<b>Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu</b> .....	4
<b>2.</b>	<b>Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):</b> .....	5
<b>2.1.</b>	<b>Tytuł jednotematycznego cyklu publikacji</b> .....	5
<b>2.2.</b>	<b>Wykaz publikacji wchodzących w skład jednotematycznego cyklu publikacji stanowiący znaczący wkład w rozwój nauk ekonomicznych w dyscyplinie finanse</b> .....	5
<b>2.3.</b>	<b>Uzasadnienie wyboru problematyki i umiejscowienie jednotematycznego cyklu publikacji w teorii ekonomii</b> .....	8
<b>2.4.</b>	<b>Charakterystyka jednotematycznego cyklu publikacji</b> .....	10
<b>2.4.1.</b>	<b>Wprowadzenie</b> .....	10
<b>2.4.2.</b>	<b>Pytania badawcze, Zakres badań, Cele naukowe</b> .....	11
<b>2.4.3.</b>	<b>Opis poszczególnych publikacji</b> .....	12
<b>2.4.4.</b>	<b>Podsumowanie jednotematycznego cyklu publikacji</b> .....	23
<b>2.5.</b>	<b>Pozostałe wątki badawcze stanowiące osiągnięcia naukowe – poza jednotematycznym cyklem</b> 27	
<b>2.5.1.</b>	<b>Prace rozszerzające wątki ujęte w jednotematycznym cyklu publikacji</b> .....	27
<b>2.5.2.</b>	<b>Wycena instrumentów pochodnych i analiza ich własności na danych wysokiej częstotliwości</b> .....	28
<b>2.5.3.</b>	<b>Analiza nowych klas aktywów, łącznie z tymi potencjalnymi, w kontekście ich wykorzystania w procesie alokacji aktywów</b> .....	29
<b>2.5.4.</b>	<b>Modele wieloczynnikowe dla indeksów akcyjnych krajów rozwiniętych i rozwijających się</b> . 30	
<b>2.5.5.</b>	<b>Efektywność strategii inwestycyjnych na rynku kryptowalut</b> .....	31
<b>3.</b>	<b>Charakterystyka osiągnięć naukowo-badawczych wnioskodawcy</b> .....	32
<b>3.1.</b>	<b>Studia doktoranckie</b> .....	32
<b>3.2.</b>	<b>Główne zainteresowania badawcze</b> .....	32
<b>3.3.</b>	<b>Plany naukowe wnioskodawcy</b> .....	33
<b>3.4.</b>	<b>Zestawienie ilościowe publikacji</b> .....	33
<b>Tabela 1.</b>	<b>Sumaryczne ilościowe zestawienie mojego dorobku naukowego</b> .....	34
<b>3.5.</b>	<b>Wykaz realizowanych i zakończonych projektów naukowo-badawczych</b> .....	34

<b>3.6.</b>	<b>Zestawienie ilościowe konferencji i seminariów naukowo-badawczych.....</b>	<b>36</b>
<b>3.7.</b>	<b>Charakterystyka cytowań.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 2.</b>	<b>Zestawienie liczby cytowań dla 10 głównych publikacji wg Google Scholar .....</b>	<b>39</b>
<b>Tabela 3.</b>	<b>Wykaz cytowań wg. Publish or Perish na podstawie źródła GoogleScholar .....</b>	<b>39</b>
	<b>Podsumowanie .....</b>	<b>40</b>
	<b>Bibliografia (z pominięciem publikacji własnych wymienionych w Załączniku 4) .....</b>	<b>41</b>

## **Wstęp**

W związku ze złożeniem wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego w obszarze nauk społecznych w dziedzinie nauk ekonomicznych w dyscyplinie finanse przedkładam autoreferat zawierający opis dorobku i osiągnięć naukowych. Pełna lista publikacji oraz innych osiągnięć dydaktycznych, współpracy naukowej i popularyzacji nauki, do której odwołuję się w poniższym autoreferacie, znajduje się w kolejnych załącznikach (por. zał. 4 i 5).

### **1. Podstawowe informacje o kandydacie**

#### **1.1. Imię i nazwisko oraz dane kontaktowe**

Imię i nazwisko: Robert Paweł Ślepaczuk  
Data i miejsce urodzenia: 29.06.1977, Łuków,  
Adres korespondencyjny: Wydział Nauk Ekonomicznych,  
Uniwersytet Warszawski,  
ul. Długa 44/50,  
00-241 Warszawa,

email: [rslepaczuk@wne.uw.edu.pl](mailto:rslepaczuk@wne.uw.edu.pl)

telefon: +48-691-349-641

#### **1.2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej**

2005 – dyplom doktora nauk ekonomicznych,  
Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski,  
tytuł rozprawy doktorskiej: *Efektywność rynku indeksowych i akcyjnych kontraktów terminowych*  
promotor: prof. dr hab. Witold Koziński  
recenzenci: prof. dr hab. Wojciech Maciejewski i prof. dr hab. Bogusław Pietrzak

2001 – dyplom magistra,  
Wydział Nauk Ekonomicznych Uniwersytet Warszawski,  
tytuł pracy magisterskiej: *Rozwój instrumentów pochodnych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie*  
promotor: prof. dr hab. Witold Koziński

#### **1.3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu**

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych podjąłem pracę jako adiunkt w Katedrze Bankowości, Finansów i Rachunkowości na Wydziale Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego (WNE UW). Od marca 2015 roku pracuję jako adiunkt, a od grudnia 2017 roku jako starszy wykładowca w Zakładzie Finansów Ilościowych w tej samej jednostce. Na WNE UW pełniłem lub aktualnie pełnię także funkcje organizacyjne, takie jak członek Rady Wydziału, członek Komisji Dydaktycznej, kierownik i założyciel grupy badawczej *Quantitative Finance Research Group* (QFRG WNE UW), kierownik i autor specjalności anglojęzycznych studiów II stopnia *Quantitative Finance*, kierownik specjalności *European Finance and Banking*.

Od kwietnia 2011 roku pracowałem na stanowisku Dyrektora Inwestycyjnego Działu Ilościowego Zarządzania Aktywami w Union Investment TFI, gdzie moim zadaniem było stworzenie tego działu od podstaw, a głównym celem tego działu było opracowywanie oraz implementacja teoretycznych modeli alokacji aktywów w praktyce inwestycyjnej. Od października 2017 roku rozwijam projekt startupu algorytmicznego funduszu hedgingowego, w ramach którego opracowywane są automatyczne strategie inwestycyjne oraz implementowane są nowoczesne strategie alokacji aktywów na regulowanych rynkach instrumentów pochodnych, a także w ramach nowych nietradycyjnych klas aktywów.

12.2017 – obecnie	starszy wykładowca, Zakład Finansów Ilościowych, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski,
10.2017 – obecnie	założyciel startupu algorytmicznego funduszu hedgingowego Labyrinth HF,
03.2015 – 12.2017	adiunkt, Zakład Finansów Ilościowych, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski,
04.2011 – 09.2017	Union Investment TFI, stanowisko: Dyrektor Inwestycyjny Działu Ilościowego Zarządzania Aktywami,
11.2005 – 03.2015	adiunkt, Katedra Bankowości, Finansów i Rachunkowości, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski,
10.2001 – 11.2005	studia doktoranckie, Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski, umowa o dzieło. W trakcie studiów doktoranckich aktywnie prowadziłem ćwiczenia i konwersatoria w ramach kierunku Finanse na studiach licencjackich i magisterskich.

**2. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):**

**2.1. Tytuł jednotematycznego cyklu publikacji**

Jako moje osiągnięcie naukowe (w rozumieniu Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. z późn. zm. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Art. 16 ust. 2 pkt 1), które wskazują za znaczący wkład w dziedzinie nauk ekonomicznych w dyscyplinie finanse wskazuję cykl publikacji:

***„Nowoczesna strategia alokacji aktywów ze szczególnym uwzględnieniem nietradycyjnych klas aktywów oraz najnowszych technik przetwarzania danych”***

na który składają się opublikowane artykuły i książki, które wskazuję w kolejności od najnowszych do najstarszych w następnym punkcie.

**2.2. Wykaz publikacji wchodzących w skład jednotematycznego cyklu publikacji stanowiący znaczący wkład w rozwój nauk ekonomicznych w dyscyplinie finanse**

Wskazany cykl obejmuje 9 artykułów w czasopismach naukowych, jedną monografię i jeden rozdział w monografii. W ramach tych czasopism jeden artykuł został opublikowany w czasopiśmie z listy A MNiSW, siedem w czasopismach z listy B, a jeden w zagranicznym recenzowanym czasopiśmie naukowym niezamieszczonym w wykazie czasopism naukowych. Wszystkie wskazane publikacje zostały napisane w języku angielskim.

Łączna punktacja cyklu wynosi 161 punktów. Mój wkład autorski w powstanie każdej z prac współautorskich opisany został poniżej. Oświadczenia współautorów znajdują się w Załączniku 7.

Prace zostały uszeregowane w odwróconym porządku chronologicznym (od najnowszej do najstarszej zgodnie z prawdziwą chronologią powstawania publikacji). W nawiasach podano punkty MNiSW za całą publikację (bez rozbicia na współautorów) oraz – w przypadku jednej publikacji – Impact Factor jednoroczny i pięcioletni wg daty publikacji.

Za pomocą symbolu \* oznaczona publikację z Impact Factor. W załączniku 4 podano linki ułatwiające dostęp do artykułów on-line.

[1] Ryś Przemysław, Ślepaczuk Robert, 2018, *Machine learning in algorithmic trading strategy optimization – design and time efficiency*, Central European Economic Journal, 5(52), s. 17-44. (lista B MNiSW, 13 punktów).

Mój wkład w tej pracy (50%) polegał na zgromadzeniu danych, współpracowaniu metodologii testowanych metod uczenia maszynowego, a także na analizie i interpretacji uzyskanych wyników.

[2] Ślepaczuk Robert, Zenkova Maryna, 2018, *Robustness of Support Vector Machines in Algorithmic Trading on Cryptocurrency Market*, Central European Economic Journal, 5(52), s. 38-62. (lista B MNiSW, 13 punktów).

Mój wkład w tej pracy (50%) polegał na przygotowaniu i statystycznym opisie danych, współpracowaniu metodologii strategii inwestycyjnej opartej na SVM (maszynach wektorów nośnych), przeprowadzeniu analizy wrażliwości, a także na opisie i interpretacji uzyskanych wyników.

\* [3] Kość Krzysztof, Sakowski Paweł, Ślepaczuk Robert, 2019, *Momentum and Contrarian Effects on the Cryptocurrency Market*, Physica A 523, s. 691-701. (lista A MNiSW, IF(1): 2.132, IF(5): 2.076, 30 punktów).

Mój wkład w tej pracy (33%) polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, wyczyszczeniu danych, opracowaniu metodologii testowanych strategii inwestycyjnych, a także na przeprowadzeniu analizy wrażliwości oraz na analizie i interpretacji uzyskanych wyników.

[4] Ślepaczuk Robert, Sakowski Paweł, Zakrzewski Grzegorz, 2018, *Investment strategies beating the market. What can we squeeze from the market?*, e-Finanse, Vol.14, no. 4, s. 36-55. (lista B MNiSW, 14 punktów).

Mój wkład w tej pracy (33%) polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, przygotowaniu i wyczyszczeniu danych, opracowaniu metodologii testowanych algorytmów inwestycyjnych, a także na przygotowaniu omówienia literatury przedmiotu oraz na opisie i interpretacji uzyskanych wyników.

[5] Sakowski Paweł, Ślepaczuk Robert, Wywił Mateusz, 2016, *Can we invest based on equity risk premia and risk factors from multi-factor models?*, Economics and Business Review 2(16), No. 3, s. 78-98. (lista B MNiSW, 15 punktów).

Mój wkład w tej pracy (33%) polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zgromadzeniu danych, współpracowaniu metodologii testowanych koncepcji inwestycyjnych, przeprowadzeniu analizy wrażliwości, oraz na opisie i interpretacji uzyskanych wyników.

[6] Sakowski Paweł, Ślepaczuk Robert, Wywił Mateusz, 2016, *Cross-sectional returns with volatility regimes from diverse portfolio of emerging and developed equity indices*, eFinanse Vol. 12, No.2, s. 23-35. (lista B MNiSW, 14 punktów).

Mój wkład w tej pracy (33%) polegał na przygotowaniu i wyczyszczeniu danych, opracowaniu metodologii testowanych strategii inwestycyjnej, a także na przeprowadzeniu analizy wrażliwości oraz na opisie i interpretacji uzyskanych wyników.

[7] Jabłecki Juliusz, Kokoszcyński Ryszard, Sakowski Paweł, Ślepaczuk Robert, Wójcik Piotr, 2014, *Does historical volatility term structure contain valuable information for predicting volatility index futures?*, *Dynamic Econometric Models* 14, s. 5-28. (lista B MNiSW, 13 punktów).

Mój wkład w tej pracy (20%) polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, zgromadzeniu i wyczyszczeniu niezbędnych danych, współudziale w opracowaniu metodologii, przeprowadzeniu analiz, a także na analizie i interpretacji uzyskanych wyników.

[8] Jabłecki Juliusz, Kokoszcyński Ryszard, Sakowski Paweł, Ślepaczuk Robert, Wójcik Piotr, 2015, *Volatility as an Asset Class. Obvious Benefits and Hidden Risks*, Peter Lang, Frankfurt am Main, 2015. (25 punktów).

Książka przedstawiająca wyniki badania poświęconego wykorzystaniu zmienności jako nowej klasy aktywów dostępnej dla inwestorów w celach dywersyfikacyjnych w procesie alokacji aktywów. Badanie było finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu nr UMO-2011/03/B/HS4/02298.

Mój wkład w tej pracy (20%) polegał na opracowaniu koncepcji poszczególnych rozdziałów, współudziale w opracowaniu przeglądu literatury i odpowiedniej metodologii do weryfikacji głównych hipotez i pytań badawczych, a także na analizie i interpretacji uzyskanych wyników.

[9] Ślepaczuk Robert, Zakrzewski Grzegorz, *High-Frequency and model-free volatility estimators*, February 13, 2013, LAP LAMBERT Academic Publishing. (5 punktów).

Rozszerzony artykuł w formie małej książki (61 stron) skupiający się na analizie zmienności rynków finansowych na danych wysokiej częstotliwości. Podstawowym celem było znalezienie najlepszego estymatora prawdziwej zmienności przy uwzględnieniu najnowszych badań w literaturze finansowej.

Mój wkład w tej pracy (50%) polegał na przygotowaniu koncepcji artykułu, zgromadzeniu i statystycznym opisie danych wysokiej częstotliwości, opracowaniu metodologii badania m.in. w kontekście wyboru estymatorów zmienności i sposobu wyboru „najlepszego” estymatora, przeprowadzeniu analiz, a także na analizie i interpretacji uzyskanych wyników.

[10] Ślepaczuk Robert, Zakrzewski Grzegorz, 2008, *VIW20 - The Concept of Volatility Index for the Polish Equity Market*, *e-Finance* 2007/7, 2008-special issue, 47-85. (lista B MNiSW, 14 punktów).

Rozszerzona i zmieniona wersja artykułu opublikowanego w 2007 roku w czasopiśmie *eFinanse*, która została wybrana do specjalnego anglojęzycznego wydania *eFinanse* w roku 2008.

Mój wkład w tej pracy (50%) polegał na przygotowaniu i statystycznym opisie danych wysokiej częstotliwości, opracowaniu koncepcji tworzenia indeksu zmienności dla polskiego rynku akcyjnego na bazie metodologii dla indeksu VIX, zaproponowaniu kształtu testowanych strategii inwestycyjnych, przeprowadzeniu analiz, a także na opisie i interpretacji uzyskanych wyników.

[11] Ślepaczuk R., *Technical Trading Strategies and Market Efficiency*, w S. Motamen-Samadian (red.): *Global Stock Market and Portfolio Management*, Palgrave Macmillan, New York, 2006, s. 91-120. (5 punktów).

Link: <https://www.palgrave.com/us/book/9781403991553#aboutBook>

W dalszej części tego wykazu będę się odnosił do poszczególnych pozycji z tej listy umieszczając jej numer w nawiasie kwadratowym.

### 2.3. Uzasadnienie wyboru problematyki i umiejscowienie jednotematycznego cyklu publikacji w teorii ekonomii

Skuteczna oraz efektywna alokacja aktywów jest jednym z kluczowych zagadnień w nowoczesnych finansach, a szczególnie finansach ilościowych. Zagadnieniem tym, w sensie teoretycznym, naukowcy zajmują się już od wielu lat ([Markowitz, 1952](#), [Sharpe, 1964](#), [Fama i French, 1992](#), [Black i Litterman, 1992](#)). Temat ten jednak nie ma końcowego rozwiązania oraz precyzyjnej formuły informującej zainteresowanego inwestora indywidualnego lub instytucjonalnego w jaki sposób należy alokować swoje aktywa w celu maksymalizacji przyszłej stopy zwrotu ważonej ryzykiem. Dlatego też, rozważania problematyki związanej z najnowszymi koncepcjami strategii alokacji aktywów, a konkretnie próba odpowiedzi na podstawowe pytania związane z tym procesem stały się podstawą mojego jednotematycznego cyklu publikacji.

Kamieniem milowym w nowoczesnych finansach, a konkretnie w podejściu do alokacji aktywów była praca „*Portfolio Selection*” napisana przez Harry’ego Markowitza (późniejszego laureata nagrody Nobla) w 1952 roku. Markowitz wprowadza podejście oparte na optymalizacji relacji zysk-ryzyko oraz koncepcję granicy efektywnej jako podstawowy element Nowoczesnej Teorii Portfelowej. Podejście Markowitza początkowo bazowało na historycznych stopach zwrotu i obliczonej na ich podstawie macierzy wariancji-kowariancji, które były podstawą do wyznaczenia granicy efektywnej dla portfela instrumentów ryzykownych oraz wyboru wag portfela optymalizującego zadane kryterium optymalizacyjne. Model Markowitza dając podstawy do definiowania i mierzenia stóp zwrotu i ryzyka oraz przeniesienia procesu alokacji aktywów na bardziej zaawansowany poziom umożliwiał definiowanie kolejnych modeli będących podstawą alokacji aktywów takich jak jednoczynnikowy CAPM – model wyceny aktywów kapitałowych ([Sharpe, 1964](#)). Modele te wzbogacone o teorie efektywnych rynków (EMH – [Fama, 1970](#)) dały teoretyczną podstawę do tzw. 1szej generacji strategii alokacji aktywów (1stGSAA) datowaną na lata 1950-2000 ([Schuller, 2015](#)), czyli do pęknięcia „bańki internetowej” oraz weryfikacji zbyt naiwnych koncepcji alokacji aktywów zakładających m.in. powtarzalność historycznych stóp zwrotu i zmienności. W ramach 1stGSAA podstawowym elementem były zrównoważone portfele akcji i obligacji, a polityka inwestycyjna typu „*long only*” oraz „*buy and hold*” stała się podstawą do bezprecedensowego rozwoju funduszy inwestycyjnych na światowych rynkach finansowych.

Każde kolejne zawirowania na rynkach finansowych, niewystarczająca dywersyfikacja aktywów w ramach modeli i strategii pierwszej generacji alokacji aktywów oraz nierealne założenia tych koncepcji skłoniły inwestorów instytucjonalnych do dodawania nowej kategorii aktywów i nowych typów strategii do klasycznego zbilansowanego portfela akcji i obligacji. Zaowocowało to powstaniem 2giej generacji strategii alokacji aktywów (2ndGSAA) takich jak „*multi asset*”, „*long/short equity*” czy „*risk premium strategies*”, które na większą skalę zaczęły być implementowane na rynkach finansowych po roku 2000. Pozwoliło to na wprowadzenie w praktyce inwestycyjnej modeli wieloczynnikowych ([Fama i French, 1992, 1993](#), [Carhart, 1997](#)), które w świecie akademickim były już znane pod koniec XX wieku, a teraz zaczęły być używane jako główne narzędzie w procesie alokacji aktywów. W tym okresie zaczęto również korzystać na większą skalę z bardziej zaawansowanych technik ekonometrycznych takich jak modele ARCH ([Engle, 1982](#)), modele GARCH ([Bollerslev, 1986](#)), czy kopule ([Nelsen, 1999](#)).

Niestety, kolejny wielki kryzys finansowy lat 2007-2009, pokazał że nowe techniki i narzędzia oraz klasy aktywów nie są w stanie uchronić procesu alokacji aktywów od trendu zwiększającej się korelacji pomiędzy aktywami szczególnie w momentach podwyższonej zmienności. Ponadto, początek XXI wieku, wyraźnie pokazał, że teoretyczne i empiryczne dowody na zmienność w czasie oczekiwanej stopy zwrotu i zmienności z aktywów będących składnikiem portfela



podważyły optymalność statycznego podejścia do alokacji aktywów (Jones, 2011, Fama i French, 1988, Campbell i Shiller, 1988). Ich prace sugerowały, że nawet na efektywnym informacyjnie rynku z racjonalnymi inwestorami oczekiwane stopy zwrotu mogą się zmieniać w czasie ze względu na zmiany preferencji w zakresie zmienności konsumpcji i bogactwa. Co więcej, te zmiany oczekiwanych nadwyżek stóp zwrotu i ryzyka są co najmniej w pewnym stopniu przewidywalne w średnim okresie dzięki zastosowaniu obserwowalnych zmiennych stanu związanych z cyklem gospodarczym lub biznesowym. Vliet i Blitz (2009) stwierdzają, że ryzyko statycznej SAA (strategiczna alokacja aktywów) ma tendencję do zwiększania się w okresach recesji, co może być niepożądane dla inwestorów niechętnych ryzyku. Pokazują również, że średni zwrot różnych klas aktywów zależy od otoczenia gospodarczego.

Powyższe dało podstawy do budowania 3ciej generacji strategii alokacji aktywów (3rdGSAA) których podstawowym zadaniem były poprawienie niedoskonałości związanych z 1stGSAA i 2ndGSAA oraz dodatkowo identyfikacja „ryzyk nieznanymi o których nie wiemy”<sup>1</sup> (Taleb, 2007).

W celu odpowiedniego opracowania 3rdGSAA na bazie błędów zidentyfikowanych w 1stGSAA i 2ndGSAA konieczne było zaadresowanie niedoskonałości wcześniejszych podejść (Azmi i Schuller, 2013):

- Nowe podejście do analizy strategii alokacji aktywów poprzez definitywne przesunięcie akcentu z maksymalizacji stopy zwrotu na analizę i kontrolę ryzyka jako podstawowego czynnika oceny strategii,
- Potrzeba zmiana definicji ryzyka i położenia większego nacisku na jego negatywną stronę, a nie tylko wielkość odchyień. Pomimo istnienia różnych miar ryzyka dostępnych w literaturze, większość teorii i modeli bazuje na symetrycznych odchyleniach (wariancja, odchylenie standardowe, zmienność zrealizowana, czy szereg estymatorów zmienności dokładnie wymienionych w [9]<sup>2</sup>), podczas gdy z punktu widzenia inwestora i testowania strategii inwestycyjnych wpływ odchyień pozytywnych i negatywnych nie jest taki sam.
- Rozwinięcie podstawowych metod zarządzania i kontroli ryzyka, np. takich jak VaR o aspekt zmiennych w czasie stóp zwrotu i zmienności, oraz ogonów nie prawidłowo ujmujących prawdopodobieństwo wydarzeń skrajnych,
- Odpowiednia identyfikacja nowych czynników ryzyka charakteryzujących dostępne alternatywy inwestycyjne (nowe klasy aktywów czy nowe koncepcje strategii inwestycyjnych) w ramach nowoczesnej alokacji aktywów.

Dodatkowo, 3rdGSAA odeszły od koncepcji *homo oeconomicus* i sięgnęły do podstaw finansów behawioralnych, a konkretniej hipotezy rynków adaptacyjnych (AMH) opracowanej przez Andrew Lo (Lo, 2004).

Aktualne strategie alokacji aktywów (zaliczane do 3rdGSAA), dostępne zarówno na poziomie teoretycznym, jak i praktycznym pomagają nam jedynie wybrać optymalny skład portfela lub technikę inwestycyjną na podstawie danych historycznych, jednocześnie nie informując nas o prawdopodobieństwie osiągnięcia podobnych wyników w okresie *out-of-sample*. Jest to jeden z wielu problemów, którym zająłem się w publikacjach zaliczanych do jednotematycznego cyklu publikacji ([1], [2], [3], [4], [5] i [8])

---

<sup>1</sup> Poprzez odniesienie się do „ryzyk nieznanymi o których nie wiemy” odnosimy się do trzeciej kategorii ryzyka zdefiniowanego przez Taleba (2007) jako tego najmniej rozpoznanego oraz najtrudniejszego do zmierzenia, kontrolowania i zarządzania, które Taleb określa mianem „czarnego łabędzia”. Dwa pierwsze to: „ryzyka znane o których wiemy” oraz „ryzyka nieznanymi, o których wiemy”

<sup>2</sup> Liczba w nawiasie kwadratowym przy odpowiednim temacie lub pytaniu badawczym wskazuje na numer pozycji z jednotematycznego cyklu publikacji, w której odnosiłem się do omawianego zagadnienia.

Alokacja aktywów skupia w sobie tematy, którymi interesowałem się już od najwcześniejszych etapów studiów, takie jak ekonometryczne modele szeregów czasowych, finanse ilościowe, analiza portfelowa oraz modele wieloczynnikowe, wycena instrumentów pochodnych, algorytmiczne strategie inwestycyjne, automatyczne systemy inwestycyjne. Dlatego też w naturalny sposób strategie alokacji aktywów stały się tematem przewodnim mojego jednotematycznego cyklu publikacji, chociaż z racji objętości tego zagadnienia zdaję sobie sprawę, że mogłem zająć się jedynie pewnymi aspektami tej złożonej problematyki.

W warstwie makro, przemyślana i efektywna alokacja aktywów, była częścią wspólną praktycznie wszystkich projektów naukowo-badawczych, którymi zajmowałem się przez ostatnie 20 lat, czyli od wczesnych lat studiów. W trakcie tych prac lub badań podchodziłem do tematu alokacji aktywów na wiele różnych sposobów, skupiając się często na pojedynczych kwestiach kluczowych do końcowego rozwiązania problemu alokacji aktywów, bardziej podkreślając aspekty teoretyczne ([6], [7] i [9]), lub bardziej kompleksowo na znalezieniu globalnego portfela inwestycyjnego ([8]) lub zestawu strategii inwestycyjnych optymalizujących wybrane kryteria inwestycyjne zarówno w przeszłości, jak i w przyszłości ([4] i [5]).

Problematykę alokacji aktywów należy umiejscowić w ramach finansów ilościowych, a szerzej w ramach dyscypliny finanse, stąd wniosek składany właśnie w tej dyscyplinie.

## 2.4. Charakterystyka jednotematycznego cyklu publikacji

### 2.4.1. Wprowadzenie

Jednotematyczny cykl publikacji: *Nowoczesna strategia alokacji aktywów ze szczególnym uwzględnieniem nietradycyjnych klas aktywów oraz najnowszych technik przetwarzania danych* skupia się na odpowiedzi na szereg pytań związanych z identyfikacją czynników wpływających na efektywność strategii alokacji aktywów w XXI wieku. Temat ten jest szczególnie istotny w sytuacji kiedy rynki finansowe są po dwóch silnych kryzysach finansowych pierwszej dekady XXI wieku (2000-2002 i 2007-2009). Okazało się wtedy, że większość modeli alokacji aktywów, czy strategii inwestycyjnych opracowanych w ostatnich dekadach XX wieku nie działa prawidłowo w zetknięciu z istotnymi odstępstwami od założeń na podstawie których koncepcje te były tworzone. W celu zobrazowania tych niespełnionych założeń wystarczy wspomnieć o ekstremalnie grubych ogonach rozkładów stóp zwrotu i innych odstępstwach od założeń rozkładu normalnego (Thomas i Idzorek, 2011), stochastycznie pojawiających się „czarnych łabędziach” (Taleb, 2007), czy pojawieniu się nowej klasy uczestników rynku (*HF traders*) reagujących w trakcie milisekund na nieefektywności pojawiające się na rynkach finansowych (Jarrow i Protter, 2012), a jednocześnie wprowadzających nieodłączne zaburzenia na tych rynkach na skutek nawet małych błędów w stosowanej strategii inwestycyjnej.

Zanim przejdę do szczegółowego scharakteryzowania mojego dorobku składającego się na jednotematyczny cykl publikacji to chciałbym na wstępie zaznaczyć, że za każdym razem gdy odnoszę się do nowoczesnej alokacji aktywów to mam na myśli:

- proces tworzenia portfela inwestycyjnego (w sensie wybierania jego składu), zgodnie z preferencjami konkretnego inwestora lub zatwierdzoną polityką inwestycyjną, składającego się z konkretnych instrumentów finansowych<sup>3</sup> o określonych wagach w portfelu. Proces ten określa wszystkie kluczowe elementy i założenia tej konstrukcji, takie jak: formy funkcyjne, algorytmy kupna/sprzedaży, wykorzystane modele, wszystkie niezbędne parametry i założenia początkowe ([3], [4], [5]).

<sup>3</sup> Na potrzeby tego Autoreferatu przez instrument finansowy będziemy rozumieli wszystkie inwestowalne aktywa, które są dostępne dla inwestorów na rynkach finansowych, niezależnie od ich stopnia ryzyka, stopy zwrotu czy formy prawnej.

lub

- proces konstrukcji modelu inwestycyjnego składającego się z poszczególnych algorytmicznych strategii inwestycyjnych<sup>4</sup>, złożonych z różnych instrumentów finansowych, zawierających określone reguły kupna i sprzedaży tych instrumentów oraz spełniających określone warunki brzegowe definiowane przy pomocy statystyk efektywności portfela ujętych w trzech grupach: zysku, ryzyka i stopy zwrotu ważonej ryzykiem [4],

Nowoczesna alokacja aktywów jest analizowana w tym Autoreferacie z punktu widzenia inwestora globalnego, nie posiadającego żadnych zewnętrznych, instytucjonalnych ograniczeń w sensie ryzyka pojedynczych instrumentów, zainteresowanego maksymalizacją relacji zysk-ryzyko, zazwyczaj przy konkretnych ograniczeniach na ryzyko posiadanego portfela inwestycyjnego.

Zagadnienie dotyczące alokacji aktywów jest kluczowym tematem z punktu widzenia strategicznych graczy na rynkach finansowych podejmujących decyzje obarczone ryzykiem takich jak: fundusze emerytalne, fundusze inwestycyjne, towarzystwa ubezpieczeniowe, fundusze hedgingowe, *sovereign wealth funds* czy banki centralne odpowiedzialne za zarządzanie rezerwami dewizowymi krajów. W tym miejscu warto zaznaczyć, że temat ten udało mi się dokładnie poznać nie tylko ze strony teoretycznej, ale również praktycznej, z uwagi na to że w latach 2011-2017 zajmowałem się tematyką alokacji aktywów pracując w Union Investment TFI na stanowisku dyrektora inwestycyjnego działu ilościowego zarządzania aktywami. Moja praca skupiała się na praktycznej implementacji teorii i modeli alokacji aktywów oraz identyfikowaniu nieefektywności rynkowych w celu opracowania algorytmicznych strategii inwestycyjnych. Proces ten był wykonywany dla funduszy charakteryzujących się różnymi ograniczeniami zewnętrznymi wynikającymi np. ze statutu takimi jak: maksymalne ryzyko, akceptowalne instrumenty finansowe, minimalna stopa zwrotu, itd. W praktyce najbardziej wymagającym etapem na drodze implementacji istniejących teorii i modeli w świecie rzeczywistych finansów było odejście od teoretycznych niespełnionych założeń modelowych oraz opracowanie nowych, które pozwoliłyby działać istniejącym modelom, i nowym strategiom algorytmicznym tworzonym przez nas w procesie badań, na rynkach giełdowych gdzie ceny znacznie odbiegają od czysto teoretycznych rozkładów.

#### 2.4.2. Pytania badawcze, Zakres badań, Cele naukowe.

Podstawowe pytania badawcze zaadresowane w ramach jednotematycznego cyklu publikacji są następujące:

- **Pytanie 1.** Jakie czynniki wpływają na zwiększenie możliwości dywersyfikacyjnych w ramach nowoczesnej strategii alokacji aktywów? ([1], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [11])
- **Pytanie 2.** W jaki sposób powinna być przeprowadzana optymalizacja parametrów strategii inwestycyjnych stanowiących podstawowe elementy modelu inwestycyjnego będącego podstawą nowoczesnej strategii alokacji aktywów? ([1], [2], [4], [11])
- **Pytanie 3.** Jakie kryteria oceny strategii inwestycyjnych powinny być używane w procesie optymalizacji w celu zwiększenia prawdopodobieństwa otrzymania akceptowalnych wyników w okresie out-of-sample? ([4], [5], [8], [11])

---

<sup>4</sup> Strategia inwestycyjna jest to zestaw reguł decyzyjnych (algorytmów inwestycyjnych) pozwalających na kupno/sprzedaż określonych instrumentów finansowych zazwyczaj przy określonych warunkach włączających i wyłączających. Strategie inwestycyjne posiadają zestaw swoich cech charakterystycznych ujętych w postaci parametrów, które mogą być optymalizowane.

- **Pytanie 4.** Czy w procesie alokacji aktywów możemy dokonać transformacji decyzji inwestycyjnej przechodząc z obszaru alokacji w ramach instrumentów finansowych do obszaru alokacji w ramach różnych strategii inwestycyjnych? ([4], [5])
- **Pytanie 5.** Jakie nowoczesne techniki przetwarzania danych możemy w efektywny sposób wykorzystywać w ramach optymalizacji parametrów strategii inwestycyjnych? lub ujmując to bardziej precyzyjnie: czy metody uczenia maszynowego pozwalają na wybranie parametrów strategii inwestycyjnych z kryterium optymalizacyjnym bliskim najwyższemu, ale w znacznie krótszym czasie niż metoda wyszukiwania wyczerpującego? ([1], [2])
- **Pytanie 6.** Jakie aspekty modelowania zmienności są najistotniejsze z punktu widzenia nowoczesnej alokacji aktywów? ([8], [9], [10])
- **Pytanie 7.** Czy alokacja części aktywów zdywersyfikowanego portfela w instrumenty oparte na zmienności pomaga w sensie optymalizacji stopy zwrotu ważonej ryzykiem? ([7], [8], [10])
- **Pytanie 8.** Jakie strategie alokacji aktywów są adekwatne dla rynków/aktywów o bardzo wysokiej zmienności (np. rynek krypto walutowy, instrumenty i strategie oparte na zmienności)? ([3], [7], [8])
- **Pytanie 9.** Czy nowe klasy aktywów, takie jak zmienność czy kryptowaluty powinny być uwzględnione w procesie alokacji aktywów z punktu widzenia ich właściwości optymalizujących zależność zysk-ryzyko dla portfela inwestycyjnego? ([3], [8], [10])
- **Pytanie 10.** Czy szczegółowa analiza modeli wieloczynnikowych umożliwia zaproponowanie strategii inwestycyjnej opartej na braku równowagi w premii za ryzyko akcyjne (*equity risk premium*) lub innych własnościach tych modeli ([5], [6])

Zestaw przedstawionych pytań pozwala jednocześnie postawić główne pytanie badawcze, które kierowało autorem w trakcie pisania poszczególnych prac składających się na jednotematyczny cykl publikacji:

*Jakie czynniki w największym stopniu wpływają na proces testowania i  
przeoptymalizowania strategii inwestycyjnych w ramach nowoczesnej alokacji aktywów?  
(główne pytanie badawcze)*

Celem naukowym przeprowadzonych badań było poszerzenie wiedzy na temat nowoczesnej strategii alokacji aktywów, ze szczególnym uwzględnieniem błędów popełnianych w tym procesie oraz czynników wpływających na osiągnięcie oczekiwanych stóp zwrotu i zmienności konstruowanego portfela inwestycyjnego.

### 2.4.3. Opis poszczególnych publikacji

Artykuły zaliczone do jednotematycznego cyklu publikacji zostaną opisane poniżej w kolejności chronologicznej.

W artykule Ślepaczuk (2006) [11] przedstawiono badanie weryfikujące hipotezę efektywności rynku w sensie informacyjnym w formie słabej. Hipoteza została zweryfikowana na podstawie efektywności prostych strategii bazujących na sygnałach pochodzących z analizy technicznej przetestowanych na danych dla instrumentów pochodnych kwotowanych na GPW w Warszawie. Przeprowadzone badanie miało kilka unikalnych cech. Po pierwsze, skupiało się na badaniu słabej formy efektywności informacyjnej rynku opartej na sygnałach kupna/sprzedaży stosowanych w analizie technicznej (TA). Po drugie, zawierało stosunkowo nowy element w badaniach nad EMH, ponieważ było prowadzone na rynku kontraktów terminowych, a nie na rynku kasowym. Pozwoliło to na uwzględnienie nie tylko sygnałów

kupna, ale także sygnałów sprzedaży instrumentów finansowych., które nie były możliwe na rynku kasowym. Takie podejście sprawiło, że badane warunki były podobne do rzeczywistych sytuacji na dobrze rozwiniętych rynkach kapitałowych. Kolejnym nowym elementem była procedura optymalizacji strategii inwestycyjnych oparta na indywidualnych sygnałach kupna/sprzedaży. Wszystkie te nowe elementy pozwoliły na spojrzenie na hipotezę efektywności rynku z innego punktu widzenia. **Artykuł ten zawierał również analizę przyczyn różnic pomiędzy efektywnością informacyjną różnych instrumentów finansowych oraz pozwoliło na wyciągnięcie wniosków dotyczących optymalnego zakresu parametrów w testowanych strategiach inwestycyjnych.** Otrzymane rezultaty pokazały możliwość stworzenia strategii inwestycyjnych charakteryzujących się ponadprzeciętną stopą zwrotu na podstawie informacji zawartych w historycznych notowaniach. Było to przesłanką do odrzucenia hipotezy efektywności w formie słabej i podważenia pozostałych dwóch form EMH. **Artykuł ten jest szczególnie istotny w moich osiągnięciach naukowych, ponieważ stanowił pewnego rodzaju punkt wyjścia i był jednym z pierwszych badań empirycznych skupionych na zagadnieniach tworzenia i optymalizacji strategii inwestycyjnych stanowiących podstawowy element w procesie nowoczesnej alokacji aktywów i dzięki temu pozwolił mi na postawienie szeregu pytań badawczych, które następnie weryfikowałem w pracach naukowych pisanych w kolejnych latach.**

W artykule *VIW20 - The Concept of Volatility Index for the Polish Equity Market* [10]<sup>5</sup> przedstawiona została pierwsza w literaturze polskiej próba policzenia indeksu zmienności dla rynku polskiego na danych środdziennych na podstawie opcji na indeks WIG20. Indeks został wyznaczony na bazie zmodyfikowanej metodologii dla indeksu VIX, kwotowanego na CBOE, opracowanej na bazie koncepcji zaproponowanej w pracy [Dermana i In. \(1999\)](#). Drugim podstawowym celem tego artykułu było zwrócenie uwagi na konieczność wprowadzenia na polskim rynku kapitałowym instrumentów pochodnych opartych na zmienności w celu umożliwienia zabezpieczania portfeli akcyjnych w sytuacji silnych szoków zmienności kiedy korelacje pomiędzy standardowymi aktywami dostępnymi w celach dywersyfikacji portfela zbiegają do jednego.

W rezultacie opracowany został pierwszy indeks zmienności (VIW20) oparty na danych wysokiej częstotliwości pozwalający, szczególnie inwestorom instytucjonalnym, na natychmiastową ocenę ryzyka rynku akcyjnego, a na jego podstawie podejmowanie odpowiednich decyzji alokacyjnych. Dodatkowo w artykule przedstawione zostały właściwości indeksu VIW20 w porównaniu do indeksu VIX oraz indeksów akcyjnych (S&P500 i WIG20). Następnie na podstawie zidentyfikowanych własności (bardzo silna ujemna korelacja pomiędzy indeksem zmienności, a indeksem akcyjnym, szczególnie w momentach silnego wzrostu zmienności), pokazano jak wzrasta stopa zwrotu ważona ryzykiem jeżeli część udziału portfela akcyjnego alokujemy w indeks zmienności (docelowo oczywiście w instrumenty pochodne na zmienność). **Po opisanu trzech fundamentalnych funkcji indeksów zmienności (informacyjna, dywersyfikacyjna i inwestycyjna, jako podstawa do tworzenia nowych instrumentów) podkreślona została potrzeba wprowadzenia bardziej zaawansowanych miar zmienności, obliczanych na danych wysokiej częstotliwości, szczególnie na rynkach rozwijających się.** Na koniec, już w załączniku w ramach warstwy metodologicznej, przedstawione zostały wszystkie poprawki do oryginalnej metodologii indeksu VIX, niezbędne w celu policzenia tego indeksu na danych wysokiej częstotliwości dla opcji na indeks WIG20, których płynność nie była na wystarczającym poziomie.

---

<sup>5</sup> Numeracja prac odnosi się do wykazu publikacji zgłoszonych jako osiągnięcie znajdującego się w punkcie 2.2 niniejszego Autoreferatu i w Załączniku 4.



W następnym artykule *High-Frequency and model-free volatility estimators* [9] analizowana była zmienność rynków finansowych, która jest jedną z najważniejszych kwestii w finansach, zwłaszcza w odniesieniu do modelowania danych o wysokiej częstotliwości. Zarządzanie ryzykiem i wycena opcji oraz wycena i efektywna alokacja aktywów to obszary, w których koncepcja estymatorów zmienności (zgodnych, nieobciążonych i najbardziej efektywnych) ma kluczowe znaczenie. Podstawowym celem było znalezienie najlepszego estymatora prawdziwej zmienności uwzględniając najnowsze badania w literaturze finansowej. W pracy analizowane były dane wysokiej częstotliwości w zakresie od 5 minut do 1 dnia. Opierając się na metodologii przedstawionej w pracach Parkinsona (1980), Garmana i Klasa (1980), Rogersa i Satchella (1991), Yanga i Zhanga (2000), Andersena i in. (1997, 1998, 1999), Hansena i Lunde (2005, 2006b) i Martensa (2007), obliczone zostały różne estymatory zmienności niezależne od modelu i porównano je z klasycznym estymatorem zmienności, najczęściej używanym w modelach finansowych. Aby ujawnić zestaw informacji ukryty w danych o wysokiej częstotliwości, wykorzystana została koncepcja zrealizowanej zmienności i zrealizowanego zakresu zmian. Obliczając estymatory, skupiono się na parametrze  $\Delta$  (interwał danych używany w obliczeniach),  $n$  (pamięć procesu) i  $q$  (współczynnik skalowania dla skalowanych estymatorów).

**Wyniki ujawniły, że odpowiedni wybór  $\Delta$  i  $n$  odgrywa kluczową rolę, gdy próbujemy odpowiedzieć na pytanie dotyczące efektywności estymatora, a także jego dokładności.** Analizując dziewięć estymatorów zmienności odkryliśmy, że dla optymalnego  $n$  (mierzonego w dniach) i  $\Delta$  (w minutach) uzyskujemy najbardziej efektywny estymator. **Otrzymane rezultaty potwierdziły, że najlepszy estymator powinien zawierać informacje zawarte nie tylko w cenach zamknięcia, ale również w rozpiętości cen pomiędzy minimum, a maksimum (estymatory zakresu zmian).** Co ważniejsze, skupiono się na właściwościach formuły niezależnie od zastosowanej częstotliwości danych, porównując estymator z tym samym parametrem  $\Delta$ ,  $n$  i  $q$ . Zauważyliśmy, że formuła estymatora zmienności nie jest tak ważna jak proces wyboru optymalnego parametru  $n$  lub  $\Delta$ . Na koniec podkreślone zostały konsekwencje naszych wyników dla znanych modeli finansowych, które wykorzystują klasyczny estymator zmienności jako główną zmienną wejściową.

Kolejną pozycją jest książka *Volatility as an Asset Class. Obvious Benefits and Hidden Risks* [8]. Książka składała się z 6 rozdziałów o następujących tytułach: zmienność i sposoby jej mierzenia, charakterystyka instrumentów pochodnych opartych na zmienności, „delta hedging” opcji bez użycia opcji, instrumenty pochodne na zmienność w optymalizacji portfela inwestycyjnego, korzyści z wykorzystania kontraktów terminowych na zmienność w strategiach inwestycyjnych oraz własności prognostyczne struktury terminowej zmienności. Podstawowa hipoteza postawiona w książce dotyczyła możliwości wykorzystania zmienności jako nowej klasy aktywów dostępnej dla inwestorów w celach dywersyfikacyjnych w procesie alokacji aktywów. W praktyce nie był to zupełnie nowy koncept ponieważ pośrednio inwestorzy byli w stanie inwestować w zmienność (poprzez określone strategie opcyjnie) już od wczesnych lat 70tych XX wieku. Jednak dopiero pojawienie się indeksów zmienności na początku XXI wieku oraz instrumentów pochodnych opartych na zmienności na rynku giełdowym (kontrakty i opcje na indeks VIX i VSTOXX, oraz inne indeksy) oraz pozagiełdowym (swapy na zmienność i na wariację na różne indeksy akcyjne i inne klasy aktywów) pozwoliło zmienności jako nowej klasie aktywów na stałe wejść do spektrum możliwości inwestycyjnych w procesie alokacji aktywów.

**Kolejnym celem książki było przedstawienie zmienności i instrumentów pochodnych opartych na zmienności w różnych zastosowaniach rozpatrywanych z punktu widzenia inwestorów.** Pomysłem na osiągnięcie tego była następująca struktura książki. Po przeglądzie metod pomiaru, szacowania, oraz modelowania zmienności przedstawionym w rozdziale 1,

omówiono sposoby w ramach których inwestorzy mogą uzyskać ekspozycję na zmienność (Rozdział 2). Rozdział 3 opisywał inwestycyjne konsekwencje trwałej nierównowagi między zmiennością zrealizowaną, a implikowaną. Po wprowadzeniu teoretycznym pokazano, w jaki sposób arbitraż zmienności stosowany w strategii zabezpieczenia delty opcji z różnymi częstotliwościami danych zachowuje się dla indeksów akcyjnych. Rozdziały 4 i 5 pokazywały jak zmienność może poprawić wyniki portfela, gdy jest ona wykorzystywana jako instrument umożliwiający dywersyfikację portfela. Pokazano, w jaki sposób inwestorzy mogą eksponować swój portfel inwestycyjny na zmienność za pośrednictwem kontraktów terminowych, swapów na zmienność i zabezpieczonych strategii opcyjnych. Następnie porównano wyniki portfeli z ekspozycją na zmienność i bez niej. Ostatni rozdział szczegółowo omawiał problem dotyczący tego, że zmienność nie jest stała w czasie. Obejmuje kilka aspektów tego ostatniego zagadnienia takich jak zmienna w czasie struktura terminowa zmienności (VTS – *volatility term structure*) i premia za ryzyko zmienności (VRP – *volatility risk premium*).

Badając wszystkie te zagadnienia, postawiono kilka ważnych pytań natury teoretycznej i empirycznej na które odpowiedzi zostały udzielone na końcu książki. **Pierwsze pytanie, omówione w rozdziale 2, dotyczyło tego, czy dane empiryczne potwierdzają hipotezę, że ekspozycja na zmienność okazuje się skuteczna ex post.** Innymi słowy, pytamy, czy instrumenty pochodne na zmienność pomagają zmniejszyć ryzyko lub zwiększyć zwroty w przypadku standardowych zbilansowanych portfeli inwestycyjnych. Symulacje przedstawione w Rozdziale 4 pozwoliły na pozytywną weryfikację tej hipotezy na podstawie trzech różnych sposobów uzyskania ekspozycji na zmienność (kontrakty terminowe na zmienność, swapy na zmienność stosowane osobno oraz oba te instrumenty na zmienność w ramach jednej strategii). Z drugiej strony, rozdział 5 pokazuje, że po bardziej złożonej analizie obejmującej zarówno model Markowitza oraz model Black-Littermana, że korzyści z dodawania kontraktów terminowych na zmienność do zdywersyfikowanego portfela nie są tak oczywiste. Ta różnica może zostać wytłumaczona znaczną różnicą cen między kolejnymi terminami zapadalności kontraktów terminowych na indeks VIX (analizowanych w rozdziale 5), które stanowią istotny koszt ubezpieczenia dla inwestora, który chce użyć ich do zabezpieczenia. Wniosek ten nie jest nowy (podobne wnioski wyciąga np. [Alexander i In. \(2014\)](#)), ale specyfika tego problemu zasługuje na dalsze badania szczególnie w kontekście optymalizacji struktury terminowej ekspozycji na zmienność, tak aby zminimalizować koszty rolowania pozycji.

**Celem rozdziału 3 było znalezienie optymalnej częstotliwości zabezpieczenia w strategii arbitrażu zmienności.** Niestety, nie byliśmy w stanie udzielić szczegółowej odpowiedzi na to pytanie. Dlatego podjęta została próba rozwiązania tego problemu z innego punktu widzenia. Rozpoczynając od pewnych intuicji teoretycznych, przedstawione zostało uzasadnienie dla różnych sposobów zabezpieczenia portfeli opcji, które zależą od różnicy pomiędzy zmiennościami zrealizowanymi obliczonymi na podstawie różnych częstotliwości danych. Podejście to pokazało, kiedy powinniśmy użyć procesu powracania do średniej, a kiedy strategii *momentum*, w zależności od aktualnej zmienności rynku. Pytania zawarte w Rozdziale 6 zostaną dokładniej omówione w ramach publikacji [7], która stanowi rozszerzoną i uzupełnioną wersję tego rozdziału.

**Wszystkie przedstawione powyżej odpowiedzi oraz inne badania umieszczone w książce przybliżyły nas do ostatecznego wniosku, że dodanie ekspozycji na zmienność do zdywersyfikowanego portfela inwestycyjnego można ocenić jako korzystne w procesie optymalizacji zależności zysk/ryzyko tylko pod warunkiem, że jest wykonywane w profesjonalny sposób, przy pomocy odpowiednich instrumentów na zmienność, wybranych z uwzględnieniem struktury terminowej zmienności przy rygorystycznej analizie ryzyka.** Pod koniec książki, na podstawie otrzymanych wyników, postawiono hipotezę, że biorąc pod

uwagę nowe, unikalne cechy inwestycyjne czystej ekspozycji na zmienność i jej potencjał dywersyfikacyjny, w przyszłości możemy się spodziewać dalszego rozwoju tego segmentu rynku.

W następnym artykule *Does historical volatility term structure contain valuable information for predicting volatility index futures?* [7] została zweryfikowana hipoteza mówiąca, że struktura terminowa zmienności (VTS) i premia za ryzyko zmienności (VRP) są istotnymi czynnikami w prognozowaniu kontraktów terminowych na indeksy VIX i częściowo na indeks S&P500. Przedstawione badanie pozwoliło stwierdzić, że struktura terminowa kontraktów terminowych na zmienność (indeks VIX), a konkretnie jej nachylenie, jest zależna od aktualnego poziomu indeksu VIX. W momencie, w którym indeks VIX jest na niskim poziomie (w pierwszej lub drugiej grupie kwintylowej) struktura terminowa ma wysokie dodatnie nachylenie, natomiast w momencie, w którym indeks VIX jest na wysokim poziomie (w piątej grupie kwintylowej), struktura ma nachylenie ujemne. Wartość odchylenia aktualnej struktury terminowej od tzw. modelowej struktury dla danego poziomu indeksu VIX w istotny sposób poprawia predykcję i dlatego w końcowej części artykułu zaproponowano strategię inwestycyjne wykorzystujące tę koncepcję przy budowie algorytmów inwestycyjnych generujących sygnały na rynku kontraktów terminowych na indeks VIX i indeks S&P500. **W podsumowaniu stwierdzono, że jest możliwość wykorzystania informacji ze struktury terminowej kontraktów terminowych VIX do skonstruowania zyskowej strategii, optymalizującej nasz współczynnik zysk/ryzyko w porównaniu do strategii kup i trzymaj dla indeksu S&P500.**

Kolejny artykuł *Cross-sectional returns with volatility regimes from diverse portfolio of emerging and developed equity indices* [6] podejmował tematykę bardzo istotnych w procesie alokacji aktywów modeli wieloczynnikowych. Artykuł miał na celu rozszerzenie analizy klasycznego już modelu wieloczynnikowego Carharta (1997) dla globalnych indeksów akcji oraz kontynuację analizy przeprowadzonej w [18], [19] i [20]. Głównym celem było przetestowanie kilku rozszerzeń modeli wieloczynnikowych, aby uwzględnić różną dynamikę nadwyżkowych zwrotów pomiędzy indeksami akcji krajów rozwijających się i rozwiniętych. Proponowane rozszerzenia obejmowały w warstwie metodologicznej uwzględnienie mechanizmu przełączania reżimu zmienności (przy użyciu zmiennych *dummy* i podejścia Markowa) oraz dodanie piątego czynnika ryzyka opartego na zrealizowanej zmienności stóp zwrotu indeksu. Ponadto zamiast wykorzystywać dane dla rynku akcyjnego (co było powszechnym podejściem w literaturze przedmiotu) sprawdzono zachowanie tych modeli dla danych tygodniowych dla 81 inwestowalnych<sup>6</sup> światowych indeksów giełdowych w latach 2000-2015. W ramach tego podejścia zostały oszacowane premie za ryzyko (*equity risk premium*) oddzielnie dla każdego kraju w podziale na kraje rozwinięte i rozwijające się.

**Dowody empiryczne ujawniają istotne różnice między wynikami dla klasycznych modeli szacowanych na podstawie pojedynczych akcji (dla rynku amerykańskiego oraz dla światowego rynku akcji) oraz modelami szacowanymi dla indeksów akcyjnych. Ponadto obserwujemy znaczne rozbieżności między wynikami dla krajów rozwiniętych i rynków wschodzących. Wreszcie, korzystając z danych tygodniowych z ostatnich 15 lat, ilustrujemy znaczenie ryzyka modelu i przeoptymalizowania danych podczas wyciągania wniosków na podstawie wyników modeli wieloczynnikowych.**

---

<sup>6</sup> Przez inwestowalny indeks giełdowy rozumiemy taki indeks, który w badanym okresie posiadał płynny instrument pochodny, przy pomocy którego można było uzyskać ekspozycję na zmiany tego indeksu.



**Najbardziej zaskakującym rezultatem tego badania był fakt, że różnica między kolejnymi specyfikacjami modeli wieloczynnikowych nie była znacząca, a jednocześnie obserwowaliśmy znaczące różnice między mocą objaśniającą modelu dla krajów rozwiniętych i rozwijających się.** Dlatego podsumowując otrzymane wyniki zauważono, że wyniki alternatywnych specyfikacji modeli wieloczynnikowych nie różnią się znacząco dla wszystkich analizowanych krajów. Ten wniosek nie zmieniał się, gdy analizy zostały przeprowadzone oddzielnie dla krajów rozwiniętych i rozwijających się.

**Drugi wniosek potwierdzał, że najwyższa moc objaśniająca modelu pięcio-czynnikowego była dla indeksów krajów rozwiniętych.** Z drugiej strony, dla krajów wschodzących uzyskana została znacznie niższa moc objaśniająca. Ten wniosek pozostawał nie zmieniony dla różnych specyfikacji testowanych modeli. Dwa powyższe wnioski pozwoliły na trzecią konkluzję prowadzącą do stwierdzenia, że modele wieloczynnikowe mają poprawną formę funkcyjną dla krajów rozwiniętych, podczas gdy mogą być błędnie określone dla krajów rynków wschodzących. W związku z tym, końcowym wnioskiem z artykułu była konieczność dalszych badań dla indeksów akcyjnych rynków wschodzących, które skupiałyby się głównie na dwóch kwestiach. Po pierwsze, na nowych czynnikach ryzyka, takich jak ryzyko płynności ([Rahim i Noor, 2006](#), [Liu, 2004](#)), ROE, nieoczekiwane wyniki lub niespodziewane dane makroekonomiczne, ryzyko systemowe, czy efekt *betting-against-beta* ([Frazzini i Pedersen, 2014](#)). Po drugie, na nowych implementacjach modeli w kontekście ich formy funkcjonalnej oraz dodania zmiennych stanu.

Następny artykuł *Can we invest based on equity risk premia and risk factors from multi-factor models?* [5] odnosił się bezpośrednio do alokacji aktywów na podstawie metodologii Markowitza i modeli wieloczynnikowych. Weryfikowana była hipoteza, że szczegółowa analiza modeli wieloczynnikowych umożliwi zaproponowanie strategii inwestycyjnej opartej na braku równowagi w premii za ryzyko akcyjne (*equity risk premium*). Zbadane zostały dwa algorytmy inwestycyjne zbudowane na tygodniowych danych światowych indeksów akcyjnych dla krajów wschodzących i rozwiniętych w okresie 2000-2015. Stworzono siedem czynników ryzyka, wykorzystując dodatkowe dane o kapitalizacji rynkowej, wartości księgowej, PKB krajów i współczynniku beta indeksów akcyjnych. Pierwszy algorytm bazował na teoretycznej wartości premii za ryzyko akcyjne z siedmioczynnikowego modelu z mechanizmem przełącznikowym Markowa z dodatkowymi zmiennymi wspólnymi dla wszystkich krajów (CS) oraz zmiennymi specyficznymi dla krajów rozwiniętych i wschodzących (CspV). Decyzje inwestycyjne były podejmowane na podstawie porównania teoretycznej i zrealizowanej premii za ryzyko akcyjne dla danego indeksu. Drugi algorytm działał tylko na ośmiu czynnikach ryzyka i stosował je jako zmienne wejściowe do modeli Markowitza z alternatywnymi kryteriami optymalizacyjnymi (docelowe ryzyko (*target risk*), docelowa stopa zwrotu (*target return*), max współczynnik Sharpe, minimalna wariancja i równoważone aktywa). Przeprowadzone analizy pozwalają zauważyć, że wpływ czynników ryzyka na końcowy wynik strategii inwestycyjnej jest znacznie ważniejszy niż wybór konkretnego modelu ekonometrycznego w celu prawidłowej oceny premii za ryzyko akcyjne.

**Głównym wnioskiem z tego badania jest, że na podstawie informacji ukrytych w modelach wieloczynnikowych możemy zbudować zyskowe algorytmy inwestycyjne. Kluczowym elementem jest jednak to, że ekstrakcja tych informacji nie jest trywialna.** Na podstawie szczegółowych analiz okazało się, że te dwie metody prowadzą nas do dwóch różnych wyników. Wyniki pierwszego podejścia pokazały, że proponowany sposób ekstrakcji informacji nie prowadzi do uzyskania zyskowych wyników, jeśli weźmiemy pod uwagę stopę zwrotu skorygowaną o ryzyko, być może wbrew intuicji i wbrew temu, co dotychczas sugerowała literatura. Całkowicie różne wyniki zostały zaobserwowane w przypadku drugiego algorytmu inwestycyjnego. Metodologia Markowitza zastosowana do portfeli stworzonych na

bazie czynników ryzyka z modeli wieloczynnikowych pozwoliła na osiągnięcie anormalnych zwrotów skorygowanych o ryzyko (wskaźnik Sharpe'a w przybliżeniu równy 2). Analiza wrażliwości potwierdziła, że wstępne wyniki nie zmieniły się po zbadaniu wrażliwości na początkowe założenia. W rzeczywistości zauważono, że mogą być nawet lepsze, gdy skrócimy okno historyczne i okres realokacji portfela. Wyniki te były zgodne z obecną praktyką na rynkach finansowych i poszukiwaniach tzw. strategii „*smart beta*”.

**W podsumowaniu stwierdzono, że odpowiedź na główne pytanie badawcze jest pozytywna. Możliwe jest wyodrębnienie informacji z modeli wieloczynnikowych w celu zbudowania algorytmów inwestycyjnych, które generują zwroty znacznie przekraczające te z klasycznych benchmarków. Ważne jest jednak, aby zauważyć, że takie podejście nie jest proste i raczej wymaga dokładnej analizy, aby zrobić to właściwie. W szczególności zastosowanie czynników ryzyka jako oddzielnej klasy aktywów w modelu Markowitza pozwala na konsekwentne osiąganie anormalnie wysokich wartości stóp zwrotu, podczas gdy bezpośrednie zastosowanie wieloczynnikowego modelu premii za ryzyko akcyjne w celu wygenerowania sygnałów transakcyjnych nie przynosi pozytywnych rezultatów.**

Kolejny artykuł *Investment strategies beating the market. What can we squeeze from the market?* [4] przedstawia nowe podejście do optymalizacji automatycznych systemów transakcyjnych. Przedstawiona została technika wieloetapowa, która pozwala na znalezienie strategii inwestycyjnej pokonującej rynek. Dodatkowo w procesie optymalizacji stosowane są nowe miary łączące ryzyko i stopę zwrotu oraz nowe elementy systemu kontroli ryzyka oparte na miarach zmienności i kolejnych potwierdzeniach sygnałów. W rezultacie zostają sformułowane trzy złożone systemy inwestycyjne, które maksymalizują stopę zwrotu, a jednocześnie minimalizuje ryzyko w porównaniu do innych dostępnych alternatywnych inwestycyjnych (IR (ang. *information ratio*) = 2, Maksymalne obsunięcie < 21%, maksymalny czas trwania straty = 0.75 roku). Przedstawiona analiza opiera się na dziennych danych historycznych (z podziałem na okres testowy i okres poza próbą) dla kontraktów terminowych na indeksy i towary. Następnie, systemy są ponownie optymalizowane i realokowane co pół roku, aby uwzględnić najnowsze dane finansowe w procesie testowania. Na koniec pokazano wyniki wspólnego modelu składającego się sygnałów pochodzących z tych trzech systemów jednocześnie.

To badanie potwierdza, że jesteśmy w stanie pokonać rynek w sposób konsekwentny pod warunkiem zastosowania odpowiednich strategii oraz metodologii ich tworzenia. Pozwala to na pozytywną weryfikację głównej hipotezy badawczej stwierdzającej, że możemy tworzyć systemy inwestycyjne „bijące rynek” w sposób konsekwentny, niezależny od cyklicznie występujących zawirowań na rynku. **Kluczowym czynnikiem sukcesu w tej pracy była zaproponowana przez autorów wieloetapowa technika optymalizacji i agregacji sygnałów oraz budowy kompletnego systemu inwestycyjnego, która pozwoliła na uzyskanie wyników zbliżonych do tych z okresu testowego, a jednocześnie znacznie lepszych w porównaniu do inwestycji alternatywnych praktycznie w każdym kontekście: zysk, ryzyko i wskaźniki łączące ryzyko i zysk.** Systemy I, II i III osiągnęły 3 krotnie wyższą zannualizowaną stopę zwrotu od najlepszych inwestycji alternatywnych. W tym samym czasie systemy charakteryzowały się kilkakrotnie niższymi statystykami ryzyka. Powyższe pozwoliło na uzyskanie współczynników IR na danych dziennych zbliżonych do 2 (w okresie testowym) i powyżej 1 dla okresu „poza próbą”.

**Zastosowane wieloetapowe techniki optymalizacji krokowej pozwalały otrzymać statystyki ryzyka dla testowanych systemów inwestycyjnych (ATS – automatyczny system inwestycyjny) nawet niższe niż dla inwestycji potencjalnie „wolnych od ryzyka”,**

przeprowadzanych przez fundusze emerytalne, podczas gdy ich stopy zwrotu były kilkakrotnie wyższe niż ta potencjalnie „wolna od ryzyka”.

Zastosowanie opracowanych technik dla nieoptymalizowanego ATS (II\_system) pozwoliło na osiągnięcie podobnych wyników. Świadczyło to o tym, że kluczowym elementem efektywności systemu nie jest jedynie proces optymalizacji parametrów. **Główną rolę odgrywał kompletny proces budowy strategii, a szczególnie zasady zarządzania gotówką, wybór odpowiednich instrumentów finansowych i technik inwestycyjnych, reoptymalizacja realokacja i rekonstrukcja systemu, w momencie pojawienia się nowych szeregów czasowych.** Testowane ATS działały na kilku rynkach, które z jednej strony dowodziły, że opracowane techniki są skalowalne i mają zastosowanie dla kilku instrumentów finansowych. Z drugiej strony oparcie systemów na wielu rynkach pozwalało na minimalizację ryzyka płynności i całkowitego ryzyka modelu. Nowe podejście polegające na ustawieniu jednostki transakcyjnej oddzielnie dla każdego systemu było jednym z ważniejszych czynników wpływających na efektywność systemu (system zarządzania gotówką). Należy to uwzględnić jako element metodologii zarządzania ryzykiem. Kolejnym ważnym czynnikiem były kryteria oceny strategii inwestycyjnych, tzw. warunki brzegowe używane podczas fazy testowania, które pozwalały na znalezienie najlepszej ostatecznej wersji systemu inwestycyjnego. Dodatkowo, odpowiednie skupienie się na statystykach ryzyka w okresie testowym zwiększało prawdopodobieństwo, że podobne wyniki będą osiągnięte w okresie poza próbą.

**W podsumowaniu warto wskazać, że kluczowe elementy procesu konstrukcji ATS to reoptymalizacja, realokacja i rekonstrukcja systemu po okresie wstępnego testowania. Mając wszystkie wspomniane elementy na miejscu znacznie zwiększamy prawdopodobieństwo osiągnięcia zdefiniowanych wyników dla systemu inwestycyjnego w okresie poza próbą. Na koniec warto zauważyć, że wyniki przedstawione dla systemu I + II + III pokazują, że nie ma ostatecznego punktu w procesie budowy strategii inwestycyjnych. Zakładając, że możemy znaleźć dodatkowe strategie charakteryzujące się bardzo niską korelacją z obecnie stosowanym rozwiązaniem, to powinniśmy kontynuować proces dodawania kolejnych strategii do naszego złożonego systemu (I + II + III +... \_system). Powyższe oznacza, że wciąż jest ogromna przestrzeń do dalszych badań w tym zakresie.**

W następnym artykule *Momentum and Contrarian Effects on the Cryptocurrency Market* [3] zostały zaprezentowane wyniki badania efektu momentum i kontrarian na rynku kryptowalut. Badane strategie inwestycyjne obejmują 100 kryptowalut (spośród ponad 1200 dostępnych na listopad 2017 r.) o największej kapitalizacji rynkowej i średnim 14-dniowym dziennym wolumenie obrotów przekraczającym określoną wartość progową. Badanie zostało przeprowadzone w okresie 2014-05-12 i 2017-10-28. Portfele inwestycyjne były konstruowane przy użyciu różnych założeń dotyczących okresu realokacji portfela, szerokości okna rankingowego, liczby kryptowalut w portfelu i procentowej wysokości kosztów transakcyjnych. Wyniki zostały porównywane z: (1) równo ważonym portfelem inwestycyjnym i (2) portfelem ważonym kapitalizacją rynkową, jak również w stosunku do strategii kup i trzymaj opartej na (3) indeksie S&P500 i (4) kursie Bitcoina. Otrzymane wyniki wskazały na wyraźną i znaczącą dominację krótkoterminowej strategii kontrarian w porównaniu do strategii momentum i portfeli benchmarkowych. Współczynniki IR dla strategii kontrarian często przekraczały wartości dwucyfrowe, w zależności od założonego okresu realokacji i szerokość okna rankingowego. **Dodatkowo, zaobserwowano znaczący potencjał dywersyfikacyjny dla wszystkich portfeli kryptowalut w stosunku do indeksu S&P500.**

**Otrzymane wyniki wyraźnie pokazały istnienie silnego efektu kontrarian (z najsilniejszym obserwowanym na poziomie dziennym) i brak analogicznego efektu momentum na rynku**

**kryptowalut. Dlatego odnosząc się do pytań badawczych postawionych w artykule stwierdzono, że anomalie znane z rynków regulowanych sprzed kilkudziesięciu lat są aktualnie obecne na powstających rynkach kryptowalut.** Otrzymane wyniki znacznie jednak odbiegały od tych obserwowanych historycznie dla strategii momentum i kontrarian dla klasycznych rynków regulowanych [Jegadeesh, 1993, De Bondt i Thaler, 1985 i 1987], w kontekście wysokości osiąganych stóp zwrotu i zmienności. Dodatkowo pokazano, że strategie inwestycyjne wykorzystujące efekt momentum i kontrarian osiągają anormalne stopy zwrotu ważone ryzykiem w porównaniu ze strategią B&H dla indeksu S&P500 (traktowaną jako benchmark klasycznych rynków regulowanych).

Wartości wskaźników efektywności badanych portfeli były często podejrzanie wysokie, na poziomie nieosiągalnym dla klasycznych rynkach regulowanych, nawet przez najbardziej wyrafinowane strategie algorytmiczne na danych wysokiej częstotliwości. **Warto zauważyć, że takie wyniki charakteryzują jedynie rynki na ich wczesnym etapie rozwoju, które obecnie nie są efektywne pod względem informacyjnym, co sprawia, że nie mogą być traktowane jako powtarzalne w przyszłości.** Dlatego odnosząc się do pytań badawczych postawionych na wstępie stwierdzono, że rynek kryptowalut charakteryzuje się wysokim stopniem nieefektywności informacyjnej i że obecnie jest możliwe skonstruowanie strategii inwestycyjnej dającej anormalne stopy zwrotu. Racjonalne uzasadnienie tak wysokich zwrotów ważonych ryzykiem testowanych strategii inwestycyjnych krótko podsumowano w następujący sposób: (1) rynek kryptowalut jest nadal dość młody i niestabilny, (2) istnieją poważne ograniczenia płynności rynku, które powodują że inwestycje kilku bln USD są praktycznie niemożliwe do wykonania, (3) regulacje i bezpieczeństwo inwestycji na rynku kryptowalut są na bardzo wczesnym etapie, który ogranicza możliwość wejścia na rynek dużych inwestorów instytucjonalnych, (4) rozwiązania infrastrukturalne i techniczne na rynkach kryptowalut, np. bardzo liberalne zasady dotyczące depozytu zabezpieczającego dla portfela, wymuszają socjalizację strat i poważnie osłabiają możliwość stosowania bardziej zaawansowanych strategii algorytmicznych na przykład możliwości arbitrażu.

W kolejnym artykule *Robustness of Support Vector Machines in Algorithmic Trading on Cryptocurrency Market* [2] zweryfikowana została opłacalność algorytmicznej strategii inwestycyjnej opartej na „wytrenowaniu” modelu SVM (ang. *support vector machines*) w celu identyfikacji kryptowalut o wysokiej lub niskiej prognozowanej stopie zwrotu. Zestaw testowy był zdefiniowany jako grupa kryptowalut, których zwroty skorygowane o zmienność znajdowały się w najwyższym lub najniższym kwantylu. Każda kryptowaluta była reprezentowana przez zestaw sześciu wskaźników analizy technicznej. SVM był trenowany na historycznym zestawie testowym i następnie testowany na bieżących danych. Klasyfikator został wybrany jako nieliniowy SVM. Portfel inwestycyjny powstał przez uszeregowanie kryptowalut za pomocą wyniku SVM. Najwyżej ocenione krypto waluty były używane do długich pozycji, które miały być uwzględnione w portfelu przez jeden okres realokacji. Do oszacowania rentowności portfela wykorzystano następujące wskaźniki: %ARC (zannualizowana stopa zwrotu), %ASD (zannualizowane odchylenie standardowe dziennych stóp zwrotu), MDD (maksymalne obsunięcie), IR1, IR2 (współczynnik informacyjny). Efektywność portfela SVM została porównana z efektywnością czterech strategii benchmarkowych na podstawie wartości współczynnika IR1, który kwantyfikował zysk ważony ryzykiem. Analiza wrażliwości dla otrzymanego portfela inwestycyjnego została przeprowadzona na końcu badania.

Głównym celem tego artykułu było zastosowanie algorytmu SVM do zbudowania strategii inwestycyjnej na rynku kryptowalut i zbadanie jej rentowności. Hipoteza badawcza stwierdzająca, że strategia oparta na algorytmie SVM jest w stanie osiągnąć lepsze rezultaty

od strategii benchmarkowych w kontekście relacji ryzyko/stopa zwrotu, została odrzucona na podstawie otrzymanych wartości IR1.

**Otrzymane wyniki pokazały, że portfel równoważony przewyższał wszystkie porównywane strategie, łącznie z koncepcją opartą na metodologii SVM. Portfel równoważony dawał najwyższe wartości IR1 i IR2 wykazując anormalne zwroty.** Strategia SVM zajęła czwarte miejsce w kontekście osiągniętej efektywności i była lepsza tylko od strategii S&P B&H. Dodatkowo, wyniki SVM nie były stabilne, a sam algorytm nie zapewniał odpornych wyników. Efektywność portfela była niezwykle wrażliwa na parametry początkowe, takie jak liczba aktywów w portfelu, wysokość kosztów transakcyjnych, długość okresu realokacji, a tylko wielkość zbioru testowego nie miała wpływu na wyniki końcowe metody SVM. Dodatkowo, na wynik końcowy istotnie wpływał również wybór meta parametrów modelu ( $C$  i  $\gamma$ ), długość danych historycznych do obliczenia wskaźników analizy technicznej, parametr lambda ( $\lambda$ ) używany do obliczenia wykładniczej średniej ruchomej dla zwrotów, czy długość danych treningowych ustalonych jako parametry początkowe. **Analiza przeprowadzona w badaniu pokazała, że zastosowanie SVM przy zbyt dużej liczbie parametrów sprawia, że model jest bardzo podatny na problem przeoptimalizowania.**

Najnowszy artykuł, zamieszczony w jednotematycznym cyklu, *Machine learning in algorithmic trading strategy optimization – design and time efficiency* [1] skupia się na technicznych aspektach procesu testowania strategii inwestycyjnych, a konkretniej na sformułowaniu i analizie metod uczenia maszynowego, dopasowanych do specyfiki optymalizacji parametrów strategii inwestycyjnej. Najważniejsze problemy to wrażliwość wyników strategii na niewielkie zmiany parametrów i liczne ekstrema lokalne rozłożone w przestrzeni rozwiązania w sposób nieregularny. Metody zostały zaprojektowane mając na uwadze znaczne skrócenie czasu obliczeń, bez istotnej utraty jakości wyników strategii. Skuteczność metod została porównana dla trzech różnych par aktywów dla systemu przecięcia się średnich kroczących. W pierwszym przypadku strategia obejmowała transakcje na kontraktach terminowych na indeks S&P500 i DAX, w drugim na akcjach AAPL i MSFT, a w trzecim na kontrakty terminowych na towary (HGF - miedź i CBF - indeks towarów). Metody działały na danych testowych, obejmujących 16 lat dziennych cen zamknięcia w okresie 1998–2013, a następnie zostały zweryfikowane w okresie „poza próbą” (ang. *out-of-sample*) między 2014, a 2017 rokiem. Główną hipotezą weryfikowaną w tym artykule było to, że metody uczenia maszynowego wybierają strategie z kryterium optymalizacyjnym bliskim najwyższemu, ale w znacznie krótszym czasie niż metoda wyszukiwanie wyczerpującego.

**W pracy wdrożono i przetestowano trzy metody uczenia maszynowego (EHC, GM i DEM) w ramach prostego problemu optymalizacji systemu przecięcia się średnich kroczących. Metody uczenia maszynowego (ML) były poszukiwaniami heurystycznymi, opartymi na algorytmach, powszechnie używanych do podobnych problemów. Metody zostały dostosowane do rozważanej specyfiki problemu, takiej jak dyskretne wartości parametrów lub niska regularność przestrzeni rozwiązań.**

Metody uczenia maszynowego zostały porównane na podstawie wartości kryterium optymalizacyjnego, składającego się z rocznej zannualizowanej stopy zwrotu oraz dwóch miar ryzyka – zannualizowanego odchylenia standardowego i maksymalnego obsunięcia kapitału, co pozwoliło na wybór bardziej stabilnych strategii. Zastosowanie maksymalnego obsunięcia kapitału wyeliminowało strategie generujące wszystkie zyski w krótkim okresie czasu lub przy bardzo wysokiej zmienności. To podejście znacznie zmniejszyło ryzyko przeoptimalizowania, spowodowane strategią dostosowania do nielicznych skrajnych sytuacji rynkowych w przeszłości. Wszystkie statystyki zostały obliczone dla okresu od początku 1998 r. do końca 2013 r. Kryterium optymalizacji obliczone dla strategii i czas obliczeń, wymagany do



kontynuowania całego procesu wyszukiwania, zostały porównane z wyszukiwaniem wyczerpującym (ES).

Pierwsza metoda, zwana *Extended Hill Climbing* (EHC), polegała na niezależnym wyszukiwaniu lokalnym i zaczynała się od losowo wybranych punktów z określoną regułą zatrzymania, przemieszczając się do kolejnego punktu jeżeli kryterium optymalizacyjne ulegało poprawie. Ta metoda wygenerowała stabilne wyniki, co oznacza, że strategie zwracane przez kolejne iteracje programu były do siebie podobne w kontekście otrzymanych wyników kryterium optymalizacyjnego oraz wartości optymalnych parametrów. Metoda dała wyniki porównywalne z optymalnymi w znacznie krótszym czasie, chociaż stabilność czasu wykonania była niska. Generalnie, metoda była szybka i wydajna, ale czas obliczeń całego procesu był zróżnicowany.

Druga implementowana metoda ML była czysto deterministycznym algorytmem zwanym metodą *Grid* (GM). Główną ideą poszukiwań było użycie coraz gęstszych „kratek poszukiwań” (*subgrids*), skoncentrowanych na punktach o wysokiej wartości kryterium optymalizacji. Metoda zwróciła parametry strategii, z kryterium optymalizacji podobnym do optymalnego z czasem kilkakrotnie dłuższym niż dwie pozostałe metody ML, ale wciąż kilka razy krótszym niż pełna procedura wyszukiwania wyczerpującego. Dużą zaletą tej metody był stabilny czas obliczeń i deterministyczna natura wyników. Ta właściwość procedury optymalizacji może być doceniona zwłaszcza w przypadku użycia w bardziej złożonych systemach automatycznych.

Ostatnia metoda, zwana metodą ewolucji różnicowej (DEM), była w rzeczywistości jednym z najpopularniejszych algorytmów heurystycznych do rozwiązywania nieregularnych, parametryzowanych w sposób ciągły problemów, dostosowanych do specyfiki przestrzeni parametrów całkowitych. Dostosowanie było oparte na transformacji dyskretnej przestrzeni rozwiązań w ciągłą, w taki sposób aby zaoszczędzić specyfikę przestrzeni.

Efektywność strategii w okresie testowym była lepsza niż w okresie „poza próbą”. Choć głównym celem było wprowadzenie i porównanie metod optymalizacji, warto podkreślić różnicę między dokładnością strategii w okresie testowym i „poza próbą”. Strategie zoptymalizowane za pomocą różnych metod w okresach testowych powodowały straty w okresie „poza próbą” dla dwóch z trzech przypadków (SPXDAX i AAPLMSFT). Niezadowolające wyniki podczas drugiego okresu sugerowały, że wybrane strategie mają niskie szanse na generowanie zysków w przyszłości. Rozważane modele miały stosunkowo niewiele parametrów, ale to wystarczyło aby stworzyć strategię przeoptymalizowaną, zbyt dobrze dostosowaną do danych treningowych i w konsekwencji nieskuteczną w okresie „poza próbą”. Nieco inna sytuacja miała miejsce w przypadku wyników poza próbą dla kontraktów terminowych na towary (HG.F CB.F). W tym przypadku wszystkie przetestowane metody uczenia maszynowego pominęły strategię z najwyższym kryterium optymalizacji w okresie testowym, prawdopodobnie z powodu słabej efektywności strategii sąsiednich. W konsekwencji strategia wybrana przez wszystkie metody wypadła dobrze w okresie „poza próbą”, generując zyski, podczas gdy ta z najwyższym kryterium optymalizacji generowała straty. Wydaje się to potwierdzać podstawową intuicję, że model unikający zbytniego dopasowania do danych testowych i wybierający strategię z gorszymi wynikami w okresie testowym, pozwala jednocześnie na uzyskanie lepszych wyników w przyszłości.

**Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że istnieje znacząca przesłanka do tego, że metody uczenia maszynowego opracowane w tym artykule mogą być wykorzystane do optymalizacji systemów inwestycyjnych i znacząco poprawić czas obliczeń (o kilka rzędów wielkości), a jednocześnie przetestować szerszą przestrzeń parametrów i bardziej zaawansowane systemy.**

**Podsumowując, przedstawione wyniki wydają się być zgodne z główną hipotezą. Metody uczenia maszynowego wymagały znacznie mniej czasu niż wyszukiwanie wyczerpujące i pozwoliły na otrzymanie podobnych wyników w testowanych przypadkach. W konsekwencji główna hipoteza nie została odrzucona. Metody uczenia maszynowego osiągnęły tylko nieco gorsze kryterium optymalizacyjne w okresie testowym, ale w znacznie krótszym czasie realizacji.** Dodatkowe pytanie badawcze, że metody uczenia maszynowego prowadzą do zmniejszenia ryzyka przeuczenia, nie było możliwe do zweryfikowania na podstawie otrzymanych rezultatów. Zmniejszenia ryzyka przeuczenia zaobserwowano tylko w jednym przypadku na trzy testowane, więc nie może to prowadzić do jednoznacznych wniosków.

#### **2.4.4. Podsumowanie jednotematycznego cyklu publikacji**

Na podstawie omówionych prac składających się na jednotematyczny cykl publikacji składający się na moje osiągnięcie naukowe poniżej odniosę się do dziesięciu pytań badawczych i jednego głównego pytania badawczego postawionych w punkcie 2.4.2.

##### **▪ Odpowiedź na Pytanie 1**

Po pierwsze, na zwiększenie możliwości dywersyfikacyjnych w ramach nowoczesnej strategii alokacji aktywów wpływa rozszerzenie spektrum inwestycyjnego o nowe klasy aktywów (o niespotykanych do tej pary charakterystykach stóp zwrotu i własnościach ograniczających ryzyko całkowite portfela), takich jak: zmienność ([7],[8]), kryptowaluty [3], aktywa reprezentujące portfele zbudowane na bazie czynników ryzyka z szerokiej gamy modeli wieloczynnikowych ([5], [6]). Po drugie, poprawna definicja kryteriów optymalizacyjnych wpływających na wybór określonych strategii i modeli na podstawie wyników w okresie testowym ([1], [4], [11]). Po trzecie, umiejętny wybór formy funkcyjnej modeli teoretycznych wykorzystywanych do alokacji aktywów ([5], [6]) dopasowanych do charakterystyki testowanych instrumentów oraz aktualnego stanu rynku kapitałowego [7].

##### **▪ Odpowiedź na Pytanie 2**

Optymalizacja parametrów strategii inwestycyjnych stanowiących podstawowe elementy modelu inwestycyjnego będącego podstawą nowoczesnej strategii alokacji aktywów to bardzo skomplikowany i złożony proces zawierający w sobie następujące etapy ([1], [2], [4]): wybór modelu/strategii inwestycyjnej, wybór odpowiednich instrumentów finansowych z wielu różnych rynków o różnych charakterystykach stóp zwrotu [11], definicja adekwatnych kryteriów optymalizacyjnych (łącznie z warunkami brzegowymi dla pojedynczych strategii), definicja zasad zarządzania gotówką, wybór odpowiednich metod optymalizacyjnych [1], sposób przeprowadzenia testów optymalizacyjnych, kompletna analiza wrażliwości otrzymanych wyników na parametry początkowe, a następnie reoptymalizacja, realokacja i rekonstrukcja systemu, w momencie pojawienia się nowych szeregów czasowych. Kluczowy element procesu konstrukcji automatycznych systemów inwestycyjnych stanowiących podstawowe składowe nowoczesnej strategii alokacji aktywów to ciągły proces reoptymalizacji, realokacji i rekonstrukcji systemu po okresie wstępnego testowania. Mając wszystkie wspomniane elementy odpowiednio zaplanowane i przeprowadzone zwiększamy prawdopodobieństwo osiągnięcia oczekiwanych wyników dla systemu inwestycyjnego w okresie poza próbą. Na koniec warto zaznaczyć, że w procesie tworzenia kompleksowego rozwiązania w ramach nowoczesnej strategii alokacji aktywów nie ma punktu końcowego, z uwagi na zmieniający się charakter rynków finansowych. Zakładając, że możemy znaleźć dodatkowe strategie inwestycyjne charakteryzujące się bardzo niską korelacją z obecnie stosowanym rozwiązaniem [4], to powinniśmy kontynuować proces dodawania kolejnych strategii do naszego kompleksowego rozwiązania. Powyższe oznacza, że wciąż jest ogromna przestrzeń do dalszych badań w tym zakresie.

### ▪ Odpowiedź na Pytanie 3

Na podstawie wyników otrzymanych w pracy [4] oraz [5] możemy stwierdzić, że konstrukcja kryteriów oceny strategii inwestycyjnych używanych w procesie optymalizacji ma kluczowy wpływ na zwiększenie prawdopodobieństwa otrzymania akceptowalnych wyników w okresie *out-of-sample*. Kryteria te powinny w odpowiedni sposób łączyć miary zysku i ryzyka (przynajmniej kilka różnych miar zmienności). Takie podejście pozwala wybierać jedynie strategie charakteryzujące się stabilnymi wynikami w okresie testowym, równo rozłożonymi w poszczególnych latach, a nie te które celowo dopasowują się do kilku skrajnych wydarzeń w okresie historycznym [11], notując maksymalne stopy zwrotu przy bardzo wysokim ryzyku. Dodatkowo, tworząc kompleksowy model inwestycyjny, bardzo istotna jest definicja brzegowych warunków, które powinny zostać spełnione dla strategii, które następnie wejdą w skład kompleksowego rozwiązania inwestycyjnego odpowiadającego za alokację aktywów.

### ▪ Odpowiedź na Pytanie 4

Prace [4], [5] i [8] pozwoliły na niestandardowy sposób spojrzenia na proces alokacji aktywów przechodząc od prostszych decyzji inwestycyjnych z obszaru alokacji aktywów w ramach standardowych instrumentów finansowych do obszaru alokacji w ramach różnych strategii inwestycyjnych. W tym przypadku strategie inwestycyjne rozumiemy jako oddzielne koncepcje inwestycyjne (zdefiniowane zgodnie z przypisem 4) albo portfele inwestycyjne reprezentujące określone czynniki ryzyka z modeli wieloczynnikowych będących rozwinięciem koncepcji Famy i Frencha (1993) czy Carharta (1997). Rezultaty prac [4], [5] i [8] pozwoliły odpowiedzieć twierdząco na to pytanie, a dodatkowo taki proces transformacji może być bardzo korzystny dla stopy zwrotu ważonej ryzykiem osiąganego na poziomie kompleksowej strategii alokacji aktywów.

### ▪ Odpowiedź na Pytanie 5

Artykuł [1] daje nam precyzyjną odpowiedź na to pytanie wskazując na różne techniki w ramach metod uczenia maszynowego, które obecnie możemy wykorzystać w procesie efektywnej optymalizacji parametrów naszych strategii inwestycyjnych składających się na podstawowe elementy nowoczesnej strategii alokacji aktywów. Wśród wielu innych możemy w tym miejscu wskazać takie metody jak metoda *Extended Hill Climbing*, metoda Kratki (ang. *Grid method*), czy metoda ewolucji różnicowej (ang. *Differential Evolution Method*), które pozwoliły na osiągnięcie bardzo podobnych wyników jak wyszukiwanie wyczerpujące w czasie stanowiącym jedynie 1/100 lub 1/1000 czasu potrzebnego dla wyszukiwania wyczerpującego. **Wyniki pracy [1] pokazały również, że algorytm poszukujący w ramach metod uczenia maszynowego może zostać zaprojektowany w sposób kładący nacisk na maksymalizację optymalnych wyników wśród bezpośrednich „sąsiadów” wybieranej strategii, zwiększając w ten sposób stabilność wybieranej koncepcji.** Wyniki artykułu [2] pokazują jednak, że w przypadku bardziej zaawansowanych technik, pozwalających na bardziej dokładne przeszukiwanie przestrzeni możliwych rozwiązań (np. SVM), granica dzieląca nas od przeoptymalizowania modelu jest bardzo cienka.

### ▪ Odpowiedź na Pytanie 6

Kompleksowa analiza estymatorów zmienności na danych wysokiej częstotliwości [9] pozwoliła przybliżyć nas do odpowiedzi na pytanie dotyczące najbardziej właściwej formuły do estymacji nieobserwowalnego procesu zmienności. Okazało się, że w przeciwieństwie do panującego poglądu w literaturze przedmiotu, nie tylko formuła ma kluczowe znaczenie dla efektywności i dokładności estymatora. Znacznie większy wpływ odgrywa wybór parametru  $\Delta$  i  $n$ , gdy próbujemy odpowiedzieć na pytanie dotyczące efektywności i dokładności estymatora. Otrzymane rezultaty potwierdziły, że najlepszy estymator powinien zawierać informacje zawarte nie tylko w cenach zamknięcia, ale również w rozpiętości cen pomiędzy minimum, a maksimum (estymatory zakresu zmian). Wyniki te mają kluczowe znaczenie dla



większości nowoczesnych strategii alokacji aktywów, gdzie zmienność pojawia się praktycznie na każdym etapie wyboru efektywnego portfela czy optymalnej strategii inwestycyjnej. W większości przypadków sposób pomiaru zmienności jest poza przedmiotem badań. Dodatkowo, praca [10] pozwoliła na zobrazowanie istotnych własności indeksów zmienności w kontekście szybkości ich reakcji na szoki zmienności pojawiające się na rynkach finansowych, a w związku z tym ich własności informacyjnych jako istotnych składowych w procesie tworzenia strategii inwestycyjnych [8].

#### ▪ **Odpowiedź na Pytanie 7**

Próba odpowiedzi na to pytanie przewijała się przez kilka prac ([7], [8], [10]) wymienionych w jednotematycznym cyklu. Odpowiedź nie jest oczywista ponieważ w dużym stopniu zależy od kompleksowości podejścia i wykorzystania nietrywialnej ekspozycji na zmienność w ramach zaawansowanej techniki inwestycyjnej. Dodanie ekspozycji na zmienność do zdywersyfikowanego portfela inwestycyjnego można ocenić jako korzystne w procesie optymalizacji zależności zysk/ryzyko tylko pod warunkiem, że jest wykonywane w profesjonalny sposób, przy pomocy odpowiednich instrumentów na zmienność, wybranych z uwzględnieniem struktury terminowej zmienności przy rygorystycznej analizie ryzyka [8]. W podsumowaniu artykułu [7] stwierdzono, że jest możliwość wykorzystania informacji ze struktury terminowej kontraktów terminowych VIX do skonstruowania zyskowej strategii na bazie kontraktów terminowych na indeks VIX i indeks S&P500, optymalizującej nasz współczynnik zysk/ryzyko w porównaniu do strategii kup i trzymaj dla indeksu S&P500. W artykule [10], na podstawie zidentyfikowanych własności indeksów zmienności (bardzo silna ujemna korelacja pomiędzy indeksem zmienności, a indeksem akcyjnym, szczególnie w momentach silnego wzrostu zmienności), pokazano jak wzrasta stopa zwrotu ważona ryzykiem jeżeli część udziału portfela akcyjnego alokujemy w indeks zmienności (docelowo w instrumenty pochodne na zmienność).

#### ▪ **Odpowiedź na Pytanie 8**

Na podstawie pracy [3] stwierdzamy, że optymalną strategią dla aktywów o wysokiej zmienności i silnym ruchu kierunkowym są podejścia oparte na procesie powrotu do średniej (np. strategię typu kontrarian), które pozwalają w najlepszy sposób zidentyfikować aktywa znajdujące się w ramach krótkookresowych korekt silnego trendu długookresowego. Praca [3] pozwoliła dodatkowo określić optymalne parametry strategii kontrarian, takie jak: okres realokacji portfela, szerokość okna rankingowego, czy liczba kryptowalut w portfelu. W kolejnej pracy [7], pokazano że istnieje możliwość wykorzystania informacji ze struktury terminowej kontraktów terminowych VIX do skonstruowania zyskowej strategii inwestycyjnej, poprzez uprzednie zidentyfikowanie cech charakterystycznych instrumentów pochodnych na aktywa o wysokiej zmienności, takich np. jak zależność przyszłej stopy zwrotu od nachylenia struktury terminowej kontraktów terminowych na zmienność (indeks VIX).

#### ▪ **Odpowiedź na Pytanie 9**

Rezultaty prac ([3], [8], [10]) obrazują pozytywny wpływ uwzględnienia nowych klas aktywów, takich jak zmienność ([8], [10]) czy krypto waluty [3] w procesie alokacji aktywów z punktu widzenia ich właściwości optymalizujących zależność zysk-ryzyko dla portfela inwestycyjnego.

#### ▪ **Odpowiedź na Pytanie 10**

Analiza modeli wieloczynnikowych stanowiących podstawę wielu strategii alokacji aktywów pozwala na zaproponowanie strategii inwestycyjnej opartej na portfelach replikujących czynniki ryzyka z modeli wieloczynnikowych ([5], [6]). Metodologia Markowitza zastosowana do portfeli stworzonych na bazie czynników ryzyka z modeli wieloczynnikowych pozwoliła na

osiągnięcie anormalnych zwrotów skorygowanych o ryzyko. Z drugiej strony, zastosowanie strategii inwestycyjnej opartej na braku równowagi w premii za ryzyko akcyjne nie prowadzi do uzyskania zyskownych wyników, jeśli weźmiemy pod uwagę stopę zwrotu skorygowaną o ryzyko.

▪ **Główne pytanie badawcze**

W odpowiedzi na to główne pytanie badawcze celowo wypunktuję najistotniejsze czynniki wpływające na proces testowania i ewentualnego przeoptymalizowania strategii inwestycyjnych w ramach nowoczesnej strategii alokacji aktywów, aby jeszcze bardziej podkreślić ich znaczenie:

- Wybór modelu alokacji lub techniki inwestycyjnej odpowiedzialnej za proces kupna-sprzedaży,
- Wybór odpowiedniego spektrum inwestycyjnego zawierającego instrumenty finansowych z wielu różnych rynków o różnych charakterystykach stóp zwrotu,
- definicja adekwatnych kryteriów optymalizacyjnych (łącznie z warunkami brzegowymi dla pojedynczych strategii),
- definicja zasad zarządzania gotówką,
- wybór odpowiednich metod optymalizacyjnych,
- testy optymalizacyjne,
- kompletna analiza wrażliwości na parametry początkowe,
- a następnie reoptymalizacja, realokacja i rekonstrukcja systemu, w momencie pojawienia się nowych szeregów czasowych.

Zaprezentowane w przedstawionych artykułach zbiorcze ujęcie problematyki nowoczesnej alokacji aktywów ze szczególnym uwzględnieniem tematyki nowych klas aktywów, najważniejszych czynników wpływających na proces przeoptymalizowania strategii inwestycyjnych oraz kluczowych etapów niekończącego się procesu testowania strategii inwestycyjnych w ramach kompleksowej koncepcji nowoczesnej strategii alokacji aktywów jest pierwszym takim podejściem w literaturze krajowej i w wielu aspektach nowatorskim w ramach literatury światowej.

Reasumując przeprowadzone w moich pracach rozważania, najważniejszymi osiągnięciami naukowymi w ramach przedstawionego cyklu stanowiącymi znaczący wkład w rozwój dyscypliny finanse są:

- Zaprojektowanie, adaptacja metodologii, policzenie oraz przedstawienie najważniejszych właściwości dywersyfikacyjnych dla pierwszego na polskim rynku kapitałowym indeksu zmienności VIW20 wyznaczonego na bazie danych wysokiej częstotliwości dla opcji na indeks WIG20 [10] oraz strategii pozwalających na wykorzystanie alokacji w zmienność.
- Analiza najważniejszych estymatorów zmienności prezentowanych w literaturze światowej pod kątem ich kluczowych parametrów wpływających na końcową wartość parametrów ryzyka w procesie alokacji aktywów. [9]
- propozycja i charakterystyka nowych klas aktywów zwiększających możliwości dywersyfikacyjne portfela w ramach nowoczesnej alokacji aktywów i rozszerzających je o kategorie instrumentów i portfeli o charakterystykach stóp zwrotu do tej pory nieuwzględnianych w tym procesie. ([3], [5], [8])

- zaproponowanie wieloetapowej techniki optymalizacji i agregacji sygnałów oraz budowy kompletnego systemu inwestycyjnego, która pozwoliła na uzyskiwanie porównywalnych wyników w okresie testowym i „poza próbą”. [4]
- Zdefiniowanie kluczowego elementu procesu konstrukcji automatycznych systemów inwestycyjnych stanowiących podstawowe składowe nowoczesnej strategii alokacji aktywów jako ciągłego procesu reoptymalizacji, realokacji i rekonstrukcji systemu inwestycyjnego po okresie wstępnego testowania. [4]
- Definicja kryteriów oceny strategii inwestycyjnych w taki sposób aby podkreślić znaczenie różnych miar ryzyka, a poprzez to zwiększyć prawdopodobieństwo wyboru strategii bardziej stabilnych wyników okresie testowym. ([1], [2], [4])
- Konstrukcja zyskowych algorytmów inwestycyjnych na podstawie informacji ukrytych w modelach wieloczynnikowych (w portfelach replikujących czynniki ryzyka). ([5], [6])

Podsumowując opisaną działalność naukową należy podkreślić nowatorski charakter podejmowanych tematów badawczych. Zdecydowana większość powstałych opracowań dotyczy zagadnień dotychczas nie poruszanych w literaturze polskiej. Wszystkie artykuły tworzące jednotematyczny ciąg publikacji zostały napisane i opublikowane w języku angielskim co umożliwia dyskurs międzynarodowy w ramach podjętej problematyki. W ramach tego dyskursu miałem okazję prezentować i dyskutować najnowsze wyniki swoich badań na ponad 30 konferencjach polskich i międzynarodowych odbywających się w Polsce, Europie i poza nią. Tematyka konferencji jest szczegółowo omówiona w punkcie 3.6.

## **2.5. Pozostałe wątki badawcze stanowiące osiągnięcia naukowe – poza jednotematycznym cyklem**

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych). Oprócz wskazanych powyżej szczegółowo opisanych 10 prac (wszystkie w języku angielskim) tworzących jednotematyczny cykl publikacji jestem autorem innych opracowań o charakterze naukowym opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora. Szczegółowy wykaz tych publikacji znajduje się w Załączniku 4. Do pozostałych kierunków badawczych związanych z moimi zainteresowaniami naukowymi zaliczam zagadnienie opisane w punktach od 2.5.1.-2.5.5.

### **2.5.1. Prace rozszerzające wątki ujęte w jednotematycznym cyklu publikacji.**

Do tych zagadnień zaliczam następujące tematy: algorytmiczne strategie inwestycyjne, identyfikacja anomalii rynku kapitałowego, hipoteza efektywności rynku, indeksy zmienności na danych wysokiej częstotliwości – ich metodologia i wykorzystanie w praktyce. Te zagadnienia zacząłem rozwijać w latach 2006-2009 i w praktyce kontynuuję badania w ich ramach do dnia dzisiejszego [32]. Wyniki tych badań były prezentowane na konferencjach polskich i zagranicznych. W ramach tych zainteresowań poza już wymienionymi w ramach jednotematycznego cyklu, powstały publikacje: [12], [25], [13], [23], [32].

Opracowanie Ślepaczuk (2006) [12] przedstawia zagadnienie efektywności rynku, ze szczególnym uwzględnieniem odstępstw od obowiązującego podejścia, które w teorii finansów określane są mianem anomalii rynku kapitałowego. Praca koncentruje się na kluczowym aspekcie współczesnych finansów, jakim niewątpliwie są rozważania na temat hipotezy efektywności rynku. Artykuł ten miał na celu przedstawienie podstawowych anomalii rynku kapitałowego, opisywanych zarówno w literaturze polskiej, jak i światowej.

Celem artykułu Strawiński i Ślepaczuk (2008) [23] była analiza występowania podstawowych anomalii rynku kapitałowego opisanych jako odstępstwa od hipotezy efektywności rynku w sensie informacyjnym w formie słabej. Badanie zostało przeprowadzone na podstawie

danych wysokiej częstotliwości (5minut) dla kontraktów terminowych na indeks WIG20. Rezultaty badania wskazały na występowanie w analizowanych danych efektu dnia tygodnia i godziny w ciągu dnia. Otrzymane wyniki potwierdziły początkową hipotezę, że polski rynek akcyjny nie jest efektywny w sensie informacyjnym.

Artykuł Latoszek i Ślepaczuk (2019) [32] skupiał się na analizie korzyści inwestycyjnych z włączenia ekspozycji na zmienność do zdywersyfikowanego portfela z perspektywy polskiego inwestora. Temat ten był szeroko badany w Stanach Zjednoczonych i Europie, podczas gdy polski rynek wydawał się być niedostatecznie zbadany w tym zakresie. Badanie obejmowało okres od października 2010 r. do lipca 2018 r. i zostało przeprowadzone na danych dziennych. W celu skonstruowania analizowanych portfeli, zastosowano podejście średniej-wariancji (ang. *mean-variance*) i taktykę opartą na naiwnej dywersyfikacji. Porównanie zwrotów skorygowanych o ryzyko pomiędzy inwestycjami z ekspozycją na zmienność i bez niej, nie potwierdziło pozytywnych korzyści wynikających z dodania ekspozycji na zmienność z punktu widzenia polskiego inwestora.

Najważniejszymi osiągnięciami naukowymi charakteryzowanego obszaru zainteresowań badawczych była identyfikacja nieefektywności rynku w postaci anomalii rynku kapitałowego oraz możliwość definiowania strategii inwestycyjnych pokonujących rynek na bazie danych historycznych oraz zidentyfikowanych nieefektywności.

### **2.5.2. Wycena instrumentów pochodnych i analiza ich własności na danych wysokiej częstotliwości.**

Kierunek te rozwijałem w latach 2009-2011, między innymi w ramach prac nad grantem badawczym NCN o nr rej. N N113 241336, pt.: Modele wyceny opcji wykorzystujące dane o wysokiej częstotliwości, analiza ich wrażliwości, oraz próba interpretacji ich wyników dla określenia stopnia rozwoju rynku kapitałowego, kierowanym przez dr hab., prof. UW Ryszarda Kokoszcyńskiego. W ramach tego projektu opublikowane zostały następujące prace: [26], [24], [21], [22].

Artykuł Kokoszcyński i in. (2010) [26] skupiał się na małym wycinku bardzo szerokiej tematyki modeli wyceny instrumentów pochodnych oraz własności estymatorów zmienności, szczególnie w kontekście ich wykorzystania w tego typu modelach. Celem badania było przeanalizowanie własności zmienności zrealizowanej, obliczonej dla różnych wartości parametru  $\delta$  oraz uśrednionej za pomocą różnych wartości parametru  $n$ , w kontekście wykorzystania tego estymatora w procesie szacowania ceny opcji w modelu Blacka. Otrzymane wyniki potwierdziły wcześniejszą intuicję o braku różnic pomiędzy modelami wyceny w przypadku wykorzystania estymatora RV oszacowanego na podstawie różnych interwałów  $\delta$  (od 10s do 5min), a z drugiej strony zauważona istotną poprawę wycen w przypadku uśrednionego estymatora RV (wraz ze zwiększaniem się parametru  $n$ ) w modelu Blacka wyceny opcji. Próba określenia cech estymatora, który będzie najlepiej się sprawdzał jako parametr zmienności w modelu wyceny opcji, nie jest jednak zadaniem trywialnym. W odniesieniu do zmienności zrealizowanej zauważamy istotny wpływ parametru  $n$  (czyli efektu uśredniania) oraz brak wpływu interwału  $\delta$  w przypadku małej jego rozpiętości weryfikowanej w niniejszym badaniu.

W artykule Kokoszcyński i in. (2017) [21] przeanalizowano zachowanie modeli wyceny opcji przy użyciu 5-minutowych danych transakcyjnych dla opcji na indeks Nikkei225. Porównano 6 różnych modeli wyceny opcji: model Blacka (1976) z różnymi założeniami dotyczącymi procesu zmienności (zmienność realizowana z wygładzaniem i bez, zmienność historyczna i zmienność implikowana), stochastyczny model zmienności Hestona (1993) i model GARCH (1,1). Aby ocenić jakość modelu, użyto wskaźnika MAPE policzonego na podstawie różnic między teoretycznymi i transakcyjnymi cenami opcji. Wyniki zostały zaprezentowane w

podziale na 5 klas *moneyness*, 5 różnych czasów do wygaśnięcia i dla 2 typów opcji (call i put). Najlepszym modelem okazał się model Blacka ze zmiennością implikowaną (BIV), a najgorszym GARCH (1,1). Zarówno w przypadku opcji call, jak i put obserwowano wyraźną zależność między średnim błędem, a współczynnikiem *moneyness*: wysokie wartości błędów dla opcji *deepOTM* i najlepsze dopasowanie do opcji *deepITM*. Wartości błędów zależały również od czasu do terminu zapadalności, chociaż zależność ta powiązana była ze współczynnikiem *moneyness*. Dla opcji o niskiej wartości (*deep OTM* i *OTM*), uzyskano niższe błędy dla dłuższych terminów do wygaśnięcia. Z drugiej strony, dla opcji o wysokiej wartości (*ITM* i *deep ITM*) błędy były niższe dla opcji o krótkich okresach do terminu zapadalności. Uzyskano podobną średnią wartość błędów dla opcji call i put. Co więcej, nie zauważono żadnej przewagi skomplikowanych i czasochłonnych obliczeniowo modeli nad tymi o prostszej konstrukcji i formie funkcyjnej.

Główną ideą artykułu Kokoszcyński i in. (2019) [22] było sprawdzenie skuteczności modelu wyceny opcji Black na podstawie danych z rynków wschodzących o wysokiej częstotliwości. Jednak ograniczenia płynności - typowa cecha wschodzącego rynku instrumentów pochodnych - nakładały poważne ograniczenia na przeprowadzenie takiego badania na danych transakcyjnych. W związku z powyższym skoncentrowano się na kwotowaniach średnich (ang. *mid*) zamiast danych transakcyjnych, mając świadomość, że mogą one nie być właściwą reprezentacją cen rynkowych. W tym artykule porównano wyniki na danych transakcyjnych i kwotowaniach średnich o wysokiej częstotliwości. Porównanie to pokazało, że wyniki nie różniły się znacząco między tymi dwoma podejściami i że model Blacka z implikowaną zmiennością (BIV) znacznie przewyższał inne modele, zwłaszcza model Blacka ze zrealizowaną zmiennością (BRV).

Najnowszy artykuł Sakowski i Ślepaczuk (2019) [33] kontynuuje badania w ramach tematyki wyceny opcji, ale skupia się na wzajemnych zależnościach pomiędzy zmiennością zrealizowaną, a implikowaną, szczegółowo analizując zależności pomiędzy nimi dla różnych terminów zapadalności, jak i poziomów *moneyness*. Badanie zostało przeprowadzone na danych wysokiej częstotliwości (1min), co pozwoliło jednocześnie skupić się na śróddziennych charakterystykach zachowania zmienności.

Najważniejszymi osiągnięciami naukowymi charakteryzowanego obszaru zainteresowań badawczych była identyfikacja modeli najlepiej dopasowanych do danych empirycznych (model Blacka ze zmiennością implikowaną).

### **2.5.3. Analiza nowych klas aktywów, łącznie z tymi potencjalnymi, w kontekście ich wykorzystania w procesie alokacji aktywów.**

Kierunek te rozwijałem w latach 2012-2014 w ramach grantu badawczego NCN, nr: UMO-2011/03/B/HS4/02298, pt.: Analiza struktury terminowej kontraktów terminowych na zmienność (indeks VIX), Wpływ fluktuacji zmienności na zachowanie się innych klas aktywów, kierowanego przez dr hab., prof. UW Ryszarda Kokoszcyńskiego. W ramach tego grantu oraz moich zainteresowań badawczych związanych z tym tematem, poza już wymienionymi w ramach jednotematycznego cyklu, opublikowane zostały następujące prace: [14], [15], [16], [17], [28]

Opracowanie Jabłecki i in. (2012) [14] przedstawia główne koncepcje dotyczące pomiaru, prognozowania i modelowania zmienności cen instrumentów finansowych z perspektywy wyceny opcji. Efektywna estymacja zmienności opiera się na wykorzystaniu danych śróddziennych i koncepcji zmienności zrealizowanej (czyli sumy kwadratów stóp zwrotu obliczonych w bardzo krótkich, np. 5-minutowych, odstępach czasu) lub zrealizowanego zakresu zmian. Wydaje się także, że zmienność daje się przynajmniej w jakimś stopniu prognozować, przy czym najlepsze prognozy pochodzą z cen opcji kwotowanych na rynku.



Jest to zresztą zgodne z teorią prognozowania, ponieważ przewidywania rynkowe powinny być oparte na szerszym zbiorze informacji niż prognozy oparte na analizie szeregów czasowych. Literatura dotycząca prognozowania zmienności nie mówi jednak na ogół wiele o tym, jak uzyskane oszacowania zastosować w praktyce do skonstruowania zabezpieczonej pozycji opcyjnej, a w związku z tym jak poprawnie wyceniać opcje. Słynny wzór Blacka-Scholesa, w którym zmienność jest właściwie jedynym nieznanym parametrem, został wyprowadzony przy założeniu, że zmienność jest stała. Sformułowanie prognozy zmienności i podstawianie jej do wzoru byłoby więc z logicznego punktu widzenia błędne, bo poprawnie oszacowany parametr zostałby wprowadzony do niepoprawnego modelu. Okazuje się jednak, że możliwe jest zachowanie ducha teorii Blacka-Scholesa także przy założeniu niestałej zmienności, będącej funkcją czasu, czasu i ceny instrumentu bazowego, a nawet zmienną czysto stochastyczną. Każdy z tych modeli pozwala na uchwycenie jakiegoś elementu empirycznie obserwowanego charakteru zmienności (a w szczególności jej wyceny rynkowej) i w każdym możliwe jest zbudowanie zabezpieczonej pozycji opcyjnej i sformułowanie równania różniczkowego, którego rozwiązaniem (przy danych warunkach brzegowych) jest cena opcji. Wprawdzie na ogół nie jest już możliwe zapisanie wzoru na cenę opcji w postaci jawnej, ale daje się odtworzyć strukturę cen rynkowych metodami numerycznymi.

W artykule Jabłecki i in (2014) [16] przedstawiono prostą parametryzację powierzchni zmienności w opcjach, których instrumentem bazowym jest zmienność implikowana z opcji na S&P500 wyrażona indeksem VIX. W szczególności pokazano, że: (i) zmienność implikowana opcji ATM na indeks VIX jest silnie skorelowana z uśmiechem zmienności opcji na S&P 500; (ii) zmienność implikowana ATM opcji na VIX zmniejsza się wykładniczo wraz z terminem wygaśnięcia opcji; (iii) uśmiech zmienności opcji na VIX daje się dobrze opisać za pomocą popularnego modelu zmienności stochastycznej SABR. Wykorzystując proste reguły kciuka opisane w pkt. (i)-(iii) można podać cenę (zmienność implikowaną) opcji na VIX o dowolnym terminie i cenie wykonania, otrzymując wartość zbliżoną do rynkowej.

W ramach opracowania Jabłecki i in (2015) [17] przedstawiono dwa główne instrumenty na zmienność (kontrakty futures i swapy wariacji) jako reprezentantów nowej klasy aktywów i ich analizę z punktu widzenia optymalizacji portfela inwestora. Na podstawie danych z rynku amerykańskiego przeanalizowano efekt dodania do portfela składającego się początkowo z akcji i obligacji ekspozycji na zmienność w formie: a) długiej pozycji w zmienności implikowanej, b) krótkiej pozycji w zmienności zrealizowanej oraz c) kombinacji krótkiej pozycji w zmienności zrealizowanej i długiej pozycji z zmienności implikowanej. Wyniki pokazały, że dodanie do portfela ekspozycji na zmienność pozwala istotnie poprawić jego efektywność. Największą korzyść – maksymalizację stopy zwrotu i minimalizację ryzyka mierzonego VaR – można jednak odnieść dopiero, uwzględniając jednocześnie oba kierunki ekspozycji na zmienność.

Najważniejszymi osiągnięciami wymienionego powyżej obszaru jest dokładne scharakteryzowanie zmienności jako nowej klasy aktywów.

#### **2.5.4. Modele wieloczynnikowe dla indeksów akcyjnych krajów rozwiniętych i rozwijających się.**

Kierunek ten rozwijałem w latach 2015-2016 jako kierownik grantu badawczego NCN nr UMO-2014/13/B/HS4/03209, w ramach projektu OPUS-7 realizowanego na WNE UW: *Analiza czynników wpływających na premię za ryzyko dla indeksów akcyjnych z wykorzystaniem modeli przelącznikowych*. W ramach tego projektu poza już wymienionymi w ramach jednotematycznego cyklu, opublikowane zostały następujące prace: [18], [19], [20], [29].

Głównym celem Artykuł Sakowski i in (2015) [18] było rozszerzenie klasycznego modelu Famy-Frencha (1993) i Carhart (1997) dla globalnych indeksów akcyjnych. Postanowiono sprawdzić odporność wyników szacowanych modeli dla szerokiego zestawu indeksów akcyjnych, zamiast pojedynczych akcji dla danego kraju. Taka modyfikacja pozwoliła na oszacowanie premii za ryzyko kapitałowe dla pojedynczego kraju. Jednakże, wymagało to kilku poprawek do wcześniej stosowanej metodologii dla pojedynczych akcji. Uzyskane dowody empiryczne ujawniły istotne różnice między konwencjonalnymi modelami szacowanymi dla pojedynczych akcji, międzynarodowe lub amerykańskich, oraz modelami obejmującymi całe rynki. Nowatorskie podejście do tego zagadnienia pokazało, że rozbieżności między indeksami krajów rozwiniętych, a indeksami krajów rozwijających się są trwałe. Dodatkowo, badania dla danych tygodniowych dla indeksów akcyjnych przedstawiły uzasadnienie wyjaśnienia różnic w premii za ryzyko kapitałowe dla portfeli posortowanych według różnych kryteriów.

Artykuł Sakowski i in (2016) [19] skupiał się na analizie metod ekonometrycznych stosowanych do oszacowania parametrów modeli wieloczynnikowych. Zdaniem autorów pytanie o odporność oszacowań wieloczynnikowych modeli wyceny aktywów finansowych uzyskanych za pomocą MNK na niespełnienie założeń nie powinno być ignorowane. Celem niniejszego artykułu była analiza diagnostyczna wyników oszacowań modelu pięcioczynnikowego dla 81 indeksów giełdowych przeprowadzona w Sakowski i in. (2016) [6]. Weryfikacja założeń modelu wskazała na obecność autokorelacji i heteroskedastyczności czynnika losowego, a także występowanie efektów ARCH. Analiza obejmowała także identyfikację obserwacji wpływowych oraz weryfikację obecności współliniowości wśród czynników. W końcowej części zaprezentowano porównanie oszacowań uzyskanych za pomocą Metody Najmniejszych Kwadratów, Metody Największej Wiarygodności oraz Uogólnionej Metody Momentów. Wszystkie trzy metody dały bardzo zbliżone oszacowania i pozwały wyciągnąć ten sam zestaw wniosków dla analizowanego modelu pięcioczynnikowego.

Artykuł Sakowski i in (2016) [20] miał na celu rozszerzenie klasycznego wieloczynnikowego modelu Carharta (1997) i rozszerzenie analizy przeprowadzonej w Sakowski i in. (2015) [18]. Przetestowano kilka modyfikacji modeli wieloczynnikowych w celu uwzględnienia różnej dynamiki nadwyżkowych stóp zwrotu pomiędzy indeksami akcyjnymi krajów rozwiniętych i rozwijających się. Proponowane rozszerzenia obejmowały mechanizm przełączania reżimów zmienności i trzy nowe czynniki ryzyka. Dodatkowo, wprowadzono zmienne wspólne i specyficzne dla danego kraju w celu kontroli globalnego ryzyka. Zamiast pojedynczych akcji użyto tygodniowych danych dla 81 światowych indeksów w latach 2000–2015. Zaobserwowano istotne różnice między wynikami dla klasycznych modeli szacowanych dla pojedynczych akcji i modeli dla indeksów akcyjnych. Ponadto zauważono stałe rozbieżności między wynikami dla krajów rozwiniętych i rozwijających się. Wprowadzenie nowych czynników ryzyka i dodatkowych zmiennych zwiększyło moc wyjaśniającą modeli.

Najważniejszymi osiągnięciami wymienionego powyżej obszaru jest bardzo dokładny przegląd metodologiczny modeli wieloczynnikowych na danych dla indeksów giełdowych ponad 80 krajów świata, identyfikacja różnic pomiędzy dopasowaniem modeli wieloczynnikowych dla krajów rozwiniętych i rozwijających się oraz pokazanie możliwości efektywnej alokacji aktywów przy pomocy metodologii Markowitza w portfela replikujące czynniki ryzyka z modeli wieloczynnikowych.

### **2.5.5. Efektywność strategii inwestycyjnych na rynku kryptowalut.**

W ramach tych zainteresowań skupiam się nie tylko na strategiach inwestycyjnych na krypto walutach ale również na efektywności i możliwości funkcjonowania całego systemu krypto walut, gdzie tzw. „wydobywanie” nowych krypto walut, szczególnie w ramach potwierdzania

zawartych transakcji jest bardzo kluczowym elementem w ramach dołączania kolejnych bloków do łańcucha „blockchain”. Kierunek ten rozwijam obecnie jako kierownik wewnętrznego projektu pod wspólnym tytułem: „Algorytmiczny trading na krypto walutach” realizowanego w ramach ośrodka badawczego Quantitative Finance Research Group na WNE UW (QFRG WNE UW). W ramach tego projektu, powstał nasz ostatni artykuł badawczy, Jabłczyńska i in. (2018) [52], którego głównym celem była analiza wydajności wydobywania BTC w obecnych warunkach rynkowych. Po dokładnej analizie wstępnych założeń dotyczących (1) ceny „koparki” i jej efektywnego okresu amortyzacji, (2) trudność i „hash rate” sieci BTC, (3) opłat transakcyjnych BTC i (4) kosztu energii, stwierdzono, że obecnie wydobywanie BTC nie jest opłacalne, z wyjątkiem rzadkich przypadków. Główną przyczyną tego zjawiska jest szybki i nieprzewidywalny wzrost trudności sieci BTC w czasie, co powoduje spadek udziału zakupionych „koparek” w „hash rate” sieci BTC. Badania zostały rozszerzone o szczegółową analizę wrażliwości efektywności wydobywania na założenia parametrów początkowych, co pozwoliło zauważyć, że w obecnych warunkach rynkowych jest bardzo mało szansa na to aby wydobywanie BTC stało się opłacalne.

Najważniejszymi osiągnięciami wymienionego powyżej obszaru jest rozpoczęcie testowania algorytmicznych strategii inwestycyjnych na nowym, powstającym rynku krypto walut oraz szczegółowa analiza opłacalności „wydobywania” bitcoina, a więc strony odpowiedzialnej za potwierdzanie transakcji a idąc dalej umożliwiającej istnienie całego blockchaina w BTC.

### 3. Charakterystyka osiągnięć naukowo-badawczych wnioskodawcy

#### 3.1. Studia doktoranckie

Studia doktoranckie rozpocząłem na Uniwersytecie Warszawskim na Wydziale Nauk Ekonomicznych od razu po studiach magisterskich w 2001 roku. Pracę doktorską pod tytułem: „Efektywność rynku indeksowych i akcyjnych kontraktów terminowych” napisałem pod kierunkiem prof. dr hab. Witolda Kozińskiego, a studia doktoranckie zakończyłem w terminie w roku 2005.

W pracy doktorskiej skupiłem się na weryfikacji hipotezy efektywności rynku w sensie informacyjnym, wykorzystując nie tylko testy ekonometryczne, ale również podejście oparte na tworzeniu strategii inwestycyjnych i testowaniu sygnałów z nich wynikających opartych na wskazaniach technicznych statystycznych lub fundamentalnych, odnosząc się w ten sposób do formy słabej i pól silnej EMH. Wiedza o stopniu efektywności rynku pozwala teoretykom finansów i praktykom rynku kapitałowego projektować strategie inwestycyjne pokonujące rynek, przynoszące ponadprzeciętne stopy zwrotu w porównaniu do odpowiednich benchmarków.

#### 3.2. Główne zainteresowania badawcze

Moje główne zainteresowania badawcze skupiają się na następujących tematach:

- Modelowanie i prognozowanie stóp zwrotu i zmienności na rynkach finansowych [9], [10],
- Estymatory zmienności oraz indeksy zmienności obliczane na danych wysokiej częstotliwości [9], [10],
- Teorie i modele alokacji aktywów oparte na podejściu ilościowym [3], [5], [6], [11],
- Algorytmiczne systemy inwestycyjne – tworzenie i testowanie [1], [2], [3], [7], [8], [11],
- Wycena i analiza ryzyka instrumentów finansowych, ze szczególnym uwzględnieniem instrumentów pochodnych [4], [9],
- Modelowanie i zarządzanie ryzykiem instrumentów finansowych [9],



Tematy te rozwijane są głównie w projektach badawczych oraz mniejszych artykułach mających na celu wyjaśnienie pewnych szczegółów większego problemu lub bardziej kompleksowe podejście do zagadnienia.

### 3.3. Plany naukowe wnioskodawcy

Obecnie przygotowujemy wniosek o finansowanie projektu badawczego z zakresu badań podstawowych - OPUS w ramach NCN, pt: *Analiza wpływu skośności rozkładu stóp zwrotu na właściwości modeli wyceny opcji oraz na efektywność systematycznych strategii opcyjnych. Badanie oparte na opcjach na indeksy giełdowe*. Projekt będzie realizowany wspólnie z dr Pawłem Sakowskim i doktorantami z Zakładu Finansów Ilościowych.

### 3.4. Zestawienie ilościowe publikacji

Od momentu zakończenia doktoratu, tj. od 2006 do 2019 roku opublikowałem samodzielnie lub we współautorstwie łącznie ponad 50 prac naukowych:

- 1 monografię w języku angielskim,
- 7 rozdziałów w monografiach (w tym 3 w języku angielskim),
- 22 artykuły w czasopismach (w tym 16 w języku angielskim). Jeden z tych artykułów został opublikowany w czasopiśmie posiadającym Impact Factor (Physica A: Impact Factor: 2.132, a 5-Year Impact Factor: 2.076),
- 3 publikacje w druku,
- 19 working paperów w języku angielskim,
- 2 raporty i ekspertyzy,
- 6 materiałów dydaktycznych do prowadzonych przeze mnie zajęć,
- 7 recenzji.

Dodatkowo, obecnie 3 moje publikacje znajdują się w druku (1 w języku polskim i 2 w języku angielskim). Warto zaznaczyć, że w większość mojego dorobku naukowego (ponad 80%) została opublikowana w języku angielskim.

W okresie 2006-2019 byłem również recenzentem artykułów i opracowań naukowych zgłaszanych do czasopism polskich jak i międzynarodowych czasopismach takich jak: *Ekonomia*, *Central European Economic Journal*, *Journal of Applied Economics Sciences*, *eFinanse*, czy *Physica A*.

W konsekwencji opracowanych i opublikowanych publikacji zgromadziłem 334<sup>7</sup> punkty według wskaźników publikacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Informacje o wszystkich moich publikacjach z lat 2006-2019, w rozbiciu na poszczególne lata, przedstawiam w Tabeli 1, a dodatkowo opisuję szczegółowo w Załączniku 4.

---

<sup>7</sup> W przypadku publikacji zamieszczonych w tym zestawieniu zastosowano punktację zastosowaną przy okazji parametryzacji jednostek naukowych w roku 2017, zgodnie z informacją zawartą na stronie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

**Tabela 1.** Sumaryczne ilościowe zestawienie mojego dorobku naukowego

Typ publikacji	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Razem	Punkty MNiSW
Monografie w języku angielskim									1						1	25
Rozdziały w monografiach po polsku								1	1	1			1		4	20
Rozdziały w monografiach w języku angielskim	1		1		1										3	15
Publikacje w czasopismach po polsku	1	1					1	1	1	1					6	78
Publikacje w czasopismach w języku angielskim			2				1	1	1	1	4	1	2	3	16	196
Publikacje w druku po polsku														1	1	0
Publikacje w druku w języku angielskim														2	2	0
Working Papers			1	2	3		1		4	1	3		3	1	19	0
Ekspertyzy / Raporty niepublikowane					1		1								2	0
<b>Razem</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>54</b>	<b>334</b>
<b>Punkty MNiSW</b>	<b>19</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>53</b>	<b>57</b>	<b>13</b>	<b>29</b>	<b>56</b>	<b>334</b>	
Materiały dydaktyczne	3	2	1												6	
Recenzje	1		1			1			1	1	1	1			7	

### 3.5. Wykaz realizowanych i zakończonych projektów naukowo-badawczych

Konsekwencją rozwijania zainteresowań opisanych wcześniej w ramach głównych obszarów badawczych było zaangażowanie w realizację różnych projektów naukowych. Po uzyskaniu stopnia doktora, uczestniczyłem w pięciu projektach badawczych o charakterze naukowo-badawczym, z czego trzy były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki, a dwa przez jedną z największych na świecie giełd instrumentów pochodnych EUREX. W trzech z nich byłem kierownikiem, a w dwóch wykonawcą.

Obecnie kieruję projektem realizowanym w ramach QFRG pod tytułem: „Algorytmiczny trading na krypto walutach”, poświęconym analizie efektywności podstawowych strategii inwestycyjnych na rynku krypto walut, takich które wcześniej były testowane na rynkach regulowanych dla podstawowych kategorii aktywów (akcje, obligacje, towary, waluty, itd.)

Funkcje, które pełnię i pełniłem w projektach obejmowały zarówno aspekty merytoryczne (wykonawca), jak i związane z kierowaniem i organizowaniem pracy badawczej (kierownik). Wszystkie ukończone projekty zakończyły się realizacją postawionych celów, a ich rezultaty zostały przyjęte przez zleceniodawców.

Lista projektów badawczych w których uczestniczyłem po uzyskaniu stopnia doktora przedstawia się następująco:

[1] 2009-2011 rok. **Uczestnik grantu NCN** o nr rej. N N113 241336, pt.: *Modele wyceny opcji wykorzystujące dane o wysokiej częstotliwości, analiza ich wrażliwości, oraz próba interpretacji ich wyników dla określenia stopnia rozwoju rynku kapitałowego*, kierowanego przez dr hab., prof. UW Ryszarda Kokoszcyńskiego. Projekt realizowany wspólnie z dr Natalią Nehrebecką, dr Pawłem Sakowskim i dr Pawłem Strawińskim. Wartość grantu: 129 000 PLN. W ramach grantu odpowiadałem za następujące czynności:

- Zgromadzenie, przygotowanie i przekształcenie danych,
- Przegląd badań, wybór modeli oraz metod ich estymacji,
- Implementacja modeli stanowiących przedmiot badania w stosowanym oprogramowaniu,
- Szacowanie parametrów uzyskanych modeli, oraz analiza ich własności,
- Analiza wrażliwości uzyskanych wyników.

[2] 2011-2012. **Kierownik komercyjnego grantu** pt.: *„Replicating hedge fund strategies using Eurex products.”* realizowanego na WNE UW przez QFRG we współpracy z Exchange & Deutsche Börse Group. W ramach grantu kierowałem grupą siedmiu studentów i współuczestniczyłem w tym projekcie. Projekt ten składał się z dwóch oddzielnych podprojektów o następującej tematyce: *“Replicating long/short hedge fund strategies using time-varying linear regression models”* i *“Replicating mutual fund strategies using linear regression models”*.

[3] 2012-2014 rok. **Uczestnik grantu NCN (główny wykonawca)**, nr: UMO-2011/03/B/HS4/02298, w ramach konkursu OPUS-2 realizowanego na WNE pt.: *Analiza struktury terminowej kontraktów terminowych na zmienność (indeks VIX), Wpływ fluktuacji zmienności na zachowanie się innych klas aktywów*, kierowanego przez dr hab., prof. UW Ryszarda Kokoszcyńskiego. Projekt realizowany wspólnie z dr Pawłem Sakowskim, dr Piotrem Wójcikiem i dr Juliuszem Jabłeckim. Wartość grantu: 301 000 PLN. W ramach grantu odpowiadałem za następujące czynności:

- Zgromadzenie i analizę danych,
- Przygotowanie przeglądu literatury,
- Opracowanie koncepcji oraz metodologii głównych artykułów weryfikujących kluczowe hipotezy badawcze,
- Analiza oraz opis otrzymanych rezultatów,
- Przygotowanie i napisanie książki,

[4] 2013-2014 rok. **Kierownik komercyjnego grantu** pt.: *„ Generalized Momentum Asset Allocation using MSCI indexes licensed by Eurex Exchange”* realizowanego na WNE UW przez QFRG we współpracy z Exchange & Deutsche Börse Group. W ramach grantu kierowałem grupą sześciu studentów i współuczestniczyłem w tym projekcie. Głównym celem tego projektu jest połączenie alternatywnych metod, które mogłyby zostać zastosowane w ramach *Tactical Asset Allocation*, w celu stworzenia *Generalized Momentum Asset Allocation Model*. Nasze podejście wykorzystuje różne momenty rozkładu: średnią, wariancję, skośność i kurtozę. Przy pomocy prostych funkcji liniowych połączono wszystkie czynniki i zastosowano przeszukiwanie siatki w celu znalezienia optymalnych parametrów. Zaprezentowane zostały testy historyczne dla rozważanych modeli w oparciu o 26 krajowych indeksów akcji MSCI.

[5] 2015 -2016 rok. **Kierownik grantu NCN** nr UMO-2014/13/B/HS4/03209, w ramach konkursu OPUS-7 realizowanego na WNE UW: *Analiza czynników wpływających na premię za ryzyko dla indeksów akcyjnych z wykorzystaniem modeli przetącznikowych*. Projekt realizowany wspólnie z dr Pawłem Sakowskim i Mateuszem Wywiąłem. Wartość grantu: 138 720 PLN. W ramach grantu odpowiadałem za następujące czynności:

- Szczegółowy opis literatury,
- Zgromadzenie, przygotowanie i przekształcenie danych do odpowiednich częstotliwości,
- Wybór modeli oraz metod ich estymacji,
- Identyfikacja nowych czynników ryzyka oraz możliwości ich implementacji w modelach wieloczynnikowych,
- Analiza stabilności modelu oraz wrażliwości uzyskanych wyników,
- Weryfikacja teoretycznej postaci modelu i jego empirycznych właściwości na danych *out-of-sample*,
- Implikacje otrzymanych rezultatów dla dalszego rozwoju polityki inwestycyjnej,

[6] 2017-2019 rok. **Kierownik projektu** realizowanego w ramach QFRG pod wspólnym tytułem: „Algorytmiczny trading na krypto walutach”. Głównym celem projektu jest przetestowanie efektywności podstawowych strategii inwestycyjnych na rynku krypto walut, takich które wcześniej były bardzo szeroko testowane na rynkach regulowanych dla podstawowych kategorii aktywów (akcje, obligacje, towary, waluty, itd.)

### 3.6. Zestawienie ilościowe konferencji i seminariów naukowo-badawczych

Podsumowując opisaną działalność naukowo-badawczą należy zaznaczyć, że moje działania publikacyjne były wspierane uczestnictwem w licznych konferencjach międzynarodowych i krajowych oraz seminariach naukowo-badawczych organizowanych przez: Wydział Matematyki, Mechaniki i Informatyki Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, NYU Stern School of Business, Wydział Ekonomii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Ekonomii Uniwersytetu Warszawskiego, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, EUREX, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny Uniwersytetu Łódzkiego, Polskie Towarzystwo Ekonomiczne, Wydział Matematyki Stosowanej AGH, Wydział Ekonomii i Zarządzania Uniwersytetu Aix-Marseille, Leibniz Universität Hannover, GPW w Warszawie, European Finance Association, Wydział Ekonomii na Uniwersytecie w Kopenhadze, Deutsche Bundesbank, ECB and Centre for Financial Studies we Frankfurcie w Niemczech.

W ramach działalności popularyzatorskiej i współpracy międzynarodowej współorganizowałem szereg konferencji i seminariów na WNE UW. W ramach działalności popularyzatorskiej i współpracy pomiędzy różnymi dziedzinami nauki byłem również współorganizatorem seminariów odbywających się na Wydziale Matematyki, Informatyki i Mechaniki UW. Listę organizowanych konferencji i seminariów przedstawiam w punkcie 9.3 Załącznika 5.

Po uzyskaniu stopnia doktora wygłosiłem ponad 30 referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach i seminariach naukowo-badawczych. Siedmiokrotnie występowałem na konferencjach za granicą, a większość konferencji organizowanych w Polsce miało charakter międzynarodowy – wygłaszałem na nich referaty w języku angielskim. Wykaz wszystkich konferencji i seminariów w których uczestniczyłem w latach 2006-2019 uszeregowanych w odwróconym porządku chronologicznym (od najnowszego do najstarszego) przedstawia się następująco:

1. 20.XI.2018, MIMUW, konferencja QuantDay zorganizowana przez Koło Naukowe Finansów Obliczeniowych MIMUW oraz Fundację Rozwoju Zawodowego QuantFin, Warszawa, prezentacja pt.: *How can we test algorithmic trading strategies?*

2. 8.IX.2018, Wydział Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego, seminarium badawcze pt: *Why you should NOT invest in BTC mining? ... and other cryptocurrency issues so far not explained*, zorganizowane wspólnie przez QFRG i projekt Labyrinth HF, Warszawa, prezentacja: *Why You Should Not Invest in BTC Mining Endeavour. The Efficiency of BTC Mining Under Current Market Conditions*.
3. 29.V.2018, MIMUW, seminarium badawcze pt: *Algorithmic Trading on Cryptocurrencies*. zorganizowane wspólnie przez QFRG i projekt Labyrinth HF, Warszawa, prezentacja: *Labyrinth HF - Algorithmic Trading project*.
4. 5-7.IX.2017, konferencja Dynamiczne Modele Ekonometryczne, UMK, Toruń, wspólna prezentacja z dr Pawłem Sakowskim: *Forecasting power of implied and realized volatility. The case for S&P500 index options*.
5. 4.III.2016, seminarium SEFIN 2016, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, prezentacja: *Cross-sectional analysis of equity indices returns for emerging and developed markets including volatility regimes*.
6. 24.XI.2016, konferencja Zakładu Finansów Ilościowych Wydziału Nauk Ekonomicznych i grupy badawczej QFRG 2016, Uniwersytet Warszawski, Warszawa, *Equity Risk Premium Determinants for Emerging and Developed Markets*, prezentacja: *Can we Invest based on equity risk premia?*
7. 24.IV.2015, NYU Stern School of Business, the Seventh Conference of Volatility Institute pt.: *Fixed Income Risk: Measurement, Modelling and Management*.
8. 22-23.VI.2015, XX Konferencja Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych, SGGW, Warszawa, wspólna prezentacja z dr Pawłem Sakowskim: *Cross-sectional returns from diverse portfolio of equity indices with risk premia embedded*.
9. 2-4.VII.2015, konferencja WIEM 2015, Warsaw International Economic Meeting, WNE UW, Warszawa, wspólna prezentacja z Mateuszem Wywiąłem: *Cross-sectional returns from diverse portfolio of equity indices with risk premia embedded*.
10. 4-6.XI.2015, Innowacje w Finansach i Ubezpieczeniach, Metody Matematyczne, Ekonometryczne i Komputerowe, Wisłą, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, wspólna prezentacja z dr Pawłem Sakowskim, prezentacja: *Przekrojowa analiza zwrotów z indeksów giełdowych na rynkach wschodzących i rozwiniętych z uwzględnieniem reżimów zmienności*.
11. 25.IV.2015, NYU Stern School of Business, the Sixth Conference of Volatility Institute pt.: *Market Liquidity and Funding Liquidity: Implications for Economic Risk*.
12. 2014-10-13, konferencja EUREX-WNEUW 2014, zorganizowana wspólnie przez QFRG i EUREX: *Equity index derivatives in investment strategies and asset allocation*.
13. 10.I.2014, seminarium SEFIN 2014, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, prezentacja: *Analysis of term-structure of VIX contracts. Volatility fluctuations vs. other asset classes*.
14. 3-5.IX.2013, konferencja Dynamiczne Modele Ekonometryczne, UMK, Toruń, prezentacja: *Does historical volatility term structure contain valuable information for predicting volatility futures and index futures?*
15. 25-27.XI.2012, I Krakowska Konferencja Matematyki Finansowej na Wydziale Matematyki Stosowanej AGH, artykuł: *Strategie inwestycyjne pokonujące rynek. Co możemy wycisnąć z rynku?*, P. Sakowski, R. Ślepaczuk i G. Zakrzewski. Prezentował Robert Ślepaczuk.
16. 2012-12-05, konferencja EUREX-WNEUW 2012, zorganizowana wspólnie przez QFRG i EUREX: *How to effectively replicate hedge fund strategies using EUREX products?*
17. 25-27.V.2011, 18th Forecasting Financial Markets Conference 2011, University of Marseille, Marsylia, Francja, artykuł: *Investment strategies beating the market. What can we squeeze from the market?*, przygotowany przez: R. Ślepaczuk, G. Zakrzewski, P. Sakowski,
18. 8.IV.2011, seminarium SEFIN 2011, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, wspólna prezentacja z dr Pawłem Sakowskim: *Comparison of Option Pricing Models on High-Frequency Data*.

19. 1.III.2011, Isze seminarium badawcze grupy Quantitative Finance Research Group założonej na WNE UW, tytuł seminarium i prezentacji: *Investment strategies beating the market. What can we squeeze from the market?*
20. 30.VI.2010-02.07.2010, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań, Polska, *Porównanie modeli wyceny opcji na danych wysokiej częstotliwości*, przygotowany przez R. Kokoszcyński, N. Nehrebecka, P. Sakowski, P. Strawiński, R. Ślepaczuk,
21. 26-28.V.2010, 17th Forecasting Financial Markets Conference 2010, Hannover, Niemcy, wspólna prezentacja z dr Pawłem Sakowskim: *Midquotes or Transactional Data? The Comparison of Black Model on HF Data*, artykułu przygotowanego przez: R. Kokoszcyński, P. Sakowski, R. Ślepaczuk,
22. 26-28.V.2010, 17th Forecasting Financial Markets Conference 2010, Hannover, Niemcy, artykuł: *High-frequency and model-free volatility estimators*, przygotowany przez: R. Ślepaczuk, G. Zakrzewski,
23. 12-14.V.2010, 9th Annual International Conference: Forecasting Financial Markets and Economic Decision-Making, Uniwersytet Łódzki, Łódź, artykuł: *Midquotes or transactional data? The comparison of Black model on high frequency data*, artykułu przygotowanego przez: R. Kokoszcyński, N. Nehrebecka, P. Sakowski, P. Strawiński, R. Ślepaczuk.
24. 8-10.IX.2009, XI konferencja Dynamiczne Modele Ekonometryczne, UMK, Toruń, prezentacja: *Option Valuation Models with HF Data – a Comparative Study. The Properties of Black Model with Different Volatility Measures*, artykułu przygotowanego przez: R. Kokoszcyński, N. Nehrebecka, P. Sakowski, P. Strawiński, R. Ślepaczuk.
25. 20-21.XI.2008, Central & Eastern European Derivatives Forum 2008, Warsaw Stock Exchange, Warsaw,
26. 27-30.VIII.2008, 35th EFA Annual Meeting, European Finance Association, Athens, Greece, prezentacja dyskusji do artykułu: *Strategic Asset Allocation with Relative Performance Concerns*, by Suleyman Basak, Dmitry Makarov.
27. 14-17.V.2008, 7th Annual International Conference: Forecasting Financial Markets and Economic Decision-Making, Uniwersytet Łódzki, Łódź, artykuł: *High-Frequency and Model-Free Volatility Estimators*, artykułu przygotowanego przez: Ślepaczuk R., Zakrzewski G.
28. 03.IV.2008, *Capital market in Poland and abroad - how to invest wisely*, WSE and Warsaw Stock Exchange, Warsaw, prezentacja: *VIW20 versus VIX – Hedging Strategies Based on Volatility for Equity Market*, artykułu przygotowanego przez: Ślepaczuk R., Zakrzewski G.
29. 6-9.XII.2006, *Zeuthen Lectures and Workshop on Financial Econometrics: Financial Market Volatility*, Department of Economics, University of Copenhagen, Dania.
30. 28-29.IX.2006, Conference: *Financial System Modernisation and Economics Growth in Europe*, Berlin, Germany, Deutsche Bundesbank, ECB and Centre for Financial Studies.
31. 15.III.2006, Conference: *Behavioural Finance*, Centre for Financial Studies, Frankfurt, Germany.

### 3.7. Charakterystyka cytowań

Udział w międzynarodowych konferencjach naukowych oraz publikacje w języku angielskim przyczyniły się do szeregu cytowań zarówno przez autorów polskich, jak i zagranicznych.

Z zestawienia cytowań, dokonanego w oparciu o bazę **Google Scholar** ([https://scholar.google.pl/citations?hl=pl&user=9hDUxqwAAAAJ&view\\_op=list\\_works&sortby=pubdate](https://scholar.google.pl/citations?hl=pl&user=9hDUxqwAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate)) możemy przedstawić poniższe sumaryczne dane:

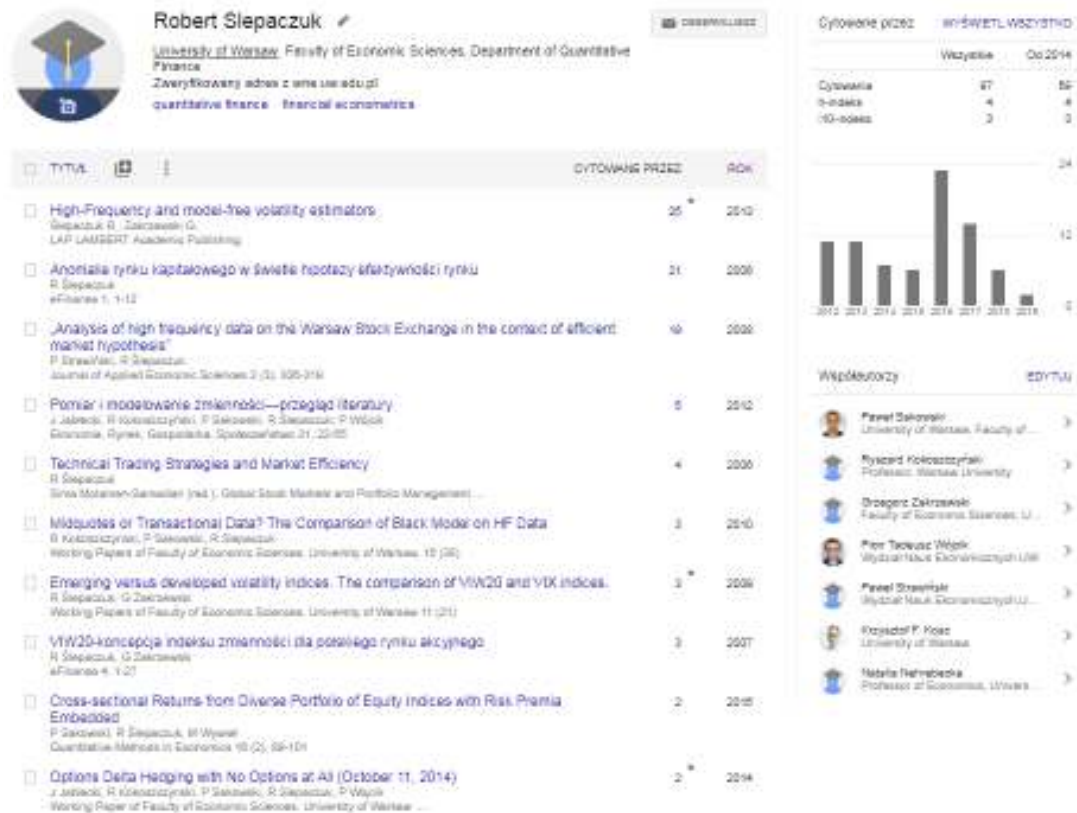
Zarejestrowane cytowania	97
Liczba cytowanych publikacji	18
Zakres czasowy publikacji (w latach)	13 (2006-2019).
Liczba cytowań na rok	7.46
Liczba cytowań na publikację	5.38

Wskaźnik **h-indeks** 4

Wskaźnik **i10-indeks** 3

Szczegółowe dane dotyczące cytowań w bazie Google Scholar zawarte są w **Tabeli 2.**

**Tabela 2.** Zestawienie liczby cytowań dla 10 głównych publikacji wg Google Scholar



Źródło: strona internetowa Google Scholar (dostęp 2019-04-25): [https://scholar.google.pl/citations?hl=pl&user=9hDUxqwAAAAJ&view\\_op=list\\_works&sortby=pubdate](https://scholar.google.pl/citations?hl=pl&user=9hDUxqwAAAAJ&view_op=list_works&sortby=pubdate)

Do podobnych wniosków dochodzimy analizując wykaz cytowań na dzień 2019-04-28 wg. Publish or Perish na podstawie źródła GoogleScholar zamieszczony w Tabeli 3.

**Tabela 3.** Wykaz cytowań wg. Publish or Perish na podstawie źródła GoogleScholar

<p>"R Slepaczuk" from 2006, Publish or Perish 6.46.6370.7005</p> <p><b>Search terms</b></p> <p><b>Authors:</b> "R Slepaczuk"</p> <p><b>Years:</b> 2006 to latest</p> <p><b>Data retrieval</b></p> <p><b>Data source:</b> Google Scholar</p> <p><b>Query date:</b> 2019-04-28 16:32:07</p> <p><b>Cache date:</b> 2019-04-23 16:45:56</p> <p><b>Query result:</b> [0] Operacja ukończona pomyślnie.</p> <p><b>Metrics</b></p> <p><b>Reference date:</b> 2019-04-28 16:32:07</p> <p><b>Publication years:</b> 2006-2019</p>
--

<b>Citation years:</b> 13 (2006-2019)
<b>Papers:</b> 44
<b>Citations:</b> 110
<b>Citations/year:</b> 8.46
<b>Citations/paper:</b> 2.50
<b>Citations/author:</b> 63.25
<b>Papers/author:</b> 17.10
<b>Authors/paper:</b> 3.07/3.0/3 (mean/median/mode)
<b>Age-weighted citation rate:</b> 12.63 (sqrt=3.55), 6.34/author
<b>Hirsch h-index:</b> 5 (a=4.40, m=0.38, 69 cites=62.7% coverage)
<b>Egghe g-index:</b> 9 (g/h=1.80, 83 cites=75.5% coverage)
<b>PoP hl,norm:</b> 4
<b>PoP hl,annual:</b> 0.31

## Podsumowanie

Od uzyskania stopnia doktora podejmowałem liczne aktywności pozwalające rozwinąć umiejętności samodzielnej pracy badawczej. Mój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora w 2005 roku obejmuje 54 publikacje (32 nie wliczając *working papers* oraz *artykułów w drukui*), które napisałem ze współautorami lub samodzielnie. Dorobek obejmuje jedną publikację z listy A, 22 artykuły w czasopismach z listy B (w tym 2 spoza listy), 7 rozdziałów w monografiach i 1 monografię w języku angielskim oraz 2 ekspertyzy/raporty. Łączna liczba punktów MNiSW za publikacje po uzyskaniu stopnia doktora wynosi 334<sup>8</sup>. Baza Publish or Perish wykazuje 110 cytowań moich prac po uzyskaniu stopnia doktora, a indeks Hirscha według tego źródła wynosi 5. Z kolei w bazie Web of Science nie znajdują się jeszcze żadne cytowania moich artykułów.

Jako osiągnięcie naukowe (w rozumieniu Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. z późn. zm. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Art. 16 ust. 2 pkt 1), które uznaję za znaczący wkład w rozwój nauk ekonomicznych w dyscyplinie finanse, wskazałem cykl publikacji powiązanych tematycznie, pt. **„Nowoczesna strategia alokacji aktywów ze szczególnym uwzględnieniem nietradycyjnych klas aktywów oraz najnowszych technik przetwarzania danych”**. Wskazany cykl obejmuje 9 artykułów w czasopismach naukowych, jedną monografię i jeden rozdział w monografii, z tego jeden artykuł w czasopismach z listy A MNiSW, siedem w czasopismach z listy B, a jeden w zagranicznym recenzowanym czasopiśmie naukowym niezamieszczonym w wykazie czasopism naukowych. Wszystkie wskazane publikacje zostały napisane w języku angielskim. Łączna punktacja cyklu wynosi 161 punktów.

Badania, których efektem jest proponowany cykl, rozszerzyły wiedzę na temat nowoczesnej strategii alokacji aktywów wielu różnych kontekstach. Zaprezentowano w nich nowatorską koncepcję podejścia do możliwych klas aktywów stanowiących podstawowe składowe zoptymalizowanego portfela inwestycyjnego. Przedstawione, w ramach jednotematycznego cyklu, badania wypełniają lukę metodologiczną w zakresie teorii testowania algorytmicznych systemów inwestycyjnych oraz nowoczesnych technik przetwarzania danych, gdzie czas obliczeń jest jednym z bardzo istotnych parametrów. Ogromne znaczenie ma uniwersalność proponowanych metod, rozumiana jako możliwość ich zastosowania do wielu innych technik inwestycyjnych nieopisanych w ramach tego autoreferatu. Prezentowane osiągnięcie w jeszcze większym stopniu wypełnia istniejącą lukę empiryczną w badaniach poświęconych praktycznej implementacji algorytmicznych strategii inwestycyjnych w procesie alokacji aktywów.

<sup>8</sup> W przypadku publikacji składających się na tę sumę bazowano na punktacji zastosowanej przy okazji parametryzacji jednostek naukowych w roku 2017, zgodnie z informacją zawartą na stronie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.



Po uzyskaniu stopnia doktora, uczestniczyłem w pięciu projektach badawczych o charakterze naukowo-badawczym. W trzech z nich byłem kierownikiem, a w dwóch wykonawcą. Obecnie kieruję projektem realizowanym w ramach QFRG pod tytułem: „Algorytmiczny trading na kryptowalutach”, poświęconym analizie efektywności podstawowych strategii inwestycyjnych na rynku krypto walut, takich które wcześniej były testowane na rynkach regulowanych dla podstawowych kategorii aktywów (akcje, obligacje, towary, waluty, itd.)

Podczas mojej aktywności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora wygłosiłem ponad 30 referatów na międzynarodowych i krajowych konferencjach i seminariach naukowo-badawczych. Siedmiokrotnie występowałem na konferencjach za granicą, a większość konferencji organizowanych w Polsce miało charakter międzynarodowy – wygłaszałem na nich referaty w języku angielskim.

Poza działalnością naukowo-badawczą swój czas poświęcałem na przygotowanie oraz prowadzenie zajęć dydaktycznych na WNE UW, praktycznie na wszystkich specjalnościach i poziomach studiów zarówno w języku polskim, jak i angielskim. W latach 2006-2019 prowadziłem ćwiczenia z Finansów I i II w języku polskim i angielskim, seminarium *Research Seminar*, konwersatorium „Analiza Techniczna I. Strategie wykorzystywane na rynkach instrumentów pochodnych”, laboratorium komputerowe „Analiza Techniczna II. Optymalizacja systemów transakcyjnych z wykorzystaniem programu *MetaStock i Amibroker*”, wykład „Ryzyko, a niepewność i metody ich pomiaru”, wykład „Rynki finansowe”, konwersatorium „*Empirics of Financial Markets*”, seminarium magisterskie „*Modelling and Forecasting Returns and Volatility on Capital Markets*” oraz seminarium licencjackie „Prognozowanie stóp zwrotu i zmienności na rynkach kapitałowych”. Większość moich zajęć została oceniona przez studentów wysoko. W latach 2006-2019 wypromowałem 14 prac licencjackich i 36 prac magisterskich (w tym 17 w języku angielskim). Większość została oceniona na ocenę bardzo dobrą. Dodatkowo, obecnie pod moim kierunkiem jest pisanych 5 prac licencjackich, 15 prac magisterskich i jedna praca doktorska (w tym 15 w języku angielskim).

Jestem również autorem programu i byłem kierownikiem oraz obecnym wykładowcą anglojęzycznej specjalności studiów II stopnia „*Quantitative Finance*”, prowadzonej na WNE UW od 2009 roku, która do tej pory miała łącznie około 400 absolwentów. Od 2011 roku jestem kierownikiem, założonej wspólnie z dr Pawłem Sakowskim, grupy badawczej *Quantitative Finance Research Group*, która w ramach swoich celów realizuje m. in. badania z zakresu alokacji aktywów, tworzenia i testowania strategii algorytmicznych oraz automatyzacji procesu stosowania strategii inwestycyjnych, skupiając w swoim gronie studentów, doktorantów, absolwentów, nauczycieli akademickich jak i praktyków businessowych.

W trakcie mojej działalności naukowo-badawczo otrzymałem szereg nagród i wyróżnień z których najważniejsze to: roczne stypendium Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej dla młodych naukowców w 2007 roku, I nagroda za najlepszy artykuł naukowy na konferencji: *Capital market in Poland and abroad - how to invest wisely*, 3 nagroda na Kongresie Rynku Kapitałowego w 2015 roku za artykuł naukowy, nagroda indywidualna III stopnia Rektora UW za działalność naukową. Dodatkowo, kształcenie studentów na WNE UW zaowocowało międzynarodowymi nagrodami. Wraz z grupą studentów pod moim kierownictwem zajęliśmy I miejsce w prestiżowym Rotman European Trading Competition rozgrywanym w 2018 roku w Rzymie współzawodnicząc z najlepszymi zespołami z 37 krajów z całej Europy, a następnie 19 miejsce na Rotman International Trading Competition zorganizowanym przez Rotman School of Management z University of Toronto w Kanadzie w spółzawodnicząc z 52 zespołami z najlepszych uniwersytetów z całego świata.

W latach 2008-2009 roku byłem członkiem European Finance Association, a następnie w latach 2013-2016 byłem aktywnym członkiem Komitetu Naukowego GPW w Warszawie. Byłem również recenzentem artykułów zgłoszonych do czasopism takich jak *Ekonomia*, *Central European Economic Journal*, *Journal of Applied Economics Sciences*, *eFinanse*, czy *Physica A*.

**Bibliografia** (z pominięciem publikacji własnych wymienionych w Załączniku 4)

- Alexander, C., D. Korovilas, J. Kapraun, 2016, *Portfolio Diversification with Volatility Products*, Journal of International Money and Finance 125, s. 339-350.
- Andersen, T., Bollerslev T., 1997, *Intraday periodicity and volatility persistence in financial markets*, Journal of Empirical Finance, 4, s. 115-158.
- Andersen T.G., Bollerslev T., 1998, *Answering the Skeptics: Yes, Standard Volatility Models do Provide Accurate Forecasts*, International Economic Review, 39, No.4, s. 885-905.
- Andersen T., Andersen T.G., Bollerslev T., Diebold F.X and Labys P., 1999, *Realized volatility and correlation*, Manuscript in progress.
- Azmi R., Schuller M., 2013, *The Building Blocks of Third Generation Asset Allocation*, Panthera Solutions, Monaco.
- Black F., Litterman R., 1992, *Global Portfolio Optimisation*, Financial Analyst Journal, 48/5, s. 28-43.
- Bollerslev T., 1986, *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*, Journal of Econometrics, Vol.: 31, No.: 3, s. 307-327.
- Campbell, J.Y. and Shiller, R.J. (1988), *Stock Prices, Earnings and Expected Dividends*, Econometric Research Program Memorandum No. 334.
- Carhart M., 1997, *On Persistence in Mutual Fund Performance*, Journal of Finance 52 (1), s. 57–82.
- De Bondt W., R. Thaler, 1985, *Does the stock market overreact?*, Journal of Finance 40, s. 793–805.
- De Bondt W., R. Thaler, 1987, *Further evidence of investor overreaction and stock market seasonality*, Journal of Finance 42, s. 557–581.
- Derman E., Demeterfi K, Kamal M., Zou J., 1999, *More than you ever wanted to know about volatility swaps*, Quantitative Strategies Research Notes, Goldman Sachs.
- Engle R. F., 1982, *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U Inflation*, Econometrica, Vol.: 50, s. 987 – 1008.
- Garman M., Klass M., 1980, *On the estimation of security price volatilities from historical data*, The Journal of Business 53, 67-78.
- Faber, M.T., 2009, *A Quantitative Approach to Tactical Asset Allocation*, Journal of Wealth Management.
- Fama E., 1970, *Efficient Capital Markets. A Review of Theory and Empirical Work*, The Journal of Finance, 25, 2, s. 383–417.
- Fama, E.F. and French K.R., 1988, *Dividend Yields and Expected Stock Returns*, Journal of Financial Economics 22 s. 3-25.
- Fama, E. F.; French, K. R., 1992, *The Cross-Section of Expected Stock Returns*, *The Journal of Finance*. 47 (2), s. 427-465.
- Fama E., French K., 1993, *Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds*, Journal of Financial Economics, Vol. 33, s. 3–56.
- Fama, E.F., French, K.R., 2015, *A Five-Factor Asset Pricing Model*, Journal of Financial Economics 116, s. 1-22,
- Frazzini, A., Pedersen, L.H., 2014, *Betting Against Beta*, Journal of Financial Economics 111(1), s. 1-25.
- Gibson, R., 2008 (4th Edition), *Asset Allocation, Balancing Financial Risk*, McGraw-Hill.
- Hansen, P.R., Lunde, A., 2005, *A realized variance for the whole day based on intermittent highfrequency data*, Journal of Financial Econometrics 3, s. 525–554.
- Hansen, P.R., Lunde, A., 2006, *Realized variance and market microstructure noise*, Journal of Business and Economic Statistics 24, s. 127–218.
- Jarrow, R. A., and P. Protter, 2012, *A dysfunctional role of high frequency trading in electronic markets*, *International Journal of Theoretical and Applied Finance* 15 (03).
- Jegadeesh N., S. Titman, 1993, *Returns to buying winners and selling losers: Implications from stock market efficiency*, Journal of Finance 48, s. 65–91.
- Jones B., 2011, *Third Generation Asset Allocation*, Deutsche Bank Research, Hong Kong

- Liu, W., 2004, *Liquidity Premium and a Two-factor Model*, EFA 2004 Maastricht Meetings Paper 44, September 2003, s. 1-52.
- Markowitz, H., 1952, *Portfolio selection*, The Journal of Finance, 7(1), s. 77-91.
- Martens M., Dijk van D., 2007, *Measuring volatility with the realized range*, Journal of Econometrics 138, s. 181-207,
- Nelsen R. B., 1999, *An Introduction to Copulas*, New York: Springer.
- Parkinson, M., 1980, *The extreme value method for estimating the variance of the rate of return*, Journal of Business 53, s. 61-65.
- Petre G., 2015, *A case for dynamic asset allocation for long term investors*, Procedia Economics and Finance 29, s. 41-55.
- Rahim, R.A., Noor, A.H.S.M., 2006, *Comparison Between Fama and French Model and Liquidity-Based Three-Factor Models*, Asian Academy of Management Journal and Finance 2(2), s. 43-60.
- Rogers L.C.G., Satchell S.E., 1991, *Estimating variance from high, low and closing prices*, The Annals of Applied Probability 1, s. 504-512.
- Schuller M., 2015, *Asset Allocation Principles for UHNWI – A Monaco Private Label White Paper*, Panthera Solutions, Monaco.
- Sharpe W.F., 1964, *Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk*, The journal of finance 19 (3), s. 425-442.
- Sharpe, W.F., Chen, P., Pinto, J.E. and McLeavey, D.W., 2007, *Managing Investment Portfolios: A Dynamic Process*, 3rd Edition.
- Taleb, N. N., 2007, *The Black Swan: The impact of the highly improbable*. New York: Random House.
- Van Vliet, P. and Blitz D., 2009, *Dynamic Strategic Asset Allocation: Risk and Return across Economic Regimes*, Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=1343063>
- James X. Xiong, Thomas M. Idzorek., 2011, *The Impact of Skewness and Fat Tails on the Asset Allocation Decision*, Financial Analysts Journal 67:2, s. 23-35.
- Yang D., Zhang Q., 2000, *Drift-independent volatility estimation based on high, low, open and close prices*, The Journal of Business 73, s. 477-491.



Robert Ślepaczuk