

**Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach**  
**Kolegium Informatyki i Komunikacji**

**Załącznik 3**

**AUTOREFERAT PRZEDSTAWIAJĄCY OPIS  
KARIERY ZAWODOWEJ, DOROBKU  
ORAZ OSIĄGNIĘĆ W PRACY  
NAUKOWO-BADAWCZEJ**

**Dominik Kręzołek**

**Katedra Demografii i Statystyki Ekonomicznej**

**Katowice 2020**

**Spis treści**

I. Imię i nazwisko.....	3
II. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
III. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych ....	4
IV. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) .....	5
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	5
4.2. Wykaz recenzowanych prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego.....	5
4.3. Omówienie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania .....	6
4.3.1. Tematyka osiągnięcia naukowego .....	6
4.3.2. Opis prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego .....	8
4.3.3. Cel i hipotezy badawcze .....	13
4.3.4. Zakres i wyniki prowadzonych badań oraz możliwość ich wykorzystania.....	14
4.3.5. Opis osiągnięć naukowych.....	39
V. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	41
5.1. Działalność dydaktyczna.....	41
5.2. Działalność organizacyjna .....	49
5.3. Działalność popularyzująca naukę.....	49
VI. Pozostałe osiągnięcia dotyczące działalności naukowo-badawczej oraz kariery zawodowej.....	51
6.1. Badania statutowe.....	51
6.2. Badania własne.....	52
6.3. Ukończone kursy i szkolenia .....	57
6.4. Kariera zawodowa nie powiązana z edukacją.....	57

I. **Imię i nazwisko:** Dominik Krężołek

### II. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

1. Dyplom uzyskania stopnia doktora nauk ekonomicznych w dyscyplinie ekonomia, uzyskany 25 października 2012 r.

Tytuł rozprawy: Zastosowanie rozkładów stabilnych w analizie ryzyka inwestycyjnego

Promotor: Prof. dr hab. Grażyna Trzpiot  
(Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach)

Recenzenci: Prof. dr hab. Józef Stawicki  
(Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu)  
Dr hab. Henryk Zawadzki, prof. UE  
(Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach)

2. Dyplom ukończenia jednolitych studiów magisterskich na Wydziale Zarządzania (kierunek: Informatyka i Ekonometria w zakresie Ekonometria i Statystyka) uzyskany 1 czerwca 2006 r.

Tytuł pracy: Statystyczna weryfikacja modelu CAPM na przykładzie polskiego rynku kapitałowego

Promotor: Prof. dr hab. Grażyna Trzpiot  
(Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach)

### III. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Pracę na Akademii Ekonomicznej im. Karola Adamieckiego w Katowicach (obecnie Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach) rozpocząłem w październiku 2006 r., równoległe do rozpoczęcia dziennych studiów doktoranckich. Zatrudniono mnie na stanowisku stażysty w Samodzielnym Zakładzie Demografii i Statystyki Ekonomicznej (do 2009 r. na Wydziale Zarządzania, od 2009 r. na Wydziale Informatyki i Komunikacji Uniwersytetu).

Przebieg kariery zawodowej wraz z uwzględnieniem stanowiska oraz rodzaju umowy o pracę:

1. Od września 2012 r. do stycznia 2013 r.: asystent w Katedrze Demografii i Statystyki Ekonomicznej na Wydziale Informatyki i Komunikacji (obecnie Kolegium Informatyki i Komunikacji) Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach – umowa o pracę na czas określony.
2. Od lutego 2013 r. do lipca 2014 r.: adiunkt w Katedrze Demografii i Statystyki Ekonomicznej na Wydziale Informatyki i Komunikacji (obecnie Kolegium Informatyki i Komunikacji) Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach – umowa o pracę na czas określony.
3. Od września 2014 r. do chwili obecnej: adiunkt w Katedrze Demografii i Statystyki Ekonomicznej na Wydziale Informatyki i Komunikacji (obecnie Kolegium Informatyki i Komunikacji) Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach – umowa o pracę na czas nieokreślony.

Oprócz pracy na Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach, który jest moim podstawowym miejscem zatrudnienia na podstawie umowy o pracę, współpracuję także, na podstawie umów cywilno-prawnych, z Górnośląską Wyższą Szkołą Handlową im. Wojciecha Korfanteo w Katowicach (od lutego 2007 r.) oraz Akademią WSB w Dąbrowie Górniczej (wcześniej Wyższa Szkoła Biznesu w Dąbrowie Górniczej, od października 2015 r.).

### IV. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.)

#### 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Zastosowanie wielowymiarowych modeli statystycznych w analizie ryzyka na rynku metali

#### 4.2. Wykaz recenzowanych prac naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

##### 1. Monografia naukowa:

Krężołek D. (2020): Modelowanie ryzyka na rynku metali, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, ISBN: 978-83-7875-642-2

Recenzent wydawniczy: Dr hab. Katarzyna Kuziak, prof. UE  
(Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu)

##### 2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych:

- Krężołek D. (2018): Testing day of the week effect on precious metals market, „Dynamic Econometric Models”, Vol. 18, s. 81-97 [A1]
- Krężołek D. (2017): Wpływ asymetrii rozkładu na estymację kwantylowych miar ryzyka, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Nr 344, s. 58-75 [A2]
- Krężołek D. (2015): Analiza porównawcza ryzyka ekstremalnego na rynkach metali nieżelaznych i szlachetnych, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, T. 16, Nr 3, s. 202-2013 [A3]
- Krężołek D. (2015): Weryfikacja testów zgodności na rynku metali szlachetnych, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Nr 219, s. 53-64 [A4]
- Krężołek D. (2015): The application of alpha-stable distributions in portfolio selection problem – the case of the metal market, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Nr 247, s. 57-67 [A5]
- Krężołek D., Majewska J. (2015): Extreme observations in the metal market and their implication for risk measure, [w:] „Modelowanie wielowymiarowych struktur danych i analiza ryzyka”, red. nauk. Grażyna Trzpiot, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2015, s. 50-64 [A6]

### 4.3. Omówienie prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

#### 4.3.1. Tematyka osiągnięcia naukowego

Metale są towarem wykorzystywanym w bardzo wielu obszarach działalności człowieka. Pośród nich można wymienić przemysł ciężki, militarny (zbrojeniowy, morski i lądowy), budownictwo i infrastrukturę, przemysł lotniczy, kosmiczny (statki kosmiczne, sondy orbitalne, teleskopy) oraz motoryzacyjny (produkcja samochodów oraz komponentów samochodowych). Metale znajdują zastosowanie w produkcji sprzętu AGD (zarówno małego jak i wielkogabarytowego). Wykorzystywane są jako dodatki stopowe w różnych mieszankach stali, głównie w celu podniesienia ich jakości oraz rozszerzenia własności fizycznych. Metale stosuje się także w obszarach nie powiązanych w żaden sposób z przemysłem. Należy tu wskazać na ich zastosowanie w jubilerstwie (przede wszystkim metale szlachetne), medycynie (w tym estetycznej), biotechnologii, ale także w gastronomii (złoto i srebro).

Omówione możliwości wykorzystania metali dotyczą ich postaci fizycznej. Jednak mogą być one także przedmiotem inwestycji finansowych. Dotyczy to przede wszystkim metali szlachetnych, które są alternatywą dla klasycznych aktywów rynku kapitałowego, takich jak akcje czy obligacje. W dobie informatyzacji i digitalizacji transakcji handlowych obrót na rynku metali odbywa się za pośrednictwem giełdy, gdzie transakcje kupna-sprzedaży realizowane są zgodnie z oczekiwaniami i możliwościami obu stron przy wykorzystaniu odpowiednio zaprojektowanych informatycznych systemów transakcyjnych. Handel odbywa się albo poprzez fizyczny zakup metali wraz z ustaleniem warunków dostawy od sprzedającego do kupującego albo poprzez transakcje rozliczeniowe, które bazują na zmieniających się cenach metali na giełdzie (bez fizycznej dostawy towaru). Ta druga forma ma szczególne znaczenie z punktu widzenia inwestycji finansowych, w których jako aktywa inwestycyjne wykorzystywane są właśnie metale. W takim rozumieniu przedmiotem prowadzonych przeze mnie badań jest analiza zmian poziomu cen i stóp zwrotu metali notowanych na giełdzie oraz analiza ryzyka inwestycyjnego związanego z tą zmiennością. To właśnie niepewność co do kierunków zmian cen i stóp zwrotu, które są wynikiem funkcjonowania gospodarki jako całości, wskazuje na konieczność oceny ryzyka, czy ich poziomy w przyszłości będą istotnie różnić się od oczekiwań inwestora oraz jakie konsekwencje ta zmienność przyniesie.

Biorąc pod uwagę możliwość wykorzystania metali w procesie inwestowania konieczna jest dogłębna analiza procesów, jakie zachodzą w zakresie cen i stóp zwrotu tej klasy aktywów. Badania empiryczne prowadzone przez naukowców zarówno w Polsce jak i poza granicami kraju dotyczą przede wszystkim metali szlachetnych (głównie złota i srebra) oraz miedzi. Pozostałe metale nie są rozważane w kontekście inwestycyjnym. W polskim środowisku naukowym analizą rynku metali

### Załącznik 3

zajmowała się Kasprzak-Czelej [Kasprzak-Czelej, 2013a, b; 2015; 2016; 2018a, b], która prowadziła badania głównie na rynku złota i srebra. W swoich analizach wskazała na możliwość traktowania inwestycji w złoto oraz srebro jako inwestycji alternatywnych w stosunku do aktywów rynku kapitałowego. Podkreślała także wpływ bezpośrednich inwestycji w złoto na inflacyjny spadek wartości majątku w długim okresie oraz na możliwość efektywnej dywersyfikacji portfela poprzez uwzględnianie w nim metali szlachetnych. Zagadnienie dywersyfikacji portfela poprzez uwzględnianie w nim złota poruszała także Mamcarz [Mamcarz, 2017; 2018]. Natomiast Gierałtowska [Gierałtowska, 2014; 2015] opisywała inwestycje alternatywne w metale szlachetne oraz prowadziła analizę efektywności funduszy towarowych na przykładzie funduszy metali szlachetnych. Inne badania prowadzili Wanat, Papież i Śmiech [Wanat i in., 2012a, b; 2014; 2015a, b]. Analizowali warunkową strukturę zależności na rynku metali szlachetnych przy wykorzystaniu modeli klasy copula-GARCH oraz poruszali problem przyczynowości pomiędzy cenami na rynku metali i innymi rynkami finansowymi. Inne badania prowadzili Piasecki i Stasiak [Piasecki i in., 2020] analizując efektywność inwestycji w złoto i srebro, oraz Piasecki, Stasiak i Staszak [Piasecki i in., 2019] badając możliwość wspomagania procesu podejmowania decyzji inwestycyjnych na rynku metali szlachetnych z wykorzystaniem binarnej reprezentacji kursów walut dla złota i srebra.

Przedstawiony przegląd literatury pokazuje, że rynek metali nie jest popularnym obszarem badawczym wśród polskich naukowców. Ponadto prowadzone prace badawcze mają charakter opisowy, pozbawiony bardziej zaawansowanych analiz. Stąd też prowadzone przeze mnie badania dotyczące zarówno metali szlachetnych jak również przemysłowych przy wykorzystaniu zaawansowanych modeli statystyczno-ekonometrycznych oraz stochastycznych wypełniają istniejącą lukę poznawczą w tym zakresie.

### 4.3.2. Opis prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe wskazano monografię naukową oraz cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych.

**Monografia naukowa pt. „Modelowanie ryzyka na rynku metali”** składa się ze wstępu, pięciu rozdziałów oraz zakończenia. **W rozdziale pierwszym** zdefiniowano i scharakteryzowano rynek towarowy oraz giełdę towarową, przedstawiono zarys historyczny funkcjonowania giełd towarowych na świecie na przestrzeni lat. Omówiono reguły handlu w transakcjach międzynarodowych na rynku metali. Opisano aktualnie obowiązujące grupy reguł Incoterms<sup>1</sup> oraz wytłumaczono ich wykorzystanie w rozumieniu transferu ryzyka pomiędzy kupującym a sprzedającym. Scharakteryzowano także wybrane giełdy metali na świecie. Rozdział kończy charakterystyka metod oraz wybranych instrumentów finansowych stosowanych w procesie inwestowania na rynku metali.

**W rozdziale drugim** skoncentrowano się na charakterystyce i klasyfikacji rynku metali. Przeprowadzono analizę czynnikową, w której wykorzystano dzienne logarytmiczne stopy zwrotu metali z okresu styczeń 2010 r. – grudzień 2017 r. celem zdiagnozowania ukrytej struktury w zakresie ich zmienności. Uwzględniając czynniki gospodarcze i rynkowe determinujące zmienność szeregów czasowych stóp zwrotu metali zidentyfikowano dwie grupy: metale szlachetne oraz nieszlachetne. Dokonano także szczegółowego opisu metali należących do każdej z tych grup zarówno w rozumieniu ich własności fizyczno-chemicznych, zasięgu występowania, jak również w ujęciu historycznym. Przeprowadzono analizę struktury rynku metali z punktu widzenia ich ekonomicznego wykorzystania, tj. poziomu popytu, podaży oraz możliwości inwestycyjnych.

**W rozdziale trzecim** dokonano opisu wybranych wielowymiarowych modeli statystyczno-ekonometrycznych oraz stochastycznych, które mają zastosowanie w analizie ryzyka na rynku metali. Zdefiniowano proces stochastyczny oraz omówiono jego własności i podstawowe charakterystyki. Opisano popularne klasy modeli stosowanych w analizie szeregów czasowych, w tym modele warunkowej wartości oczekiwanej i warunkowej wariancji, ze szczególnym uwzględnieniem niegaussowskich rozkładów błędów. Wskazano na metody oceny zasadności ich zastosowania. Opisano także wybrane modele regresji. Zaprezentowano klasyczne podejście wielowymiarowe oraz podejście oparte na czynnikowych modelach rynkowych. Opisano również inne modele regresyjne, takie jak regresja logistyczna, probitowa czy grzbietowa. W końcowej części rozdziału przedstawiono wyniki badania empirycznego w zakresie modelowania zmienności stóp zwrotu na rynku metali.

---

<sup>1</sup> INCOTERMS (INternational COmmercial TERMS) – Międzynarodowe Reguły Handlu.



**Rozdział czwarty monografii** dotyczy problemu ryzyka oraz niepewności, jaka towarzyszy funkcjonowaniu jednostki w warunkach współczesnych systemów rynkowych. Zwrócono uwagę na ryzyko ekstremalne<sup>2</sup>. Zdefiniowano ryzyko w ujęciu klasycznym oraz zaproponowano autorskie podejście do klasyfikowania ryzyka w ujęciu wielowymiarowym. W klasycznym ujęciu ryzyko określają dwa wymiary: pierwszy wymiar to prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ryzykownego, natomiast drugi wymiar to konsekwencje wystąpienia zdarzenia ryzykownego. W prowadzonych badaniach zaproponowano trzeci wymiar ryzyka – źródło ryzyka. Omówiono narzędzia wykorzystywane do pomiaru ryzyka. Dokonano opisu miar służących jego ocenie w sytuacjach nietypowych (ekstremalnych, determinowanych anomaliami otoczenia), tzw. miary kwantylowe. Wśród nich wymieniono wartość zagrożoną (VaR) oraz inne, mniej popularne miary, czyli Expected Shortfall (ES) oraz Median Shortfall (MS). Opisano również nową miarę ryzyka GlueVaR, której podstawą teoretyczną jest funkcja transformująca ryzyko. Zaprezentowano metody wyznaczania tych miar w przypadku gaussowskich i niegaussowskich rozkładów prawdopodobieństwa. W części empirycznej rozdziału przeprowadzono ilościową analizę poziomu ryzyka w inwestycjach na rynku metali.

Ostatni, **piąty rozdział monografii**, poświęcono problemom efektywności inwestycji na rynku metali. Zdefiniowano oraz omówiono hipotezy słabej, umiarkowanej oraz silnej efektywności rynku. Opisano wskaźniki oceny efektywności zarządzania inwestycjami na rynku metali koncentrując się na miarach nieklasycznych, ale jednocześnie zasadnych do zastosowania we współczesnych, zmieniających się gwałtownie warunkach rynkowych. Dokonano klasyfikacji miar efektywności skorygowanych o ryzyko oraz przedstawiono ich zastosowanie w ocenie wyników różnorodnych inwestycji na rynku metali. Rozdział kończy badanie empiryczne weryfikujące efektywność zarządzania inwestycjami na rynku metali zarówno w ujęciu inwestycji indywidualnych jak również portfelowych.

**W zakończeniu** monografii podsumowano wyniki przeprowadzonych analiz w rozumieniu celów prowadzonych badań, a także zweryfikowano postawione we wstępie hipotezy badawcze.

---

<sup>2</sup> Ryzyko ekstremalne pojawia się w sytuacji, gdy prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia ryzykownego jest bardzo niskie, natomiast jeśli to zdarzenie wystąpi, to pociąga za sobą znaczne straty [Jajuga, 2009].

**Tematyka artykułów naukowych** wchodzących w skład osiągnięcia naukowego dotyczy identyfikacji własności szeregów stóp zwrotu metali oraz wykorzystania tych własności do modelowania ryzyka. W badaniach skoncentrowano się na zjawisku sezonowości oraz zmienności obserwowanej w poziomach cen i stóp zwrotu metali, a także na wyborze właściwego rozkładu prawdopodobieństwa. Sezonowość odnosi się do sytuacji, w której stopy zwrotu i zmienność w danym okresie znacznie różnią się od obserwowanych w innych okresach. Sezonowość wyznacza pewien wzorzec zachowań aktywów rynkowych umożliwiający prognozowanie ich wartości. Jest to sprzeczne z teorią rynku efektywnego, która zakłada, że ceny aktywów powinny charakteryzować się nieprzewidywalnością oraz losowością [Fama, 1970]. Jeśli nie są spełnione wspomniane warunki, rynek jest nieefektywny. Konsekwencją jest możliwość realizacji przez inwestora ponadprzeciętnych zysków. Sezonowość oraz zmienność są więc bezpośrednio powiązane z poziomem ryzyka.

Istotną rolę w ocenie ryzyka na rynku metali mają własności rozkładu prawdopodobieństwa stóp zwrotu metali. W badaniach poruszono problem asymetrii oraz występowania grubych ogonów rozkładów<sup>3</sup>. Finansowe szeregi czasowe charakteryzuje skośność, leptokurtoza oraz występowanie obserwacji odstających. Są to charakterystyki, których pojawienie się skutkuje koniecznością odrzucenia klasycznego podejścia do oceny ryzyka bazującego na rozkładach symetrycznych (w tym na rozkładzie normalnym oraz pomiarze ryzyka przy wykorzystaniu odchylenia standardowego). Stąd też konieczny jest dobór odpowiedniego rozkładu probabilistycznego stóp zwrotu analizowanych aktywów, natomiast identyfikacja wspomnianych charakterystyk pozwala na efektywne modelowanie ryzyka, przede wszystkim w przypadku realizacji stóp zwrotu na poziomie istotnie oddalonym od oczekiwanego, co generuje ryzyko ekstremalne.

Zarządzanie ryzykiem inwestycyjnym wymaga identyfikacji właściwego modelu, który w odpowiedni sposób opisuje charakter stóp zwrotu metali. W klasycznym modelu Markowitza [Markowitz, 1962; Mandelbrot, 1963] jako miarę ryzyka portfela wykorzystuje się odchylenie standardowe. Biorąc jednak pod uwagę własności empirycznych rozkładów charakteryzowane za pomocą trzeciego i czwartego momentu centralnego, to miara ta nie jest właściwa. Rozkłady znacznie odbiegają od rozkładu Gaussa. Dodatkowo, uwzględniając występowanie obserwacji odstających, ważnym problemem jest także właściwy pomiar prawdopodobieństwa w ogonach rozkładów, co ma z kolei istotne znaczenie z punktu widzenia pomiaru ryzyka ekstremalnego.

---

<sup>3</sup> Rozkład z ciężkim ogonem (grubym ogonem) (ang. heavy-tailed, fat-tailed distribution) definiuje się jako rozkład zmiennej losowej  $X$  z pewną funkcją dystrybuanty  $F$ , gdy dla prawego ogona spełniony jest warunek:  $\lim_{\lambda \rightarrow 0} \exp(\lambda x) P(X > x) = \infty$ . W przypadku lewego ogona powyższa definicja jest odpowiednio zmieniona [Asmussen, 2003].

Podkreślając znaczenie rynku metali we współczesnej gospodarce rynkowej konieczna jest jego dogłębna i gruntowna analiza, przede wszystkim w kontekście możliwości inwestycyjnych. Analizy empiryczne prowadzone przez badaczy oraz praktyków na całym świecie koncentrują się głównie na aktywach rynku kapitałowego oraz walutowego, natomiast problematyka rynku metali nie jest popularnym przedmiotem analiz. Stąd też prowadzone przeze mnie badania wypełniają lukę poznawczą i metodologiczną w tym zakresie.

### 4.3.3. Cel i hipotezy badawcze

**Głównym celem badań opisanych w monografii** jest identyfikacja własności szeregów czasowych stóp zwrotu na rynku metali oraz wykorzystanie narzędzi statystyczno-ekonometrycznych do efektywnego modelowania ryzyka.

**Cele szczegółowe** zdefiniowano następująco:

- Charakterystyka rynku metali oraz prezentacja sposobów inwestowania na rynku metali.
- Klasyfikacja aktywów na rynku metali w kontekście zmienności obserwowanej w procesach stóp zwrotu.
- Identyfikacja modeli szeregów czasowych stosowanych do prognozowania zmienności stóp zwrotu na rynku metali.
- Identyfikacja istotnych determinant zmienności stóp zwrotu na rynku metali.
- Ocena ryzyka na rynku metali w kontekście własności szeregów czasowych stóp zwrotu.
- Klasyfikacja inwestycji na rynku metali w rozumieniu ich efektywności.

Z realizacją celu głównego oraz celów szczegółowych powiązana jest **hipoteza główna**, która głosi, że:

Modele statystyczno-ekonometryczne i stochastyczne są skutecznym narzędziem wykorzystywanym do modelowania ryzyka na rynku metali.

Z hipotezą główną powiązane są następujące **hipotezy szczegółowe**:

- Hipoteza 1: Realizacje stóp zwrotu metali, będące efektem zmian czynników gospodarczych, pozwalają na wyodrębnienie jednorodnych grup umożliwiając klasyfikację na metale szlachetne oraz nieszlachetne [H1].
- Hipoteza 2: Szeregi czasowe stóp zwrotu metali wymagają zastosowania modeli klasy GARCH uwzględniających gruboogonowe rozkłady błędów [H2].

## Załącznik 3

- Hipoteza 3: Istnieją ukryte czynniki rynkowe mające istotny wpływ na modelowanie stóp zwrotu metali [H3].
- Hipoteza 4: Kryzysy gospodarcze oraz zmiana kierunków realizacji procesów indeksów giełdowych istotnie wpływają na poziom zmienności i ocenę ryzyka na rynku metali [H4].
- Hipoteza 5: Ocena ryzyka realizacji stóp zwrotu na rynku metali wymaga zastosowania niegaussowskich rozkładów prawdopodobieństwa dla wybranych miar, co pozwala na uzyskanie niskich wartości pierwiastka błędu średniokwadratowego [H5].
- Hipoteza 6: Rynek metali pozwala na konstruowanie portfeli inwestycyjnych o wysokich ocenach efektywności zarządzania w porównaniu do inwestycji indywidualnych [H6].

**Głównym celem badań opisanych w cyklu artykułów naukowych** jest identyfikacja i charakterystyka własności rozkładów prawdopodobieństwa stóp zwrotu na rynku metali oraz określenie zależności, jakie występują pomiędzy stopami zwrotu. Dodatkowo podjęto problem sezonowości oraz asymetrii stóp zwrotu, co ma istotne znaczenie z punktu widzenia właściwego pomiaru ryzyka na rynku metali.

### 4.3.4. Zakres i wyniki prowadzonych badań oraz możliwość ich wykorzystania

Badania opisane w pracach naukowych wchodzących w skład osiągnięcia naukowego pt. „Zastosowanie wielowymiarowych modeli statystycznych w analizie ryzyka na rynku metali” przeprowadzono przy wykorzystaniu wielowymiarowych metod statystycznych, ekonometrycznych i stochastycznych, które pozwoliły zweryfikować postawione hipotezy a tym samym zrealizować cele badawcze. Wszystkich obliczeń dokonano za pomocą specjalistycznego oprogramowania statystycznego. Wykorzystano środowisko R (nakładka RStudio), a także oprogramowanie Statistica, SPSS, Gretl i MS Excel.

Obliczenia optymalizacyjne i symulacyjne umożliwiające zastosowanie odpowiednich narzędzi teoretycznych (dotyczących dynamicznych modeli szeregów czasowych, estymacji parametrów rozkładów stabilnych oraz wyznaczania kwantylowych miar ryzyka estymowanych na podstawie rozkładów prawdopodobieństwa innych niż rozkład normalny) wymagały modyfikacji istniejących lub napisania nowych, autorskich kodów programistycznych w środowisku R.

Podkreślając znaczenie rynku metali w rozwijającej się gospodarce konieczna jest wnikliwa analiza procesów i zjawisk, które na nim zachodzą. **Wyniki badań opisane w monografii można podzielić na pięć powiązanych wzajemnie obszarów:**

- klasyfikacja metali,
- identyfikacja czynników determinujących poziom stóp zwrotu metali,
- modelowanie zmienności stóp zwrotu metali,
- pomiar ryzyka inwestycyjnego na rynku metali,
- ocena efektywności zarządzania portfelami inwestycyjnymi na rynku metali.

W dalszej części autoreferatu scharakteryzowano i syntetycznie opisano każdy z wymienionych obszarów komentując wyniki oraz wnioski, jakie uzyskano na etapie prowadzonych badań.

### KLASYFIKACJA METALI

Analizując metale w kontekście ich własności fizyczno-chemicznych oraz obszaru zastosowania najbardziej popularny podział to klasyfikacja na metale szlachetne oraz nieszlachetne. Jest to podział stosowany w materiałoznawstwie oraz metalurgii. Nasuwa się jednak pytanie, czy z ekonomiczno-finansowego punktu widzenia taki podział powinien być zachowany? Czy stopy zwrotu metali posiadają takie cechy charakterystyczne, które pozwolą na klasyfikację w podobne grupy? Aby odpowiedzieć na to pytanie wykorzystano zbiór 10. różnych metali notowanych na giełdzie London Metal Exchange (LME) w okresie od stycznia 2010 r. do grudnia 2017 r. Na podstawie cen spot zamknięcia wyznaczonoienne logarytmiczne stopy zwrotu. W badaniu wysunięto hipotezę, że z ekonomiczno-finansowego punktu widzenia istnieją dwie rozłączne grupy metali: metale szlachetne oraz nieszlachetne, czyli dokładnie takie grupy, jakie są powszechnie stosowane w praktyce.

Dla zweryfikowania tak postawionej hipotezy wykorzystano dwa narzędzia wielowymiarowej analizy statystycznej: hierarchiczną analizę skupień<sup>4</sup> oraz analizę czynnikową<sup>5</sup>. Wyniki uzyskane w przypadku zastosowania każdej z wymienionych metod jednoznacznie wykazały, że stopy zwrotu wybranych metali grupują się w dwa rozłączne zbiory. Tym samym zidentyfikowano grupę metali szlachetnych oraz nieszlachetnych (określanych także jako metale przemysłowe lub bazowe) **weryfikując pozytywnie pierwszą hipotezę badawczą (H1) [Podrozdział 2.1 monografii].**

<sup>4</sup> W analizie skupień jako miarę odległości przyjęto kwadrat odległości euklidesowej, natomiast jako miarę aglomeracji - metodę Warda.

<sup>5</sup> W analizie czynnikowej jako metodę wyodrębniania czynników przyjęto metodę głównych składowych, natomiast jako metodę rotacji - rotację ortogonalną Varimax, która pozwala wyznaczyć czynniki nieskorelowane.

### CZYNNIKI DETERMINUJĄCE POZIOM STÓP ZWROTU METALI

Identyfikacji czynników determinujących zmienność stóp zwrotu na rynku metali dokonano przy zastosowaniu aparatu matematyczno-statystycznego wykorzystując podejście wielowymiarowe. Zastosowano dwie grupy metod: analizę regresji oraz analizę czynnikową. Umożliwiły one identyfikację zbioru istotnych czynników, bezpośrednio nieobserwowalnych, ale mających wpływ na poziom zmienności cen i stóp zwrotu na rynku metali.

W pierwszym etapie badania oceniono siłę i kierunek wpływu wybranych giełdowych indeksów przemysłowych (ryнку europejskiego i amerykańskiego) oraz indeksu dolara<sup>6</sup> na zmienność stóp zwrotu na rynku metali. Wyniki analizy regresji potwierdziły istotność tego wpływu. Wykazano także, że zmiany wartości stóp zwrotu indeksów przemysłowych miały stymulujący wpływ (parametry strukturalne modelu statystycznie istotne, dodatnie) na zmienność stóp zwrotu metali szlachetnych, natomiast zmiany wartości stóp zwrotu indeksu dolara miały limitujący wpływ (parametr strukturalny modelu statystycznie istotny, ujemny) na tę zmienność. Z kolei analiza przeprowadzona dla stóp zwrotu metali przemysłowych wykazała, że w grupie indeksów przemysłowych tylko indeks LMEX<sup>7</sup> miał istotny wpływ na poziom stóp zwrotu. Indeks dolara okazał się być statystycznie nieistotny. Analiza porównawcza modeli regresyjnych pokazała, że modele dla metali przemysłowych charakteryzują się lepszym dopasowaniem do empirycznych stóp zwrotu niż modele dla metali szlachetnych (średnia wartość współczynnika determinacji  $R^2$  dla modeli metali szlachetnych wyniosła około 0,3, podczas gdy dla modeli metali przemysłowych była blisko dwukrotnie wyższa).

W drugim etapie badania wysunięto hipotezę, że proponowane wskaźniki rynkowe tworzą rozłączne grupy, których identyfikacja może pomóc w zrozumieniu zmienności stóp zwrotu na rynku metali. Celem weryfikacji hipotezy wykorzystano metodę wielowymiarowej analizy statystycznej jaką jest analiza czynnikowa. Zidentyfikowano cztery czynniki, dla których zaproponowano następujące nazwy:

- czynnik finansowy USA (reprezentowany przez indeksy finansowe rynku amerykańskiego),
- czynnik przemysłowy (reprezentowany indeksami przemysłowymi oraz indeks dolara),
- czynnik walutowy (reprezentowany przez wybrane pary walutowe),
- czynnik finansowy UK (reprezentowany indeksami finansowymi Wielkiej Brytanii).

<sup>6</sup> Indeks dolara to wskaźnik pokazujący, jaki wpływ ma USD, jako waluta bazowa, na inne waluty; ma on istotny wpływ na rynki całego świata, ponieważ jest powiązany z koszykiem najważniejszych walut.

<sup>7</sup> LMEX (London Metal Exchange Indeks) jest podstawowym indeksem giełdowym na londyńskiej giełdzie metali; wartość indeksu wyznaczana jest jako suma ważonych cen metali (aluminium, miedź, niklu, ołowiu, cyny oraz cynku) za trzy miesiące rozliczeniowe (wagami są ilość lotów oraz tonaż) przemnożona przez pewną stałą.

## Załącznik 3

Zidentyfikowane czynniki, przy założeniu ortogonalności, są wzajemnie niezależne. Warunek ten pozwala na wykorzystanie ich jako predyktorów w wielowymiarowych modelach regresji. Zbudowano modele osobno dla grupy metali przemysłowych oraz szlachetnych, co pozwoliło ocenić, które predyktory istotnie determinują zmienność stóp zwrotu. W modelach regresyjnych dla metali szlachetnych wykazano, że istotną determinantą zmienności był czynnik przemysłowy. Miał on stymulujący, umiarkowanie silny wpływ na zmienność stóp zwrotu tej grupy metali. Z kolei w modelach regresyjnych dla metali przemysłowych wykryto dwa istotne czynniki: czynnik przemysłowy oraz walutowy. Oba stymulowały wartości stóp zwrotu (wartości parametrów strukturalnych modeli były statystycznie istotne, dodatnie), przy czym czynnik przemysłowy wpływał na ich poziom z kilkakrotnie większą siłą niż czynnik walutowy. Ocena dopasowania oszacowanych modeli do danych empirycznych była różna (średnia wartość współczynnika determinacji wielorakiej  $R^2$  dla modeli metali szlachetnych wynosiła około 0,2, podczas gdy dla modeli metali przemysłowych wynosiła około 0,3).

Przeprowadzone analizy pozwoliły zidentyfikować zbiór czynników ekonomiczno-finansowych, które w istotny sposób wpływają na poziom zmienności stóp zwrotu metali. Tym samym **zweryfikowano pozytywnie trzecią hipotezę badawczą (H3) [Podrozdział 3.2.5 monografii]**.

### MODELOWANIE ZMIENNOŚCI NA RYNKU METALI

Stopy zwrotu na rynku metali są ciągami zmiennych losowych, a ich wartości są realizacją procesu stochastycznego. Skutkuje to koniecznością wykorzystania modeli dynamicznych, wśród których szczególną rolę odgrywają modele szeregów czasowych. Z realizacją procesu stochastycznego powiązane jest zjawisko zmienności obserwowanej w czasie. W ujęciu inwestycyjnym zmienność generuje niepewność co do kierunku zmian wartości stóp zwrotu oraz ryzyko, że przyszła wartość stóp zwrotu będzie różnić się od oczekiwań inwestora.

Badania empiryczne prowadzone w obszarze rynku metali dotyczą przede wszystkim metali szlachetnych, głównie złota i srebra. Kucher i McCoskey [Kucher i in., 2017] badali długookresowe relacje pomiędzy cenami metali szlachetnych. Wykazali, że występuje dynamiczna kointegracja pomiędzy cenami terminowymi, odpowiednio dla złota i srebra oraz złota i platyny. Pokazali także, że relacje te są współbieżne ze zmianami w czasie szczytów cyklu koniunkturalnego. Zijing i Zhang [Zijing i in., 2016] analizowali zmienność stóp zwrotu metali szlachetnych przy wykorzystaniu modeli klasy GARCH (GARCH, EGARCH i TGARCH) ze składnikiem losowym opisywanym uogólnionym rozkładem błędu GED, natomiast Włodarczyk [Włodarczyk, 2017] analizował wpływ efektu asymetrii i długiej pamięci na prognozowanie warunkowej zmienności oraz ryzyka rynkowego na rynku towarowym na przykładzie złota i srebra z wykorzystaniem liniowych i nieliniowych

## Załącznik 3

modeli GARCH. W pracach Joëts, Mignonb i Razafindrabe [Joëts i in., 2017] badano wpływ niepewności makroekonomicznej na zmienność stóp zwrotu metali szlachetnych. Zastosowano strukturalny model VAR (TVAR) oraz wykazano, że wpływ poziomu niepewności makroekonomicznej na stopy zwrotu metali szlachetnych był niewielki, biorąc pod uwagę ich dobrze rozpoznaną rolę jako tzw. „bezpiecznej przystani”<sup>8</sup> w czasie zawirowań gospodarczych.

W badaniach Uddina, Shahzada, Boako, Hernandeza i Lucey [Uddin i in., 2019] analizowano stopień przenikania się zależności pomiędzy stopami zwrotu i zmiennością dla metali szlachetnych. Wyniki wskazały na jednorodne i zmienne w czasie asymetryczne oddziaływania pomiędzy stopami zwrotu a zmiennością sugerujące podobieństwa w ich cyklicznym związku z globalnymi i lokalnymi uwarunkowaniami. Chen i Qu [Chen i in., 2019] analizowali zmienność stóp zwrotu metali szlachetnych przy wykorzystaniu modeli copula i dynamicznej, warunkowej korelacji (ang. Dynamic Conditional Correlation, DCC). Badacze zaobserwowali występowanie efektu dźwigni w szeregach stóp zwrotu metali. Naeem, Tiwari, Mubashra, Shahbaz [Naeem i in., 2019] badali zmienność na rynku metali szlachetnych poprzez wykorzystanie modeli MSGARCH (Markov-Switching GARCH). Wykazali istnienie zmian reżimów w modelach GARCH oraz potwierdzili przewagę modeli z reżimem nad klasycznymi, jednowymiarowymi modelami GARCH. Inną metodę analizowania zmienności wykorzystali Adewuyi, Wahab i Adeboye [Adewuyi i in., 2020]. Stosując różne metody testowania pierwiastków jednostkowych wykazali, że ceny metali szlachetnych są procesami stacjonarnymi.

W obszarze metali przemysłowych badania empiryczne dotyczą głównie miedzi oraz aluminium. Lasheras, de Cos Juez, Sánchez, Krzemień i Fernández [Lasheras i in., 2015] prognozowali zmienność cen i stóp zwrotu miedzi przy wykorzystaniu modeli ARIMA. Podobne badania prowadzili García i Kristjanpoller [García i in., 2019]. Kriechbaumer, Angus, Parsons i Casado [Kriechbaumer i in. 2014] zaproponowali analizowanie zmienności cen miedzi przy wykorzystaniu falkowej analizy ARIMA. Natomiast Li i Li [Li i in., 2015] modelowali zmienność cen i stóp przy wykorzystaniu modeli GARCH. Inne metody zaproponowali Wang, Zhang, Wang, Lim i Ghadimi [Wang i in., 2019]. W swoich badaniach prognozowali zmienność cen miedzi porównując złożone sieci hybrydowe z tradycyjnymi technikami sztucznej sieci neuronowej. Wyniki pokazały, że proponowane modele hybrydowe pozwalały uzyskać korzystny efekt predykcyjny zarówno w przewidywaniach poziomów, jak i kierunków zmian cen miedzi.

---

<sup>8</sup> Inwestowania w złoto (oraz pozostałe metale szlachetne) jako bezpieczna przystań dla niekorzystnych zmian innych, alternatywnych inwestycji badali m.in. Baur i McDermott [Baur i in., 2010], Joy [Joy, 2011], Reboredo [Reboredo, 2013], Reboredo i Rivera-Castro [Reboredo i in., 2014], Potrykus [Potrykus, 2015], Van Hoang, Lahiani, Heller [Van Hoang i in., 2016], Klein [Klein, 2017], Vigne, Lucey, O'Connor, Yarovaya [Vigne i in., 2017], Boubaker, Cunado, Gil-Alana, Gupta [Boubaker i in., 2020], Shahzad, Bouri, Roubaud, Kristoufek [Shahzad i in., 2020].



Badania zmienności cen i stóp zwrotu pozostałych metali przemysłowych powadzili m.in. Gil-Alana i Tipathy [Gil-Alana i in., 2014]. Analizowali i zdiagnozowali stabilność zmienności i efekt dźwigni szeregów stóp zwrotu metali na rynku indyjskim przy wykorzystaniu modeli TARCH i EGARCH. Wu i Hu [Wu i in., 2016] zastosowali modele GARCH i DCC-GARCH do badania zmienności i dynamicznej korelacji cen metali nieżelaznych w Chinach z uwzględnieniem zmian strukturalnych. Wykazali, że szeregi stóp zwrotu metali miały wiele punktów załamania i wykazywały duże ryzyko zmienności podczas kryzysu finansowego. Modele klasy GARCH wykorzystał także Dutta [Dutta, 2018] wiążąc zmienność stóp zwrotu metali przemysłowych ze zmiennością stóp zwrotu ropy naftowej<sup>9</sup>. W badaniach wykazał istotny wpływ zmienności ropy naftowej na stopy zwrotu metali przemysłowych, a dodatkowo zdiagnozował, że ten wpływ jest asymetryczny.

W prowadzonych przeze mnie badaniach dynamicznej zmienności stóp zwrotu na rynku metali wykorzystano odmienne podejście niż proponowane w literaturze. Zastosowano modele stacjonarnych szeregów czasowych, w których jednocześnie estymowano warunkową wartość oczekiwaną i wariancję. W modelach tych przyjęto założenie, że rozkład składnika losowego może być inny niż rozkład normalny. Okres badawczy to lata 2010-2017, natomiast szeregi czasowe logarytmicznych stóp zwrotu metali były częstotliwości dziennej. Testując dopasowanie empirycznych rozkładów stóp zwrotu do rozkładu normalnego odrzucono hipotezę zerową zakładającą zgodność, co sugeruje konieczność wykorzystania rozkładów prawdopodobieństwa innych niż gaussowskie. Szeregi czasowe stóp zwrotu metali są stacjonarne, co potwierdziły wyniki testów ADF (test pierwiastka jednostkowego) oraz KPSS (test stacjonarności). Na podstawie przebiegu funkcji autokorelacji ACF oraz autokorelacji cząstkowej PACF wykazano, że procesy stóp zwrotu metali opisane są stacjonarnym modelem warunkowej wartości oczekiwanej ARMA. Jednak w przypadku stóp zwrotu dla aktywów finansowych wykorzystanie wyłącznie modeli warunkowej wartości oczekiwanej jest niewystarczające. Analiza empiryczna wykazała, że szeregi czasowe stóp zwrotu metali charakteryzują się zróżnicowanym poziomem zmienności. Zaobserwowano, że w całym badanym okresie 2010-2017 były podokresy o wyższych lub niższych wartościach stóp zwrotu. Wynika stąd, że w szeregach czasowych stóp zwrotu metali występuje zjawisko grupowania zmienności. Ponadto, istotnie szeroki zakres zmienności wartości stóp zwrotu świadczył o występowaniu obserwacji odstających. Ocena parametrów rozkładów pokazała, że były one leptokurtyczne i asymetryczne. Świadczy to o występowaniu zjawiska tzw. „grubych ogonów” w empirycznych rozkładach. Wszystkie te cechy

---

<sup>9</sup> Badania empiryczne pokazują, że zmienność cen (stóp zwrotu) ropy naftowej, będącej jednym z głównych surowców strategicznych na świecie, koreluje ze zmiennością cen (stóp zwrotu) metali szlachetnych i przemysłowych. Badanie tych zależności prowadzili m.in. Reboredo i Ugołini [Reboredo i in., 2016], Ahmadi, Bashiri i Manera [Ahmadi i in., 2016], Rehman, Shahzad, Uddin i Hedström [Rehman i in., 2018], Shahzada, Rehman i Jammazi [Shahzada i in., 2019].

negują możliwość opisu rozkładów stóp zwrotu metali rozkładem normalnym. [Podrozdział 3.1.7 monografii]

Zjawisko grupowania się zmienności oznacza, że warunkowa wariancja procesu stochastycznego nie jest homoskedastyczna. Uwzględniając tą cechę wykorzystano modele warunkowej wariancji należące do rodziny modeli GARCH. Ostatecznie przyjęto podejście polegające na jednoczesnym modelowaniu warunkowej wartości oczekiwanej oraz warunkowej wariancji proponując modele ARMA z odpowiednim wariantem modelu GARCH. Do opisu składnika losowego wykorzystano niegaussowskie rozkłady prawdopodobieństwa. Ostateczne modele wybrano stosując kryteria informacyjne Akaike'a (AIC), Hannana-Qiunna (HQC) oraz kryterium bayesowskie (BIC). Badanie pokazało, że szeregi czasowe stóp zwrotu metali można badać za pomocą modeli ARMA-GARCH, ARMA-APARCH oraz ARMA-GJR przy błędach opisanych niegaussowskimi rozkładami prawdopodobieństwa: t-Studenta, skośnym t-Studenta oraz uogólnionym rozkładem błędu GED. Istotność parametrów modeli APARCH oraz GJR wskazała, że w szeregach czasowych stóp zwrotu metali występował tzw. efekt dźwigni, czyli asymetrycznego wpływu przeszłych informacji na obecny poziom warunkowej wariancji.

Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że w ocenie poziomu zmienności stóp zwrotu na rynku metali należy wykorzystywać modele klasy GARCH z gruboogonowymi rozkładami błędów. Tym samym **zweryfikowano pozytywnie drugą hipotezę badawczą (H2)** [Podrozdział 3.1.7 monografii].

### POMIAR RYZYKA NA RYNKU METALI

W ostatnim dziesięcioleciu obserwuje się coraz większe zainteresowanie innymi formami inwestowania środków finansowych niż te, które oferuje rynek kapitałowy. Wynika to w dużym stopniu z niepewności i nieprzewidywalności kierunków rozwoju światowej gospodarki. Kryzys lat 2008-2009 spowodował, że inwestorzy zdecydowali się transferować kapitał w inne, alternatywne obszary. Jednym z nich jest rynek metali. Głównym powodem poszukiwania nowych rynków jest chęć minimalizowania ryzyka podejmowanej aktywności inwestycyjnej. Zmienność stóp zwrotu metali jest wynikiem nastrojów obserwowanych na rynku. Powiązana jest bezpośrednio z niepewnością co do kierunków zmian cen oraz wystąpienia nieprzewidywalnych zdarzeń losowych, które te kierunki zmian determinują. Niepewność natomiast rodzi ryzyko, że przyszła wartość stopy zwrotu będzie poniżej oczekiwanego poziomu. Ryzyko jest więc zmienną losową, a jego poziom mierzony jest miarami zdefiniowanymi na tej zmiennej.

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele prac dotyczących pomiaru ryzyka, jednakże zdecydowana większość dotyczy popularyzowanej przez RiskMetrics™ wartości zagrożonej Value-at-Risk (VaR). Danielsson, Jorgensen, Samorodnitsky, Sarma i de Vries [Danielsson i in., 2013] badali własności wartości

## Załącznik 3

zagrożonej. Wykazali, że miara VaR jest subaddytywna w odpowiednim regionie ogona rozkładu stóp zwrotu. Zauważyli także, że oszacowania VaR za pomocą metody symulacji historycznej może prowadzić do naruszenia założenia subaddytywności. Zaproponowali oszacowanie miary ryzyka VaR za pomocą semi-parametrycznych metod teorii wartości ekstremalnych (EVT). Alexander i Sarabia [Alexander i in., 2012] zaproponowali oszacowanie ryzyka związanego z modelem wartości zagrożonej i skorygowanie szacunków VaR w odniesieniu do błędów oszacowania i specyfikacji modelu. Huang, Huang, Chikobvu i Chinhamu [Huang i in., 2015] prognozowali wartość zagrożoną przy wykorzystaniu teorii wartości ekstremalnych (EVT) oraz uogólnionego rozkładu Pareto (GPD). Inni badacze analizowali jakość prognoz szacowania VaR przy wykorzystaniu modeli GARCH. Takie podejście wykorzystali Walid, Shawkat i Khuong [Walid i in., 2014] stosując nieliniowe modele FIAPARCH. Yu, Yang, Wei i Lei [Yu i in., 2018] dokonali pomiaru wartości zagrożonej przy użyciu modeli typu GARCH, teorii wartości ekstremalnych (EVT) i modeli copula. Wyniki testowania wstecznego pokazały, że modele typu GARCH-EVT i modele Copula pozwalały zwiększyć dokładność oszacowania VaR. Natomiast Cheung i Yuen [Cheung i in., 2020] wprowadzili model niepewności dla rozkładu stóp zwrotu i badali wpływ tej zmienności na wartość zagrożoną przy zastosowaniu podejścia najgorszego scenariusza. Wykazali, że wybór modelu strat jest istotny w przypadku wprowadzenia modelu niepewności.

W prowadzonych przeze mnie badaniach do oceny poziomu ryzyka wykorzystano miary kwantylowe, które pozwalają oszacować jego poziom w przypadku występowania zdarzeń losowych nietypowych, ekstremalnych. Zdarzenia takie pojawiają się z małym prawdopodobieństwem, ale jeżeli zaistnieją, to zazwyczaj pociągają za sobą istotne straty (tzw. ryzyko ekstremalne). W przeciwieństwie do popularnego w literaturze pomiaru ryzyka stóp zwrotu za pomocą miary Value-at-Risk (VaR) w moich badaniach wykorzystano także miarę Expected Shortfall<sup>10</sup> (ES) oraz dodatkowo dwie inne miary: Median Shortfall<sup>11</sup> (MS) oraz nową miarę ryzyka GlueVaR. Wymienione miary, z wyjątkiem wartości zagrożonej VaR, należą do rodziny koherentnych miar ryzyka. Spełniają one cztery aksjomaty: subaddytywności, dodatniej jednorodności, homogeniczności oraz niezmienności ze względu na translację [Artzner i in., 1999]. Miary VaR nie zalicza się do koherentnych miar ryzyka. Nie spełnia ona założenia subaddytywności. Subaddytywność oznacza, że całkowite ryzyko związane z badanym zjawiskiem jest nie większe niż suma ryzyk dla czynników determinujących to zjawisko. Własność ta ma szczególne znaczenie w teorii portfela inwestycyjnego, gdyż ryzyko takiego portfela generowane jest przez jego komponenty.

<sup>10</sup> Warunkowa wartość oczekiwana stopy zwrotu przekraczająca poziom VaR mierzona wartością oczekiwaną.

<sup>11</sup> Warunkowa wartość oczekiwana stopy zwrotu przekraczająca poziom VaR mierzona wartością medianą.

## Załącznik 3

Analizę ryzyka stóp zwrotu na rynku metali przeprowadzono dla danych dziennych z okresu styczeń 2010 r. – grudzień 2017 r. Na podstawie informacji rynkowych oraz oceny sytuacji gospodarczej na świecie cały badany okres podzielono na trzy podokresy:

- wzrostu gospodarczego po kryzysie lat 2007-2009 (okres: styczeń 2010 r. – lipiec 2011 r.),
- załamania cen na rynku metali związanego z sytuacją ekonomiczną w gospodarce światowej (okres: sierpień 2011 r. – grudzień 2015 r.) oraz
- wzrostu gospodarczego na rynku metali (okres: styczeń 2016 r. – grudzień 2017 r.).

Badanie przeprowadzono dla całego okresu oraz osobno dla każdego z podokresów. Podejście takie wynika z hipotezy, że stopień zmienności i ryzyka stóp zwrotu na rynku metali istotnie różnicuje się w zależności od aktualnej sytuacji gospodarczej na świecie.

W pierwszym etapie analizy wyznaczono statystyki opisowe dla całego okresu oraz poszczególnych podokresów. Zaobserwowano znaczną asymetrię i wysoki poziom kurtozy. Dodatkowo oceniono zgodność empirycznych rozkładów stóp zwrotu metali z rozkładem normalnym. Wyniki wskazały, że należy odrzucić hipotezę zerową o występowaniu zgodności z rozkładem Gaussa. Tym samym zaproponowano wykorzystanie innych, niegaussowskich rozkładów teoretycznych: t-Studenta oraz asymetrycznego rozkładu Laplace'a (ALD), których zasadność zastosowania zweryfikowano testem zgodności Andersona-Darlinga. Są to rozkłady, które uwzględniają zidentyfikowane uprzednio cechy empirycznych rozkładów stóp zwrotu metali. Uzyskane wyniki dla poszczególnych podokresów potwierdziły także przypuszczenie, że okresy wzrostów oraz spadków obserwowane na rynku istotnie wpływają na wybór rozkładu prawdopodobieństwa stóp zwrotu metali. Wykazano, że w całym okresie badawczym dla większości metali odpowiedni był rozkład ALD. Rozkład ten może być także wykorzystany do analizy stóp zwrotu w podokresie wzrostu gospodarczego po kryzysie lat 2007-2009 oraz podokresie załamania cen na rynku metali związanego z sytuacją ekonomiczną w gospodarce światowej. Z kolei w przypadku podokresu trzeciego, tj. wzrostu gospodarczego na rynku metali, zasadne było wykorzystanie rozkładu t-Studenta. Dodatkowo pokazano istotne zróżnicowanie poziomu stóp zwrotu metali zależne od przyjętego okresu badawczego. Największy stopień zmienności stóp zwrotu charakteryzował podokresy, w których obserwowano poprawę nastrojów na rynku. Natomiast okres kryzysu cechował się zmiennością na niższym, ale bardziej stabilnym poziomie.

Wyniki badania pozwalają wnioskować, że okresy kryzysów gospodarczych istotnie determinują poziom zmienności obserwowanej w zakresie realizacji stóp zwrotu metali, co ma swoje odzwierciedlenie w poziomie ryzyka. Wniosek ten pozwala na **pozytywną weryfikację czwartej hipotezy badawczej (H4) [Podrozdział 4.5 monografii]**.

W drugim etapie badania oszacowano wartości zaproponowanych miar ryzyka dla odpowiednio niskich kwantyli, co odpowiada prawdopodobieństwu realizacji stóp zwrotu na poziomie oznaczającym istotne straty. Porównano wyniki pomiarów uzyskane dla rozkładów empirycznych z wynikami uzyskanymi dla rozkładów teoretycznych: normalnego, t-Studenta oraz ALD w całym okresie oraz w poszczególnych podokresach. Jako miarę porównania przyjęto wartość pierwiastka błędu średniokwadratowego (RMSE). Wyniki wskazały, że poziom ryzyka stóp zwrotu na rynku metali zależał od sytuacji w gospodarce światowej, niezależnie od przyjętej miary ryzyka. W toku prowadzonego badania zaobserwowano, że najbardziej ryzykowny z punktu widzenia inwestowania na rynku metali był okres wzrostu gospodarczego po kryzysie lat 2008-2009. W grupie metali szlachetnych największe straty generowały inwestycje w srebro, natomiast w grupie metali przemysłowych inwestycje w nikiel. Z kolei najmniejsze straty realizowały inwestycje w złoto oraz aluminium. Wykazano także, że na poziom ryzyka w dużym stopniu wpływał stopień zróżnicowania stóp zwrotu. Złoto i aluminium charakteryzowały się najniższym poziomem zmienności, przeciwnie do srebra i niklu, dla których zróżnicowanie było największe. Niski poziom strat w przypadku inwestycji w złoto wynika z postrzegania go jako tzw. „bezpiecznej przystani”, przede wszystkim w okresach niestabilności na rynkach finansowych oraz wzrostu niepewności w gospodarce światowej. Inwestorzy traktują bowiem wartość tego kruszcu jako bardziej stabilną w porównaniu do innych metali.

Warto zwrócić uwagę na wyniki uzyskane dla miar ES oraz MS. Expected Shortfall oraz Median Shortfall są miarami ryzyka określającymi oczekiwaną stratę dla wartości przekraczających VaR, ale przy odmiennym założeniu. ES traktuje wartość oczekiwaną w sensie średniej, natomiast MS w sensie mediany. Analiza porównawcza oszacowań VaR, ES oraz MS na rynku metali dla rozkładów empirycznych i teoretycznych pozwoliła wskazać te z nich, które najlepiej przybliżają empiryczne wartości strat w ocenie błędu RMSE. Bez względu na rozpatrywany okres badawczy oraz miarę ryzyka pokazano, że oszacowanie ryzyka dla bardzo niskich poziomów kwantyla należy przeprowadzać przy wykorzystaniu rozkładów o grubych ogonach (w badaniu były to rozkłady t-Studenta oraz ALD). Dla tych rozkładów wartości błędu RMSE były najniższe.

Na podstawie uzyskanych wyników wykazano, że na wartość miary ryzyka istotnie wpływają nastroje obserwowane w gospodarce. Potwierdzono ponadto, że do szacowania teoretycznych wartości miar ryzyka na rynku metali należy wykorzystywać rozkłady inne niż gaussowskie, przede wszystkim rozkłady

o grubych ogonach. W tym przypadku uzyskane oszacowania miały najniższe wartości błędu RMSE. Tym samym **zweryfikowano pozytywnie piątą hipotezę badawczą (H5) [Podrozdział 4.5 monografii].**

## Załącznik 3

W prowadzonych przeze mnie badaniach, oprócz miar VaR, ES oraz MS, zaproponowano wykorzystanie miary - GlueVaR. Jest to miara nowa i nie ma prac naukowych, które dotyczyłyby jej praktycznego wykorzystania w ocenie ryzyka inwestycji. W pracach Belles-Sampera, Guillén i Santolino [Belles-Sampera i in., 2013, 2014, 2016] opisano podstawy teoretyczne tej miary. Brak także algorytmów programistycznych, umożliwiających bezpośrednią kalkulację miary GlueVaR. Jej obliczanie wymaga napisania odpowiedniego kodu. GlueVaR to koherentna miara ryzyka, ale w odróżnieniu do ES oraz MS uwzględnia ona dodatkowo subiektywny stosunek decydenta do przyszłych zdarzeń ryzykownych [Belles-Sampera i in., 2014]. Z matematycznego punktu widzenia GlueVaR wyznacza się przy wykorzystaniu funkcji transformującej ryzyko<sup>12</sup> oraz całki Choqueta, jednak w ujęciu praktycznym stosuje się formułę, która jest kombinacją liniową miar VaR oraz ES ważoną odpowiednimi prawdopodobieństwami<sup>13</sup>. Miarę GlueVaR wyznacza się dla ustalonych przez decydenta scenariuszy, które określają jego stosunek do ryzyka. Niezbędne jest wskazanie prawdopodobieństwa występowania zdarzenia ryzykownego oraz określenie wagi i znaczenia realizacji takiego zdarzenia dla decydenta (który może wykazywać skłonność, obojętność lub awersję wobec ryzyka). Prawdopodobieństwo wyznacza się na podstawie rozkładu zmiennej ryzyka, natomiast istotność realizacji zdarzenia decydent określa indywidualnie, zgodnie z własnym odczuciem. Im większy jest stopień awersji do ryzyka, tym wyższy będzie poziom znaczenia zdarzenia ryzykownego dla decydenta. Pożądaną własnością miary GlueVaR jest to, że można ją wyznaczyć za pomocą formuł analitycznych dla popularnych rozkładów prawdopodobieństwa, m.in. dla rozkładu normalnego, log-normalnego, t-Studenta, wykładniczego czy też rozkładów rodziny Pareto. Niemniej jednak procedura wyznaczania GlueVaR jest trudna i skomplikowana, wymaga napisania odpowiednich kodów programistycznych.

Zastosowanie miary GlueVaR wynika z konieczności uwzględnienia w ocenie ryzyka subiektywnego stosunku inwestora do ryzyka. Jak wspomniano, decydent może być skłonny do podejmowania działań ryzykownych, może być obojętny lub też może unikać ryzyka. Każda z tych postaw skutkuje innym rozumieniem wielkości straty z podjętej inwestycji. Wykorzystanie miary GlueVaR do analizy ryzyka inwestycji na rynku metali (osobno dla metali szlachetnych i przemysłowych) pokazano w oparciu o różne scenariusze, determinowane stosunkiem inwestora do ryzyka oraz dla różnych okresów badawczych. Ocena ryzyka za pomocą miary GlueVaR wymaga określenia prawdopodobieństwa realizacji stopy zwrotu w przynajmniej dwóch wariantach. Przyjęto wariant ryzykowny (mniejsza strata) oraz bardzo ryzykowny (większa strata). Niezbędne jest także przypisanie wagi dla każdego z wariantów, która wskazuje, jak ważne są ich realizacje z punktu widzenia

<sup>12</sup> Szczegółowy opis własności miar transformujących ryzyko można znaleźć w pracach m.in. Balbás, Garrido i Mayoral [Balbás i in., 2008], Bellini i Gianin [Bellini i in., 2012], Bellini, Klar, Mueller i Gianin [Bellini i in., 2014], Belles-Sampera, Guillén i Santolino [Belles-Sampera i in., 2016], Tsanakas i Millossovich [Tsanakas i in., 2016].

<sup>13</sup> Prawdopodobieństwa te powiązane są z wartościami funkcji transformującej ryzyko.

inwestora. W badaniach empirycznych wartość miary oszacowano dla trzech rozkładów teoretycznych: normalnego, t-Studenta oraz asymetrycznego rozkładu Laplace'a (ALD). Wyniki analizy pokazały, że oceny ryzyka stóp zwrotu na rynku metali za pomocą miary GlueVaR różniły się zależnie od przyjętego scenariusza oraz zależnie od przyjętego okresu badawczego. Inwestor wykazujący awersję wobec ryzyka przypisywał wyższą wagę bardziej prawdopodobnym realizacjom stopy zwrotu, gdyż był on w stanie zaakceptować niższy poziom ryzyka. Przeciwnie postąpił inwestor, który był skłonny podjąć ryzyko – wyższą wagę przypisał ekstremalnym wartościom stóp zwrotu.

Analiza całego okresu badawczego wykazała, że do szacowania poziomu ryzyka na rynku metali szlachetnych właściwy był rozkład t-Studenta, natomiast na rynku metali przemysłowych – rozkład ALD. Rozkład ALD zazwyczaj przeszacowywał wartość GlueVaR ze względu na grubszy ogon niż dla rozkładu t-Studenta. W podokresie wzrostu gospodarczego po kryzysie finansowym z lat 2007-2009 dokładniejsze szacunki ryzyka (w sensie błędu RMSE) za pomocą miary GlueVaR uzyskano dla rozkładu ALD. Rozkłady normalny oraz t-Studenta wyznaczały prognozy strat na poziomie niższym niż wynikało to z danych empirycznych. Tylko dla stóp zwrotu złota, miedzi oraz cyny estymacja za pomocą rozkładu t-Studenta pozwalała uzyskać najmniejsze wartości błędów średniokwadratowych. W podokresach załamania cen na rynku metali związanego z sytuacją ekonomiczną w gospodarce światowej (sierpień 2011 r. – grudzień 2015 r.) oraz wzrostu gospodarczego na rynku metali (styczeń 2016 r. – grudzień 2017 r.) zaobserwowano zróżnicowanie w ocenie oszacowań GlueVaR za pomocą rozkładów teoretycznych. Rozkład normalny częściej dokładnie szacował ryzyko (w sensie błędu RMSE) w przypadku metali przemysłowych, natomiast dla metali szlachetnych dokładniejsze oszacowania otrzymano przy zastosowaniu rozkładów o grubych ogonach [**Podrozdział 4.5 monografii**].

### **OCENA EFEKTYWNOŚCI ZARZĄDZANIA PORTFELEM INWESTYCYJNYM NA RYNKU METALI**

Inwestowanie na rynku metali wymaga racjonalnego podejścia do problemu zarządzania ryzykiem. Cele inwestycyjne powinien być odpowiednio przeanalizowane, aby w konsekwencji podjętego działania ograniczać ryzyko. Biorąc pod uwagę szeroki wachlarz instrumentów inwestycyjnych, jakie oferuje współczesny rynek finansowy, każdy inwestor może tworzyć dowolne strategie inwestycyjne zgodnie ze swoimi subiektywnymi potrzebami. W praktyce rynków finansowych coraz rzadziej spotyka się strategie dotyczące pojedynczych produktów, inwestorzy decydują się na alokację swoich środków finansowych w różne, często niezależne aktywa. Budowane są portfele inwestycyjne, które są agregatami pojedynczych aktywów. Ich przewaga nad inwestycjami indywidualnymi

w aspekcie oceny poziomu ryzyka inwestycji jest jednoznaczna i jasna. Dobrze zdywersyfikowany portfel daje możliwość obniżenia lub przynajmniej ograniczenia wartości potencjalnej straty. Rynek metali oferuje możliwość budowania portfeli, których składnikami są właśnie metale.

W prowadzonych przeze mnie badaniach poruszono zagadnienie efektywności zarządzania portfelem inwestycyjnym na rynku metali. Usystematyzowano mierniki skorygowane o ryzyko, które są odpowiednie do oceny efektywności inwestycji w przypadku asymetrycznych rozkładów stóp zwrotu. Koncepcja wyboru tej klasy miar wynika z przeświadczenia, że inwestorzy mają szerszy pogląd na zyskowność swoich inwestycji. Nie interesuje ich sam bezwzględny poziom zysku (mierzony najczęściej stopą zwrotu), ale poziom zysku skorygowany o mierzalne i realne ryzyko, na które są narażeni podejmując się określonej aktywności inwestycyjnej.

W literaturze przedmiotu istnieje wiele badań empirycznych dotyczących oceny efektywności inwestycji, jednak zdecydowana większość z nich prowadzona jest przy wykorzystaniu podstawowych miar efektywności, takich jak wskaźnik Sharpe'a. Bali, Brown i Demirtas [Bali i in., 2013] oraz Grau-Carles, Doncel i Sainz [2019] wskazali na zasadność zastosowania wskaźnika Sharpe'a i zmodyfikowanego wskaźnika Sharpe'a do oceny wyników badanych funduszy inwestycyjnych. Podobne badania, tylko dla funduszy hedgingowych, prowadzili Ardia i Boudt [Ardia i in., 2015] oraz Bali, Brown i Caglayan [Bali i in., 2019]. Zieling, Mahayni i Balder [Zieling i in., 2014] analizowali, czy wyniki strategii portfeli ubezpieczeniowych o stałej proporcji można poprawić za pomocą zmiennego w czasie mnożnika, który zależy od szacowanej przyszłej zmienności. Wykorzystali miary efektywności przy przełącznikowych modelach EGARCH z reżimem. Z kolei Keating i Shadwick [Keating i in., 2002] w swoich badaniach omawiali własności miary Omega. Bertrand i Prigent [Bertrand, i in., 2011] oraz Dyk, van Vuuren i Heymans [Dyk i in., 2014] pokazali, że wskaźnik Omega umożliwia uwzględnienie informacji, które są zawarte w wyższych momentach rozkładu stopy zwrotu funduszy hedgingowych dostarczając nowego spojrzenia na ocenę wyników tych funduszy. Fong [Fong, 2016] oraz Balder i Schweizer [Blader i in., 2017] zbadali i potwierdzili zgodność wskaźnika Omega i związanych z nim mierników efektywności z dominacją stochastyczną drugiego rzędu. Tawil [Tawil, 2018] natomiast stosował miary skorygowane o ryzyko do oceny efektywności inwestycji ubezpieczeniowych uwzględniając asymetryczny rozkład stóp zwrotu. Z kolei Salamaga i Sala [Salamaga i in., 2014] oceniali efektywność inwestycji w złoto przy wykorzystaniu metod analizy technicznej.

Zaproponowana w moich badaniach ocena efektywności zarządzania inwestycjami na rynku metali za pomocą mierników skorygowanych o ryzyko ma dwa główne obszary zastosowania - ocenę wyników inwestycji oraz ocenę właściwej alokacji środków finansowych. W obszarze oceny wyników inwestycji miary skorygowane o ryzyko wykorzystywane są głównie do rangowania różnych, często odmiennych strategii inwestycyjnych. Zgodnie z klasycznym podejściem inwestycja o najwyższym zysku i najniższym ryzyku oceniana jest jako najlepsza. Dalszym



krokiem w tym zakresie jest opracowanie odpowiednich planów wyrównawczych dla podmiotów gospodarczych lub podmiotów zarządzających inwestowanymi aktywami. Jeśli ich wyniki będą oceniane zgodnie z surowymi, oczekiwanymi miarami zyskowności, jednostki takie będą dążyć do podejmowania ryzyka celem maksymalizacji premii z nim związanej. Natomiast w ocenie inwestycji za pomocą miernika skorygowanego o ryzyko można uniknąć podejmowania nadmiernego ryzyka, ponieważ taka miara uwzględnia ten istotny aspekt. Miary efektywności zarządzania inwestycjami skorygowane o ryzyko znajdują zastosowanie także w obszarze oceny właściwej alokacji kapitału. Pomagają zarządcom instytucji finansowych w ocenie wyników ich jednostek biznesowych lub też portfeli inwestycyjnych, co musi być ponadto zgodne z odpowiednimi regulacjami prawnymi.

W obszarze miar skorygowanych o ryzyko wyróżniono cztery grupy wskaźników sugerując się przesłankami co do samego rozumienia i pomiaru ryzyka. Wyszczególniono wskaźniki bazujące na miarach zmienności, zagrożenia, bazujące na dolnych momentach cząstkowych oraz na spadkach. Wskaźniki oparte na miarach zmienności uwzględniają stopień zróżnicowania (mierzony wariancją) obserwowany w zakresie realizacji stóp zwrotu. Miary zagrożenia informują o możliwej maksymalnej stracie w sytuacji, kiedy inwestor bierze pod uwagę poziom zmienności stopy zwrotu, ale ze względu na niepewność poziom ten może ulec gwałtownej zmianie. Podstawą wyznaczania wskaźników efektywności zarządzania opartych na miarach zagrożenia jest ocena wartości zagrożonej VaR oraz miar pochodnych (na przykład Expected Shortfall). W ocenie efektywności zarządzania inwestycjami za pomocą miar opartych na dolnych momentach cząstkowych zakłada się występowanie pewnego punktu progowego, który wyznacza dla inwestora obszar potencjalnych zysków oraz strat. Natomiast miary efektywności zarządzania inwestycjami oparte na spadkach porównują oczekiwane zyski z inwestycji w odniesieniu do potencjalnych spadków wartości stopy zwrotu w ustalonym okresie.

W prowadzonej przeze mnie analizie porównano wyniki zarządzania inwestycjami w indywidualne aktywa (tj. poszczególne metale) z portfelami inwestycyjnymi składającymi się z tych metali przy wykorzystaniu szeregu różnych miar oceny efektywności, co jest uzupełnieniem i rozszerzeniem opisanych w literaturze badań dotyczących inwestycji na rynku kapitałowym, jednak w moich badaniach dotyczących rynku metali. Okres badawczy to lata od 2015 r. do 2017 r., który podzielono na dwa podokresy:

- budowy portfeli (2015) oraz
- oceny efektywności zarządzania inwestycjami (2016-2017).

Utworzone portfele (dwuskładnikowe) realizowały strategię określającą inwestora cechującego się awersją do ryzyka. Na podstawie wyników analizy porównawczej oceny poziomu ryzyka za pomocą miar VaR oraz ES dla inwestycji indywidualnych oraz portfelowych wykazano, że utworzone portfele realizowały relatywnie niższe straty niż indywidualne metale. Dodatkowo na poziom straty istotnie wpływała

przyjęta strategia optymalizacyjna. Portfele optymalne uzyskały niższe oceny poziomu ryzyka niż portfele równoudziałowe (choć nie zawsze były bardziej zyskowe). W ocenie efektywności zarządzania portfelami inwestycyjnymi na rynku metali pokazano też, że utworzone portfele uzyskały wyższe oceny efektywności w porównaniu z inwestycjami indywidualnymi. Najbardziej efektywne były portfele składające się z metali o najmniejszym stopniu zmienności. Wykazano tym samym, że optymalizacja portfeli inwestycyjnych na rynku metali obniża lub ogranicza poziom straty oraz wpływa pozytywnie na ocenę efektywności zarządzania inwestycjami.

Uzyskane wyniki prowadzą do ostatecznej konkluzji, że tworzenie portfeli inwestycyjnych na rynku metali wpływa na ograniczenie poziomu ryzyka, co skutkuje wysokimi ocenami efektywności zarządzania. Tym samym **zweryfikowano pozytywnie szóstą hipotezę badawczą (H6) [Podrozdział 5.3 monografii].**

**Artykuły naukowe wymienione w ramach osiągnięcia naukowego** dotyczą identyfikacji własności szeregów stóp zwrotu metali oraz wykorzystania tych własności do modelowania ryzyka. W badaniach skoncentrowano się na zjawisku sezonowości oraz zmienności obserwowanej w poziomach cen i stóp zwrotu. Dodatkowo przeanalizowano zagadnienie skośności rozkładu oraz jej wpływu na poziom ryzyka inwestycyjnego na rynku metali wyznaczanego za pomocą prezentowanych miar. Zaprezentowano także możliwości wykorzystanie specjalnej klasy modeli – rozkładów stabilnych – do modelowania rozkładów prawdopodobieństwa stóp zwrotu metali, a tym samym do pomiaru ryzyka na rynku metali.

W artykule naukowym:

Kręgołek D. (2018): Testing day of the week effect on precious metals market, „Dynamic Econometric Models”, Vol. 18, s. 81-97 **[A1]**

poruszono problem sezonowości pojawiającej się w zakresie wartości stóp zwrotu na rynku metali. Anomalie kalendarzowe na rynkach finansowych są częstym przedmiotem badań empirycznych, jednak prowadzone badania dotyczą głównie rynku kapitałowego lub walutowego. Berument i Kiyamaz [Berument i in., 2001] badali sezonowość dziennych stóp zwrotu indeksu S&P i wykazali, że najwyższe i najniższe zwroty pojawiały się w poniedziałki i środy, a największa i najmniejsza zmienność pojawiła się odpowiednio w środy i w piątki. Coraz więcej badaczy bada sezonowość zwrotów i zmienność różnych rynków akcji w różnych okresach, a także bada wpływ różnych czynników na sezonowość [Boubaker i in., 2017; Charles, 2010; Stavarek i in., 2012]. Chiah i Zhong [Chiah i in., 2019] badali efekt dnia tygodnia na 24 rynkach kapitałowych. Zdiagnozowali dodatnie zwroty w poniedziałki oraz ujemne w piątki.

## Załącznik 3

Inni badacze [Behmiri i in., 2015; Lahmiri i.in., 2017; Tiwari i.in., 2015] analizowali zjawisko sezonowości na rynku metali szlachetnych przy wykorzystaniu modeli klasy GARCH. Borowski [Borowski, 2014] wykazał występowanie efektu stycznia oraz istotnie dodatnich piątkowych stóp zwrotu na rynku miedzi. Wang, Liu i Huang [Wang i in., 2019] badali dzienną sezonowość stóp zwrotu i zmienność cen złota w na giełdach w Szanghaju i Londynie. W swoich badaniach wykazali, że występowała dzienna sezonowość w szeregach cenowych szanghajskiego rynku złota (poniedziałkowe stopy zwrotu były zdecydowanie wyższe niż w inne dni handlowe, podobnie zmienność). Natomiast dla cen złota notowanego na giełdzie w Londynie zaobserwowali, że występowała dzienna sezonowość w czwartki i była znacznie wyższa niż w poniedziałki. Gupta i Rajib [Gupta i in., 2018] badali sezonowość stóp zwrotu wybranych towarów, w tym aluminium, miedzi oraz złota przy wykorzystaniu modeli EWMA i ARMA-GARCH w błędem opisanym rozkładem t-Studenta. Szacowali także miarę VaR. Wyniki badań pokazały, że sezonowość cen towarów w ciągu roku wynikała z sezonowości produkcji i konsumpcji. Natomiast Qadan, Aharon i Eichel [Qadan i in., 2019] wykorzystali modele regresji do wykrywania anomalii sezonowości w zmienności cen i stóp zwrotu metali szlachetnych.

W pracy naukowej [A1] wysunięto hipotezę, że rynek metali nie jest obciążony zjawiskiem sezonowości obserwowanej w realizacjach stóp zwrotu. Przyjęto założenie, że przeciętne zyski lub straty z inwestycji na rynku metali nie różnią się istotnie w poszczególnych dniach tygodnia. Jeśli to założenie nie jest prawdziwe, to pojawia się zjawisko tzw. efektu dnia tygodnia. Jest to dość powszechny efekt kalendarzowy w obszarze rynku kapitałowego, gdzie dzień tygodnia istotnie różnicuje średni poziom cen lub stóp zwrotu akcji spółek giełdowych. Aby uwzględnić zjawisko sezonowości w modelu opisującym stopy zwrotu metali wykorzystano podejście regresyjne, w którym zmienną zależną była stopa zwrotu metalu, natomiast predyktorami były zmienne binarne reprezentujące poszczególne dni tygodnia. W analizie zmienności wykorzystano modele dynamiczne, w których jednocześnie estymowano warunkową wartość oczekiwaną i wariancję, uzupełniając je składnikiem identyfikującym zjawisko sezonowości. Zastosowano modele AR-GARCH oraz AR-APARCH. Dodatkowo przyjęto założenie, że składniki losowe opisywane były jednym z trzech rozkładów prawdopodobieństwa: normalnym, t-Studenta oraz GED. Okres badawczy (2000-2016) podzielono na dwa podokresy: wzrostu gospodarczego oraz spadku po kryzysie lat 2008-2009.

Wykorzystując kryteria informacyjne wybrano modele, w których składnik losowy opisano rozkładem t-Studenta oraz GED. Istotność parametrów oszacowanych modeli pozwoliła wyciągnąć ostateczny wniosek, że na rynku metali szlachetnych występuje kalendarzowy efekt dnia tygodnia obserwowany przede wszystkim dla stóp zwrotu złota oraz palladu. W badaniu wykazano, że piątkowe stopy zwrotu tych metali były średnio dodatnie, natomiast w pozostałe dni średnio ujemne (i statystycznie istotne). Różne co do znaku oraz statystycznie istotne wartości średnich stóp zwrotu w poniedziałek (ujemne) oraz w piątek (dodatnie)

## Załącznik 3

można wytłumaczyć nastrojami inwestorów w okolicach weekendu, który jest okresem bezsesyjnym. Wszelka informacja, jaka pojawia się wtedy na rynku nie ma odzwierciedlenia w poziomie stóp zwrotu. W ujęciu behawioralnym informacje rynkowe pojawiające się w piątek generują niepewność wśród inwestorów oraz są źródłem spekulacji i przypuszczeń, natomiast to, co obserwuje się na rynku w poniedziałek jest reakcją inwestorów na wydarzenia, które miały miejsce właśnie w weekend.

W pracach naukowych:

Krężolek D. (2015): Analiza porównawcza ryzyka ekstremalnego na rynkach metali nieżelaznych i szlachetnych, „Metody ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, T. 16, Nr 3, s. 202-2013 **[A3]**

Krężolek D. (2015): Weryfikacja testów zgodności na rynku metali szlachetnych, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Nr 219, s. 53-64 **[A4]**

Krężolek D. (2015): The application of alpha-stable distributions in portfolio selection problem – the case of the metal market, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Nr 247, s. 57-67 **[A5]**

Krężolek D., Majewska J. (2015): Extreme observations in the metal market and their implication for risk measure, [w:] „Modelowanie wielowymiarowych struktur danych i analiza ryzyka”, red. nauk. Grażyna Trzpiot, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2015, s. 50-64 **[A6]**

skoncentrowano się na możliwości wykorzystania specjalnej rodziny rozkładów prawdopodobieństwa do analizy szeregów stóp zwrotu na rynku metali, a w konsekwencji do pomiaru ryzyka inwestycyjnego. Wykorzystano modele stabilne – rodzinę rozkładów prawdopodobieństwa zaliczaną do grupy rozkładów gruboogonowych. Są one dosyć obszernie opisane w literaturze przedmiotu, ale prace na ich temat dotyczą głównie ich własności teoretycznych oraz zastosowania do modelowania aktywów pochodzących przede wszystkim z rynku kapitałowego lub walutowego.

Podstawy teoretyczne modeli stabilnych są obszernie opisane m.in. w pracach Racheva oraz Mittnika [Rachev i in., 1989; 2000], Racheva [Rachev, 2003], Samorodnitskiego i Taqqu [Samorodnitsky i in. 1994], Stoyanova, Racheva, Rachev-lotova i Fabozziego [Stoyanov i in., 2011]. Xu, Wu, Dong i Xiao [Xu i in., 2011] wykorzystali rozkłady stabilne do modelowania stóp zwrotu chińskiego rynku akcji, natomiast Eom, Kaizoji i Scalas [Eom i in., 2019] zastosowali modele stabilne do analizy stóp zwrotu na rynku koreańskim. Rozkłady stabilne, ze względu na brak analitycznej postaci funkcji gęstości (poza trzema przypadkami), opisywane są za

pomocą funkcji charakterystycznej. Pele [Pele, 2014] zaproponował dwa makra w środowisku SAS, które umożliwiały estymację parametrów rozkładu stabilnego metodą McCullocha i metodą Kogona-Williamsa. Ogata [Ogata, 2013] rozważał metodę uogólnionego empirycznego prawdopodobieństwa (Generalized Empirical Likelihood, GEL) do szacowania parametrów wielowymiarowego rozkładu stabilnego. Wielowymiarowe modele stabilne wykorzystywali także Kamali, Mahmoodi i Jahandideh [Kamali i in., 2019], a w swoich badaniach analizowali inwestycje portfelowe na rynku kapitałowym. Rozkłady stabilne znajdują także zastosowanie do modelowania zjawisk rzadkich. Molina-Muñoz, Mora-Valencia i Perote [Molina-Muñoz i in., 2020] badali zdolność rozkładu stabilnego do skutecznego wychwytywania prawdopodobieństwa krachów rynkowych poprzez dynamiczne prognozowanie jego parametrów przy zastosowaniu stabilnych modeli GARCH.

W badaniach opisanych w pracach naukowych [A3]-[A6] wchodzących w skład osiągnięcia naukowego wykorzystano modele stabilne do opisu rozkładów stóp zwrotu na rynku metali oraz do szacowania ryzyka inwestycyjnego. W literaturze przedmiotu nie ma badań empirycznych dotyczących zastosowania modeli stabilnych na rynku metali. W pracy [A4] opisano wyniki weryfikacji zgodności empirycznych rozkładów stóp zwrotu metali z rozkładem stabilnym. W tym celu wykorzystano dwie grupy testów zgodności: testy kwadratowe oraz supremum. Są one odpowiednie w przypadku rozkładów innych niż gaussowskie. Badanie przeprowadzono dla stóp zwrotu metali szlachetnych. Wyniki potwierdziły hipotezę o zgodności rozkładów empirycznych z rozkładem stabilnym. Wykazano tym samym, że rozkłady stóp zwrotu metali szlachetnych były gruboogonowe (parametr stabilności<sup>14</sup> poniżej wartości 2), asymetryczne (lewostronnie, parametr skośności<sup>15</sup> poniżej wartości 0) oraz leptokurtyczne. Stąd wnioskowanie oparte na rozkładzie normalnym jest niepoprawne. Wnioski te są istotne z punktu widzenia wyboru właściwego modelu ryzyka na rynku metali.

W pracy [A3] do analizy ryzyka na rynku metali szlachetnych i przemysłowych zastosowano rozkład stabilny oraz uogólniony rozkład Pareto (Generalized Pareto Distribution, GPD). Wyznaczanie parametrów rozkładu stabilnego wymaga wykorzystania odpowiedniego oprogramowania oraz napisania autorskich algorytmów programistycznych, ponieważ ta klasa modeli nie posiada jawnej postaci analitycznej funkcji gęstości (poza trzema szczególnymi przypadkami) i opisywana jest za pomocą funkcji charakterystycznej. W badaniu wykazano, że stopy zwrotu metali szlachetnych i przemysłowych należą do rodziny rozkładów stabilnych, można je także modelować rozkładem GPD. Zastosowanie wspomnianych rozkładów do

<sup>14</sup> Parametr stabilności  $\alpha$  określa grubość ogona rozkładu przyjmując wartości  $0 < \alpha \leq 2$ . Gdy  $\alpha = 2$  rozkład jest rozkładem normalnym, a gdy  $\alpha < 2$  rozkład posiada grube ogony.

<sup>15</sup> Parametr skośności  $\beta$  określa stopień asymetrii rozkładu przyjmując wartości  $-1 \leq \beta \leq 1$ . Wartości ujemne świadczą o asymetrii lewostronnej natomiast dodatnie o asymetrii prawostronnej. Jeśli  $\beta = 0$  rozkład jest symetryczny.

estymacji wartości miar ryzyka VaR, ES oraz MS pozwoliło wyciągnąć wniosek, że rozkłady te pozwalają zminimalizować błąd prognozy w porównaniu z tą, uzyskaną dla rozkładu normalnego.

Porównując grupę metali szlachetnych i przemysłowych zaobserwowano, że w przypadku metali szlachetnych ryzyko należy szacować wykorzystując rozkład GPD, natomiast w przypadku metali przemysłowych – rozkład stabilny. Warto podkreślić różnicę w ocenie grubości ogona za pomocą rozkładów stabilnych oraz GPD. W przypadku estymacji parametru stabilności dla rozkładu stabilnego nie otrzymuje się osobnego oszacowania lewego i prawego ogona. Natomiast w przypadku rozkładu GPD jest to możliwe. Ma to praktyczne zastosowanie, ponieważ empiryczne rozkłady stóp zwrotu posiadają rozkłady o ogonach różnej grubości.

W pracy [A6], której jestem współautorem, przeprowadzono analizę porównawczą oszacowania wartości zagrożonej VaR dla stóp zwrotu metali szlachetnych za pomocą rozkładów stabilnych oraz modeli teorii wartości ekstremalnych (Extreme Value Theory, EVT). Wyniki badań pokazały, że modele EVT dawały dokładniejsze oceny ryzyka niż powszechnie stosowane metody prognozowania VaR, takie jak metodologia RiskMetrics™ czy metoda symulacji historycznej, przede wszystkim dla dziennych stóp zwrotu. Wykorzystano model przekroczeń (Peaks Over Threshold, POT), ponieważ jest on estymowany na podstawie wszystkich ekstremalnych obserwacji w szeregu stóp zwrotu (powyżej ustalonego progu).

W szacowaniu miary ryzyka VaR za pomocą modeli stabilnych wykazano, że jej wartość zależy w dużym stopniu od przyjętej metody estymacji parametrów rozkładu. Metoda największej wiarygodności (maximum likelihood method, MLE) pozwoliła uzyskać dokładniejsze oszacowania VaR niż metoda momentów (method of moments, MM). Z kolei porównując ocenę ryzyka za pomocą miary VaR jako kwantyla rozkładu stabilnego z oceną bazującą na podejściu EVT zaobserwowano, że modele EVT dawały dokładniejsze oszacowania ryzyka niż rozkłady stabilne. Warto podkreślić, że estymacja parametrów rozkładów EVT, które posiadają zazwyczaj analityczną postać funkcji gęstości wymaga zastosowania takich metod, jak metoda największej wiarygodności czy metoda momentów, natomiast estymacja parametrów rozkładów stabilnych, które nie posiadają analitycznych postaci funkcji gęstości, prowadzona jest numerycznie. Ponadto parametry rozkładów stabilnych szacowane są na podstawie całego szeregu czasowego, natomiast w przypadku rozkładów EVT parametry szacowane są na podstawie obserwacji ekstremalnie oddalonych od wartości średniej. Istotny jest wybór punktu progowego, od którego rozpoczynają się obserwacje ekstremalne. Rozmiar próby zawierającej takie obserwacje jest zatem bardzo mały, dlatego też niezwykle istotna jest jakość tych obserwacji.

Zasadność zastosowania rozkładów stabilnych w analizie ryzyka na rynku metali opisano także w pracy [A5], w której modele stabilne wykorzystano

w ujęciu wielowymiarowym, do budowy portfeli inwestycyjnych. Przy konstrukcji portfeli przyjęto założenie optymalizacyjne, które polegało na minimalizacji ryzyka portfela. Porównano dwa podejścia: klasyczny portfel Markowitza (bazujący na rozkładzie normalnym) z portfelem stabilnym. Okres badawczy, tj. lata 2005-2013 podzielono na dwa podokresy:

- estymacji parametrów rozkładu stabilnego i budowania portfeli (2005-2009) oraz
- analizy portfelowej (2010-2013).

Wyniki analizy pokazały, że występowały różnice w udziałach poszczególnych składników w portfelu zależne od przyjętego rozkładu prawdopodobieństwa. Dodatkowo zaobserwowano, że portfele stabilne cechował zdecydowanie niższy poziom ryzyka niż portfele Markowitza. Jest to istotny wniosek, gdyż może on być wykorzystany do budowy rzeczywistych strategii inwestycyjnych na rynku metali.

W ostatnim z prezentowanych artykułów naukowych:

Krężolek D. (2017): Wpływ asymetrii rozkładu na estymację kwantylowych miar ryzyka, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Nr 344, s. 58-75 [A2]

poruszono problem asymetrii obserwowanej w empirycznych rozkładach stóp zwrotu metali oraz jej wpływu na poziom ryzyka inwestycyjnego. Badania empiryczne pokazują, że, rozkłady stóp zwrotu na rynku metali są leptokurtyczne oraz asymetryczne, zatem stosowanie modeli statystycznych, które w swoich założeniach mają rozkłady symetryczne jest dalece nieuzasadnione. Peiró [Peiró, 1999] badał problem asymetrii dziennych stóp zwrotu na międzynarodowych rynkach akcji i rynku walutowym wykazując istotne różnice pomiędzy stopami zwrotu poniżej średniej a stopami zwrotu powyżej średniej. Tang i Shum [Tang i in., 2003] badali relację pomiędzy skośnością a ryzykiem niesystematycznym w okresach spadków i wzrostów na rynku. Cheng i Hung [Cheng i in., 2011] oceniali asymetrię i kurtozę rozkładu stóp zwrotu na rynku ropy naftowej oraz rynku metali przy wykorzystaniu skośnego rozkładu t-Studenta oraz modeli zmienności typu GARCH. Wyniki empiryczne wykazały, że prognozowana wartość zagrożona (VaR) uzyskana za pomocą skośnego rozkładu t-Studenta zapewniała dokładniejsze prognozy miary VaR w porównaniu z rozkładem symetrycznym. Do budowy dwureżimowego modelu progowego dla warunkowego rozkładu stóp zwrotu aktywów amerykańskiej giełdy rozkład ten w swoich badaniach zastosował także Massacci [Massacci, 2014]. Natomiast Eling [Eling, 2014] wykorzystał go do analizy rynku ubezpieczeń. Badacze wykazali, że skośny rozkład t-Studenta jest szczególnie obiecującym rozkładem dla modelowania stóp zwrotu z aktywów takich jak akcje, obligacje, instrumenty rynku pieniężnego i fundusze hedgingowe. Fernandez-Perez,

## Załącznik 3

Frijns, Fuertes i Miffre [Fernandez-Perez i in., 2018] analizowali relację pomiędzy skośnością rozkładu kontraktów terminowych na towary a oczekiwanymi stopami zwrotu. Z kolei Jiang, Han i Yin [Jiang i in., 2019] badali, czy skośność stóp zwrotu ma charakter informacyjny co do przyszłych wartości stóp zwrotu nadwyżki na rynkach walutowych. Wykazali oni pozytywną i statystycznie istotną zależność. Widać zatem, że problem asymetrii rozkładu jest niezwykle istotny we właściwym modelowaniu stóp zwrotu aktywów finansowych, co ma znaczenie przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych.

W pracy [A2] skoncentrowano się na skośności rozkładu stopy zwrotu metali oraz jej wpływie na poziom ryzyka. Wymieniono miary, za pomocą których można oceniać zarówno kierunek jak również siłę asymetrii. Wskazano te z nich, które znajdują zastosowanie w przypadku występowania obserwacji odstających, będących popularnym zjawiskiem w przypadku szeregów czasowych stóp zwrotu metali. Założenie symetrii rozkładu (przykładem jest rozkład normalny lub t-Studenta) jest wygodnym uproszczeniem, jednak nieodpowiednim dla danych wykazujących znaczną asymetrię. Rozwiązaniem takiego problemu jest przekształcenie dowolnego symetrycznego rozkładu prawdopodobieństwa w rozkład skośny, który wykazuje lepsze dopasowanie do danych empirycznych. Przekształcenia dokonuje się poprzez zastosowanie funkcji normujących.

Wyniki oceny stopnia skośności rozkładów stóp zwrotu metali pokazały, że ocena kierunku asymetrii jest zależna od przyjętej miary. Zaobserwowano dodatkowo, że obserwacje odstające występujące w szeregach stóp zwrotu metali istotnie wpływają na ocenę asymetrii rozkładu za pomocą miar klasycznych. Stąd też, dla oceny asymetrii w przypadku występowania obserwacji odstających zaproponowano wykorzystanie miar bazujących na kwantylach. Pomiaru ryzyka miarami kwantylowymi (VaR, ES oraz MS) dokonano przy zastosowaniu rozkładu normalnego i t-Studenta oraz przy pomocy skośnych wariantów tych rozkładów. Na podstawie otrzymanych wyników wywnioskowano, że estymacja miar ryzyka przy pomocy skośnego rozkładu t-Studenta wyznaczała oceny zbliżone do wartości oszacowanych na podstawie rozkładów empirycznych (gdzie miarą zbieżności jest błąd RMSE). Rozkłady normalny oraz t-Studenta zazwyczaj niedoszacowywały wartości miar ryzyka.

Przeprowadzono także badanie symulacyjne weryfikujące hipotezę, że wartość parametru skośności wprowadzonego do rozkładów symetrycznych wpływa na poziom ryzyka mierzonego miarą VaR. Wyniki uzyskane dla rozkładu normalnego, do którego wprowadzono parametr skośności wykazały, że pomiędzy wartością tego parametru a wartością miary VaR występowała zależność funkcyjna, którą w analizowanym przykładzie symulacyjnym można było opisać za pomocą funkcji nieliniowej. Spostrzeżenie to jest przydatne do wyznaczaniu miar VaR, ES oraz MS na podstawie oceny skośności rozkładu prawdopodobieństwa.



## Załącznik 3

Podsumowując wyniki badań opisanych w monografii pt. „Modelowanie ryzyka na rynku metali” oraz w cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych stwierdzono, że przeprowadzona analiza empiryczna dla danych pochodzących z rynku metali pozwoliła zrealizować postawione w pracach cele oraz pozytywnie zweryfikować wszystkie hipotezy badawcze.

Rynek metali jest silnie zróżnicowany, ocena stopnia zmienności stóp zwrotu wymaga zastosowania różnorodnych modeli oraz miar określających poziom ryzyka. W wynikach badań podkreślono konieczność zastosowania modeli łącznej estymacji warunkowej wartości oczekiwanej i warunkowej wariancji w szeregach czasowych o nieklasycznych rozkładach błędów. Wskazano także na istnienie ukrytych czynników determinujących poziomy stóp zwrotu, przede wszystkim czynników przemysłowego oraz walutowego. W analizie ryzyka na rynku metali wykazano, że na jego poziom wpływały okresy wzrostów i spadków na giełdach. Wskazano metale, które cechowało wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia znacznych strat oraz wskazano na zasadność modelowania ryzyka przy wykorzystaniu rozkładów asymetrycznych i o grubych ogonach. Potwierdzono także konieczność konstrukcji portfeli rynkowych celem zmniejszenia poziomu ryzyka oraz podniesienia efektywności zarządzania inwestycjami na rynku metali.

### 4.3.5. Opis osiągnięć naukowych

Podsumowując osiągnięcie naukowe pt. „Zastosowanie wielowymiarowych modeli statystycznych w analizie ryzyka na rynku metali”, w którego skład wchodzi monografia naukowa pt. „Modelowanie ryzyka na rynku metali” oraz cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych **mój wkład w rozwój dyscypliny ekonomia i finanse można przedstawić następująco:**

1. Wykazano, że z ekonomiczno-finansowego punktu widzenia metale klasyfikują się w dwie rozłączne grupy: metale szlachetne i nieszlachetne (przemysłowe, bazowe). [**Podrozdział 2.1 monografii**]
2. Zidentyfikowano zbiór niezależnych czynników rynkowych, które istotnie determinują zmienność stóp zwrotu metali. [**Podrozdział 3.2.5 monografii**]
3. Wskazano na konieczność wykorzystania modeli jednoczesnej estymacji warunkowej wartości oczekiwanej ARMA oraz warunkowej wariancji GARCH (w tym modeli APARCH oraz GJR) do opisu zmienności stóp zwrotu metali. [**Podrozdział 3.1.7 monografii**]
4. Wskazano na konieczność stosowania modeli szeregów czasowych stóp zwrotu metali opartych na niegaussowskich rozkładach błędów, w tym na rozkładzie t-Studenta, skośnym t-Studenta oraz uogólnionym rozkładzie błędu GED. [**Podrozdział 3.1.7 monografii**]
5. Zaobserwowano występowanie nieliniowego związku pomiędzy parametrem skośności rozkładu prawdopodobieństwa a wartością miary ryzyka. Wykazano, że zmiana kierunku asymetrii wpływa na wartość miary ryzyka. [**praca A2**]
6. Dokonano oceny ryzyka inwestycji na rynku metali przy wykorzystaniu miary GlueVaR, którą wyznacza się przy wykorzystaniu miar transformujących ryzyko. Ze względu na skomplikowane formuły matematyczne obliczanie miary GlueVaR wymaga napisania autorskich algorytmów i kodów programistycznych (głównie w przypadku zastosowania rozkładów prawdopodobieństwa innych niż rozkład normalny). [**Podrozdział 4.5 monografii**]
7. Wykazano, że ocena ryzyka stóp zwrotu na rynku metali za pomocą miary GlueVaR zależy od poziomu subiektywnej skłonności jednostki (inwestora, instytucji finansowej) do akceptowania ryzyka. [**Podrozdział 4.5 monografii**]
8. Wskazano, że do estymacji miar ryzyka na rynku metali należy stosować niegaussowskie rozkłady prawdopodobieństwa o grubych ogonach (m.in. skośny t-Studenta, uogólniony rozkład błędu GED, asymetryczny rozkład Laplace'a, rozkład stabilny, uogólniony rozkład Pareto), gdyż oszacowania miar ryzyka za pomocą tych rozkładów w porównaniu z empirycznymi rozkładami stóp zwrotu metali dają najmniejsze wartości błędu RMSE. [**Podrozdziały 3.1.7, 4.5 monografii, prace A3, A4, A5, A6**]

### Załącznik 3

9. Wskazano grupy metali, których uwzględnienie w portfelu inwestycyjnym pozwoli zminimalizować ryzyko gwałtownych zmian stóp zwrotu oraz pokazano, że portfele stabilne na rynku metali cechuje niższy poziom ryzyka niż portfele budowane zgodnie z założeniem normalności w modelu Markowitza [**Podrozdział 5.3 monografii, praca A5**]
10. Potwierdzono występowanie kalendarzowego efektu dnia tygodnia (w tym efektu weekendu) dla zmienności stóp zwrotu metali. Stopy zwrotu w piątek są średnio dodatnie, natomiast w pozostałe dni – średnio ujemne (i statystycznie istotne). [**praca A1**]

### V. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

Zarówno przed, jak również po uzyskaniu stopnia doktora realizowałem działalność dydaktyczną oraz organizacyjną na Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach, Górnośląskiej Wyższej Szkole Handlowej im. Wojciecha Korfanteo w Katowicach oraz Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej. Szczegółowy opis aktywności realizowanych w wymienionych obszarach przedstawiono poniżej.

#### 5.1. Działalność dydaktyczna

##### DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA W KRAJU

Od momentu nawiązania współpracy naukowej z wymienionymi szkołami wyższymi prowadzę zajęcia dydaktyczne (wykłady, ćwiczenia, laboratoria) na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I oraz II stopnia z następujących przedmiotów:

##### A. ZAJĘCIA PROWADZONE NA STUDIACH I ORAZ II STOPNIA

###### 1. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach:

- Analiza rynków towarowych (wykład),
- Analiza wielowymiarowa (wykład, ćwiczenia),
- Laboratorium Big Data (laboratorium),
- Metody i techniki analizy danych (wykład, ćwiczenia),
- Metody probabilistyczne i statystyka (wykład, ćwiczenia),
- Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna (wykład, ćwiczenia),
- Statystyka matematyczna (ćwiczenia),
- Statystyka opisowa i ekonomiczna (ćwiczenia),
- Środowiska przetwarzania i analizy Big Data (wykład, ćwiczenia),
- Technologie informacyjne (ćwiczenia),
- Zastosowania wielowymiarowych metod statystycznych (ćwiczenia).

## Załącznik 3

### 2. Górnośląska Wyższa Szkoła Handlowa im. Wojciecha Korfantego w Katowicach:

- Business statistics (wykład, ćwiczenia, zajęcia prowadzone w języku angielskim),
- Mathematical statistics (wykład, ćwiczenia, zajęcia prowadzone w języku angielskim),
- Metody probabilistyczne i statystyka matematyczna (wykład, ćwiczenia),
- Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna (wykład, ćwiczenia),
- Statystyka (wykład, ćwiczenia),
- Statystyka matematyczna (wykład, ćwiczenia),
- Statystyka opisowa (wykład, ćwiczenia).

### 3. Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej:

- Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna (wykład, ćwiczenia),
- Statystyka z demografią (wykład, ćwiczenia),
- Statystyka z elementami ekonometrii (wykład, ćwiczenia),

Oprócz zajęć na studiach pierwszego i drugiego stopnia prowadzą także zajęcia dydaktyczne dla słuchaczy studiów podyplomowych oraz doktoranckich:

## **B. ZAJĘCIA PROWADZONE NA STUDIACH PODYPLOMOWYCH**

### 1. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach:

- Kierunek: Narzędzia informatyczne w analizie danych:
  - Podstawy wnioskowania statystycznego z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel (wykład, ćwiczenia),
  - Analiza współzależności i regresji z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel (wykład, ćwiczenia),
  - Analiza szeregów czasowych – STATISTICA (ćwiczenia),
  - Statystyczna analiza wielowymiarowa (wykład, ćwiczenia),
  - Podstawy języka R (wykład, ćwiczenia).
- Kierunek: Analiza danych z wykorzystaniem narzędzi SAS:
  - Analiza regresji (ćwiczenia),
  - Analiza współzależności zjawisk (ćwiczenia).

### C. ZAJĘCIA PROWADZONE NA STUDIACH DOKTORANCKICH

1. Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej:
  - Wprowadzenie do badań naukowych (wykład),
  - Metody ilościowe w badaniach naukowych (wykład),
  - Analiza statystyczna w praktyce (wykład).

Ważną częścią mojej pracy dydaktycznej jest prowadzenie seminariów dyplomowych oraz magisterskich. Po uzyskaniu stopnia doktora byłem promotorem 15 prac dyplomowych magisterskich oraz 2 prac dyplomowych licencjackich. Ponadto byłem recenzentem łącznie 16 prac dyplomowych (magisterskich oraz licencjackich). Obecnie prowadzę opiekę naukową nad dwoma pracami dyplomowymi licencjackimi.

### DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA ZA GRANICĄ

Realizowana przeze mnie działalność dydaktyczna ma także wymiar międzynarodowy. Po uzyskaniu stopnia doktora regularnie uczestniczę w międzynarodowym programie Erasmus+, w ramach którego prowadzę zajęcia dydaktyczne ze studentami oraz seminaria naukowo-dydaktyczne z badaczami i pracownikami dydaktycznymi zagranicznych ośrodków naukowych. Wykłady prowadzę w językach angielskim i hiszpańskim. Poniżej wymieniono zagraniczne uniwersytety, z którymi nawiązałem współpracę dydaktyczną w ramach programu Erasmus+:

#### A. WYKŁADY DYDAKTYCZNE:

(prowadzone w języku angielskim)

1. Lapland University of Applied Sciences, Rovaniemi, Finlandia, 2020  
Temat wykładu: Application of statistics in business (30 godzin dydaktycznych)
2. Universidad de León, León, Hiszpania, 2017  
Temat wykładu: Statistical methods in market research (8 godzin dydaktycznych)
3. Universidad de Alicante, Alicante, Hiszpania, 2017  
Temat wykładu: Big Data and Data Visualization (8 godzin dydaktycznych)
4. Universidad de Alicante, Alicante, Hiszpania, 2016  
Temat wykładu: Selected methods of data mining and their application in solving socio-economic problems (8 godzin dydaktycznych)

### **B. SEMINARIA NAUKOWO-DYDAKTYCZNE:**

(prowadzone w języku hiszpańskim)

1. Universidad Nacional De Asunción, Asunción, Paragwaj, 2019  
Temat seminarium: Métodos de análisis y visualización de datos (10 godzin dydaktycznych), Métodos cuantitativos en análisis de cuestionarios (10 godzin dydaktycznych)
2. Universidad de Ibagué, Ibagué, Kolumbia, 2018  
Temat seminarium: Análisis multivariante para las investigaciones (15 godzin dydaktycznych)

Aktywność dydaktyczna, jaką realizuję w całym okresie współpracy z jednostkami szkolnictwa wyższego, nie ogranicza się tylko do prowadzenia zajęć dydaktycznych. Po uzyskaniu stopnia doktora byłem autorem jednego podręcznika oraz autorem rozdziałów w pięciu współautorskich podręcznikach, przygotowanych w zespołach dydaktycznych.

### **A. AUTORSTWO PODRĘCZNIKÓW:**

1. Kręgołek D. (2014): „Rozkłady alfa-stabilne. Zastosowanie w ekonomii i zarządzaniu”, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2014, ISBN: 978-83-7875-221-9

### **B. AUTORSTWO ROZDZIAŁÓW W PODRĘCZNIKACH:**

1. „Statystyka a Data Science”, red. nauk. Grażyna Trzpiot, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2017, ISBN: 978-83-7875-392-6:
  - Kręgołek D.: Redukcja wymiaru, s. 67-88
2. „Zarządzanie projektem badawczym”, red. nauk. Joanna Rzempała, Magdalena Pieńkos, Tomasz Leśniowski, Oficyna drukarska – Jacek Chmielewski, Kraków 2015, ISBN: 978-83-64509-16-2:
  - Kręgołek D.: Jakość i zmiany w projektach, s. 86-90
  - Kręgołek D.: Zakończenie projektu, s. 110-112
3. „Research project management”, red. nauk. Joanna Rzempała, Magdalena Pieńkos, Tomasz Leśniowski, Oficyna drukarska – Jacek Chmielewski, Kraków 2015, ISBN: 978-83-64509-17-9:
  - Kręgołek D.: Quality and project changes, s. 75-78
  - Kręgołek D.: Completion of the project, s. 96-97
4. „RExcel w analizie danych”, red. nauk. Grażyna Trzpiot, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2014, ISBN: 978-83-7875-140-3:
  - Kręgołek D.: Analiza regresji, s. 77-105

## Załącznik 3

5. „XLStat w analizie danych”, red. nauk. Grażyna Trzpiot, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2014, ISBN: 978-83-7875-170-0:

- Krężolek D.: Analiza regresji, s. 58-74
- Krężolek D.: Wybrane metody statystycznej analizy wielowymiarowej, s. 75-94

Moja działalność dydaktyczna koncentruje się także na realizacji projektów dydaktycznych. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych uczestniczyłem w dwóch projektach dydaktycznych:

- międzynarodowym projekcie dydaktycznym realizowanym pomiędzy Uniwersytetem Ekonomicznym w Katowicach a Uniwersytetem w Stavanger (Norwegia),
- projekcie dydaktycznym realizowanym we współpracy z Akademią WSB w Dąbrowie Górniczej.

### A. UNIwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Tytuł projektu: „Edukacja dla rozwoju badań i innowacji”

Projekt finansowany ze środków Funduszu Stypendialnego i Szkoleniowego, ustanowionego w ramach funduszy norweskich oraz funduszy EOG (działanie Rozwój Polskich Uczelni).

#### Zadania:

- stworzenie stanowiska promocyjnego, a także przeprowadzenie akcji promocyjnej nowej specjalności „Badania i zarządzanie projektem” na Wydziale Informatyki i Komunikacji Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach,
- przygotowanie dokumentacji do wdrożenia programu nauczania specjalności „Zarządzanie badaniami i projektami” na Radę Wydziału Informatyki i Komunikacji Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach,
- opracowanie materiałów dydaktycznych z zakresu zarządzania ryzykiem, jakością, komunikacją i zarządzania wiedzą w projekcie, wchodzących w skład podręcznika pt. „Zarządzanie projektem badawczym”, przygotowanego w języku polskim i angielskim,
- opracowanie strategii i planu działania na Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach w celu rozwoju projektów B+R i TT.

Termin realizacji: kwiecień 2014 r. – listopad 2015 r.



## Załącznik 3

W listopadzie 2014 r., w ramach realizowanego projektu, odbyłem wizytę studyjną na Uniwersytecie w Stavanger (Norwegia), której celem było omówienie programu nauczania dla przygotowywanej anglojęzycznej specjalności "Research and project management".

Efektom końcowym realizacji projektu było wprowadzenie do oferty dydaktycznej Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach nowej specjalności „Research and project management”, realizowanej na kierunku Informatyka i Ekonometria (Wydział Informatyki i Komunikacji) i oferowanej studentom studiów stacjonarnych i niestacjonarnych II stopnia. Studia na tej specjalności prowadzone są w języku angielskim. Jako jeden z wykonawców zadań projektowych po stronie Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach przygotowałem autorskie sylabusy (w języku angielskim) z przedmiotów dydaktycznych realizowanych w ramach wspomnianej specjalności:

- Specific aspect of project management (wykład),
- Risk in project research (wykład, ćwiczenia),
- Preparing project proposal (wykład, ćwiczenia),
- Statistical methods and tools in project research (wykład, ćwiczenia),
- Software support tools in project research (wykład, ćwiczenia).

Od marca 2016 r. pełnię także funkcję kuratora specjalności „Research and project management”.

### **B. AKADEMIA WSB W DĄBROWIE GÓRNICZEJ**

Tytuł projektu: „PoMOOCny e-learning”

Działanie realizowane i finansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój 2020-2024, Oś Priorytetowa III. Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działanie 3.1 Kompetencje w szkolnictwie wyższym.

Zadania:

- opracowanie sylabusu kursu e-learningowego pt. „Mooc Statystyki”,
- opracowanie treści merytorycznych kursu e-learningowego pt. „Mooc Statystyki”, zadań treningowych, pretestów i posttestów, materiałów dodatkowych oraz innych niezbędnych materiałów merytorycznych.

Termin realizacji: listopad 2019 r. – styczeń 2020 r.

### KOŁO NAUKOWE

Biorąc pod uwagę potrzebę własnego rozwoju i chęci zgłębiania wiedzy dotyczącej metod statystycznych oraz szeroko rozumianej analizy danych przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii informatycznych, w kwietniu 2017 r. założyłem koło naukowe „Value Miners – Koło Naukowe Data Science”, którego jestem opiekunem. Główną motywacją do utworzenia koła naukowego była chęć pomocy studentom w rozwijaniu ich zainteresowań oraz pasji związanych z metodami analitycznymi i nowoczesnymi narzędziami informatycznymi służącymi wydobywaniu wiedzy z danych. Koło powstało w wyniku mojej autorskiej inicjatywy naukowo-badawczej skierowanej do młodych i ambitnych studentów Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.

Głównym celem działalności koła jest wymiana doświadczeń i tworzenie bazy wiedzy dotyczącej nowoczesnych i oryginalnych metod i narzędzi analiz dużych zbiorów danych (Big Data), często niestrukturalnych, za pomocą metod i technik, które nie są powszechnie wykorzystywane w praktyce biznesowej, przede wszystkim ze względu na brak ekspertów w tej dziedzinie.

Działalność koła naukowego „Value Miners” polega na realizowaniu różnych projektów, autorskich oraz zewnętrznych. Wraz z członkami koła uczestniczymy w różnych wydarzeniach (warsztaty metodologiczne, konferencje) organizowanych w całej Polsce i powiązanych bezpośrednio z obszarem naukowym, w jakim działa koło. Członkowie koła, pod moją opieką, uczestniczyli w konferencji naukowej „Statistics for Innovation: Data Visualization and Risk Analysis – SIDVRA 2017”, której organizatorem była Katedra Demografii i Statystyki Ekonomicznej Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. Wspólnie z członkami koła zaprezentowałem referat pt. „Atrakcyjność miasta Katowice – podejście wizualne”, w którym przedstawiono wyniki badania wpływu wybranych czynników ekonomicznych, geograficznych, logistycznych oraz urbanistycznych na atrakcyjność inwestycyjną Katowic. Badanie przeprowadzono przy wykorzystaniu autorskich rozwiązań programistycznych. Referat zaprezentowany na konferencji został opublikowany w czasopiśmie naukowym Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach:

Kręgołek D., Cibis A., Dargiewicz G., Kiermasz R., Pastecki M., Skrzydło M., Staszczyszyn I. (2017): Atrakcyjność miasta Katowice – podejście wizualne, „Studia Ekonomiczne. Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach”, Nr 344, s. 39-57.

### 5.2. Działalność organizacyjna

Praca na Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach daje mi możliwość realizacji szeregu aktywności w zakresie organizacyjnym, wśród których można wymienić:

- członek z wyboru w Radzie Wydziału na Wydziale Informatyki i Komunikacji: kadencja 2016-2020,
- praca w zespole przygotowującym raport samooceny w związku z akredytacją kierunku Informatyka na Wydziale Informatyki i Komunikacji: marzec-kwiecień 2019 r.,
- członek z powołania w Komitecie Organizacyjnym zawodów okręgowych Olimpiady Statystycznej (edycje I-III), organizowanej przez Główny Urząd Statystyczny oraz Polskie Towarzystwo Statystyczne: lata 2016-2019,
- praca w Komisji Rekrutacyjnej na studia stacjonarne i niestacjonarne I oraz II stopnia: lata 2016-2018,
- praca w Komitecie Organizacyjnym konferencji naukowej „Statistics for Innovation: Data Visualization and Risk Analysis – SIDVRA”, organizowanej przez Katedrę Demografii i Statystyki Ekonomicznej: lata 2015-2019,
- praca przy tworzeniu „Kwartalnika Statystycznego” – czasopisma wydawanego przez Polskie Towarzystwo Statystyczne: lata 2012-2014.

### 5.3. Działalność popularyzująca naukę

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk ekonomicznych miałem możliwość realizowania różnych aktywności, które miały na celu popularyzowanie i rozpowszechnianie wiedzy na temat możliwości wykorzystania metod statystycznych i narzędzi informatycznych w badaniach naukowych oraz w obszarze biznesu. Wśród nich można wymienić:

- moderator podczas zebrania Polskiego Towarzystwa Statystycznego Oddział w Katowicach (miejsce spotkania: Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, październik 2019 r.),
- dyskutant w panelu dyskusyjnym „Przestrzeń miasta dla mieszkańców i przemysłu” podczas konferencji „INDATA OF THINGS: MIASTO – SIECI – PRZEMYSŁ” zorganizowanej przez spółkę INDATA (miejsce konferencji: Park Naukowo-Technologiczny „Euro-Centrum” w Katowicach, grudzień 2017 r.),

## Załącznik 3

- moderator w panelu dyskusyjnym podczas warsztatów "Rewitalizacji przestrzeni miejskich i obszarów przemysłowych" zorganizowanych przez Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego we współpracy z Fundacją Pracownia Badań i Innowacji Społecznych „Stocznia” (miejsce warsztatów: Bytomski Teatr Tańca i Ruchu ROZBARK w Bytomiu, październik 2016 r.),
- prelegent podczas konferencji „Technologie Internetu Rzeczy wspierające rozwój organizacji” zorganizowanej przez spółkę INDATA (miejsce konferencji: Międzynarodowe Centrum Kongresowe w Katowicach, wrzesień 2016), temat wystąpienia: "Od analizy danych do rzeczywistości rozszerzonej".

### VI. Pozostałe osiągnięcia dotyczące działalności naukowo-badawczej oraz kariery zawodowej

W tej części autoreferatu przedstawiono i omówiono pozostałe osiągnięcia (w tym badania statutowe oraz własne) stanowiące o dorobku naukowym, a także wskazano na istotne aspekty kariery zawodowej, nie powiązanej ze szkolnictwem wyższym i nauką, a mającej istotny wpływ na ukierunkowanie prowadzonych badań naukowych.

#### 6.1. Badania statutowe

Zarówno przed jak i po uzyskaniu stopnia doktora byłem członkiem wykonawczym w zespołach badawczych realizujących projekty w ramach Badań Statutowych Katedry Demografii i Statystyki Ekonomicznej, pod kierownictwem prof. dr hab. Grażyny Trzpiot. Łącznie uczestniczyłem w 5 zespołowych projektach badawczych (2 przed uzyskaniem stopnia doktora oraz 3 po uzyskaniu stopnia doktora), z czego 4 były trzyetapowe.

##### A. PRZED UZYSKANIEM STOPNIA DOKTORA:

(2 projekty, w tym 1 trzyetapowy)

1. „Wielowymiarowe modelowanie i analiza ryzyka”, 2011
2. „Analiza szeregów czasowych a statystyczny pomiar ryzyka. Część III”, 2010
3. „Analiza szeregów czasowych a statystyczny pomiar ryzyka. Część II”, 2009
4. „Analiza szeregów czasowych a statystyczny pomiar ryzyka. Część I”, 2008

##### B. PO UZYSKANIU STOPNIA DOKTORA:

(3 projekty, w tym 3 trzyetapowe)

1. „Modelowanie złożonych zbiorów danych i analiza ryzyka. Etap III”, 2020
2. „Modelowanie złożonych zbiorów danych i analiza ryzyka. Etap II”, 2019
3. „Modelowanie złożonych zbiorów danych i analiza ryzyka. Etap I”, 2018
4. „Modelowanie wielowymiarowych struktur danych i analiza ryzyka. Etap III”, 2017
5. „Modelowanie wielowymiarowych struktur danych i analiza ryzyka. Etap II”, 2016
6. „Modelowanie wielowymiarowych struktur danych i analiza ryzyka. Etap I”, 2015

7. „Stochastyczne modelowanie i analiza ryzyka. Etap III”, 2014
8. „Stochastyczne modelowanie i analiza ryzyka. Etap II”, 2013
9. „Stochastyczne modelowanie i analiza ryzyka. Etap I”, 2012

Wyniki realizacji zadań w zakresie wymienionych projektów prezentowano na wielu krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych. Udokumentowano je także w postaci artykułów naukowych oraz rozdziałów w monografiach. Szczegółowy wykaz publikacji oraz rozdziałów w monografiach znajduje się w **Załączniku 4 (punkt II)**.

### 6.2. Badania własne

Po uzyskaniu stopnia doktora prowadziłem działalność naukowo-badawczą realizując badania indywidualne w ramach projektu „Młodzi Naukowcy”. Środki subwencji w ramach projektu przeznaczone są na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich.

W latach 2014-2018 byłem kierownikiem i wykonawcą badań własnych w indywidualnych projektach naukowo-badawczych, które dotyczyły analizy ryzyka na rynku metali w różnych ujęciach. Wspomniane projekty opisano poniżej.

1. „Rynek metali na świecie - analiza ryzyka w ujęciu wielowymiarowym”, 2018

Cel projektu: analiza porównawcza ryzyka inwestycyjnego na wybranych światowych rynkach metali. Przedmiotem badania był rynek metali przemysłowych i szlachetnych. W badaniach wykorzystano koncepcję konstrukcji wieloskładnikowych portfeli inwestycyjnych oraz poddano weryfikacji różnice estymowanego poziomu ryzyka ekstremalnego pomiędzy każdym z rynków przy wykorzystaniu nieklasycznych, wielowymiarowych miar koherentnych, w tym miary VaR oraz miar pochodnych (ES, MS). Dodatkowo dokonano oceny struktury każdego z badanych rynków biorąc pod uwagę specyfikę lokalizacji obrotu aktywami towarowego rynku metali w ujęciu przestrzennym.

## Załącznik 3

Wyniki badań realizowanych w ramach projektu zaprezentowano na czterech konferencjach naukowych, w tym jednej zagranicznej:

- Międzynarodowa Konferencja Naukowa „V Wrocław Conference in Finance”, Wrocław, Polska, 2019; tytuł referatu: „Selected measures of investment performance on the precious metals market”
- „XXVIII Konferencja Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS (XXXIII Konferencja Taksonomiczna). Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania”, Szczecin, Polska, 2019; tytuł referatu: „Zastosowanie estymatora Hilla do oceny ryzyka ekstremalnego na rynku metali”
- „16th Conference of the International Federation of Classification Societies”, Thessaloniki, Grecja, 2019; tytuł referatu: „Conditional extreme quantile risk measures on metals market”
- XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Modelowanie Preferencji a Ryzyko”, Ustroń, Polska, 2019; tytuł referatu: „Czynniki ryzyka zmienności dla notowań złota i srebra – analiza ryzyka ekstremalnego”

Artykuły naukowe będące rezultatem prowadzonych badań w ramach projektu są obecnie na etapie recenzji naukowej lub w druku:

- Krężołek D. (2020): „Application of Hill estimator to assess extreme risks in the metals market” – praca w druku w czasopiśmie „Classification and Data Analysis - Theory and Applications”, wydawnictwo Springer
- Krężołek D. (2020): „Czynniki ryzyka zmienności dla notowań złota i srebra - analiza ryzyka ekstremalnego” – praca w druku jako rozdział w monografii po konferencji naukowej „Modelowanie Preferencji a Ryzyko”, wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach
- Krężołek D. (2020): „Selected measures of investment performance on the precious metals market” – praca skierowana do recenzji w czasopiśmie „Ekonometria. Econometrics”, wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
- Krężołek D., Trzpiot G. (2020): „Conditional extreme quantile risk measures on metals market” – praca skierowana do recenzji jako postconference proceedings w czasopiśmie „Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization”, wydawnictwo Springer

2. „Wielowymiarowe modele ryzyka inwestycyjnego na wybranych rynkach metali”, 2017

Cel projektu: ocena i próba modelowania ryzyka dla inwestycji portfelowych na rynku metali. Do oceny ryzyka wykorzystano miary bazujące na metodologii Value-at-Risk i powiązane z prawdopodobieństwem realizacji stóp zwrotu generujących nadzwyczajne straty. Ponadto zaprezentowano miary subiektywnej oceny ryzyka: GlueVaR oraz wskaźnik Omega. Dodatkowym celem projektu było wskazanie

istotnego wpływu czasu (oraz różnych niezależnych zdarzeń w czasie) na rozkłady stóp zwrotu metali w portfelu, jego skład a tym samym pomiar ryzyka. W projekcie poruszono także problem sezonowości obserwowanej w zakresie stóp zwrotu metali.

Wyniki badań realizowanych w ramach projektu zaprezentowano na Międzynarodowej Konferencji Naukowej „III Wrocław Conference in Finance” we Wrocławiu, Wrocław, 2017. Tytuł referatu: „Omega risk measure in portfolio selection problem – the case of metals market”.

Artykuły naukowe będące rezultatem prowadzonych badań w ramach projektu zostały opublikowane w następującym czasopiśmie:

- Krężolek D. (2018): Testing day of the week effect on precious metals market, „Dynamic Econometric Models”, Vol. 18, s. 81-97, DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/DEM.2018.005>

3. „Pomiar ryzyka ekstremalnego w inwestycjach na rynku metali – ujęcie nieklasyczne”, 2016

Cel projektu: ocena i próba modelowania ryzyka ekstremalnego dla inwestycji na rynku metali w ujęciu wielowymiarowym. Prowadzona analiza dotyczyła inwestycji portfelowych na rynku metali. W przypadku oceny ryzyka wykorzystano miary bazujące na metodologii wartości zagrożonej (miary kwantylowe), powiązane z prawdopodobieństwem realizacji stóp zwrotu generujących nadzwyczajne straty.

Wyniki badań realizowanych w ramach projektu zaprezentowano na dwóch konferencjach naukowych:

- XXXV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Wielowymiarowa Analiza Statystyczna” w Łodzi, Łódź, 2016; tytuł referatu: „Wybrane modele klasy GARCH na rynku metali – testowanie wsteczne Value-At-Risk”
- XVII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych 2016” w Warszawie, Warszawa, 2016; tytuł referatu: „Skośność rozkładu a estymacja kwantylowych miar ryzyka - przypadek rynku metali”

Artykuły naukowe będące rezultatem prowadzonych badań w ramach projektu zostały opublikowane w następujących czasopismach:

- Krężolek D. (2017): Selected GARCH-type Models on the Metals Market - backtesting of Value-at-Risk, „Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Oeconomica”, Vol. 5, No. 331, s. 185-203, DOI: <http://dx.doi.org/10.18778/0208-6018.331.12>



## Załącznik 3

- Kręgołek D. (2017): Skośność rozkładu a estymacja kwantylowych miar ryzyka - przypadek rynku metali, „Metody ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, Vol. 17, No. 4, s. 624-634, DOI: <http://dx.doi.org/10.22630/MIBE.2017.18.4.57>
- Kręgołek D. (2017): The use of value-at-risk methodology in the assessment of investor's risk attitudes on the precious metals market, „Ekonometria. Econometrics”, Nr 3 (57), s. 101-112, DOI: <http://dx.doi.org/10.15611/ekt.2017.3.08>

#### 4. „Analiza ryzyka inwestycyjnego na rynku metali nieżelaznych i szlachetnych”, 2015

Cel projektu: analiza ryzyka w obrębie inwestycji dokonywanych na rynku metali przemysłowych i szlachetnych. Projekt obejmował także badania związane z eksploracją rynku metali jako alternatywnego obszaru inwestycyjnego dla inwestycji kapitałowych. W badaniu wykorzystano zarówno klasyczne jak i nieklasyczne mierniki ryzyka, w dużej mierze bazujące na metodologii wartości zagrożonej. Podejście to związane jest bezpośrednio z ryzykiem realizacji straty z inwestycji na poziomie znacznie oddalonym od oczekiwanego. Jest to szczególnie istotny problem w sytuacji rosnącej niepewności ekonomicznej, finansowej oraz politycznej w gospodarce światowej.

Wyniki badań realizowanych w ramach projektu prezentowano na trzech konferencjach naukowych:

- Międzynarodowa Konferencja „Aktualne Problemy Ekonomiczne i Społeczne Current Economic and Social Topics International Colloquium CESTIC2015”, Łódź/Warszawa, Polska, 2015; tytuł referatu: „The Use of Value-at-Risk Methodology in Assessment of Investor's Risk Attitudes on the Precious Metals Market”
- XXXIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Wielowymiarowa Analiza Statystyczna”, Łódź, Polska, 2015; tytuł referatu: „Miara ryzyka GlueVaR a postawy wobec ryzyka - zastosowanie na rynku metali nieżelaznych”
- XVI Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych 2015”, Warszawa, Polska, 2015; tytuł referatu: „Analiza porównawcza ryzyka ekstremalnego na rynkach metali nieżelaznych i szlachetnych”

Artykuły naukowe będące rezultatem prowadzonych badań w ramach projektu zostały opublikowane w następującym czasopiśmie:

- Kręgołek D. (2016): The GlueVaR risk measure and investor's attitudes to risk – an application to the non-ferrous metals market, „Statistics in Transition. New Series”, Vol. 17, No. 2, s. 305-316

### 5. „Nieklasyczne miary ryzyka inwestycji na rynku metali”, 2014

Cel projektu: zastosowanie nieklasycznych miar ryzyka w ocenie inwestycji na towarowym rynku metali. W badaniu wykorzystano wybrane miary ryzyka, zaliczane do miar kwantylowych, a ich estymację prowadzono stosując gruboogonowe rozkłady prawdopodobieństwa. Badano także zmienność stóp zwrotu metali przy wykorzystaniu modeli klasy GARCH.

Wyniki badań realizowanych w ramach projektu prezentowałem na dwóch konferencjach naukowych:

- XXXIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Wielowymiarowa Analiza Statystyczna” w Łodzi, Łódź, 2014; tytuł referatu: „The application of some volatility and risk models on the precious metals market”
- XVII Konferencja Naukowa „Inwestycje Finansowe i Ubezpieczenia – Tendencje Światowe a Rynek Polski” we Wrocławiu, Wrocław, 2014; tytuł referat: „Wybrane modele zmienności i ryzyka na przykładzie rynku metali”

Artykuły naukowe będące rezultatem prowadzonych badań w ramach projektu zostały opublikowane w następujących czasopismach:

- Krężolek D. (2015): Analiza porównawcza ryzyka ekstremalnego na rynkach metali nieżelaznych i szlachetnych, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych”, T. 16, Nr 3, s. 202-2013
- Krężolek D. (2015): Volatility and risk models on the metal market, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, Nr 381, s. 142-157

Prowadzone przeze mnie badania naukowe zostały docenione przez Władze Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. W październiku 2018 r. otrzymałem Nagrodę Rektora indywidualną stopnia trzeciego za osiągnięcia naukowe i naukowo-badawcze w 2017 roku.

### 6.3. Ukończone kursy i szkolenia

Zarówno przed jak i po uzyskaniu stopnia doktora brałem udział w kursach i szkoleniach doskonalących moje kompetencje naukowe i dydaktyczne. Poniżej przedstawiono wykaz certyfikatów uzyskanych po zakończeniu wspomnianych kursów oraz szkoleń:

#### 1. Kursy językowe:

- certyfikat ukończenia kursu "Szkolenie z Języka Angielskiego poziom C1", organizowanego przez Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach - 120 godzin dydaktycznych
- certyfikat ukończenia kursu języka hiszpańskiego na poziomie C1-1, organizowanego przez Szkołę Języków Iberyjskich "Porto Alegre" - 120 godzin dydaktycznych

#### 2. Kursy specjalistyczne:

- certyfikat ukończenia kursu "Szkolenie z obsługi Statistica (poziom zaawansowany)", organizowanego przez Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach we współpracy z firmą Statsoft Polska Sp. z o.o. - 24 godziny dydaktyczne
- certyfikat ukończenia kursu "SAS Enterprise Guide: analiza wariancji, regresja i regresja logistyczna", organizowanego przez SAS Institute Polska - 24 godziny dydaktyczne
- certyfikat ukończenia kursu "SAS Data Integration Studio: część II", organizowanego przez SAS Institute Polska - 16 godzin dydaktycznych
- certyfikat ukończenia kursu "Przetwarzanie danych w SAS: język makr", organizowanego przez SAS Institute Polska - 16 godzin dydaktycznych
- certyfikat ukończenia kursu "Szkoła Letnia SAS - Analityka SAS: Raportowanie w SAS Enterprise Guide, Data Mining" - 40 godzin dydaktycznych

### 6.4. Kariera zawodowa nie powiązana z edukacją

Inspiracją do rozpoczęcia badań nad rynkiem metali była moja praca zawodowa w sektorze biznesowym. W latach 2006-2012 byłem zatrudniony w firmie Tata Steel International (Poland) sp. z o.o. z siedzibą w Katowicach, która jest oddziałem jednego z największych światowych producentów stali – grupy Tata Steel ([www.tatasteel.com](http://www.tatasteel.com)). Pracowałem na stanowisku koordynatora sprzedaży oraz analityka sprzedaży.

## Załącznik 3

Do moich głównych zadań na stanowisku koordynatora sprzedaży należało:

- opracowanie raportów sprzedażowych głównych produktów oferowanych przez Tata Steel, takich jak stal zbrojeniowa, blachy powlekane, wysokogatunkowe blachy wykorzystywane w przemyśle automotive oraz aerospace,
- analiza kluczowych klientów, ich zapotrzebowania na produkty stalowe, analiza konkurencyjności na rynku polskim i europejskim,
- negocjacje handlowe, w tym ustalanie cen zakupowych i sprzedażowych, warunków dostawy,
- kontrola jakości produktów firmy Tata Steel na terenie Polski,
- analiza ryzyka jakościowego oraz transportowego,
- organizacja transakcji handlowych i spotkań z klientami.

Do moich głównych zadań na stanowisku analityka sprzedaży należało:

- administrowanie systemem wsparcia produkcji, sprzedaży i logistyki (SAP),
- aktualizacja danych w systemie, dbałość o ich integralność i poprawność,
- przygotowywanie raportów i statystyk na podstawie danych z dostępnych urządzeń oraz systemów,
- budowanie modeli predykcyjnych w zakresie cen oraz wielkości produkcji materiałów stalowych oferowanych przez Tata Steel,
- sporządzanie raportów bieżących i okresowych oraz analiz sprzedażowych,
- rozliczanie wyników dla działu sprzedaży i logistyki oraz realizacji planów sprzedaży,
- praca nad rozwojem oraz nad usprawnianiem narzędzi do raportowania.

Wszelka wiedza praktyczna, jaką nabyłem w okresie 7 lat współpracy z Tata Steel pozwoliła mi dogłębnie zrozumieć zasady realizacji transakcji handlowych na rynku wyrobów stalowych. Niejednokrotnie uczestniczyłem w szkoleniach i prezentacjach związanych z rynkiem stalowym, głównie w hutach w Wielkiej Brytanii, Niemczech, Holandii. Miałem możliwość zaznajomienia się z pełnym procesem produkcyjnym, od momentu wytopu słabów stalowych, poprzez walcowanie i cynkowanie, aż do uzyskania ostatecznego produktu.

Zdobytą wiedzę postanowiłem powiązać z moimi zainteresowaniami naukowymi, czego wynikiem jest jednoznacznie określony obszar badawczy, w obrębie którego prowadzę badania naukowe.

### Literatura:

- Adeyuyi A.O., Wahab B.A., Adeboye O.S. (2020): Stationarity of prices of precious and industrial metals using recent unit root methods: Implications for markets' efficiency, "Resources Policy", 65, 101560.
- Ahmadi M., Bashiri N., Manera M. (2016): How is volatility in commodity markets linked to oil price shocks?, "Energy Econ.", 59, s. 11-23.
- Alexander C., Sarabia J.M. (2012): Quantile uncertainty and value-at-risk model risk, "Risk Anal. Int. J.", 32 (8), s. 1293-1308.
- Ardia D., Boudt K. (2015): Testing equality of modified Sharpe ratios, "Finance Research Letters", 13, s. 97-104.
- Artzner P., Delbaen F., Eber J.-M., Heath D. (1999): Coherent measures of risk, "Mathematical Finance", 9 (3), s. 203-228.
- Asmussen S. (2003): Applied Probability and Queues, Springer, Berlin.
- Balbás A., Garrido J., Mayoral S. (2008), Properties of Distortion Risk Measures, "Methodology and Computing in Applied Probability", Vol. 11(3), s. 385-399.
- Balder S., Schweizer N. (2017): Risk aversion vs. the Omega ratio: Consistency results, "Finance Research Letters", 21, s. 78-84.
- Bali T.G., Brown S.J., Caglayan M.O. (2019): Upside potential of hedge funds as a predictor of future performance, "Journal of Banking and Finance", 98, s. 212-229.
- Bali T.G., Brown S.J., Demirtas K.O. (2013): Do hedge funds outperform stocks and bonds? "Manage. Sci.", 59, s. 1887-1903.
- Barrieu P., Ravanelli C. (2015): Robust capital requirements with model risk, "Econ. Notes", 44 (1), s. 1-28.
- Baur D.G., McDermott T.K. (2010): Is gold a safe haven? International evidence, "J. Banking Finance", 34 (8), s. 1886-1898.
- Behmiri B.B., Manera M. (2015): The role of outliers and oil price shocks on volatility of metal prices, "Resources Policy", 46, s. 139-150.
- Belles-Sampera J., Guillén M., Santolino M. (2014): Beyond Value-at-Risk: GlueVaR Distortion Risk Measures, "Risk Analysis", Vol. 34, No. 1, s. 121-134.
- Belles-Sampera J., Guillén M., Santolino M. (2016), What Attitudes to Risk Underlie Distortion Risk Measure Choice? "Insurance: Mathematics and Economics", No 68, s. 101-109.
- Bellini F., Gianin E.R. (2012): Haezendonck-Goovaerts risk measures and Orlicz quantiles, "Insurance Math. Econom.", 51 (1), s. 107-114.
- Bellini F., Klar B., Mueller A., Gianin E.R. (2014): Generalized quantiles as risk measures, "Insurance Math. Econom.", 54, s. 41-48.
- Bertrand P., Prigent J.I. (2011): Omega performance measure and portfolio insurance, "Journal of Banking & Finance", 35 (7), s. 1811-1823.
- Berument H., Kiyamaz H. (2001): The day of the week effect on stock market volatility, "J. Econ. Financ.", 25, s. 181-193.

- Borowski K. (2014): Analiza wybranych efektów sezonowości stóp zwrotu na rynku miedzi od 1 stycznia 1999 do 31 grudnia 2013 roku, „*Ekonomia i Zarządzanie*”, nr 3, s. 106-126.
- Boubaker H., Cunado J., Gil-Alana L.A., Gupta R. (2020): Global crises and gold as a safe haven: Evidence from over seven and a half centuries of data, “*Physica A*”, 540, 123093.
- Boubaker S., Essaddam N., Duc Khuong N., Saadi S. (2017): On the robustness of weekday effect to error distributional assumption: international evidence, “*J. Int. Financ. Mark. Inst. Money*”, 47, s. 114–130.
- Charles A. (2010): The day-of-the-week effects on the volatility: the role of the asymmetry, “*Eur. J. Oper. Res.*”, 202, s. 143–152.
- Chen Y., Qu F. (2019): Leverage effect and dynamics correlation between international crude oil and China’s precious metals, “*Physica A*”, 534 122319.
- Cheng W-H., Hung J-C. (2011): Skewness and leptokurtosis in GARCH-typed VaR estimation of petroleum and metal asset returns, “*Journal of Empirical Finance*”, 18, s. 160–173.
- Cheung K.C., Yuen F.L. (2020): On the uncertainty of VaR of individual risk, “*Journal of Computational and Applied Mathematics*”, 367, 112468.
- Chiah M., Zhong A. (2019): Day-of-the-week effect in anomaly returns: International evidence, “*Economics Letters*”, 182, s. 90-92.
- Daniellsson J., Jorgensen B.N., Samorodnitsky G., Sarma M., de Vries C.G. (2013): Fat tails, VaR and subadditivity, “*Journal of Econometrics*”, 172, s. 283–291.
- Degiannakis S., Potamia A. (2017): Multiple-days-ahead value-at-risk and expected shortfall forecasting for stock indices, commodities and exchange rates: Inter-day versus intra-day data, “*International Review of Financial Analysis*”, 49, s. 176–190.
- Dutta A. (2018): Impacts of oil volatility shocks on metal markets: A research note, “*Resources Policy*”, 55, s. 9–19.
- Dyk F.V., van Vuuren G., Heymans A. (2014): Hedge fund performance evaluation using the Sharpe and Omega ratios, “*International Business & Economics Research Journal*”, 13 (3), 485.
- Eling M. (2014): Fitting asset returns to skewed distributions: Are the skew-normal and skew-student good models?, “*Insurance: Mathematics and Economics*”, 59, s. 45–56.
- Eom C., Kaizoji T., Scalas E. (2019): Fat tails in financial return distributions revisited: Evidence from the Korean stock market, “*Physica A*”, 526, 121055.
- Fama E.F. (1970): Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work, “*Journal of Finance*”, Vol. 25(2), s. 383-417.
- Farkas W., Fringuellotti F., Tunaru R. (2016): Regulatory capital requirements: Saving too much for rainy days? In: *Proceedings of the EFMA Annual Meeting*.
- Fernandez-Perez A., Frijns B., Fuertes A-M., Miffre J. (2018): The skewness of commodity futures returns, “*Journal of Banking and Finance*”, 86, s. 143–158.

- Fong W.M. (2016): Stochastic dominance and the omega ratio, "Finance Research Letters", 17, s. 7-9.
- García D., Kristjanpoller W. (2019): An adaptive forecasting approach for copper price volatility through hybrid and non-hybrid models, "Appl. Soft Comput.", 74, s. 466-478.
- Gierałtowska U. (2014): Dostępność instrumentów alternatywnych na polskim rynku kapitałowym, "Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska", Sectio H, Oeconomia, Vol. XLVIII, 4, s. 49-60.
- Gierałtowska U. (2015): Ocena efektywności funduszy towarowych na przykładzie funduszy metali szlachetnych, "Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania", nr 42, T.1, s. 181-201.
- Gil-Alana L.A., Tripathy T. (2014): Modelling volatility persistence and asymmetry: A Study on selected Indian non-ferrous metals markets, "Resources Policy", 41, s. 31-39.
- Grau-Carles P., Doncel L.M., Sainz J. (2019): Stability in mutual fund performance rankings: A new proposal, "International Review of Economics and Finance", 61, s. 337-346.
- Gupta A., Rajib P. (2018): Do VaR exceptions have seasonality? An empirical study on Indian commodity spot prices, "IIMB Management Review", 30, s. 369-384.
- Heryan T. (2012): Day of the week effect in central European stock markets, "Mpra Pap.", 15, s. 134-146.
- Huang C.K., Huang C.S., Chikobvu D., Chingham K. (2015): Extreme risk, value-at-risk and expected shortfall in the gold market, "Int. Bus. Econ. Res. J." (Online) 14 (1), 91-107.
- Jajuga K. (2009): Zarządzanie ryzykiem, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Jiang X., Han L., Yin L. (2019): Can skewness predict currency excess returns?, "North American Journal of Economics and Finance", 48, s. 628-641.
- Joëts M., Mignonb V., Razafindrabe T. (2017): Does the volatility of commodity prices reflect macroeconomic uncertainty?, "Energy Economics", s. 313-326.
- Joy M. (2011): Gold and the us dollar: Hedge or haven?, "Finance Research Letters", 8, s. 120-131.
- Kamali R., Mahmoodi S., Jahandideh M.T. (2019): Optimization of multi-period portfolio model after fitting best distribution, "Finance Research Letters", 30, s. 44-50.
- Kasprzak-Czelej A. (2013a): Możliwości dywersyfikacji ryzyka z wykorzystaniem inwestycji alternatywnych, "Zarządzanie i Finanse", R. 11, nr 2, cz. 4, s. 255-266.
- Kasprzak-Czelej A. (2013b): Parametry portfela zawierającego inwestycje alternatywne, "Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska", Sectio H, Oeconomia, Vol. XLVII, 3, s. 249-258.
- Kasprzak-Czelej A. (2015): Inwestycje w złoto jako zabezpieczenie przed inflacją w Polsce, "Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska", Sectio H, Oeconomia, Vol. XLIX, 4, s. 205-214.

- Kasprzak-Czelej A. (2016): Relacja cen złota i srebra w procesie inwestowania w metale szlachetne w Polsce, „Finanse: czasopismo Komitetu Nauk o Finansach PAN”, 1(9), s. 277-290.
- Kasprzak-Czelej A. (2018a): Długookresowa zależność cen metali szlachetnych i ropy naftowej, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 370, s. 27-50.
- Kasprzak-Czelej A. (2018b): Metale szlachetne jako klasa aktywów, „Polityki Europejskie, Finanse i Marketing”, 19 (68), s. 52-61.
- Keating C., Shadwick W. (2002): A universal performance measure, “Journal of performance measurement”, 6, s. 59-84.
- Klein T. (2017): Dynamic correlation of precious metals and flight-to-quality in developed markets, “Financ. Res. Lett.”, 23, s. 283-290.
- Kriechbaumer T., Angus A., Parsons D., Casado M.R. (2014): An improved wavelet-ARIMA approach for forecasting metal prices, “Resources Policy”, 39, s. 32-41.
- Kucher O., McCoskey S. (2017): The long-run relationship between precious metal prices and the business cycle, “Q. Rev. Econ. Financ.”, 65, s. 263-275.
- Lahmiri S., Bekiros S. (2017): Disturbances and complexity in volatility time series, “Chaos, Solitons and Fractals”, 105 s. 38-42.
- Lasheras F.S., de Cos Juez F.J., Sánchez A.S., Krzemień A., Fernández P.R. (2015): Forecasting the COMEX copper spot price by means of neural networks and ARIMA models, “Resources Policy”, 45, s. 37-43.
- Li G., Li Y. (2015): Forecasting copper futures volatility under model uncertainty, “Resources Policy”, 46, s. 167-176.
- Mamcarz K. (2017): Three-component portfolios containing gold, “Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, nr 2 (86), s. 71-82.
- Mamcarz K. (2018): Złoto jako składnik portfela inwestycyjnego, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 374, s. 71-91.
- Mandelbrot B. (1963): The Variation of Certain Speculative Prices, “Journal of Business”, Vol. 36, No. 4, s. 394-419
- Markowitz H (1952): Portfolio Selection, “The Journal of Finance”, Vol. 7, s. 77-91.
- Massacci D. (2014): A two-regime threshold model with conditional skewed Student t distributions for stock returns, “Economic Modelling”, 43, s. 9-20.
- Naeem M., Tiwari A.K., Mubashra S., Shahbaz M.: (2019): Modeling volatility of precious metals markets by using regime-switching GARCH models, “Resources Policy”, 64, 101497.
- Ogata H. (2013): Estimation for multivariate stable distributions with generalized empirical likelihood, “Journal of Econometrics”, 172, s. 248-254.
- Peiró A. (1999): Skewness in financial returns, “Journal of Banking & Finance”, 23, s. 847-862.
- Pele D.T. (2014): A SAS approach for estimating the parameters of an alpha-stable distribution, “Procedia Economics and Finance”, 10, s. 68 - 77.



- Piasecki K., Stasiak M.D., Staszak Ż. (2019): Investment Decision Support on Precious Metal Market with Use of Binary Representation. In: Tarczyński W., Nermend K. (eds) *Effective Investments on Capital Markets*. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham. pp 423-438.
- Piasecki, K., Stasiak, M. (2020): Verification of the Precious Metals Market Effectiveness – Gold and Silver. W P. Jedlička, K. Firlej, P. Marešová, & I. Soukal, P. Jedlička, K. Firlej, P. Marešová, & I. Soukal (Red.), *Hradec Economic Days : Double-blind Peer Reviewed Proceedings of the International Scientific Conference Hradec Economic Days 2020* (T. 10, ss. 1–9). University of Hradec Králové.
- Potrykus M. (2015): Inwestycja w złoto – bezpieczna przystań, zabezpieczenie czy źródło dywersyfikacji dla polskiego inwestora, „*Nauki o Finansach*”, 3(24), s. 193-207.
- Qadan M., Aharon D.Y., Eichel R. (2019): Seasonal patterns and calendar anomalies in the commodity market for natural resources, “*Resources Policy*”, 63, 101435.
- Rachev S.T. (2003): “*Handbook of Heavy Tailed Distributions in Finance*”, Elsevier.
- Rachev S.T., Mittnik, S. (1989): Stable distributions for asset returns, “*Appl. Math. Lett.*”, Vol. 2, No 3, s. 301-304.
- Rachev S.T., Mittnik, S. (2000): “*Stable Paretian Models in Finance*”, New York, John Wiley and Sons.
- Reboredo J.C. (2013): Is gold a safe haven or a hedge for the US dollar? Implications for risk management, “*Journal of Banking and Finance*”, 37, s. 2665–2676.
- Reboredo J.C., Rivera-Castro M.A. (2014): Can gold hedge and preserve value when the us dollar depreciates?, “*Economic Modelling*”, 39, s. 168–173.
- Reboredo J.C., Ugolini A. (2016): The impact of downward/upward oil price movements on metal prices. “*Resources Policy*”, 49, s. 129–141.
- Rehman M.U., Shahzad S.J.H., Uddin G.S., Hedström A. (2018): Precious metal returns and oil shocks: A time varying connectedness approach, “*Resources Policy*”, 58, s. 77–89.
- Salamaga M., Sala K. (2014): Badanie efektywności inwestycji w złoto za pomocą metody TBR, „*Zeszyty Naukowe. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*”, 6 (930), s. 73-86.
- Samorodnitsky G., Taqqu M.S. (1994): „*Stable non-gaussian random processes. Stochastic models with infinite variance*”, Chapman & Hall, New York.
- Santolino M. (2014): Beyond Value-at-Risk: GlueVaR Distortion Risk Measures, “*Risk Analysis*”, Vol. 34, No. 1, s. 121-134.
- Shahzad S.J.H., Bouri E., Roubaud D., Kristoufek L. (2020): Safe haven, hedge and diversification for G7 stock markets: Gold versus bitcoin, “*Economic Modelling*”, 87, s. 212–224.
- Shahzada S.J.H., Rehman M.U., Jammazi R. (2019): Spillovers from oil to precious metals: Quantile approaches, “*Resources Policy*”, 61, s. 508–521.
- Stoyanov S.V., Rachev S.T., Rachev-Iotova B., Fabozzi F.J. (2011): Fat-tailed models for risk estimation, “*Journal of Portfolio Management*”, Vol. 37, No 2, s. 107-117.

- Śmiech S., Papież M. (2012a): Causality in Mean and Variance Between Returns of Crude Oil and Metal Prices, Agricultural Prices and Financial Market Prices, Proceedings of 30th International Conference Mathematical Methods in Economics, 11-13 September 2012 Karviná, Czech Republic / [ed. Jaroslav Ramík and Daniel Stavárek], s. 675-680.
- Śmiech S., Papież M. (2012b): A Dynamic Analysis of Causality Between Prices on the Metals Market, "Quantitative Methods in Economics (Multiple Criteria Decision Making XVI) - Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM", s. 221-225.
- Tang G.Y.N., Shum C.W. (2003): The relationships between unsystematic risk, skewness and stock returns during up and down markets, "International Business Review", 12, s. 523-541.
- Tawil D. (2018): Risk-adjusted performance of portfolio insurance and investors' preferences, "Finance Research Letters", 24 s. 10-18.
- Tiwari A.K., Sahadudheen I. (2015): Understanding the nexus between oil and gold, "Resources Policy", 46, s. 85-91.
- Tsanakas A., Millossovich P. (2016): Sensitivity analysis using risk measures, "Risk Anal.", 36 (1), s. 30-48.
- Uddin G.S., Shahzad S.J.H., Boako G., Hernandez J.A., Lucey B.M. (2019): Heterogeneous interconnections between precious metals: Evidence from asymmetric and frequency-domain spillover analysis, "Resources Policy", 64, 101509.
- Vigne S.A., Lucey B.M., O'Connor F.A., Yarovaya L. (2017): The financial economics of white precious metals: a survey, "Int. Rev. Financ. Anal.", 52, s. 292-308.
- Walid C., Shawkat H., Khuong N.D. (2014): Volatility forecasting and risk management for commodity markets in the presence of asymmetry and long memory, "Energy Econ.", 41, s. 1-18.
- Wanat S., Papież M., Śmiech S. (2014): The Conditional Dependence Structure Among Precious Metals: a Copula-GARCH Approach. [W:] Talašová J., Stoklasa J., Talášek T. (red.), Proceedings of 32nd International Conference Mathematical Methods in Economics, Olomouc: Palacký University, s. 1096-1101
- Wanat S., Papież M., Śmiech S. (2015a): Causality in Distribution Between European Stock Markets and Commodity Prices: Using Independence Test Based on the Empirical Copula, "Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu", nr 381, s. 439-454.
- Wanat S., Papież M., Śmiech S. (2015b): The Conditional Dependence Structure between Precious Metals: a Copula-GARCH Approach, "Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie", nr 4 (940), s. 19-33.
- Wang C., Zhang X., Wang M., Lim M.K., Ghadimi P. (2019): Predictive analytics of the copper spot price by utilizing complex network and artificial neural network techniques, "Resources Policy", 63, 101414.
- Wang X., Liu H., Huang S. (2019): Identification of the daily seasonality in gold returns and volatilities: Evidence from Shanghai and London, "Resources Policy", 61, s. 522-531.

### Załącznik 3

- Włodarczyk B. (2017): Prognozowanie zmienności stóp zwrotu na rynkach złota i srebra z uwzględnieniem efektu asymetrii i długiej pamięci, „Studia i Prace WNEiZ US”, nr 50, T. 1, s. 231-247
- Wu D., Hu Z. (2016): Structural changes and volatility correlation in nonferrous metal market, “Trans. Nonferrous Met. Soc. China”, 26 s. 2784–2792.
- Xu W., Wu C., Dong Y., Xiao W. (2011): Modeling Chinese stock returns with stable distribution, “Mathematical and Computer Modelling”, 54, s. 610–617.
- Yu W., Yang K., Wei Y., Lei L. (2018): Measuring Value-at-Risk and Expected Shortfall of crude oil portfolio using extreme value theory and vine copula, “Physica A”, 490, s. 1423–1433.
- Zieling D., Mahayni A., Balder S. (2014): Performance evaluation of optimized portfolio insurance strategies, “Journal of Banking & Finance”, 43, s. 212–225.
- Zijing Z., Zhang H.K. (2016): The dynamics of precious metal markets VaR: A GARCH-EVT approach, “Journal of Commodity Markets”, 4, s. 14–27.

  
.....  
(podpis Wnioskodawcy)