

WYDZIAŁ
MATEMATYKI
I FIZYKI STOSOWANEJ
POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ

**Dynamika Rynku Złota w Obliczu Niepewności:
Zintegrowana Analiza Ekonometryczna dla Okresów
2013–2023 i 2023–2025**

Marcin Przybylski

Rzeszów, 17 kwietnia 2025

Streszczenie

Niniejszy dokument przedstawia zintegrowaną analizę ekonometryczną rynku złota obejmującą dwa okresy: 2013-2023 oraz 2023-2025. Celem jest zbadanie wpływu niepewności geopolitycznej (GPR), niepewności polityki gospodarczej (EPU) oraz czynników makroekonomicznych na dynamikę cen złota i jego zmienność. Część pierwsza (2013-2023) koncentruje się na ocenie roli złota jako bezpiecznej przystani, szczególnie w kontekście wojny na Ukrainie, wykorzystując modele VAR, GARCH i analizę zdarzeń dla stóp zwrotu. Wyniki tej części wskazują na ograniczony bezpośredni wpływ GPR i EPU na dzienne stopy zwrotu złota oraz niejednoznaczną reakcję na wydarzenia geopolityczne w krótkim okresie. Potwierdzono natomiast niską korelację złota z rynkiem akcji. Część druga (2023-2025) analizuje determinanty warunkowej zmienności cen złota, stosując modele GARCH-X i SVAR. Wyniki sugerują, że uwzględnienie czynników zewnętrznych (GPR, VIX, polityka pieniężna) w modelach GARCH-X poprawia ich dopasowanie. Analiza SVAR wskazuje jednak, że dominującym czynnikiem kształtującym wariancję błędu prognozy zmienności są jej własne przeszłe szoki, a wpływ szoków zewnętrznych, w tym GPR, jest ograniczony. Analiza zdarzeń dla zmienności również dostarcza złożonych wyników. Łącznie, analiza sugeruje ewolucję dynamiki rynku złota, z potencjalnie rosnącą rolą czynników strukturalnych (np. zakupy banków centralnych, opisane w dokumentacji źródłowej) i podwyższoną wrażliwością poziomu zmienności na otoczenie makro/geo, przy jednoczesnej silnej autoregresji samej zmienności.

Spis treści

1	Wprowadzenie Ogólne	3
2	Część I: Analiza Rynku Złota 2013-2023	4
2.1	Wprowadzenie do Części I	4
2.2	Dane i Metodologia (Część I)	4
2.2.1	Dane (2013-2023)	4
2.2.2	Metody Ekonometryczne (Część I)	4
2.3	Wyniki Analizy (Część I)	4
2.3.1	Model VAR	4
2.3.2	Model GARCH	5
2.3.3	Analiza Zdarzeń	7
2.3.4	Model CAPM	8
2.4	Wnioski (Część I)	8
3	Część II: Analiza Rynku Złota 2023-2025	9
3.1	Wprowadzenie do Części II	9
3.2	Dane i Metodologia (Część II)	9
3.2.1	Dane (2023-2025)	9
3.2.2	Metody Ekonometryczne (Część II)	9
3.3	Wyniki Analizy (Część II)	9
3.3.1	Modelowanie GARCH	9
3.3.2	Model SVAR	12
3.3.3	Analiza Zdarzeń	13
3.4	Wnioski (Część II)	15
4	Dyskusja Ogólna	16
5	Wnioski końcowe	17
6	Bibliografia	18

1 Wprowadzenie Ogólne

Złoto, historycznie pełniące funkcję środka płatniczego, a współcześnie kluczowego aktywa rezerwowego i inwestycyjnego, niezmiennie przyciąga uwagę uczestników rynku, zwłaszcza w okresach podwyższonej niepewności gospodarczej i geopolitycznej [1, 2]. Jego unikalne cechy, takie jak brak ryzyka kontrahenta, przyczyniają się do postrzegania go jako "bezpiecznej przystani" (safe haven). Ostatnia dekada przyniosła jednak znaczące zmiany w globalnym krajobrazie ekonomicznym i politycznym, w tym wzrost napięć geopolitycznych [3], pandemię COVID-19, a w szczególności pełnoskalową inwazję Rosji na Ukrainę w 2022 roku [1] oraz późniejszą eskalację konfliktu na Bliskim Wschodzie [5]. Okres ten zbiegł się również ze wzmożoną aktywnością zakupową banków centralnych [4] oraz znaczącą niepewnością dotyczącą polityki gospodarczej w Stanach Zjednoczonych [6].

W tym dynamicznym kontekście, zrozumienie czynników kształtujących ceny i zmienność złota nabiera szczególnego znaczenia. Niniejsza praca podejmuje próbę zintegrowanej analizy ekonometrycznej dla dwóch częściowo pokrywających się, ale odmiennych pod względem dominujących wydarzeń, okresów:

- **Część I (Okres 2013-2023):** Skupia się na wpływie niepewności geopolitycznej, zwłaszcza wojny na Ukrainie, na **ceny złota** i weryfikacji jego roli jako bezpiecznej przystani, bazując na założeniach i metodologii analizującej wpływ niepewności na ceny złota (np. [1]).
- **Część II (Okres 2023-2025):** Analizuje czynniki determinujące **zmienność cen złota** w okresie charakteryzującym się rekordowymi poziomami cen, koncentrując się na interakcji czynników makroekonomicznych, GPR, EPU i ryzyka rynkowego, opierając się na analizie czynników napędzających rynek w tym okresie (np. [5, 6]) oraz wynikach modeli GARCH-X i SVAR.

Celem pracy jest nie tylko zbadanie poszczególnych okresów, ale również próba syntezy wniosków i oceny, czy i jak zmieniła się dynamika rynku złota oraz rola tradycyjnych i nowych czynników napędowych.

Struktura dokumentu jest następująca: Sekcja 2 prezentuje analizę dla okresu 2013-2023. Sekcja 3 przedstawia analizę dla okresu 2023-2025. Sekcja 4 zawiera wspólną dyskusję wyników z obu części. Sekcja 5 przedstawia wnioski końcowe. Sekcja 6 listuje wykorzystaną bibliografię.

2 Część I: Analiza Rynku Złota 2013-2023

2.1 Wprowadzenie do Części I

Ta część pracy koncentruje się na okresie 2013-2023, charakteryzującym się m.in. aneksją Krymu, wojną handlową USA-Chiny, pandemią COVID-19 i pełnoskalową inwazją Rosji na Ukrainę. Głównym celem jest ilościowa ocena wpływu niepewności geopolitycznej (GPR) i polityki gospodarczej (EPU) na **cenę złota** oraz weryfikacja jego roli jako bezpiecznej przystani w tym kontekście, zgodnie z założeniami metodologicznymi analizującymi wpływ niepewności na ceny złota (np. [1]).

2.2 Dane i Metodologia (Część I)

2.2.1 Dane (2013-2023)

Analiza w tej części wykorzystuje dane dzienne od 1 stycznia 2013 do 31 grudnia 2023. Kluczowe zmienne to:

- Ceny spot złota (XAU/USD) i srebra (XAG/USD) z Investing.com.
- Wskaźniki niepewności: GPR (dzienny, M. Iacoviello), EPU (dzienny, FRED: USEPUIN-DXD).
- Dane makro/rynkowe: S&P 500 (Yahoo: ^GSPC), VIX (FRED: VIXCLS), ropa WTI (FRED: DCOILWTICO), DXY (FRED: DTWEXBGS), stopa Fed (FRED: DFF), CPI USA (FRED: CPIAUCSL, miesięczne), HICP Strefy Euro (FRED: CP0000EZ19M086NEST, miesięczne).

Dane zostały wczytane z lokalnych plików CSV i XLS, scalone, a braki danych uzupełnione metodą LOCF. Obliczono logarytmiczne stopy zwrotu dla cen (np. 'rGold_Spot', 'rSP500') oraz pierwsze różnice dla wskaźników poziomu (np. 'dGPR', 'dVIXCLS', 'dEPU_US'). Testy ADF potwierdziły stacjonarność przetworzonych szeregów.

2.2.2 Metody Ekonometryczne (Część I)

Zastosowano następujące modele:

- **Model VAR(3):** Do analizy dynamicznych zależności między stopą zwrotu złota ('rGold_Spot') a zmianami GPR ('dGPR'), VIX ('dVIXCLS') i EPU ('dEPU_US'). Wykorzystano IRF i FEVD.
- **Model GARCH(1,1)-ARMA(1,1):** Do modelowania warunkowej zmienności stopy zwrotu złota ('rGold_Spot'), z możliwością włączenia zmian GPR, VIX i EPU jako regresorów w równaniu wariancji (choć ostatecznie okazały się nieistotne). Użyto rozkładu t-Studenta.
- **Analiza Zdarzeń:** Zbadano reakcję stopy zwrotu złota wokół 15 wybranych wydarzeń z lat 2013-2023, stosując metodę baseline (AR i CAR w oknie +5 dni).
- **Model CAPM:** Oszacowano model rynku dla złota względem S&P 500.

2.3 Wyniki Analizy (Część I)

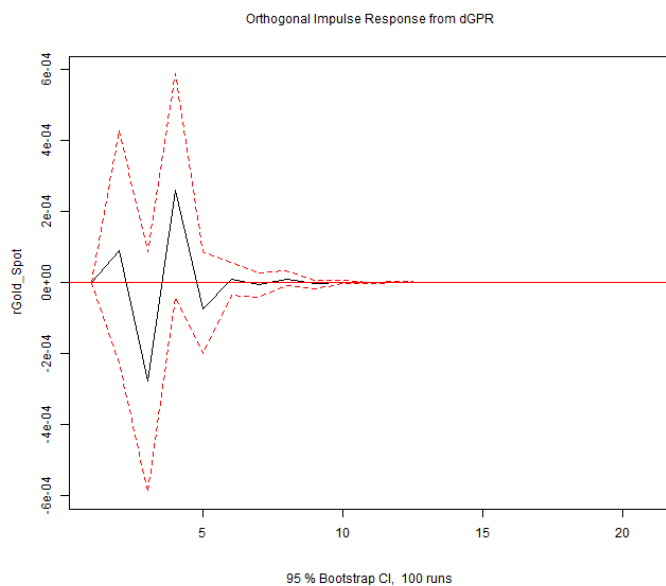
2.3.1 Model VAR

Model VAR(3) (Tabela 1) wykazał bardzo ograniczony wpływ analizowanych wskaźników niepewności na stopy zwrotu złota. Jedynie zmiany VIX miały pewien (słaby) istotny statystycznie wpływ. Funkcja odpowiedzi na impuls (Rysunek 1) potwierdziła brak istotnej reakcji złota na szok GPR. Dekompozycja wariancji (FEVD) wskazała, że zmienność prognozy stóp zwrotu złota jest wyjaśniana niemal wyłącznie przez jej własne przeszłe szoki.

Tabela 1: Wyniki estymacji VAR(3) - Równanie dla rGold_Spot (Okres 2013-2023)

Zmienna	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
rGold_Spot.l1	-2.5520×10^{-2}	2.1160×10^{-2}	-1.2060	0.2280
dGPR.l1	1.8700×10^{-6}	4.6700×10^{-6}	0.4000	0.6888
dVIXCLS.l1	-4.0070×10^{-4}	1.1820×10^{-4}	-3.3910	0.0007***
dEPU_US.l1	1.0010×10^{-6}	3.4000×10^{-6}	0.2940	0.7684
rGold_Spot.l2	-4.5160×10^{-3}	2.1170×10^{-2}	-0.2130	0.8311
dGPR.l2	-5.6170×10^{-6}	4.9910×10^{-6}	-1.1260	0.2605
dVIXCLS.l2	2.1180×10^{-4}	1.1920×10^{-4}	1.7770	
dEPU_US.l2	-2.7140×10^{-6}	3.5700×10^{-6}	-0.7600	0.4472
rGold_Spot.l3	7.5250×10^{-3}	2.1090×10^{-2}	0.3570	0.7213
dGPR.l3	3.0530×10^{-6}	4.6820×10^{-6}	0.6520	0.5145
dVIXCLS.l3	-1.2930×10^{-4}	1.1880×10^{-4}	-1.0890	0.2765
dEPU_US.l3	-4.3690×10^{-8}	3.3830×10^{-6}	-0.0130	0.9897
const	1.4600×10^{-4}	1.9890×10^{-4}	0.7340	0.4632

*Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1*



Rysunek 1: IRF: Reakcja rGold_Spot na szok w dGPR (Okres 2013-2023)

2.3.2 Model GARCH

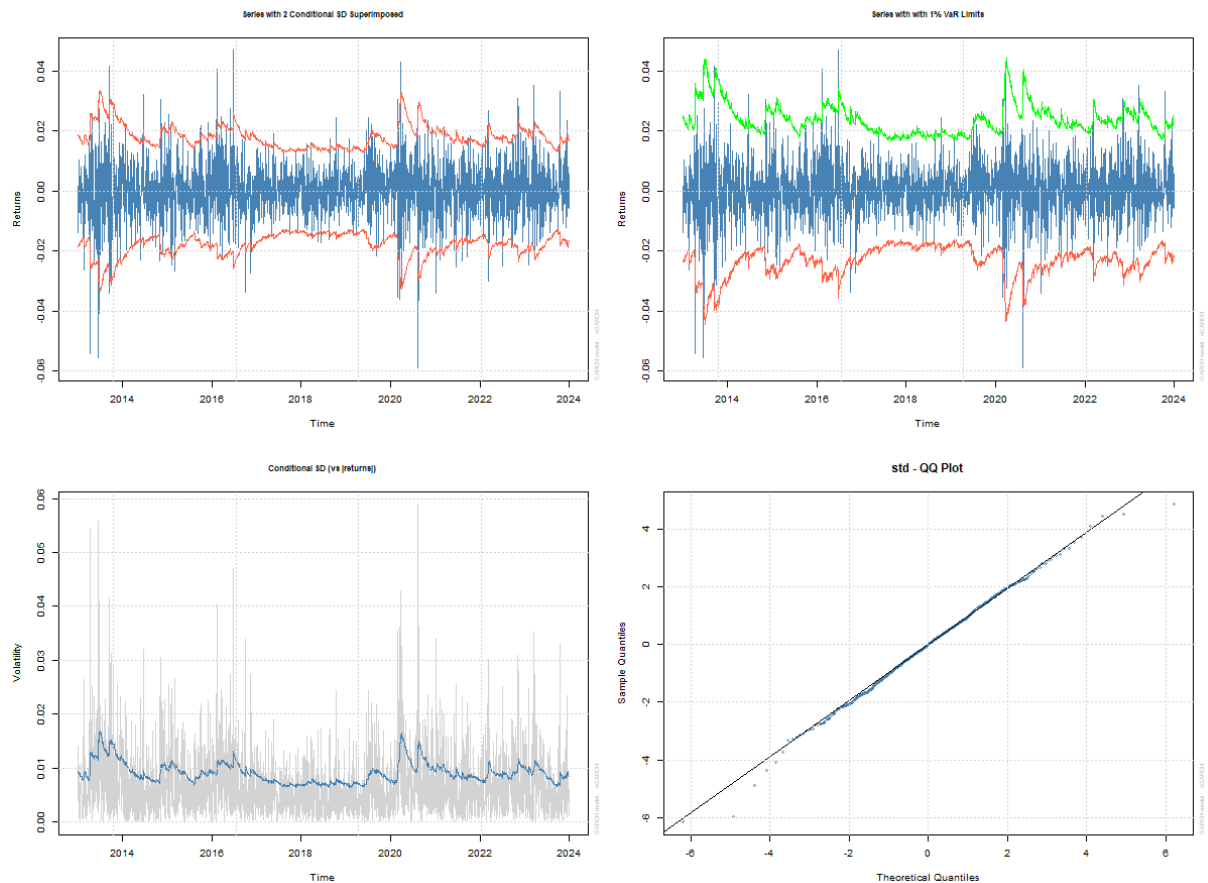
Modele GARCH(1,1)-ARMA(1,1) (Tabela 2 i 3) potwierdziły silną persystencję zmienności złota. Jednak włączenie zmian GPR, VIX i EPU jako regresorów w równaniu wariancji nie dało istotnych statystycznie współczynników. Model bazowy bez regresorów okazał się preferowany wg kryteriów informacyjnych. Diagnostyka (Rysunek 2) wskazywała na generalnie dobre dopasowanie preferowanego modelu.

Tabela 2: Wyniki GARCH(1,1)-ARMA(1,1) z regresorami w wariancji (Odporne SE)
(2013-2023)

Parametr	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
<i>Równanie średniej:</i>				
mu	0.0002	0.0002	1.3293	0.1837
ar1	-0.0800	1.0838	-0.0738	0.9412
ma1	0.0385	1.0708	0.0360	0.9713
<i>Równanie wariancji:</i>				
omega	1.0000×10^{-6}	3.0000×10^{-6}	0.2532	0.8001
alpha1	0.0310	0.0234	1.3243	0.1854
beta1	0.9606	0.0186	51.5988	0.0000 ***
vxreg1	0.0000	1.0000×10^{-6}	0.0081	0.9935
vxreg2	0.0000	0.0000	0.5929	0.5532
vxreg3	0.0000	1.0000×10^{-6}	0.0130	0.9896
<i>Parametr rozkładu:</i>				
shape	5.1588	2.6715	1.9311	
<i>Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</i>				

Tabela 3: Wyniki GARCH(1,1)-ARMA(1,1) bez regresorów w wariancji (Odporne SE)
(2013-2023)

Parametr	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
<i>Równanie średniej:</i>				
mu	0.0002	0.0002	1.4770	0.1397
ar1	-0.2429	0.4634	-0.5243	0.6001
ma1	0.2027	0.4636	0.4372	0.6619
<i>Równanie wariancji:</i>				
omega	1.0000×10^{-6}	1.0000×10^{-5}	0.0902	0.9281
alpha1	0.0328	0.0603	0.5442	0.5863
beta1	0.9569	0.0551	17.3550	0.0000 ***
<i>Parametr rozkładu:</i>				
shape	5.1159	6.4046	0.7988	0.4244
<i>Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</i>				



Rysunek 2: Wykresy diagnostyczne modelu sGARCH(1,1)-ARMA(1,1) z regresorami (fit_sGARCH) (2013-2023)

2.3.3 Analiza Zdarzeń

Jak wspomniano w Sekcji ??, próba użycia pakietu 'eventstudies' nie powiodła się. Wyniki analizy manualnej (Tabela 4) pokazały brak istotnej statystycznie reakcji stóp zwrotu złota w oknie +5 dni dla większości z 15 badanych wydarzeń, w tym inwazji na Ukrainę.

Tabela 4: Wyniki analizy zdarzeń metodą Baseline (Okno +5 dni) (Okres 2013-2023)

Wydarzenie	Data	CAR	p-value (t-test)
CyprusCrisis	2013-03-15	0.0065	0.5072
TaperTantrum	2013-05-22	0.0146	0.5438
Crimea	2014-03-18	-0.0294	0.2278
GreekCrisis	2015-06-29	-0.0113	0.1031
Brexit	2016-06-23	0.0267	0.6799
USElection2016	2016-11-08	-0.0413	0.2040
FRElection2017	2017-04-23	-0.0089	0.5181
TradeWar2018	2018-03-22	0.0020	0.9242
FedCut2019	2019-07-31	0.0010	0.9764
Covid	2020-03-11	-0.0800	
WTInegative	2020-04-20	0.0210	0.3528
Inflation2021	2021-05-12	0.0035	0.8717
UkraineInvasion	2022-02-24	0.0057	0.8350
EnergyCrisisEU	2022-08-29	-0.0143	0.4659
SVBCollapse	2023-03-10	0.0185	0.4957
<i>Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</i>			

2.3.4 Model CAPM

Model CAPM potwierdził bardzo niską i nieistotną statystycznie wartość współczynnika beta dla złota (0.0196), co wskazuje na jego niską korelację z rynkiem akcji i potencjał dywersyfikacyjny. Alfa Jensena również była nieistotna statystycznie.

2.4 Wnioski (Część I)

Analiza dla okresu 2013-2023 sugeruje, że:

- Dzielne stopy zwrotu złota są stacjonarne, ale wykazują silną persystencję zmienności (efekt GARCH).
- Bezpośredni, mierzalny wpływ popularnych wskaźników niepewności (GPR, EPU, VIX) na dzienne stopy zwrotu i warunkową zmienność złota jest ograniczony w ramach zastosowanych modeli VAR i GARCH.
- Krótkoterminowa reakcja rynku złota na większość badanych wydarzeń geopolitycznych i finansowych (w tym inwazję na Ukrainę) była statystycznie nieistotna przy zastosowanej metodzie analizy zdarzeń.
- Złoto pozostaje aktywem o niskiej korelacji z rynkiem akcji (S&P 500).

Wyniki te wskazują na potrzebę ostrożnej interpretacji roli złota jako natychmiastowej "bezpiecznej przystani" w reakcji na codzienne zmiany wskaźników ryzyka lub pojedyncze wydarzenia w tym okresie.

3 Część II: Analiza Rynku Złota 2023-2025

3.1 Wprowadzenie do Części II

Ta część analizy obejmuje nowszy okres, od 1 stycznia 2023 do 15 kwietnia 2025, który charakteryzował się dynamicznym wzrostem cen złota do rekordowych poziomów. Jak wskazują analizy rynkowe [5, 6], okres ten był napędzany m.in. przez zakupy banków centralnych, eskalację napięć geopolitycznych i niepewność polityczną w USA [4, 7, 8, 9]. Celem tej części jest zbadanie czynników wpływających na **warunkową zmienność** cen złota w tym specyficznym okresie, wykorzystując bardziej rozbudowane modele GARCH-X oraz analizę SVAR.

3.2 Dane i Metodologia (Część II)

3.2.1 Dane (2023-2025)

Wykorzystano dane dzienne i miesięczne od 2023-01-01 do 2025-04-15. Zestaw zmiennych jest podobny do Części I, z pewnymi modyfikacjami:

- Ceny złota (XAU/USD) i S&P 500 z Investing.com.
- Dane FRED: VIXCLS, DCOILWTICO, DFF, DGS2 (rentowność obligacji 2-letnich USA), DTWEXBGS, USEPUINDXD.
- Dane GPR (dzienne, M. Iacoviello).
- Dane o kategoriach EPU (miesięczne, PolicyUncertainty.com).

Przygotowanie danych obejmowało wczytanie, scalenie, uzupełnienie braków metodą LOCF oraz obliczenie logarytmicznych stóp zwrotu dla cen złota ('rGold_Price') i S&P 500 ('rSP500_Price').

3.2.2 Metody Ekonometryczne (Część II)

Zastosowano następujące podejścia:

- **Modele GARCH(1,1) i GARCH-X:** Estymowano modele dla 'rGold_Price' i 'rSP500_Price' z rozkładem t-Studenta. Estymowano również modele GARCH-X dla 'rGold_Price' z GPR oraz z zestawem regresorów makro/geo (GPR, VIX, DFF, DXY, DGS2) w równaniu **średniej**. Kluczowym wynikiem tych modeli była oszacowana warunkowa zmienność (σ_t), oznaczona jako 'sigma_rGold_Price', 'sigma_rSP500_Price', 'sigma_GARCHX_Gold', 'sigma_GARCHX_macro'. Porównano jakość modeli GARCH na podstawie metryk RMSE-/MAE/MSE.
- **Model SVAR:** Zastosowano model SVAR do analizy dynamicznych zależności między oszacowaną zmiennością złota z najlepszego modelu GARCH-X ('sigma_GARCHX_macro') a zmiennymi makro/geo (GPR, VIXCLS, DFF, DTWEXBGS, DGS2). Użyto opóźnienia $p = 1$ (wg HQ/SC) i identyfikacji Cholesky'ego w kolejności: DGS2, DFF, DTWEXBGS, VIXCLS, GPR, sigma. Analizowano IRF i FEVD.
- **Analiza Zdarzeń:** Zbadano reakcję oszacowanej zmienności złota ('sigma_GARCHX_macro') wokół trzech wydarzeń (2023-02-24, 2023-10-07, 2024-03-15) w oknie ± 10 dni, obliczając AR (względem średniej zmienności w próbie) i CAR oraz testując istotność AR.

3.3 Wyniki Analizy (Część II)

3.3.1 Modelowanie GARCH

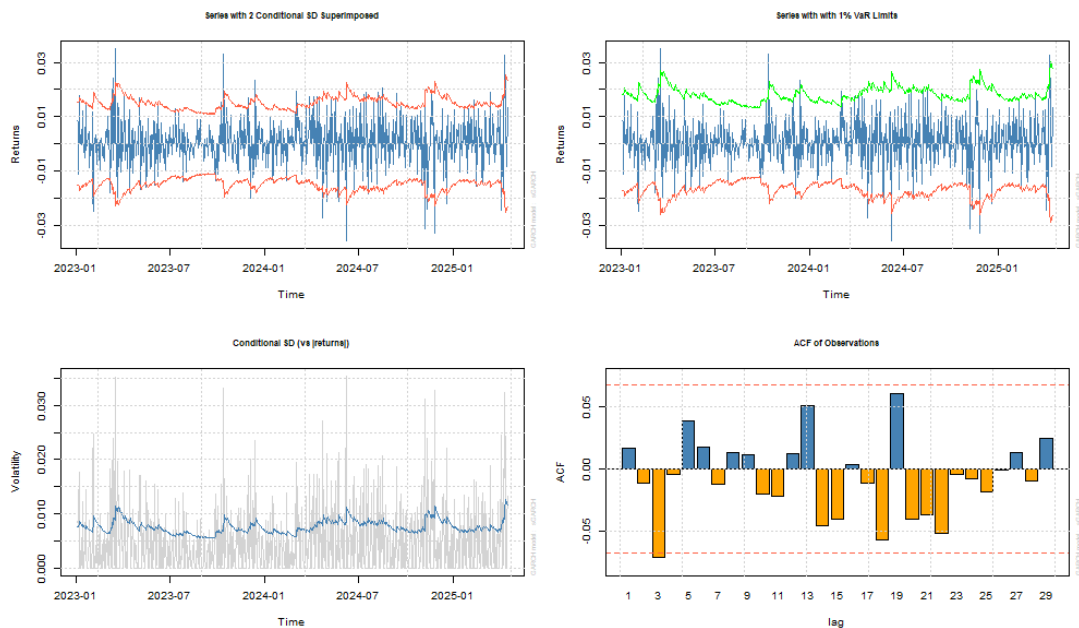
Wyniki estymacji modeli GARCH (Tabela 5) ponownie potwierdziły silną persystencję zmienności złota (β_1 bliskie 1). Model GARCH-X(Macro) wykazał istotny statystycznie pozytywny

wpływ GPR i negatywny wpływ VIX na średnią stopę zwrotu. Diagnostyka modeli (Rysunek 3 i 4) była zadowalająca. Porównanie modeli (Rysunek 5 i Tabela 6) wskazało na przewagę modelu GARCH-X(Macro) pod względem jakości dopasowania i predykcji zmienności.

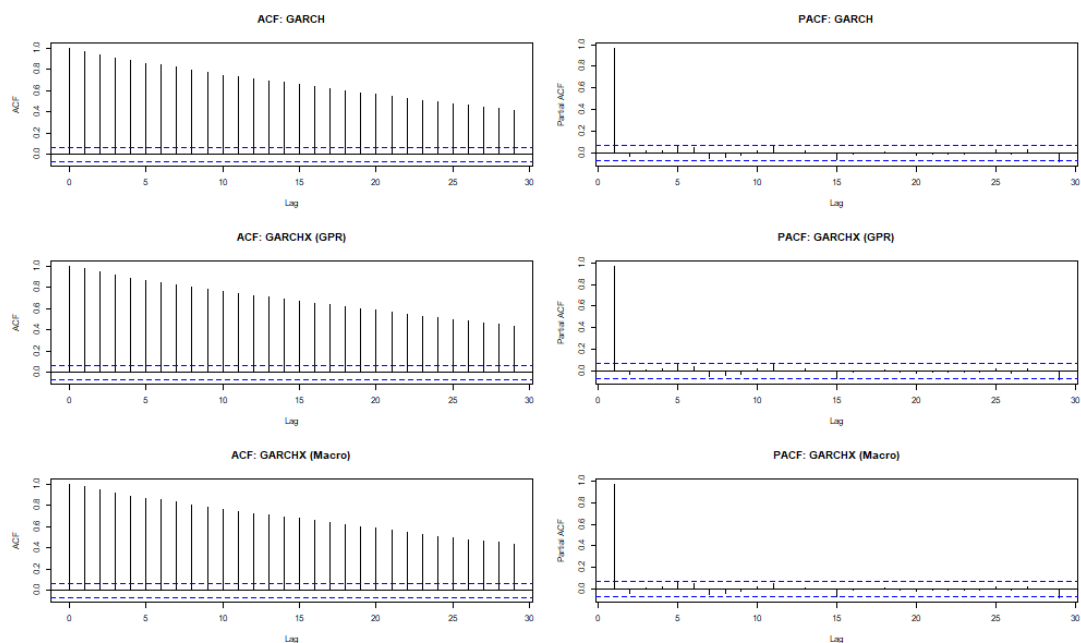
Tabela 5: Wybrane wyniki estymacji modeli GARCH dla 'rGold_Price' (rozkład t-Studenta) (2023-2025)

Parametr	GARCH(1,1)	GARCH-X (Macro)
<i>Równanie średniej</i>		
μ (mu)	0.000361**	0.003345
γ_{GPR} (mxreg1)	-	0.000008***
γ_{VIX} (mxreg2)	-	-0.000096*
γ_{DFF} (mxreg3)	-	-0.000724
γ_{DXY} (mxreg4)	-	0.000030
γ_{DGS2} (mxreg5)	-	-0.000524
<i>Równanie wariancji</i>		
ω (omega)	0.000003*	0.000002
α_1 (alpha1)	0.036344	0.034725
β_1 (beta1)	0.962656***	0.964275***
<i>Parametry rozkładu</i>		
Kształt (shape)	2.31687***	2.32040***
LogLikelihood	2984.99	2989.28
AIC	-7.1463	-7.1531
BIC	-7.1179	-7.0964

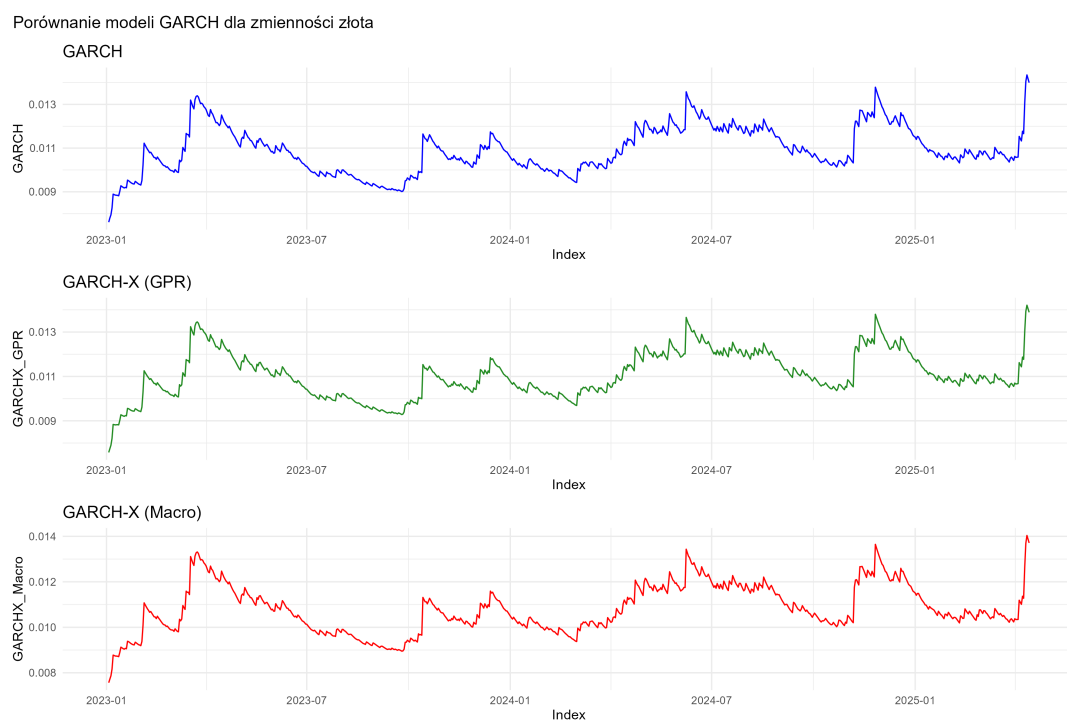
Uwaga: Istotność statystyczna oparta na Robust Standard Errors: *p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01. Dla α_1 istotność robust jest niska w obu modelach.



Rysunek 3: Wykresy diagnostyczne dla modelu GARCH(1,1) (np. reszty standaryzowane, ACF/PACF reszt) (2023-2025).



Rysunek 4: Funkcje ACF i PACF dla oszacowanej zmienności (σ_t) z modeli GARCH (2023-2025).



Rysunek 5: Porównanie oszacowanej zmienności (σ_t) z modeli GARCH(1,1), GARCH-X(GPR) i GARCH-X(Macro) (2023-2025).

Tabela 6: Porównanie błędów predykcji zmienności (RMSE, MAE, MSE) (2023-2025).

Model	RMSE	MAE	MSE
GARCH	0.000188	0.000177	0.000000
GARCH_X (Macro)	0.000117	0.000100	0.000000

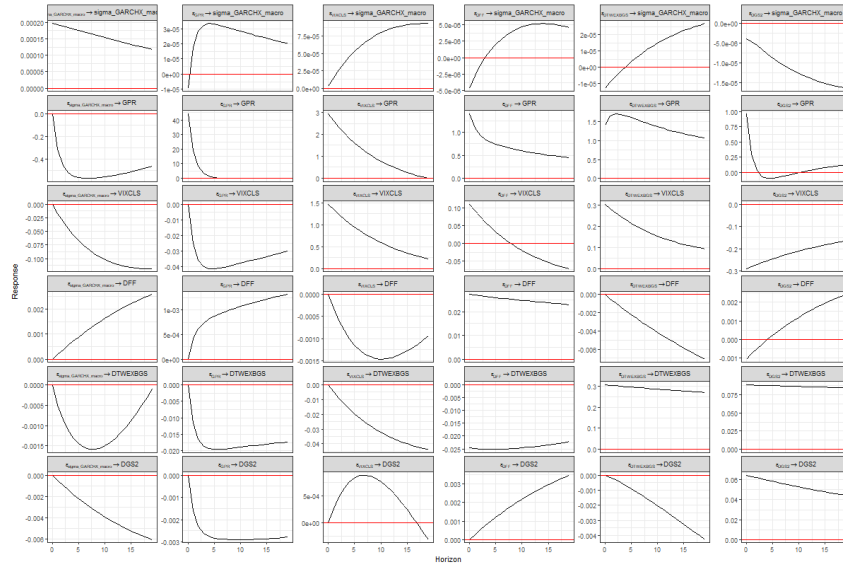
Uwaga: Porównanie 'sigma_GARCHX_Gold' (GARCH-X z GPR) i 'sigma_GARCHX_macro' względem 'sigma_rGold_Price' (GARCH(1,1) std). Wartości MSE bliskie zeru.

3.3.2 Model SVAR

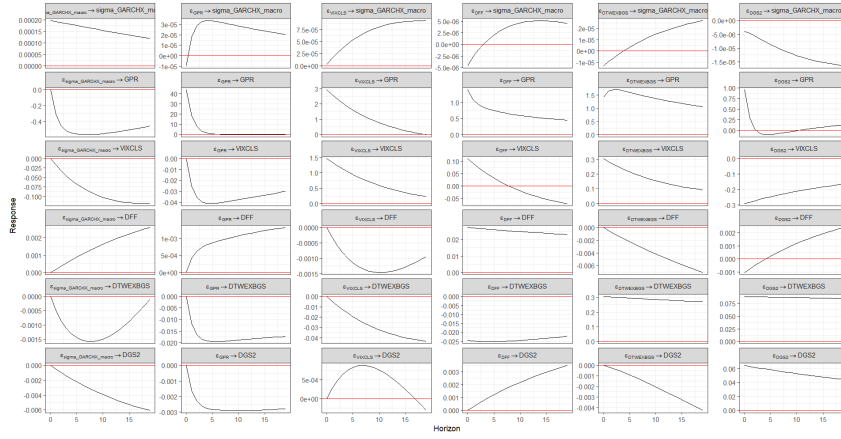
Model SVAR(1) zastosowano do analizy dynamiki oszacowanej zmienności 'sigma_GARCHX_macro'. Funkcje odpowiedzi na impuls (Rysunki 6, 7, 8) pokazały:

- Bardzo ograniczoną i nieistotną reakcję zmienności złota na szok GPR.
- Pozytywną, krótkotrwałą i potencjalnie słabo istotną reakcję na szok VIX.
- Brak istotnej reakcji na szok DFF.

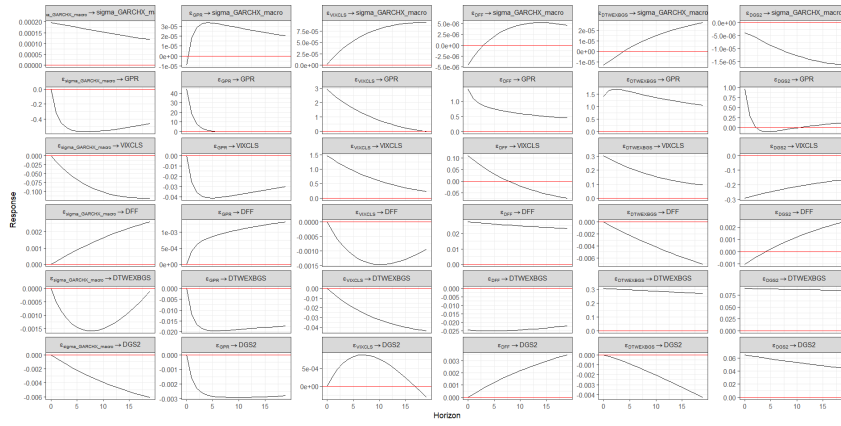
Dekompozycja wariancji (FEVD) (Rysunek 9) potwierdziła dominującą rolę własnych szoków zmienności w wyjaśnianiu jej wariancji błędu prognozy.



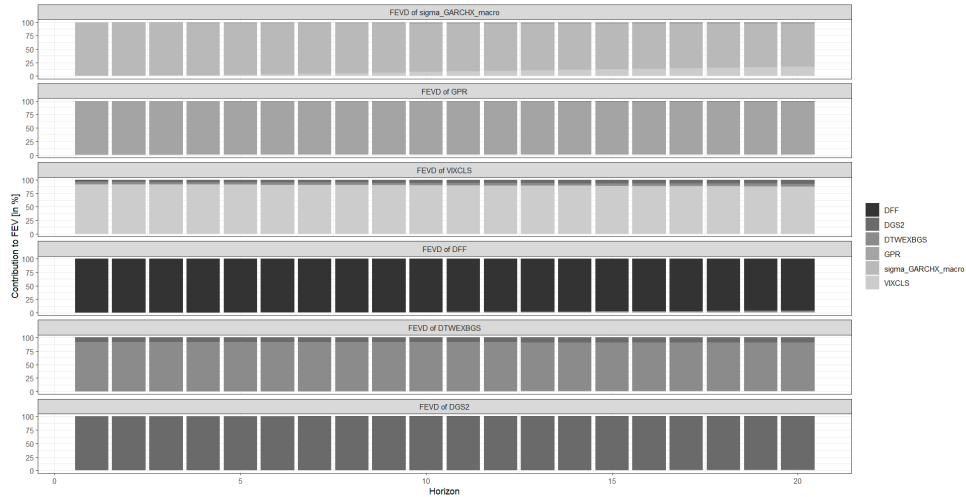
Rysunek 6: IRF: Odpowiedź σ_{GARCHX_macro} na szok w GPR (Okres 2023-2025)



Rysunek 7: IRF: Odpowiedź σ_{GARCHX_macro} na szok w VIXCLS (Okres 2023-2025)



Rysunek 8: IRF: Odpowiedź σ_{GARCHX_macro} na szok w DFF (Okres 2023-2025)

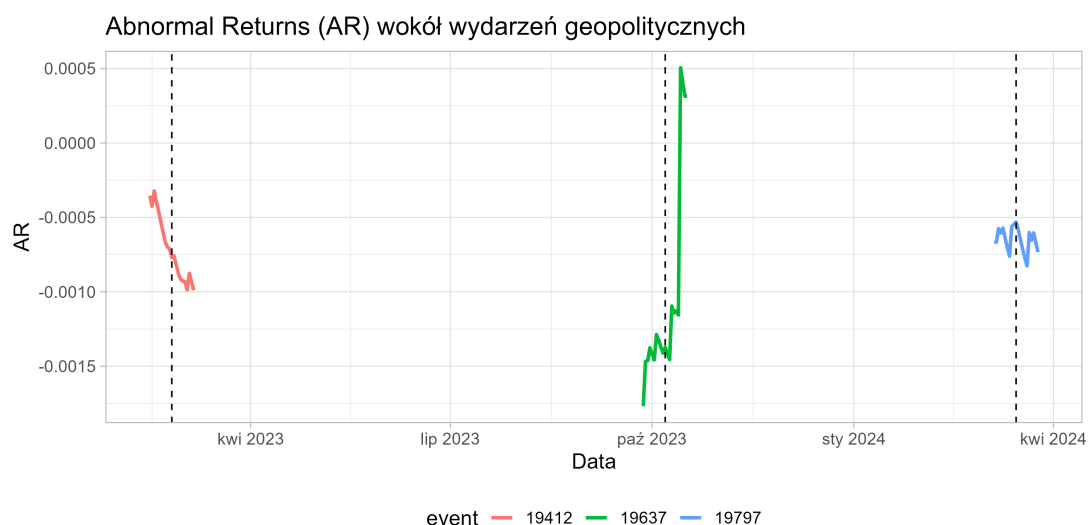


Rysunek 9: FEVD: Dekompozycja wariancji dla σ_{GARCHX_macro} (Okres 2023-2025)

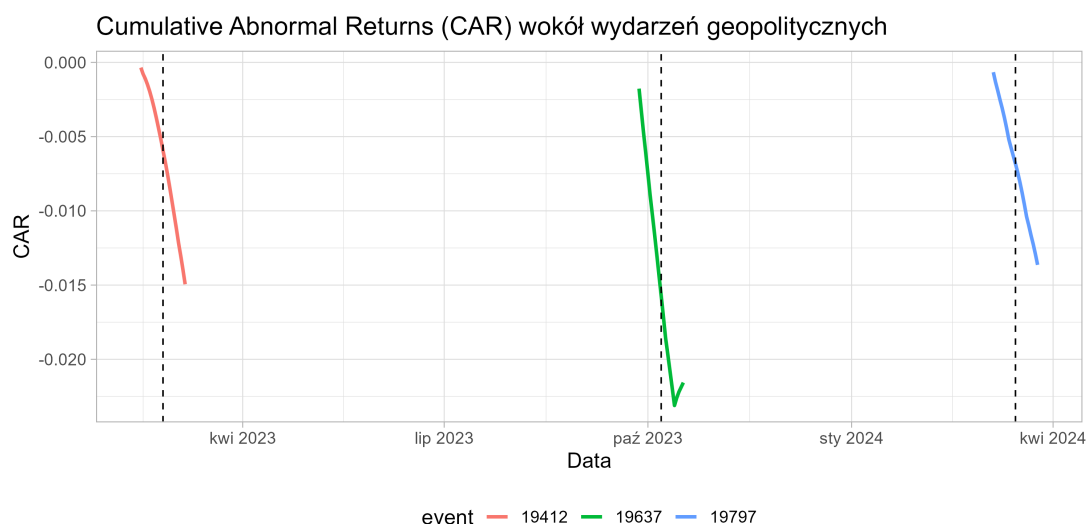
3.3.3 Analiza Zdarzeń

Analiza zdarzeń dla oszacowanej zmienności ‘sigma_GARCHX_macro’ wokół trzech dat z okresu 2023-2024 (Rysunki 10 i 11) wykazała statystycznie istotne (Tabela 7), ujemne średnie nienormal-

nej zmienności (AR) w oknach ± 10 dni. Interpretacja tego wyniku jest złożona i może wskazywać na antycypację rynkową lub ograniczenia metody.



Rysunek 10: Nienormalna zmienność (AR) wokół wybranych wydarzeń (Okres 2023-2025)



Rysunek 11: Skumulowana nienormalna zmienność (CAR) wokół wybranych wydarzeń (Okres 2023-2025)

Tabela 7: Test t dla średniej nienormalnej zmienności (AR) (Okres 2023-2025)

Wydarzenie (Data)	Średnie AR	Statystyka t	p-value
2023-02-24	-0.000 712	-14.7060	$3.40 \cdot 10^{-12}$
2023-10-07	-0.001 031	-6.5515	$2.20 \cdot 10^{-6}$
2024-03-15	-0.000 649	-37.0860	$6.27 \cdot 10^{-20}$

3.4 Wnioski (Część II)

Analiza dla okresu 2023-2025, skupiająca się na zmienności złota, prowadzi do następujących wniosków:

- Zmienność złota jest dobrze modelowana przez procesy GARCH, a włączenie czynników makro/geo do modelu GARCH-X poprawia jego dopasowanie.
- Analiza SVAR sugeruje, że bezpośredni wpływ szoków w GPR, DFF czy DXY na zmiany zmienności złota jest ograniczony; szok VIX ma potencjalnie większe znaczenie. Zmienność jest w dużej mierze procesem autoregresyjnym.
- Reakcja zmienności na konkretne wydarzenia (analiza zdarzeń) jest statystycznie istotna, ale jej kierunek (ujemne AR) wymaga dalszej interpretacji.

Wyniki te podkreślają złożony charakter rynku złota, gdzie poziom zmienności reaguje na otoczenie, ale jej dynamika jest silnie wewnętrzna.

4 Dyskusja Ogólna

Zestawienie wyników z obu części analizy pozwala na szersze spojrzenie na dynamikę rynku złota w ostatniej dekadzie. Analiza okresu 2013-2023 (Część I) wykazała ograniczony bezpośredni wpływ zmian w GPR i EPU na dzienne stopy zwrotu złota oraz niejednoznaczną reakcję cen na konkretne wydarzenia, w tym inwazję na Ukrainę. Potwierdzono natomiast niską korelację złota z rynkiem akcji.

Analiza nowszego okresu 2023-2025 (Część II), skupiona na zmienności, pokazała, że poziom warunkowej zmienności złota jest powiązany z czynnikami makroekonomicznymi i geopolitycznymi (lepsze dopasowanie GARCH-X Macro). Jednak analiza SVAR dla tego okresu również wskazała na ograniczony wpływ *szoków* w tych czynnikach na *dynamikę* zmienności, która pozostała silnie autoregresyjna.

Porównanie obu okresów i metodologii sugeruje pewne wnioski:

- **Rola złota jako bezpiecznej przystani:** Analiza zdarzeń dla stóp zwrotu (Część I) nie dostarczyła silnych dowodów na natychmiastową, pozytywną reakcję cen złota na większość szoków geopolitycznych. Z kolei analiza zmienności (Część II) pokazała, że jej poziom reaguje na otoczenie (GARCH-X), ale jej zmiany słabo reagują na szoki zewnętrzne (SVAR). Rola złota jako bezpiecznej przystani wydaje się być bardziej złożona niż prosta, natychmiastowa reakcja cenowa i może manifestować się raczej poprzez wpływ na ogólny poziom zmienności lub w dłuższym horyzoncie.
- **Wpływ niepewności (GPR/EPU):** W obu okresach bezpośredni wpływ *dziennych zmian* (szoków) GPR i EPU na stopy zwrotu (VAR, Część I) lub zmienność (SVAR, Część II) okazał się ograniczony. Może to sugerować, że rynek reaguje bardziej na *utrzymujący się, podwyższony poziom* ryzyka (co może wpływać na parametry modeli GARCH) niż na codzienne fluktuacje tych wskaźników, lub że wpływ ten jest nieliniowy.
- **Ewolucja rynku:** Okres 2023-2025, jak wskazują analizy rynkowe [5, 6], charakteryzował się bezprecedensowymi zakupami banków centralnych [9] i silnym wpływem polityki USA [8]. Chociaż nasze modele ilościowe (szczególnie SVAR) nie wykazały silnego bezpośredniego wpływu szoków GPR czy DFF na dynamikę zmienności, lepsze dopasowanie modelu GARCH-X (Macro) sugeruje, że te czynniki *mają znaczenie* dla ogólnego środowiska rynkowego i poziomu zmienności. Być może ich wpływ jest bardziej strukturalny i długoterminowy niż dynamiczny (szokowy), co wymagałoby innych metod modelowania (np. analizy kointegracji lub modeli zmiany reżimu).

5 Wnioski końcowe

Analiza potwierdza złożoność rynku złota. Zmienność złota jest silnie persystentna i dobrze opisywana przez modele GARCH. Czynniki makroekonomiczne i geopolityczne wpływają na poziom tej zmienności, co potwierdza lepsze dopasowanie modeli GARCH-X. Jednak bezpośredni wpływ niespodziewanych szoków w tych czynnikach na dynamikę zmienności złota (analiza SVAR) oraz na stopy zwrotu (analiza VAR) wydaje się ograniczony w ramach zastosowanych modeli liniowych. Rola złota jako bezpiecznej przystani nie jest jednoznaczna w kontekście krótkoterminowych reakcji na wydarzenia. Przyszłe badania powinny skupić się na modelach nieliniowych, uwzględniających zmiany reżimu oraz potencjalnie bezpośrednio modelujących wpływ strukturalnego popytu ze strony banków centralnych.

6 Bibliografia

Literatura

- [1] Balandytė, A., & Šimelytė, A. (2025). The Impact of Geopolitical Uncertainty on the Price of Gold and Its Relationship with the Prices of Other Metals and Oil. *Business: Theory and Practice*, *26*(1), 135–146. Dostępne online: <https://btp.vilniustech.lt/index.php/BMEE/article/download/19799/12194> (Otwierano: kwietnia 15, 2025).
- [2] Rubaszek, M., Olejnik, P., & Łyziak, T. (2024). Analiza makroekonomiczna polskiej gospodarki. *Bank i Kredyt*, *55*(4), 321–342. Dostępne online: https://www.bankandcredit.nbp.pl/content/2024/04/BIK_04_2024_01.pdf (Otwierano: kwietnia 15, 2025).
- [3] International Monetary Fund (IMF). (2025, April). Chapter 2: Geopolitical Risks: Implications for Asset Prices and Financial Stability. In *Global Financial Stability Report*. Dostępne online: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/GFSR/2025/April/English/ch2.ashx> (Otwierano: kwietnia 15, 2025).
- [4] Pan Finance. (2024). Pan Finance Q3 2024 Magazine. *Issuu*. Dostępne online: <https://issuu.com/panfinancemagazine/docs/q3-2024-magazine-online-final> (Otwierano: kwietnia 16, 2025).
- [5] Business Today Desk. (2025, April 12). Dollar weakness, global tariff tensions push gold to record highs — Here’s how to invest before it gets costlier. *Business Today*. Dostępne online: <https://www.businesstoday.in/personal-finance/investment/story/gold-prices-surge-us-china-tariff-war-dollar-weakness-471804-2025-04-12> (Otwierano: kwietnia 16, 2025).
- [6] Sprott Wealth Management. (bd). Gold Is on the Rise and Reaches All-Time High - Sprott Q1 Precious Metals Report. Dostępne online: <https://www.sprottusa.com/insights/sprott-q1-precious-metals-report-gold-is-on-the-rise-and-reaches-all-time-high/?alttemplate=usprintblogarticle> (Otwierano: kwietnia 16, 2025).
- [7] Wikipedia contributors. (2025). Russian annexation of Donetsk, Kherson, Luhansk and Zaporizhzhia oblasts. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Dostępne online: https://en.wikipedia.org/wiki/Russian_annexation_of_Donetsk,_Kherson,_Luhansk_and_Zaporizhzhia_oblasts (Otwierano: kwietnia 15, 2025).
- [8] Wikipedia contributors. (2025). Liberation of Kherson. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Dostępne online: https://en.wikipedia.org/wiki/Liberation_of_Kherson (Otwierano: kwietnia 15, 2025).
- [9] Wikipedia contributors. (2025). 2022 Russian crude oil price cap sanctions. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Dostępne online: https://en.wikipedia.org/wiki/2022_Russian_crude_oil_price_cap_sanctions (Otwierano: kwietnia 15, 2025).