



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Wydział Zarządzania

Projekt EFiD - Projekt 12

Autorzy: *Patrycja Piła, Mateusz Strojek, Julia Szutka, Magdalena Wnuk*

Kierunek studiów: *Informatyka i Ekonometria*

Prowadzący: *dr hab. Tomasz Wójtowicz*

Kraków, 2026

Wstęp

Celem projektu jest zbadanie efektu przenoszenia pomiędzy stopami zwrotu. Zostanie wykorzystana dekompozycja wariancji błędu prognozy (FEVD).

Zmienne

W analizie wykorzystano następujące instrumenty finansowe, reprezentujące różne klasy aktywów i segmenty rynku, co pozwala na zróżnicowanie portfela. Dane obejmują okres od marca 2018 do końca stycznia 2020 roku:

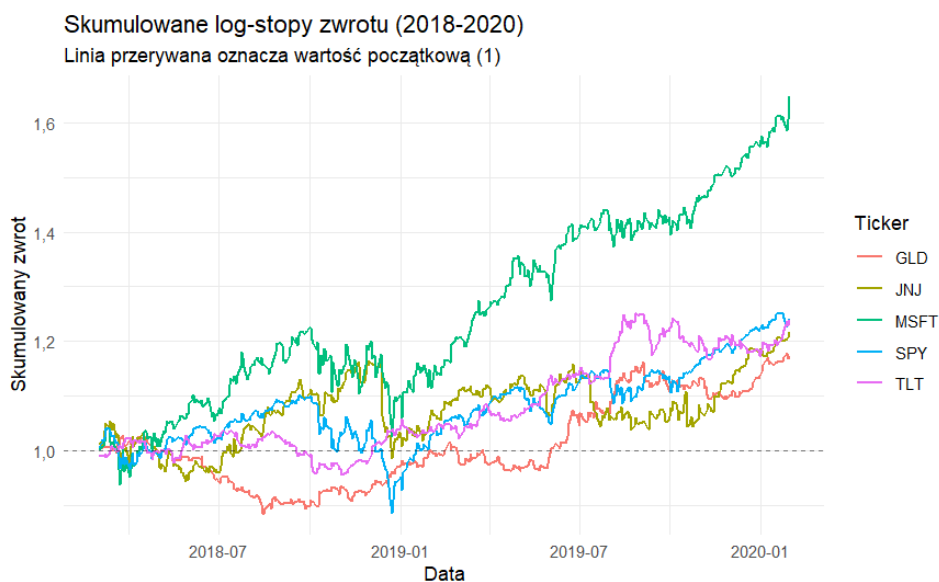
- **SPY (S&P 500 ETF)** - fundusz ETF odwzorowujący zachowanie indeksu S&P 500, reprezentujący szeroki rynek akcji w Stanach Zjednoczonych.
- **GLD (Gold Shares)** - fundusz ETF oparty na cenie złota, reprezentujący rynek surowców.
- **MSFT (Microsoft)** - akcje spółki technologicznej z sektora IT, będącej jednym z liderów globalnego rynku technologicznego.
- **JNJ (Johnson & Johnson)** - akcje spółki działającej w sektorze ochrony zdrowia.
- **TLT (20+ Year Treasury Bond ETF)** - fundusz ETF inwestujący w długoterminowe obligacje skarbowe USA, reprezentujący rynek instrumentów dłużnych.

Podany okres wybrano w celu sprawdzenia zależności w czasie bez kryzysów, co pozwala na ustalenie relacji bazowych, niezbędnych do interpretacji wyników w momencie większej niepewności rynkowej.

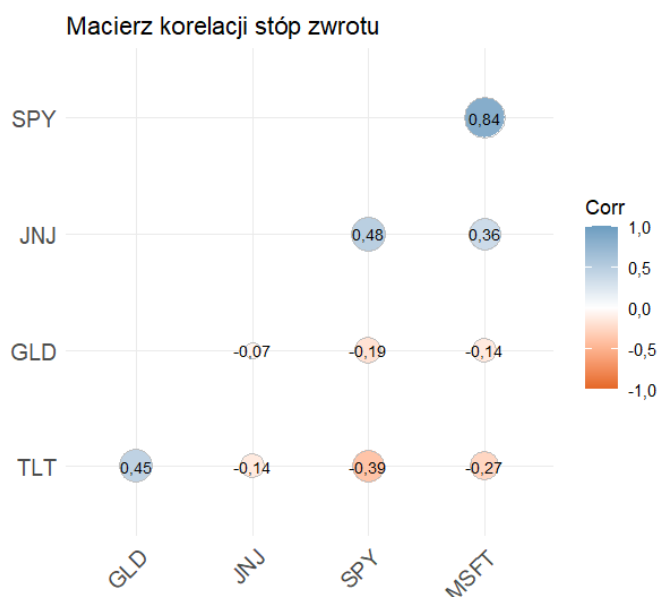
Aktywo	Średnia dzienna stopa zwrotu (zannualizowana)	Odch. standardowe (zannualizowane)	Skośność	Kurtoza	Minimum	Maksimum
SPY	0,1253	0,1429	-0,3766	6,5344	-0,0329	0,0493
TLT	0,1244	0,1077	-0,0182	3,6012	-0,0216	0,0223
GLD	0,0911	0,1072	0,1104	4,3336	-0,0243	0,0254
MSFT	0,3389	0,2384	-0,0435	5,7160	-0,0559	0,0730
JNJ	0,1123	0,1853	-2,1943	19,2637	-0,1058	0,0348

Powyższa tabela przedstawia statystyki opisowe dla 5 użytych aktywów. Najwyższą zannualizowaną (średnia dzienna stopa zwrotu * 252) stopę zwrotu osiąga MSFT, co wskazuje na jego najbardziej dochodowy charakter w badanym okresie, natomiast pozostałe aktywa mają zbliżoną, niższą średnią. Odchylenie standardowe zannualizowane (odchylenie na stopach dziennych * $\sqrt{252}$) jest najwyższe dla MSFT oraz JNJ, a najniższe dla TLT i GLD, co potwierdza defensywną rolę obligacji i złota względem rynku akcji. Współczynniki skośności są ujemne we wszystkich przypadkach, a

szczególnie silną ujemną skośność wykazuje JNJ (wysokie ryzyko gwałtownych spadków), a jednocześnie ma ono najwyższy spośród wszystkich kurtozę (grube ogony). Analiza wartości minimalnych i maksymalnych potwierdza, że największe rozbieżności dotyczą aktywów akcyjnych, podczas gdy TLT i GLD charakteryzują się relatywnie mniejszym zakresem zmian.



Na wykresie widać, że wszystkie skumulowane log-stopy zwrotu pod koniec badanego okresu są dodatnie. Najbardziej korzystnie wyglądają skumulowane log-stopy zwrotu dla akcji Microsoftu. Na końcu stycznia 2020 roku skumulowane log-stopy pozostałych czterech aktywów są na podobnym poziomie (ok. 1,2). Jednakże, aktywa na przestrzeni czasu nie zachowywały się podobnie. Przykładowo, złoto dopiero od ok. czerwca 2019 roku zaczęło przynosić zyski.



Macierz korelacji wskazuje na wysoką dodatnią zależność pomiędzy stopami zwrotu Microsoftu a indeksem S&P 500. Istotną korelację zaobserwowano również między stopami zwrotu Johnson & Johnson a Microsoftem oraz S&P 500. Stopy zwrotu obligacji TLT wykazują ujemną korelację ze wszystkimi zmiennymi, z wyjątkiem złota, dla którego współczynnik korelacji wynosi 0,45.

Model VAR

Stacjonarność

Dla wszystkich logarytmicznych stop zwrotu zbadano występowanie stacjonarności testem ADF z 10 opóźnieniami.

Aktywo	P-wartość	Interpretacja
SPY	0,01	Szereg jest stacjonarny
TLT	0,01	Szereg jest stacjonarny
GLD	0,01	Szereg jest stacjonarny
MSFT	0,01	Szereg jest stacjonarny
JNJ	0,01	Szereg jest stacjonarny

Na podstawie wyników można stwierdzić, że wszystkie nasze szeregi są stacjonarne. Wartość p wyniosła dla każdego szeregu poniżej 0,05.

Liczba opóźnień

Do wyboru liczby opóźnień w modelu VAR zastosowano kryterium informacyjne w tym kryterium Akaike (AIC), kryterium Hannana-Quinna (HQ), kryterium Schwarz (SC) oraz FPE. Wszystkie zastosowane kryteria wskazały optymalną liczbę opóźnień równą 1, dlatego w modelu VAR przyjęto właśnie jedno opóźnienie.

Diagnostyka reszt i stabilność

Test	Wartość p
Autokorelacja (Portmanteau)	0,0650
Normalność (JB)	0,0000
Efekt ARCH	0,0000

Test Portmanteau nie wykazał podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, co oznacza brak autokorelacji w resztach modelu. Jednocześnie wyniki testów diagnostycznych wskazują, że reszty nie pochodzą z wielowymiarowego rozkładu normalnego oraz stwierdzono występowanie efektu ARCH. Model okazał się być modelem stabilnym.

Spillover

Macierz spillover Diebolda-Yilmaza polega na analizie udziału poszczególnych zmiennych modelu VAR w wyjaśnianiu wariancji błędów prognozy innych zmiennych. W

badaniu przy konstruowaniu dekompozycji wariancji, wybrano h na poziomie 10. Na początku policzono globalny indeks przenoszenia dla 3 różnych kolejności Choleskiego. Indeks oblicza się następująco:

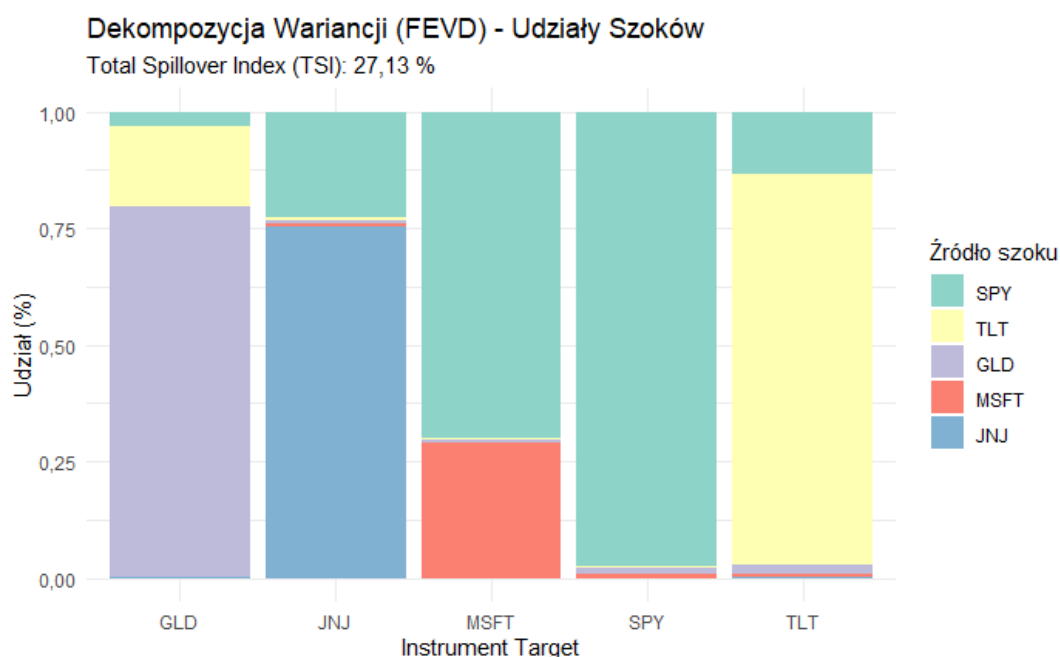
$$S(h) = \frac{\sum_{i=1}^k \sum_{j \neq i} \theta_{ij}(h)}{D}$$

Gdzie:

- $D = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \theta_{ij}(h)$
- $\theta_{ij}(h)$ – opisuje jaka część wariancji błędu prognozy x_i o horyzoncie h wynika z szoku w zmiennej x_j

Kolejność	Indeks spillover
"SPY", "TLT", "GLD", "MSFT", "JNJ"	27,13%
"JNJ", "MSFT", "GLD", "TLT", "SPY"	24,18%
"MSFT", "SPY", "JNJ", "TLT", "GLD"	27,12%

Indeks spillover wyszedł bardzo podobnie dla różnych kolejności, zatem może ona nie mieć aż tak dużego znaczenia. W takim przypadku zostawimy kolejność "SPY", "TLT", "GLD", "MSFT", "JNJ" do dalszej analizy. Globalny indeks spillover wyniósł 27,13%, zatem aż trzy czwarte wariancji błędu prognozy poszczególnych aktywów zależy od ich samych, a tylko mniejsza część jest efektem o innych rynków.

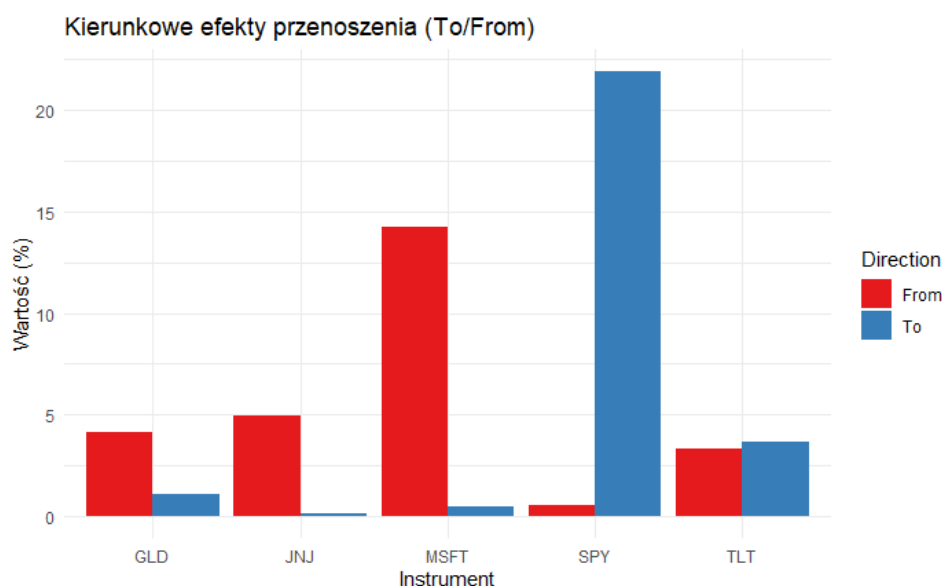


Analiza wykresu dekompozycji wariancji w horyzoncie 10 okresów ujawnia, że fundusz odwzorowujący szeroki rynek akcji stanowi dominujące źródło wahań dla pozostałych czterech aktywów. Jest to szczególnie widoczne w przypadku Microsoftu, w którym zmienność cen zależy w przeważającym stopniu od ogólnej kondycji giełdy. Spółka z sektora ochrony zdrowia (JNJ) wykazuje znacznie większą autonomię, choć nadal pozostaje pod wyraźnym wpływem szoków ze SPY. Z kolei fundusze oparte na złocie oraz długoterminowych obligacjach skarbowych są niemal całkowicie odizolowane od zawirowań na rynku akcyjnym.

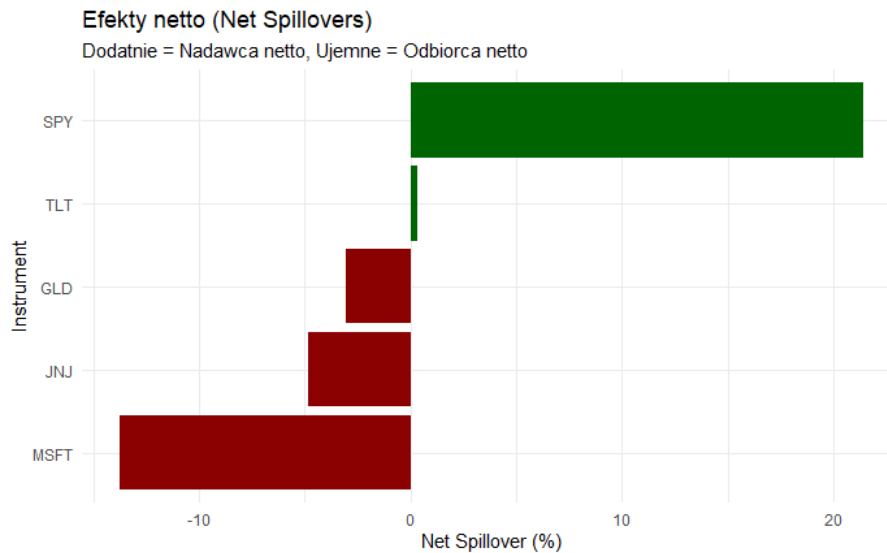
Policzono również kierunkowe efekty przenoszenia, które oblicza się w następujący sposób:

$$S_{i,from}(h) = \frac{\sum_{j \neq i} \theta_{ij}(h)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \theta_{ij}(h)}$$

$$S_{i,to}(h) = \frac{\sum_{j \neq i} \theta_{ji}(h)}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \theta_{ij}(h)}$$



Wykres wyraźnie wskazuje na SPY jako głównego nadawcę impulsów, co potwierdza jego wysoki niebieski słupek oznaczający wysyłanie zmienności do innych aktywów. Zupełnie odwrotną rolę pełni MSFT, który charakteryzuje się największą wrażliwością na szoki zewnętrzne i niemal zerowym wpływem na resztę. Surowce reprezentowane przez GLD oraz spółka JNJ są w tym układzie odbiorcami zmienności. Obligacje skarbowe (TLT) wykazują się największą równowagą i pozostają stosunkowo niezależne od gwałtownych ruchów na rynku akcji. Cała analiza potwierdza dominującą pozycję indeksu SPY, który dyktuje warunki wszystkim pozostałym instrumentom w tym zestawieniu.



Wykres efektów netto idealnie podsumowuje rolę SPY jako lidera, który dominuje jako główne źródło impulsów dla całego systemu. Po przeciwnej stronie znajduje się MSFT, który jako silnie uzależniony od kondycji rynku i chłonie z niego najwięcej zmienności. Spółka JNJ oraz fundusz GLD również mają ujemny net spillover, co oznacza, że częściej reagują na wydarzenia zewnętrzne niż same je kreują. Obligacje TLT wykazują niemal zerowy, choć minimalnie dodatni bilans wymiany zmienności z resztą aktywów.