

Sprawozdanie

Jakub Kaźmierczyk

2025-06-04

Spis treści

1	Wprowadzenie	4
1.1	Opis projektu	4
1.2	Zmienne	4
1.2.1	Zmienna objaśniana	4
1.2.2	Zmienne objaśniające	4
1.3	Źródła	4
2	Wczytywanie danych	5
3	Podstawowe statystyki	6
3.1	Zmienna objaśniana	6
3.2	Zmienne objaśniające	6
3.3	Macierze korelacji	8
3.3.1	Macierz korelacji przed usunięciem zmiennych	8
3.3.2	Macierz korelacji po usunięciu zmiennych	9
3.3.3	Logarytmowanie danych	9
4	Identyfikacja niestacjonarnych zmiennych objaśniających	10
4.1	Sprawdzenie niestacjonarności zmiennych	10
4.2	Usunięcie niestacjonarności	10
4.3	Ponowne sprawdzenie niestacjonarności zmiennych	10
4.4	Sprawdzenie korelacji po usunięciu niestacjonarności	11
4.5	Usunięcie zmiennych o zerowej wariancji	12
4.5.1	Przed usunięciem	12
4.5.2	Po usunięciu	12

5	Metoda doboru zmiennych	13
5.1	Metoda Hellwiga	13
6	Tworzenie modelu ekonometrycznego	14
7	Testowanie modelu	15
7.1	Testowanie normalności rozkładu reszt	15
7.1.1	Test Shapiro-Wilka	15
7.1.2	Test Jarque-Bera	15
7.1.3	Wykresy normalności	16
7.2	Testowanie autokorelacji	16
7.2.1	Test Durbina-Watsona	16
7.2.2	Test Ljung-Boxa	17
7.2.3	Test Breuscha-Godfrey	17
7.2.4	Wykres autokorelacji	18
7.3	Badanie heteroskedastyczności	18
7.3.1	Test Breuscha-Pagana	18
7.3.2	Test Goldfeld-Quandt	19
7.3.3	Wykresy heteroskedastyczności	19
7.4	Testowanie współliniowości	20
7.4.1	Test VIF	20
7.5	Testowanie stabilności parametrów	20
7.5.1	Test Chowa	20
7.5.2	Test CUSUM	21
7.6	Testowanie stabilności postaci analitycznej	21
7.6.1	Test RESET Ramsey	21
7.6.2	Test liczby serii	22
7.7	Badanie efektu katalizy	22
7.7.1	Test F	22
7.8	Badanie koincydencji	22
7.8.1	Porównanie R^2	22
8	Podsumowanie wyników	24

9 Ocena istotności zmiennych	24
9.1 Test t-Studenta dla poszczególnych parametrów	24
9.2 Test Walda (test łącznej istotności)	25
10 Interpretacja parametrów	25
10.1 Wyraz wolny	25
10.2 D_WIG20	26
10.3 D_OIL	26
11 Testowanie modelu na zbiorze testowym	26
12 Podsumowanie	28
12.1 Dane	28
12.2 Selekcja zmiennych i obróbka	28
12.3 Metoda Hellwiga i konstrukcja modelu	28
12.4 Weryfikacja założeń i testy	28
12.4.1 Normalność	28
12.4.2 Autokorelacja	29
12.4.3 Heteroskedastyczność	29
12.4.4 Współliniowość	29
12.4.5 Stabilność parametrów	29
12.4.6 Forma funkcjonalna	29
12.4.7 Losowość reszt	29
12.5 Istotność zmiennych	29
12.5.1 Wyraz wolny	29
12.5.2 D_WIG20	29
12.5.3 D_OIL	30
12.5.4 Test F	30
12.6 Ocena prognoz na zbiorze testowym	30
12.6.1 MAE	30
12.6.2 MAPE	30

1 Wprowadzenie

1.1 Opis projektu

Projekt ma na celu budowę kompleksowego modelu ekonometrycznego służącego do analizy i prognozowania rentowności 10-letnich polskich obligacji skarbowych. Model zostanie zbudowany na podstawie szeregów czasowych, co umożliwi głębszą analizę dynamicznych zależności ekonomicznych.

1.2 Zmienne

1.2.1 Zmienna objaśniana

CLOSE - rentowność 10-letnich polskich obligacji skarbowych

1.2.2 Zmienne objaśniające

10YDEBOND - rentowność 10-letnich niemieckich obligacji skarbowych

10YUSBOND - rentowność 10-letnich amerykańskich obligacji skarbowych

DETAL - sprzedaż detaliczna miesiąc do miesiąca

XAUUSD - cena złota w dolarze amerykańskim

S&P500 - ETF 500 największych notowanych na giełdzie amerykańskich spółek

PMI - wskaźnik aktywności przemysłowej

WIG20 - 20 największych notowanych na giełdzie polskich spółek

OIL - cena ropy naftowej za baryłkę

UNEMPLOYMENT - stopa bezrobocia w Polsce

USDPLN - kurs dolara amerykańskiego wyrażony w złotych

INFLATION - inflacja rok do roku

WIBOR - referencyjna stopa procentowa dla polskiego rynku międzybankowego

1.3 Źródła

www.stooq.com

2 Wczytywanie danych

Dane pochodzą ze strony www.stooq.com. Zawierają dane dotyczące zmiennych od czerwca 1999 do czerwca 2025, w interwale miesięcznym

```
data_all <- read_excel("data.xlsx")
data_all <- data_all[, -c(1, 3, 4)]

data_all[] <- lapply(data_all, function(col) {
  na.approx(col, na.rm = FALSE)
})

n <- nrow(data_all)
train_size <- floor(0.8 * n)

data <- data_all[1:train_size, , drop = FALSE]
data_test <- data_all[(train_size + 1):n, , drop = FALSE]

Y <- data["CLOSE"]
X <- data[, !names(data) %in% "CLOSE", drop = FALSE]
```

3 Podstawowe statystyki

3.1 Zmienna objaśniana

```
##      CLOSE
##  Min.    : 1.843
##  1st Qu.: 3.457
##  Median : 5.495
##  Mean    : 5.610
##  3rd Qu.: 6.269
##  Max.    :13.288
```

Mediana rentowności 10-letnich polskich obligacji wynosi około 5,495 %, podczas gdy średnia to 5,610 %. Różnica mediana–średnia (5,495 vs 5,610) wskazuje niewielką prawą skośność rozkładu.

Minimalna zaobserwowana wartość to 1,843 %, a maksymalna aż 13,288 %. Zakres rozpiętości (13,288 – 1,843 = 11,445 punktu procentowego) jest stosunkowo szeroki, co sugeruje, że w okresie badanym zdarzały się uderzeniowe wahania rentowności.

Pierwszy kwartył (3,457 %) i trzeci kwartył (6,269 %) pokazują, że połowa obserwacji mieści się w zakresie od 3,457 % do 6,269 %. To oznacza, że większość wartości koncentruje się wokół poziomu 5 %–6 %.

3.2 Zmienne objaśniające

```
##      INFLATION      10YUSBOND      XAUUSD      USDPLN
##  Min.    :-0.01600  Min.    :1.455  Min.    : 255.8  Min.    :2.060
##  1st Qu.: 0.01000  1st Qu.:2.337  1st Qu.: 416.2  1st Qu.:3.084
##  Median : 0.02250  Median :3.385  Median :1024.5  Median :3.509
##  Mean    : 0.02711  Mean    :3.461  Mean    : 921.2  Mean    :3.476
##  3rd Qu.: 0.04000  3rd Qu.:4.480  3rd Qu.:1292.5  3rd Qu.:3.910
##  Max.    : 0.11600  Max.    :6.667  Max.    :1825.3  Max.    :4.644
##
##      WIBOR      10YDEBOND      WIG20      S&P500
##  Min.    : 1.560  Min.    :-0.7010  Min.    :1023  Min.    : 735.1
##  1st Qu.: 2.062  1st Qu.: 0.7907  1st Qu.:1789  1st Qu.:1154.7
```

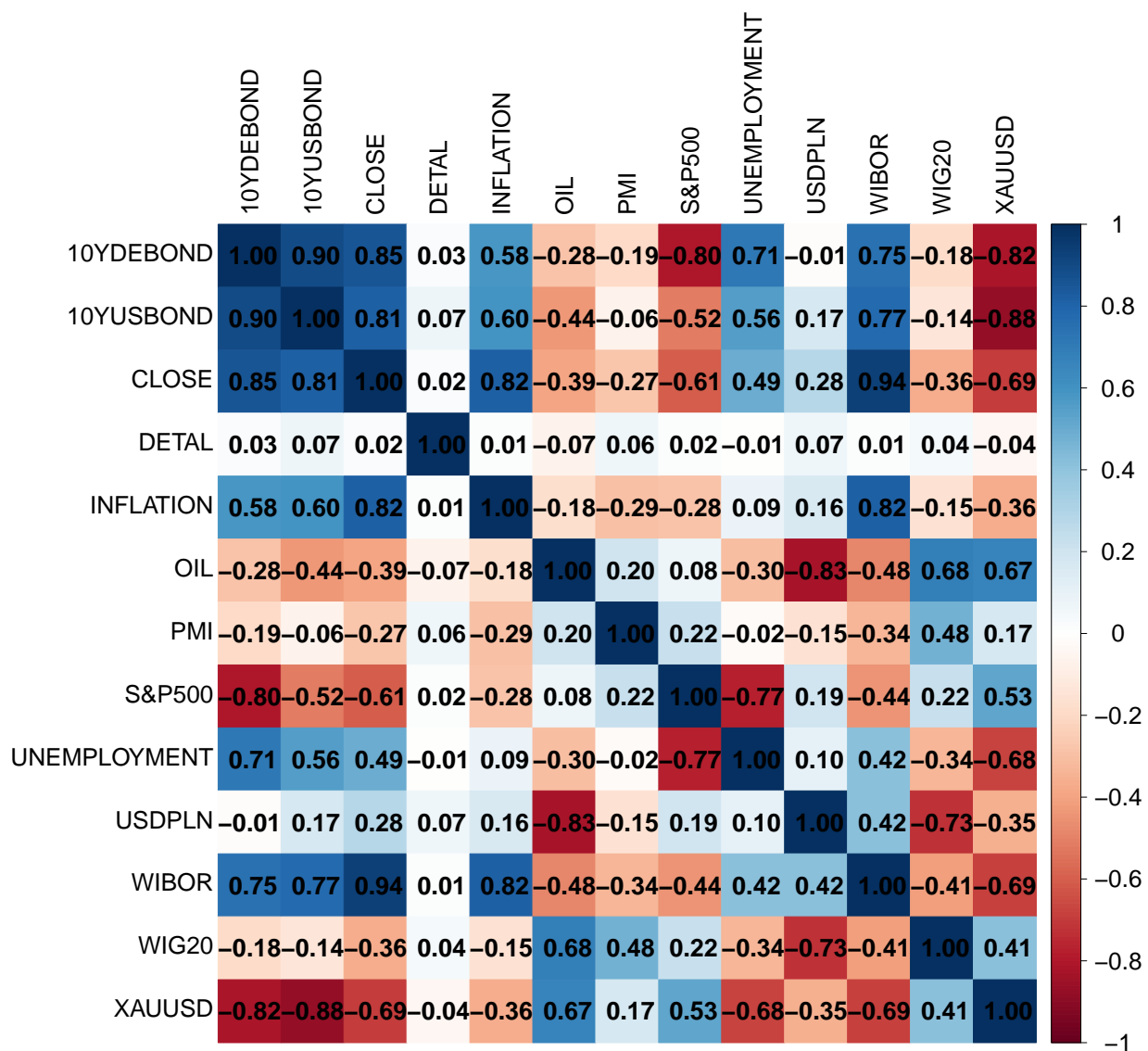
```

## Median : 4.175   Median : 3.1740   Median :2268   Median :1366.2
## Mean    : 5.572   Mean    : 2.6779   Mean     :2182   Mean     :1578.4
## 3rd Qu.: 6.143   3rd Qu.: 4.1895   3rd Qu.:2462   3rd Qu.:1972.2
## Max.    :20.520   Max.    : 5.5390   Max.     :3878   Max.     :3230.8
##
## UNEMPLOYMENT      PMI          DETAL          OIL
## Min.    :0.0500   Min.    :38.30   Min.     :-10.7000   Min.     : 18.57
## 1st Qu.:0.1030   1st Qu.:48.38   1st Qu.: -0.5000   1st Qu.: 37.32
## Median :0.1245   Median :51.15   Median :  0.5000   Median : 58.28
## Mean    :0.1288   Mean    :50.58   Mean     : 0.5221   Mean     : 60.99
## 3rd Qu.:0.1590   3rd Qu.:53.20   3rd Qu.:  1.5000   3rd Qu.: 80.75
## Max.    :0.2070   Max.    :56.90   Max.     :10.8000   Max.     :140.00
##
##                               NA's    :8

```

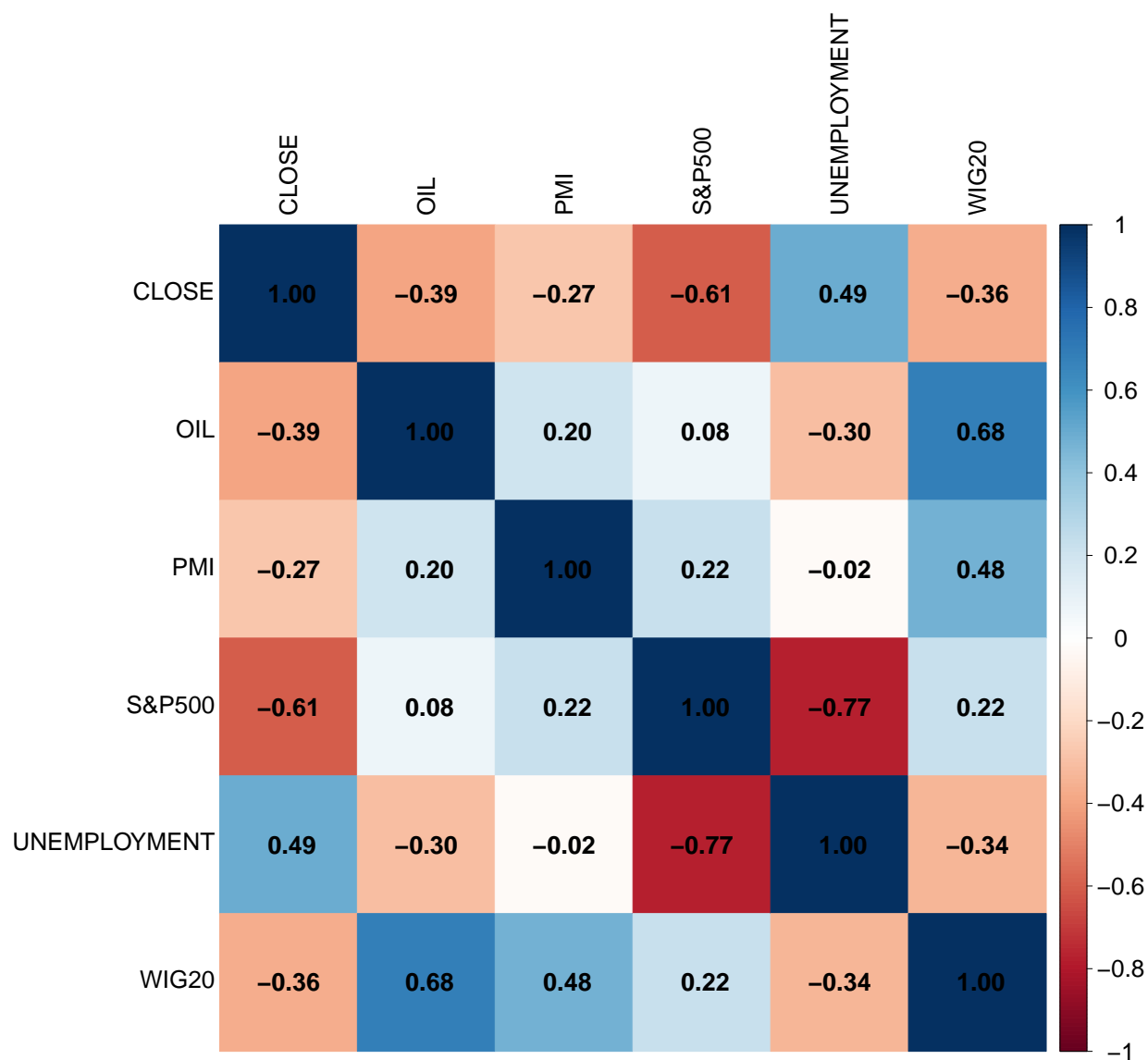
3.3 Macierze korelacji

3.3.1 Macierz korelacji przed usunięciem zmiennych



Z 11 zmiennych objaśniających wybrałem 7, których wartość bezwzględna korelacji nie przekracza 0,8. Dodatkowo usuwam zmienną “INFLATION” abym mógł zlogarytmować dane.

3.3.2 Macierz korelacji po usunięciu zmiennych



3.3.3 Logarytmowanie danych

```
data<-log(data)
data_test<-log(data_test)
```

4 Identyfikacja niestacjonarnych zmiennych objaśniających

4.1 Sprawdzenie niestacjonarności zmiennych

Zmienna	Stacjonarnosc
CLOSE	Niestacjonarna
WIG20	Niestacjonarna
S&P500	Niestacjonarna
UNEMPLOYMENT	Niestacjonarna
PMI	Niestacjonarna
OIL	Niestacjonarna

Wszystkie zmienne w pierwotnej postaci (zarówno CLOSE, jak i 5 zmiennych objaśniających: WIG20, S&P500, UNEMPLOYMENT, PMI, OIL) okazały się niestacjonarne (wyniki testów ADF wskazywały $p\text{-value} > 0,05$ lub wartość statystyki testowej wyższa od wartości krytycznej; KPSS $p\text{-value} < 0,05$).

Oznacza to, że w danych występuje wspólny trend lub efekt niestacjonarności, co skłania do zastosowania różnicowania, by usunąć jednostkowe pierwiastki i otrzymać procesy stacjonarne

4.2 Usunięcie niestacjonarności

4.3 Ponowne sprawdzenie niestacjonarności zmiennych

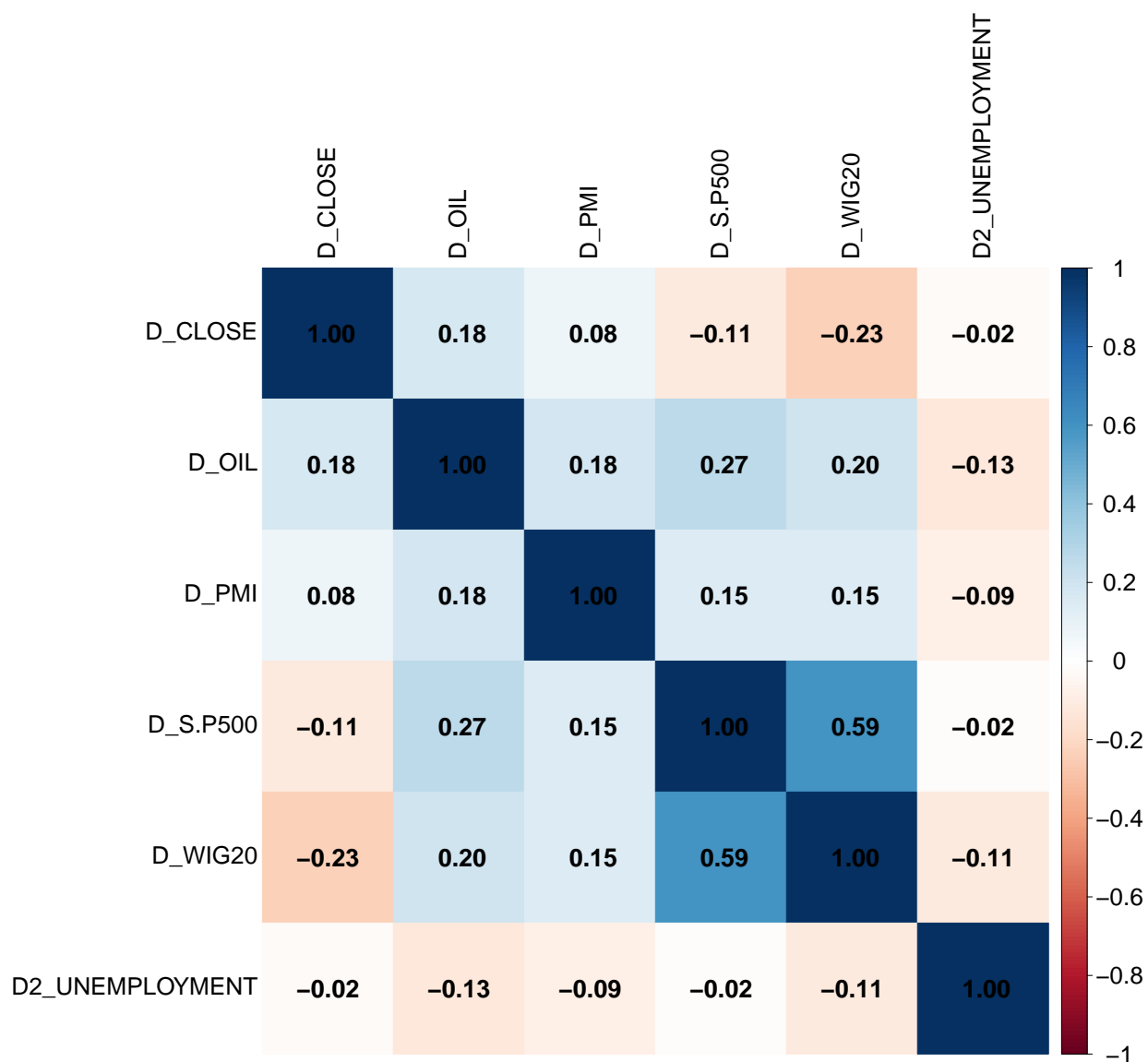
Zmienna	Stacjonarnosc
D_CLOSE	Stacjonarna
D_WIG20	Stacjonarna
D_S.P500	Stacjonarna
D2_UNEMPLOYMENT	Stacjonarna
D_PMI	Stacjonarna
D_OIL	Stacjonarna

Wszystkie zmienne przekształcone do postaci różnicowej (D_CLOSE, D_WIG20, D2_S&P500,

D_UNEMPLOYMENT, D_PMI, D_OIL) okazały się stacjonarne (test AD-Fuller zakończył się odrzuceniem hipotezy o istnieniu pierwiastka jednostkowego, a test KPSS nie wskazał na niestacjonarność).

Oznacza to, że proces różnicowania był wystarczający – w dalszej części modelu możemy bezpiecznie użyć tych stacjonarnych serii jako zmiennych w regresji liniowej.

4.4 Sprawdzenie korelacji po usunięciu niestacjonarności



4.5 Usunięcie zmiennych o zerowej wariancji

4.5.1 Przed usunięciem

D_CLOSE - Współczynnik zmienności: -1159.476 %, Wariancja: 0.00393883
D_WIG20 - Współczynnik zmienności: 5842.637 %, Wariancja: 0.004418631
D_S.P500 - Współczynnik zmienności: 1213.432 %, Wariancja: 0.00178256
D2_UNEMPLOYMENT - Współczynnik zmienności: 14788.06 %, Wariancja: 0.0005495037
D_PMI - Współczynnik zmienności: 60880.69 %, Wariancja: 0.0006715681
D_OIL - Współczynnik zmienności: 1956.358 %, Wariancja: 0.008970653

Z uwagi na bardzo niską wariancję D_UNEMPLOYMENT zdecydowałem się usunąć tę zmienną, bo nie wnosi istotnej zmienności do zestawu predyktorów.

4.5.2 Po usunięciu

D_CLOSE - Współczynnik zmienności: -1159.476 %, Wariancja: 0.00393883
D_WIG20 - Współczynnik zmienności: 5842.637 %, Wariancja: 0.004418631
D_S.P500 - Współczynnik zmienności: 1213.432 %, Wariancja: 0.00178256
D_PMI - Współczynnik zmienności: 60880.69 %, Wariancja: 0.0006715681
D_OIL - Współczynnik zmienności: 1956.358 %, Wariancja: 0.008970653

5 Metoda doboru zmiennych

5.1 Metoda Hellwiga

Zmienne składowe w najlepszej kombinacji:

D_WIG20

D_OIL

Pojemność Hellwiga dla tej kombinacji: 0.0705

Wybrałem Metodę Hellwiga, ponieważ pozwala ona wybrać taki zestaw predyktorów, który maksymalizuje korelację z rentownością obligacji (D_CLOSE) przy jednoczesnym minimalizowaniu wzajemnej korelacji między zmiennymi. Dzięki temu uzyskałem prosty, ale informacyjnie optymalny model oparty na D_WIG20 i D_OIL.

6 Tworzenie modelu ekonometrycznego

Call:

```
lm(formula = formula_modelu, data = data_stationary)
```

Residuals:

	Min	1Q	Median	3Q	Max
	-0.215503	-0.034848	0.001887	0.028561	0.181397

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-0.005865	0.003804	-1.542	0.124391
D_WIG20	-0.263429	0.058501	-4.503	1.04e-05 ***
D_OIL	0.155374	0.041057	3.784	0.000194 ***

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

Residual standard error: 0.05958 on 243 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1061, Adjusted R-squared: 0.09872

F-statistic: 14.42 on 2 and 243 DF, p-value: 1.211e-06

Statystyka $F = 14,42$ ($df = 2$ i 243), $p\text{-value} \approx 1,211 \times 10^{-6}$. Oznacza to, że jako całość model jest istotny statystycznie – przynajmniej jedna ze zmiennych objaśniających przyczynia się do wyjaśnienia zmienności D_CLOSE

R-kwadrat: $0,1061 \rightarrow$ model wyjaśnia tylko około 10,61 % zmienności zmiennej D_CLOSE . Po skorygowaniu $R^2_{adj} = 0,09872$. Tę wartość można uznać za dosyć niską (model w obecnej formie jest słaby), co sugeruje, że istnieje wiele innych czynników wpływających na zmiany rentowności obligacji, których nie uwzględniono.

7 Testowanie modelu

7.1 Testowanie normalności rozkładu reszt

Testy normalności sprawdzają czy reszty mają rozkład normalny.

H0: Reszty mają rozkład normalny

H1: Reszty nie mają rozkładu normalny

Poziom istotności: $\alpha = 0,05$

7.1.1 Test Shapiro-Wilka

Statystyka W = 0.9842

p-value = 0.0079

Statystyka W = 0,9842, p-value = 0,0079

Wniosek: Odrzucamy H0 - reszty nie są normalne

7.1.2 Test Jarque-Bera

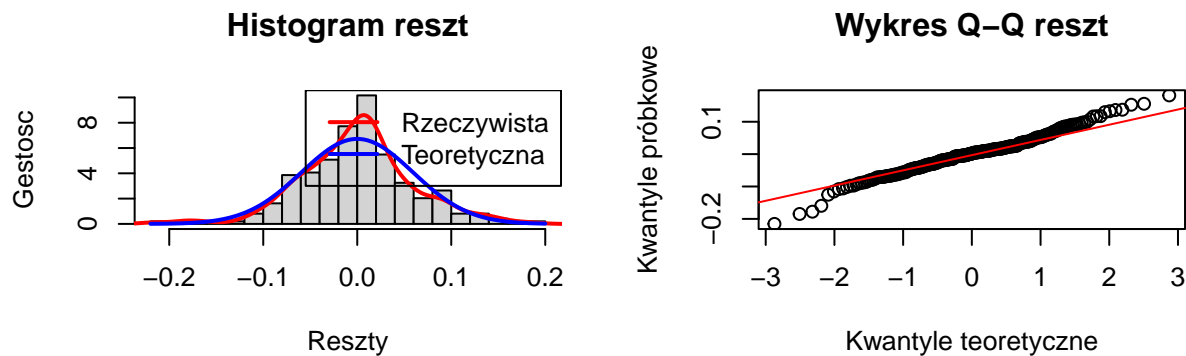
Statystyka JB = 12.1445

p-value = 0.0023

Statystyka JB = 12,1445 p-value = 0,0023

Wniosek: Odrzucamy H0 - reszty nie są normalne

7.1.3 Wykresy normalności



Dane zostały już zlogarytmowane. Próba usunięcia braku normalności została wykonana. Nie udało się wyeliminować tego problemu

7.2 Testowanie autokorelacji

Autokorelacja oznacza korelację między resztami w różnych okresach

H0: Brak autokorelacji reszt

H1: Występuje autokorelacja reszt

7.2.1 Test Durbina-Watsona

Statystyka DW = 1.8667

p-value = 0.324

Statystyka DW = 1,8667, p-value = 0,282

Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H_0 - brak autokorelacji

7.2.2 Test Ljunga-Boxa

2. TEST LJUNGA-BOXA:

Statystyka LB = 16.9273

p-value = 0.076

Statystyka LB = 16,9273, p-value = 0,076

Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H_0 - brak autokorelacji

7.2.3 Test Breuscha-Godfrey

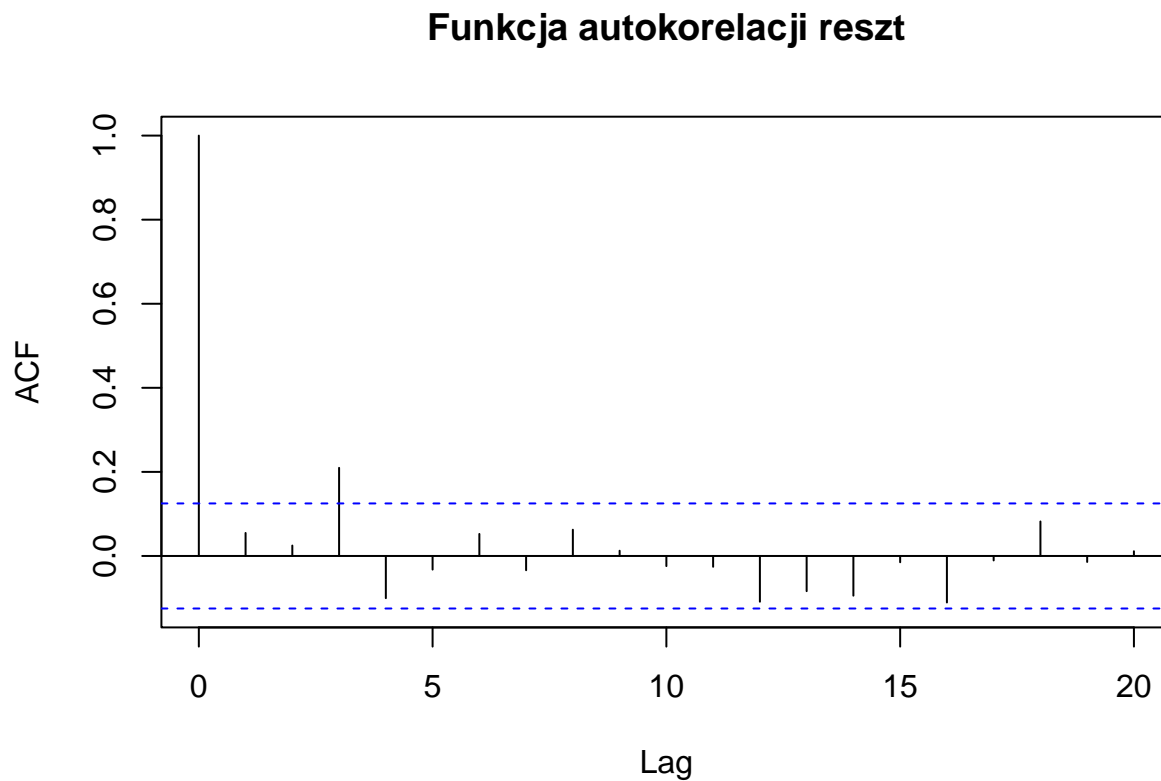
Statystyka LM = 0.8697

p-value = 0.6474

Statystyka LM = 0,8697, p-value = 0,6474

Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H_0 - brak autokorelacji

7.2.4 Wykres autokorelacji



Wnioski: Udało się osiągnąć brak autokorelacji.

7.3 Badanie heteroskedastyczności

Heteroskedastyczność oznacza niestabilną wariancję składnika losowego.

H0: Homoskedastyczność (stała wariancja)

H1: Heteroskedastyczność (niestabilna wariancja)

7.3.1 Test Breusch-Pagana

Statystyka BP = 3.0732

p-value = 0.2151

Statystyka BP = 3,0732, p-value = 0,2151

Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H_0 - homoskedastyczność

7.3.2 Test Goldfelda-Quandt

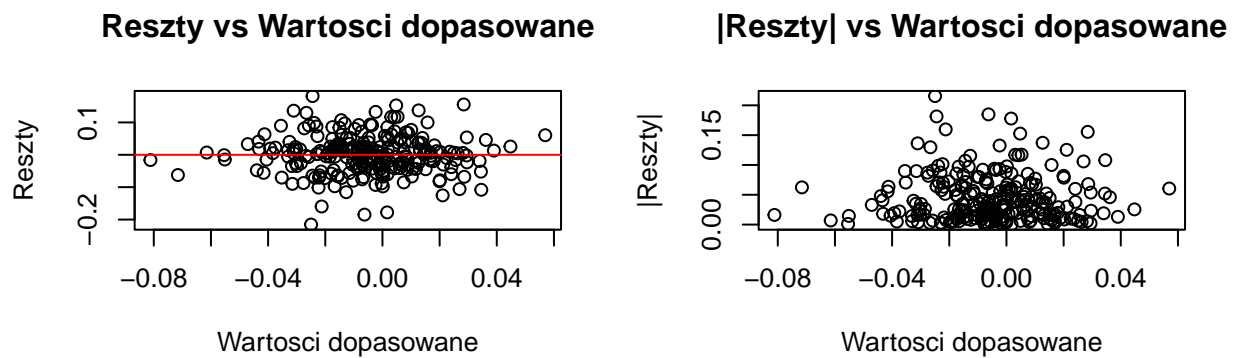
Statystyka GQ = 0.9087

p-value = 0.6996

Statystyka GQ = 0,9087, p-value = 0,6996

Wniosek: Nie ma podstaw do odrzucenia H_0 - homoskedastyczność

7.3.3 Wykresy heteroskedastyczności



Wnioski: Składnik losowy ma w tym modelu stałą wariancję.

7.4 Testowanie współliniowości

7.4.1 Test VIF

Współliniowość oznacza wysoką korelację między zmiennymi objaśniającymi.

$VIF > 10$: poważna współliniowość

$VIF > 5$: umiarkowana współliniowość

$VIF < 5$: brak problemów ze współliniowością

Maksymalny VIF wynosi: 1.04363

Wnioski: Maksymalny VIF < 5 więc brak problemów ze współliniowością

7.5 Testowanie stabilności parametrów

7.5.1 Test Chowa

Test Chowa sprawdza czy parametry modelu są stabilne w czasie.

H_0 : Parametry są stabilne

H_1 : Parametry nie są stabilne (występuje przełom strukturalny)

Punkt przełomu jest w środku próby

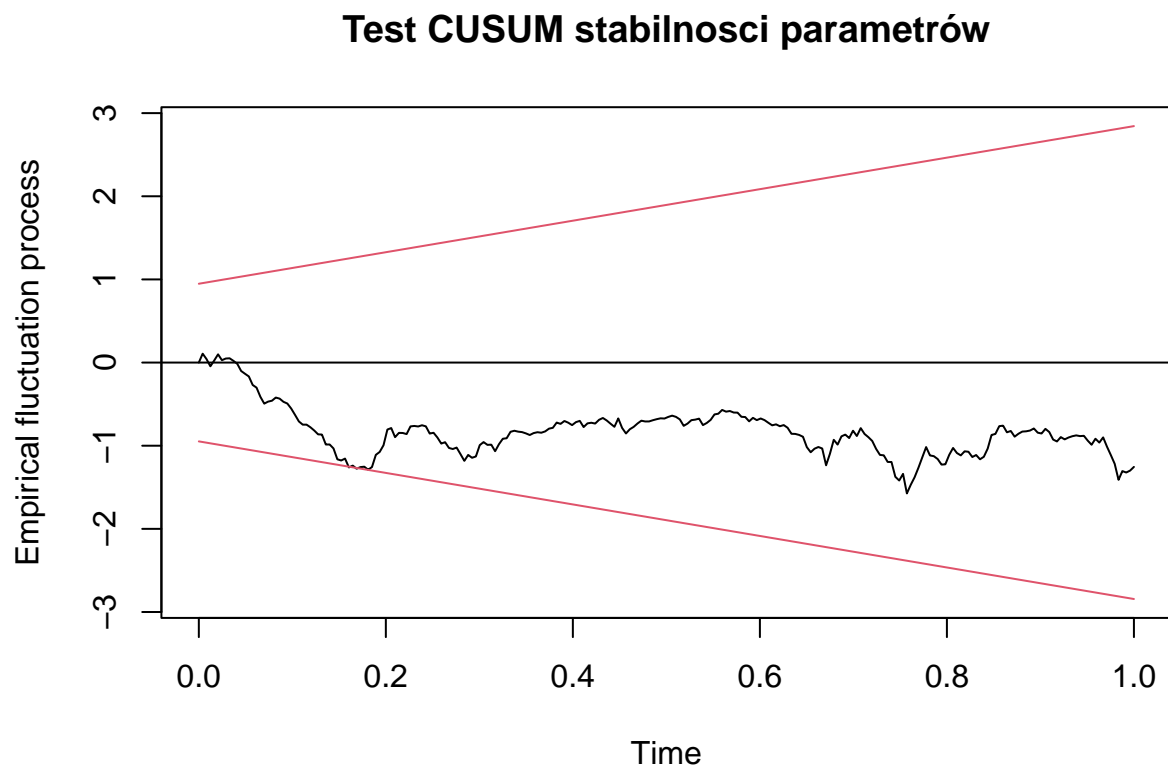
Statystyka $F = 0.9569$

p-value = 0.4138

Statystyka $F = 0,9569$, p-value = 0,4138

Wnioski: Nie ma podstaw do odrzucenia H_0 - parametry są stabilne

7.5.2 Test CUSUM



7.6 Testowanie stabilności postaci analitycznej

7.6.1 Test RESET Ramseya

Test RESET sprawdza czy postać funkcyjna modelu jest poprawna.

H0: Model ma poprawną postać funkcyjną

H1: Model ma niepoprawną postać funkcyjną

Statystyka $F = 0.4448$

p-value = 0.6415

Statystyka $F = 0,4448$, p-value = 0,6415

Wnioski: Nie ma podstaw do odrzucenia H0 - poprawna postać modelu

7.6.2 Test liczby serii

Test sprawdza czy reszty są losowo rozłożone.

H0: Reszty są losowo rozłożone

H1: Reszty wykazują systematyczne wzorce

$$\text{Statystyka} = -0.3671$$

$$p\text{-value} = 0.7135$$

Statystyka = -0,3671, p-value = 0,7135

Wnioski: Nie ma podstaw do odrzucenia H0 - reszty są losowe

7.7 Badanie efektu katalizy

7.7.1 Test F

Efekt katalizy - jedna zmienna wpływa na siłę oddziaływania innej.

$$\text{Statystyka } F = 2.6483$$

$$p\text{-value} = 0.105$$

Statystyka F = 2,6483, p-value = 0,105

Wnioski: Brak istotnego efektu katalizy

7.8 Badanie koincydencji

7.8.1 Porównanie R^2

Koincydencja - zmienna objaśniająca ma wpływ jedynie w określonych okresach.

Współczynniki determinacji:

Okres 1 (obs. 1- 82): $R^2 = 0.1072$

Okres 2 (obs. 83 - 164): $R^2 = 0.2593$

Okres 3 (obs. 165 - 246): $R^2 = 0.0955$

PORÓWNANIE PARAMETRÓW W PODOKRESACH:

Parametr (Intercept) :

Okres 1: -0.0047

Okres 2: -0.0047

Okres 3: -0.0066

Parametr D_WIG20 :

Okres 1: -0.238

Okres 2: -0.3347

Okres 3: -0.1674

Parametr D_OIL :

Okres 1: 0.0829

Okres 2: 0.1423

Okres 3: 0.2728

8 Podsumowanie wyników

	Test	Statystyka	p_value	Wynik
1	Normalność (Jarque-Bera)	12.145	0.002	NIESPEŁNIONE
2	Autokorelacja (Ljung-Box)	16.927	0.076	SPEŁNIONE
3	Heteroskedastyczność (Breusch-Pagan)	3.073	0.215	SPEŁNIONE
4	Współliniowość (max VIF)	1.044	N/A	SPEŁNIONE
5	Stabilność (Chow)	0.957	0.414	SPEŁNIONE
6	Postać modelu (RESET)	0.445	0.641	SPEŁNIONE

Spełnione założenia: 5 / 6

Niespełnione założenia: 1 / 6

9 Ocena istotności zmiennych

9.1 Test t-Studenta dla poszczególnych parametrów

Test t-Studenta jest wykorzystywany do oceny **istotności statystycznej** poszczególnych współczynników regresji.

Dla każdego parametru testuje się hipotezę zerową H_0 , że dany współczynnik jest równy zero co oznacza, że zmienna objaśniająca nie ma liniowego wpływu na zmienną zależną wobec hipotezy alternatywnej H_1 , że współczynnik jest różny od zera.

Parametr: **Wyraz wolny**

Wartość t: -1.5419

Wartość p: 0.1244

Wniosek: Współczynnik jest statystycznie nieistotny na poziomie 5%. Brak wystarczających dowodów, aby odrzucić hipotezę zerową, co oznacza, że wyraz wolny prawdopodobnie nie ma istotnego liniowego wpływu na D_CLOSE.

Parametr: **D_WIG20**

Wartość t: -4.503

Wartość p: 1.04e-05 ***

Wniosek: Współczynnik jest **statystycznie istotny** na poziomie 5%. Odrzucamy hipotezę zerową, co oznacza, że zmienna D_WIG20 ma istotny wpływ na zmienną D_CLOSE.

Parametr: **D_OIL**

Wartość t: 3.7843

Wartość p: 0.0001942 ***

Wniosek: Współczynnik jest **statystycznie istotny** na poziomie 5%. Odrzucamy hipotezę zerową, co oznacza, że zmienna D_OIL ma istotny wpływ na zmienną D_CLOSE.

9.2 Test Walda (test łącznej istotności)

H0: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (wszystkie parametry strukturalne równe zero) H1: co najmniej jeden $\beta_i \neq 0$

Statystyka F: 14.4175

Stopnie swobody: 2 i 243

p-value: < 0.001

Statystyka F: 14.4175, df: 2 i 243, p-value: < 0.001

Wnioski: Odrzucamy H0 - model jako całość jest istotny statystycznie

$D_CLOSE = -0.005865 - 0.263429 \times D_WIG20 + 0.155374 \times D_OIL +$

10 Interpretacja parametrów

10.1 Wyraz wolny

Wartość: -0.005865

Istotność statystyczna: NIEISTOTNY ($p = 0.1244$)

Interpretacja: Wyraz wolny - średnia wartość D_CLOSE, gdy wszystkie zmienne objaśniające przyjmują

wartość zero.

Kierunek wpływu: UJEMNY

Siła oddziaływania: UMIARKOWANA

10.2 D_WIG20

Wartość: -0.263429 Istotność statystyczna: ISTOTNY ($p = 0$)

Interpretacja: Wzrost zmiennej 'D_WIG20' o 1 jednostkę powoduje spadek pierwszej różnicy zmiennej 'CLOSE' o 0.263429 jednostek, ceteris paribus.

Kierunek wpływu: UJEMNY

Siła oddziaływania: SILNA

10.3 D_OIL

Wartość: 0.155374

Istotność statystyczna: ISTOTNY ($p = 2e-04$)

Interpretacja: Wzrost zmiennej 'D_OIL' o 1 jednostkę powoduje wzrost pierwszej różnicy zmiennej 'CLOSE' o 0.155374 jednostek, ceteris paribus.

Kierunek wpływu: DODATNI

Siła oddziaływania: SILNA

11 Testowanie modelu na zbiorze testowym

=== WYNIKI EX POST (zbiór testowy) ===

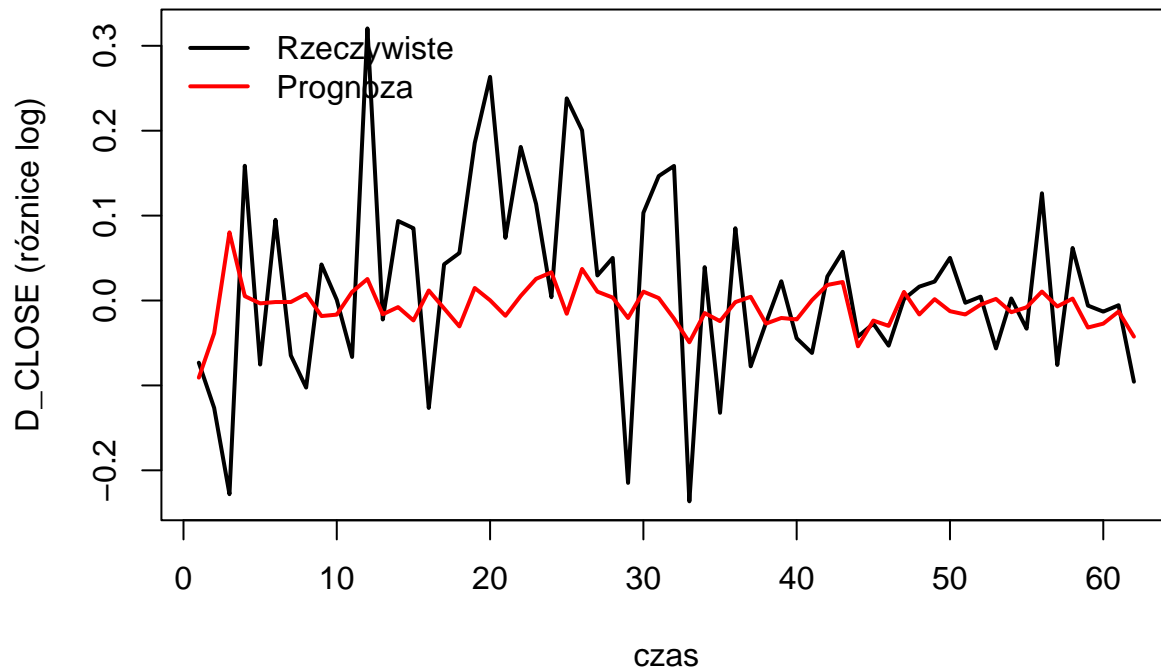
MAE = 0.082049

RMSE = 0.110175

MAPE = 167.3 %

sMAPE = 153.12 %

Rzeczywiste vs prognoza (zbiór testowy)



Interpretacja wyników

Wskaźniki $MAE = 0,082$ i $RMSE = 0,110$ świadczą o stosunkowo niskim bezwzględnym błędzie prognoz. Natomiast $MAPE = 167,3\%$ oraz $sMAPE = 153,12\%$ są zawyżone z uwagi na dzielenie przez bardzo małe wartości zmiennej D_CLOSE (różnice logarytmiczne rentowności). W takich przypadkach bardziej reprezentatywne są miary bezwzględne.

12 Podsumowanie

12.1 Dane

Dane: Źródłem był serwis Stooq; wstępnie uzupełniono luki interpolacją liniową, następnie podzielono na zbiór treningowy (80 %) i testowy (20 %)

12.2 Selekcja zmiennych i obróbka

Zbiór początkowy liczył 11 zmiennych, po obliczeniu korelacji odrzucono te z $|r| > 0,8$ (np. XAUUSD, WIBOR, USDPLN, 10YDEBOND, 10YUSBOND, DETAL, INFLATION).

Wszystkie wybrane szeregi okazały się niestacjonarne (ADF i KPSS), więc przekształciłem je przez różnicowanie (pierwsze lub drugie rzędu), aż uzyskano stacjonarne serie.

Zmienną D_UNEMPLOYMENT usunięto ze względu na praktycznie zerową wariancję.

12.3 Metoda Hellwiga i konstrukcja modelu

Zastosowano metodę pojemności Hellwiga do wyboru najlepszego podzbioru predyktorów. Najwyższa pojemność (0,0705) wystąpiła dla kombinacji D_WIG20 i D_OIL.

Ostateczny model liniowy: $D_CLOSE = -0.005865 - 0.263429 \times D_WIG20 + 0.155374 \times D_OIL + \varepsilon$
 $\varepsilon D_CLOSE = -0.005865 - 0.263429 \times D_WIG20 + 0.155374 \times D_OIL + \varepsilon$.

Wskaźnik $R^2 \approx 0,106$, co oznacza, że zmienne objaśniające wyjaśniają ok. 10,6 % wariancji D_CLOSE; po uwzględnieniu stopnia swobody $R^2_{adj} \approx 0,099$.

12.4 Weryfikacja założeń i testy

12.4.1 Normalność

Normalność reszt: Shapiro-Wilk ($W = 0,984$; $p = 0,0079$) i Jarque-Bera ($JB = 12,14$; $p = 0,0023$) wskazują na odrzucenie normalności.

12.4.2 Autokorelacja

Autokorelacja: Durbin-Watson (DW = 1,867; $p = 0,282$), Ljung-Box (LB = 16,93; $p = 0,076$) i Breusch-Godfrey (LM = 0,8697; $p = 0,6474$) nie wykazały autokorelacji reszt.

12.4.3 Heteroskedastyczność

Heteroskedastyczność: Breusch-Pagan (BP = 3,073; $p = 0,2151$) i Goldfeld-Quandt (GQ = 0,9087; $p = 0,6996$) sugerują homoskedastyczność.

12.4.4 Współliniowość

Współliniowość: maks. VIF < 5, brak problemów.

12.4.5 Stabilność parametrów

Stabilność parametrów: test Chow (F = 0,9569; $p = 0,4138$) i CUSUM nie wskazały na przełom strukturalny.

12.4.6 Forma funkcjonalna

Forma funkcjonalna: RESET (F = 0,4448; $p = 0,6415$) – brak dowodów na niepoprawność postaci modelu.

12.4.7 Losowość reszt

Losowość reszt: test ragów (runs) (statystyka = -0,367; $p = 0,7135$) – brak systematycznych wzorców.

12.5 Istotność zmiennych

12.5.1 Wyraz wolny

Wyraz wolny – nieistotny ($p = 0,1244$).

12.5.2 D_WIG20

D_WIG20: $t = -4,503$; $p \approx 1,04 \times 10^{-5}$ – istotny (wpływ ujemny).

12.5.3 D_OIL

D_OIL: $t = 3,784$; $p = 0,00019$ – istotny (wpływ dodatni).

12.5.4 Test F

Test F (Walda) dla modelu ogólnie: $F = 14,42$; $p < 0,001$ – model jako całość jest istotny.

12.6 Ocena prognoz na zbiorze testowym

12.6.1 MAE

$MAE \approx 0,082$; $RMSE \approx 0,110$ – stosunkowo niewielkie bezwzględne błędy.

12.6.2 MAPE

$MAPE \approx 167,3 \%$; $sMAPE \approx 153,1 \%$ – wartości wysokie z uwagi na małe wartości D_CLOSE (logarytmiczne różnice).

Wykres rzeczywistych i prognozowanych D_CLOSE pokazuje dobrą zgodność na ogólnym trendzie, choć przy gwałtownych zmianach model niedoszacowuje lub przeszacowuje momentami.