

Badanie zależności pomiędzy funduszami ETF na rynku surowców energetycznych

Blanka Łęt*

Streszczenie: *Cel* – Celem artykułu jest analiza siły powiązań pomiędzy instrumentami finansowymi związanymi z sektorem dwóch surowców energetycznych: ropy naftowej i gazu ziemnego. Zweryfikowano, czy notowania funduszy Exchange Traded Fund podlegają podobnej dynamice co replikowane benchmarki oraz czy wyznaczona siła powiązań jest stała w czasie.

Metodologia badania – Badanie przeprowadzono, wykorzystując wielowymiarowy skorygowany model dynamicznych korelacji warunkowych cDCC-GARCH zaproponowany przez Aielliego (2013), będący modyfikacją modelu DCC-GARCH wprowadzonego przez Engle'a (2002).

Wynik – Wśród zbadanych instrumentów najsilniej skorelowane są notowania funduszy replikujących indeksy grupujące akcje spółek z sektora ropy i gazu. Ponadto silnym powiązaniem podlegają badane fundusze z funduszem replikującym kurs terminowy ropy naftowej West Texas Intermediate.

Wartość – Analizowana siła powiązań pomiędzy instrumentami związanymi z rynkiem surowców energetycznych badana jest w kontekście popularnych wśród inwestorów, najbardziej płynnych funduszy ETF. Wartościowa jest kwestia porównania własności statystycznych rozpatrywanych szeregów zwrotów dla funduszy ETF z szeregami zwrotów z oryginalnych benchmarków.

Słowa kluczowe: fundusze ETF, ropa naftowa, gaz ziemny, model DCC-GARCH

Wprowadzenie

Inwestować na rynku surowców energetycznych, takich jak ropa naftowa czy gaz ziemny, można na wiele sposobów. Pośród wielu możliwych metod inwestowania w ostatnich latach coraz większą popularność zyskują fundusze Exchange Traded Fund (ETF). Są to otwarte fundusze inwestycyjne, które emitują tytuły uczestnictwa będące przedmiotem obrotu giełdowego, a ich podstawowym zadaniem jest jak najwierniejsze naśladowanie zachowania określonego indeksu (Miziołek, 2013).

Wśród licznych dostępnych towarowych funduszy ETF można wskazać te, które inwestują w dany surowiec poprzez kontrakty terminowe. Inne inwestują w spółki związane z wydobywaniem surowca. W badaniu poświęcono uwagę kwestii zależności pomiędzy notowaniami funduszy ETF różnego typu. Sprawdzone, jaka jest siła powiązań dla funduszy związanych z danym surowcem energetycznym. Zweryfikowano, czy instrumenty, które

* dr Blanka Łęt, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Informatyki i Gospodarki Elektronicznej, e-mail: blanka.let@ue.poznan.pl

z założenia są związane z danym surowcem, są powiązane silnymi zależnościami. W tym celu wykorzystano wielowymiarowy model z rodziny GARCH. Wyznaczono korelacje warunkowe pomiędzy zwrotami z funduszy ETF i sprawdzono, czy są istotne i wysokie oraz stałe w czasie. Zweryfikowano, czy instrumenty, które z założenia replikują dany indeks, charakteryzują się takimi samymi własnościami szeregów zwrotów oraz są powiązane takimi samymi zależnościami jak naśladowane wskaźniki.

1. Fundusze Exchange Traded Fund a rynek surowców energetycznych

Funduszy typu ETF, mających odwzorować ceny surowców energetycznych, jest obecnie bardzo dużo. Do funduszy związanych z rynkiem surowców energetycznych należą te, które inwestują w dany surowiec głównie poprzez kontrakty terminowe. Do tego typu funduszy należą dwa spośród badanych w części empirycznej pracy instrumentów finansowych. Pierwszym z nich jest fundusz United States Oil Fund (USO), który replikuje cenę terminową ropy naftowej WTI (West Texas Intermediate), będącej punktem odniesienia dla cen ropy w Stanach Zjednoczonych. Zgodnie ze specyfikacją funduszu składniki portfela to kontrakty futures na ropę WTI i inne produkty ropopochodne, jak również kontrakty forward i kontrakty typu swap. Drugim badanym funduszem jest United States Natural Gas Fund (UNG), który replikuje cenę terminową amerykańskiego gazu ziemnego Henry Hub. Składniki portfela to kontrakty futures na gaz ziemny Henry Hub i inne produkty gazopochodne, jak również kontrakty forward i kontrakty typu swap. Do tej samej grupy towarowych funduszy ETF, replikujących cenę kontraktu na ropę i gaz ziemny, należą m.in. fundusz OIL (iPath S&P GSCI Crude Oil Total Return Index ETN), DBO (PowerShares DB Oil Fund), USL (United States 12 Month Oil ETF), DBE (PowerShares DB Energy Fund), BNO (United States Brent Oil Fund), UGA (United States Gasoline Fund), OIIL (X-Links WTI Crude Oil Index ETN).

Wśród surowcowych funduszy ETF znajdują się również te, które inwestują w spółki związane z produkcją surowca, jego poszukiwaniem, wydobywaniem, przetwarzaniem, transportem czy sprzedażą. Do tego typu funduszy należy badany w pracy fundusz Energy Select Sector SPDR (XLE), który replikuje indeks S&P Energy Select Sector (IXE). Składniki portfela to akcje spółek zajmujących się produkcją i przetwórstwem ropy naftowej i gazu ziemnego, takich jak np. Exxon Mobil czy Chevron. Kolejny badany fundusz to First Trust ISE-Revere Natural Gas Index Fund (FCG), replikujący indeks ISE-Revere Natural Gas (FUM). Składniki portfela to akcje spółek zajmujących się wydobywaniem i produkcją gazu ziemnego i ropy, w tym m.in. Anadarko Petroleum Corp. czy Devon Energy. Podobną funkcję co fundusze XLE i FCG pełnią inne instrumenty. Są to fundusze AMLP (Alerian MLP ETF), VDE (Vanguard Energy Index Fund ETF Shares), XOP (SPDR® S&P Oil & Gas Exploration & Production ETF), FXN (First Trust Energy AlphaDEX® Fund). Obrót wszystkimi czterema badanymi funduszami odbywa się na amerykańskiej giełdzie NYSE Arca.

2. Metodologia: model cDCC-GARCH

Niech p_t oznacza cenę danego instrumentu finansowego w dniu t . Przez procentowy zwrot logarytmiczny można rozumieć zwrot wyznaczany jako $r_t = 100 \cdot \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right)$.

Wielowymiarowy szereg zwrotów $r_t = (r_{1,t}, r_{2,t}, \dots, r_{n,t})'$ można poddać następującej dekompozycji:

$$r_t = \mu_t + y_t, \tag{1}$$

gdzie μ_t jest warunkową wartością oczekiwaną wektora r_t pod warunkiem zbioru informacji \mathcal{F}_{t-1} , dostępnych do momentu $t - 1$ włącznie. Wektor średnich warunkowych $\mu_t = (\mu_{1t}, \mu_{2t}, \dots, \mu_{nt})'$ w uproszczony sposób może być modelowany przy pomocy jednowymiarowego modelu ARMA(p, q) dla każdej średniej μ_{it} z osobna.

Przez H_t została oznaczona macierz warunkowych kowariancji. Ogólny n -wymiarowy model GARCH dla procesu y_t jest dany przez równanie:

$$y_t = H_t^{\frac{1}{2}} \varepsilon_t \tag{2}$$

gdzie $H_t^{\frac{1}{2}}$ oznacza dodatnio określoną macierz, taką, że $H_t^{\frac{1}{2}} \cdot H_t^{\frac{1}{2}} = H_t$, a ponadto ε_t jest n -wymiarowym procesem niezależnych zmiennych losowych o zerowej średniej i identycznościowej macierzy kowariancji: $\varepsilon_t \sim iid(0, I_n)$. Macierz $H_t^{\frac{1}{2}}$ może być wyznaczona z wykorzystaniem dekompozycji Cholesky'ego macierzy H_t . Model GARCH jest określony poprzez specyfikację macierzy H_t , która musi być dodatnio określona.

Istnieje kilka sposobów na specyfikację macierzy H_t . Można wyróżnić wśród nich bezpośrednie uogólnienia jednowymiarowego modelu GARCH oraz modele korelacji warunkowej.

Model dynamicznej korelacji warunkowej DCC (ang. *Dynamic Conditional Correlation*) jest uogólnieniem modelu Bollersleva (1990) stałej korelacji warunkowej (ang. *Constant Conditional Correlation*) CCC. Niewątpliwą zaletą tego modelu jest elastyczność wynikająca z możliwości dopasowania jednowymiarowych modeli z bogatej rodziny GARCH.

W przedstawionym przez Engle'a (2002) modelu DCC o r_t zakłada się, że ma warunkowy wielowymiarowy rozkład normalny z zerową wartością oczekiwaną i macierzą kowariancji H_t :

$$H_t = D_t R_t D_t, \tag{3}$$

gdzie D_t jest macierzą diagonalną wymiaru $n \times n$ której elementami są $\sqrt{h_{11,t}}, \dots, \sqrt{h_{nn,t}}$ (zmienne w czasie odchylenia standardowe z jednowymiarowych modeli GARCH). R_t jest zmienną w czasie macierzą korelacji wymiaru $n \times n$, symetryczną i dodatnio określoną (na głównej przekątnej znajdują się jedynki).

Struktura dynamicznej korelacji warunkowej w modelu DCC ma postać:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)\bar{Q} + \alpha u_{t-1} u'_{t-1} + \beta Q_{t-1}, \tag{4}$$

$$R_t = (\text{diag}(Q_t))^{-1/2} Q_t (\text{diag}(Q_t))^{-1/2},$$

gdzie \bar{Q} jest bezwarunkową macierzą kowariancji zmiennej $u_t = (u_{1t}, \dots, u_{nt})'$, gdzie $u_{it} = \frac{y_{it}}{\sqrt{h_{ii,t}}}$. Ponadto zakłada się, że parametry α i β są nieujemne oraz $\alpha + \beta < 1$.

Ponieważ w przypadku finansowych szeregów czasowych charakteryzujących się grubymi ogonami założenie o normalności rozkładu innowacji nie jest realistyczne, Pelagatti i Rondena (2006) proponują, by rozszerzyć dopuszczalne rozkłady do klasy rozkładów eliptycznych.

Aielli (2013) pokazał, że estymator macierzy \bar{Q} w postaci empirycznej macierzy korelacji u_t , występującej w równaniu definiującym model DCC, nie jest zgodny:

$$E(u_t u_t') = E(E(u_t u_t' | \mathcal{F}_{t-1})) = E(R_t) \neq E(Q_t) \quad (5)$$

Z tego powodu zaproponował w swojej pracy skorygowany model dynamicznych korelacji warunkowych cDCC (ang. *corrected Dynamic Conditional Correlation*). Niech $P_t = \text{diag}(\sqrt{q_{11,t}}, \sqrt{q_{22,t}}, \dots, \sqrt{q_{nn,t}})$, a $u_t^* = P_t u_t$. W modelu cDCC została wprowadzona następująca korekta:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha u_{t-1}^* u_{t-1}^{*'} + \beta Q_{t-1}, \quad (6)$$

gdzie \bar{Q} jest bezwarunkową macierzą kowariancji zmiennej u_t^* .

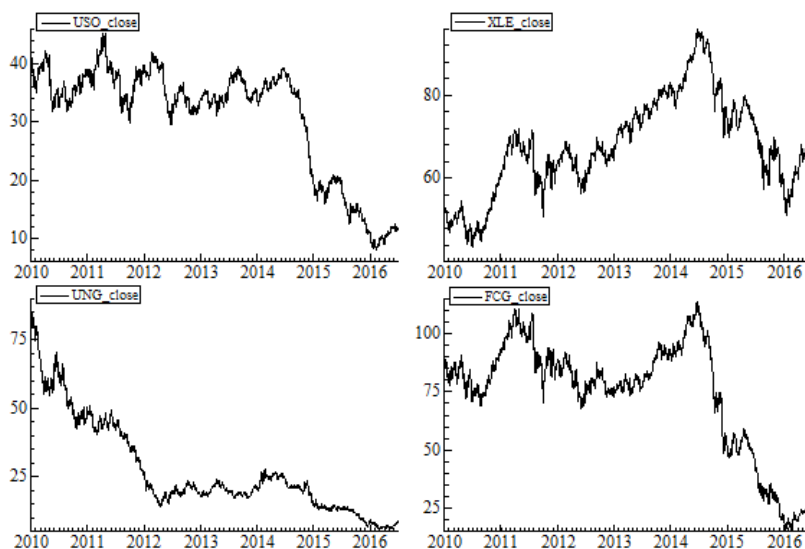
3. Badanie empiryczne

W badaniu wzięto pod uwagę notowania giełdowe z okresu od 4 stycznia 2010 do 30 czerwca 2016 roku, które zostały wykorzystane do wyznaczenia szeregów dziennych procentowych zwrotów logarytmicznych. Przeanalizowano cztery fundusze ETF związane z rynkiem surowców energetycznych, które charakteryzują się dużą płynnością: USO, XLE, UNG oraz FCG. Ponadto porównano uzyskane wyniki z rezultatami badania przeprowadzonego dla odpowiadających wybranym funduszom benchmarków, tj. dla kontraktu na ropę naftową CL, indeksu IXE, kontraktu na gaz ziemny NG oraz dla indeksu FUM.

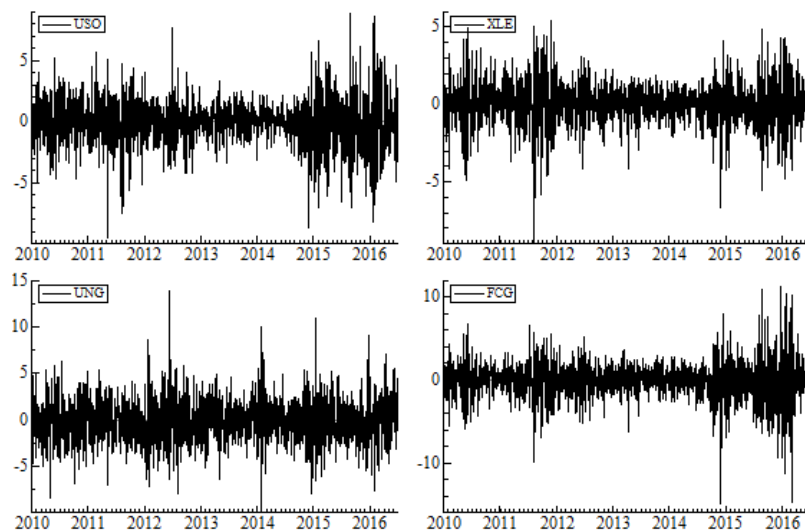
Przeprowadzone badanie empiryczne składa się z dwóch części. W pierwszej z nich dokonano oceny własności analizowanych szeregów w zakresie zależności liniowych i nieliniowych. Następnie dopasowano model cDCC-GARCH. Wszystkie obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem programu OxMetrics 7.0.

Na rysunku 1 przedstawiono notowania badanych funduszy w rozpatrywanym okresie. Można dostrzec, że pomimo różnic w kształtowaniu się notowań, począwszy od połowy 2014 roku, ceny wszystkich czterech funduszy podlegały spadkom.

Zmiany wartości badanych funduszy przedstawiono na rysunku 2. Widać, że okresy podwyższonej zmienności są wspólne dla trzech funduszy: USO, XLE oraz FCG. Fundusz UNG, replikujący notowania kontraktu na gaz ziemny, charakteryzuje się inną dynamiką niż pozostałe badane instrumenty finansowe. W każdym przypadku występują zgrupowania zmienności rozumiane jako sytuacja, gdy okresy podwyższonej zmienności występują po okresach niższej zmienności, co jest zgodne z najczęściej przywoływanymi w literaturze cechami finansowych szeregów czasowych (Cont, 2001).

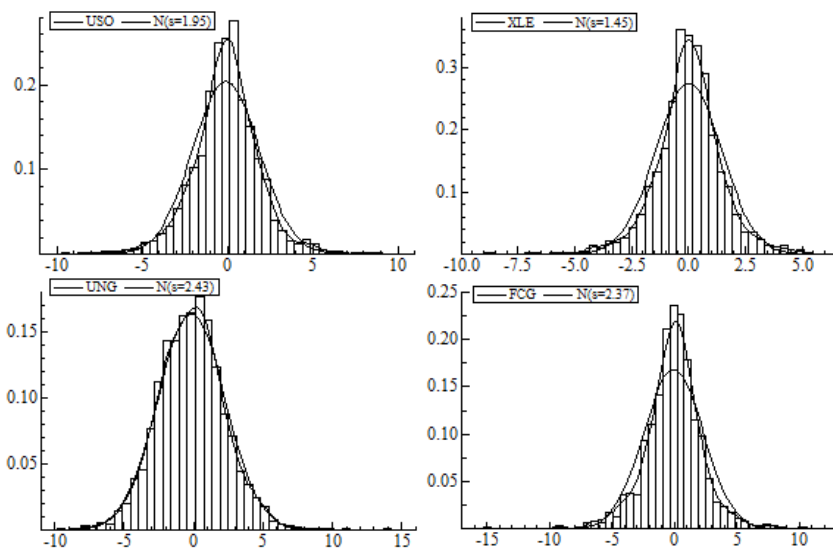


Rysunek 1. Notowania funduszy USO, UNG, XLE i FCG w okresie od 4.01.2010 do 30.06.2016
 Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 2. Procentowe zwroty logarytmiczne z funduszy USO, UNG, XLE i FCG
 Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 3 przedstawiono histogramy szeregów zwrotów z funduszy USO, XLE, UNG oraz FCG. Dopasowane estymatory jądrowe funkcji gęstości porównano z wykresami gęstości rozkładu normalnego. Największe odstępstwa od rozkładu Gaussa zaobserwowano w przypadku funduszy USO, XLE oraz FCG, które charakteryzują się grubymi ogonami.



Rysunek 3. Histogramy i dopasowane funkcje gęstości szeregów zwrotów z badanych funduszy

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1

P-wartości z testu Boxa-Pierce'a dla zwrotów i kwadratów zwrotów z badanych funduszy

	USO	XLE	UNG	FCG
H0: Brak autokorelacji w szeregu zwrotów				
lag = 5	0,4234	0,0020	0,7560	0,2628
lag = 10	0,8307	0,0045	0,7955	0,2130
H0: Brak autokorelacji w szeregu kwadratów zwrotów				
lag = 5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
lag = 10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

P-wartości z testu Boxa-Pierce'a dla zwrotów i kwadratów zwrotów z indeksów i kontraktów futures replikowanych przez badane fundusze

	CL	IXE	NG	FUM
H0: Brak autokorelacji w szeregu zwrotów				
lag = 5	0,1928	0,0010	0,0669	0,1084
lag = 10	0,3694	0,0019	0,0027	0,0825
H0: Brak autokorelacji w szeregu kwadratów zwrotów				
lag = 5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
lag = 10	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Źródło: opracowanie własne.

W tabelach 1 i 2 zamieszczono wyniki testów Boxa-Pierce'a dla zwrotów i ich kwadratów dla wszystkich badanych funduszy oraz dla odpowiadających im kontraktów i indeksów. Na podstawie uzyskanych p-wartości można stwierdzić, że w większości przypadków w badanych szeregach nie występuje autokorelacja. W każdym przypadku pojawia się efekt ARCH. Należy zauważyć, że choć wyniki uzyskane dla zwrotów z funduszu oraz zwrotów z replikowanych indeksów są zbliżone, występują pewne różnice. Największe odstępstwa występują w przypadku pary UNG – NG. Rozpatrywane w badaniu fundusze ETF należą do portfeli zarządzanych w sposób pasywny, a ich podstawowym celem jest jak najwierniejsze odwzorowanie stóp zwrotu benchmarku. Sytuacja, w której zwroty z funduszu i replikowany indeks różnią się na tyle, że wpływa to na odmienne własności w zakresie zależności liniowych bądź nieliniowych, nie jest zatem pożądana. Występujące rozbieżności mogą mieć również wpływ na ewentualne różnice w ocenie siły zależności pomiędzy rozpatrywanymi funduszami oraz siły zależności pomiędzy replikowanymi indeksami.

Do czterech badanych szeregów zwrotów z funduszy USO, XLE, UNG oraz FCG dopasowano model cDCC-GARCH(1,1) z rozkładem *t*-Studenta. Wyniki estymacji zamieszczono w tabeli 3, natomiast na rysunku 4 przedstawiono zmieniające się w czasie korelacje warunkowe dla wszystkich par rozpatrywanych w badaniu.

Na podstawie wyników estymacji można zweryfikować, czy instrumenty, które z założenia są związane z sektorem surowców energetycznych, są powiązane silnymi zależnościami. Wśród zbadanych instrumentów najsilniej skorelowane są notowania funduszy XLE i FCG, które replikują indeksy akcji spółek z sektora ropy i gazu. Wysokie wartości korelacji warunkowej utrzymywały się przez cały, stosunkowo długi, okres badania. Można stwierdzić, że charakter tej relacji jest trwały¹. Ponadto można zauważyć istnienie silnego powiązania tych funduszy z funduszem USO replikującym kurs terminowy ropy naftowej WTI. Stosunkowo niewielką zależność zaobserwowano pomiędzy zwrotami z funduszu akcji spółek zaangażowanych

¹ Nie oznacza to, że korelacja jest stała w czasie. Wyniki przeprowadzonych testów stałości korelacji (Tse, 2000; Engle, Sheppard, 2001) jednoznacznie wskazywały na odrzucenie hipotezy zerowej o stałości korelacji pomiędzy zwrotami z badanych funduszy.

zowanych w produkcję rozpatrywanych surowców energetycznych a zwrotami z funduszu UNG odwzorowującego cenę terminową gazu.

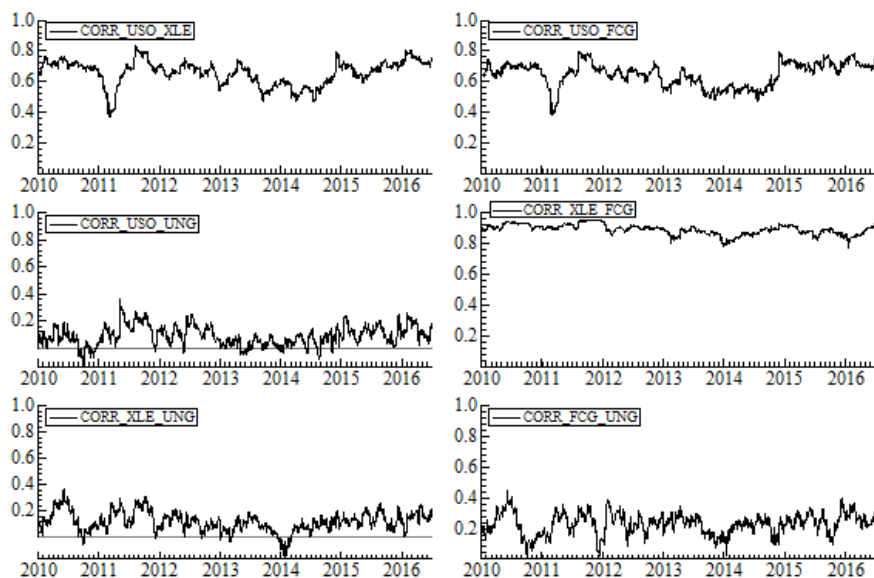
Zależności, które zostały wykryte pomiędzy rozpatrywanym funduszami ETF, wynikają oczywiście z powiązań pomiędzy oryginalnymi indeksami i kontraktami. W tabeli 4 zamieszczono wyniki estymacji modelu cDCC-GARCH dopasowanego do szeregów zwrotów z kontraktów terminowych na ropę CL, gaz NG oraz indeksów IXE i FUM spółek związanych z sektorem ropy i gazu. Wyniki uzyskane w tym wypadku generalnie potwierdzają wcześniejsze wnioski. Można stwierdzić, że oszacowania parametrów modelu oraz korelacji są zbliżone, choć nie identyczne.

Tabela 3

Dopasowanie modelu cDCC-GARCH(1,1) z rozkładem *t*-Studenta dla szeregów zwrotów z funduszy USO, XLE, UNG oraz FCG

Modele jednowymiarowe				
Parametr	USO	XLE	UNG	FCG
ω	0,0378 (0,0166)	0,0395 (0,0099)	0,1241 (0,0417)	0,0803 (0,0198)
α	0,0666*** (0,0131)	0,0666*** (0,0090)	0,0576*** (0,0098)	0,0708*** (0,0094)
β	0,9236*** (0,0158)	0,9128*** (0,0124)	0,9250*** (0,0117)	0,9071*** (0,0123)
Korelacje				
	XLE	UNG	FCG	
USO	0,6517*** (0,0316)	0,0565 (0,0532)	0,6393*** (0,0328)	
XLE		0,0961* (0,0515)	0,9004*** (0,0108)	
UNG			0,1994*** (0,0525)	
α		0,0221*** (0,0043)		
β		0,9614*** (0,0089)		
DF		13,2618 (1,8294)		

Uwaga: liczbę stopni swobody oznaczono jako DF. Błędy standardowe podano w nawiasach. Symbolem *, ** i *** oznaczono parametry istotne odpowiednio na poziomie 10%, 5% i 1%.
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 4. Dynamiczne korelacje warunkowe pomiędzy funduszami USO, XLE, FCG i UNG

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4

Dopasowanie modelu cDCC-GARCH(1,1) z rozkładem *t*-Studenta dla szeregów zwrotów z kontraktów terminowych CL, NG i indeksów IXE oraz FUM

Modele jednowymiarowe				
Parametr	CL	IXE	NG	FUM
ω	0,0485 (0,0223)	0,0424 (0,0108)	0,1832 (0,0675)	0,0790 (0,0201)
α	0,0765*** (0,0191)	0,0722*** (0,0101)	0,0619*** (0,0116)	0,0724*** (0,0098)
β	0,9144*** (0,0217)	0,9083*** (0,0132)	0,9175*** (0,0156)	0,9076*** (0,0124)
Korelacje				
	IXE	NG	FUM	
CL	0,6152*** (0,0345)	0,0431 (0,0538)	0,6063*** (0,0353)	
IXE		0,0756 (0,0527)	0,9059*** (0,0106)	
NG			0,1767*** (0,0549)	

α	0,0211*** (0,0053)
β	0,9636*** (0,0117)
DF	11,1849 (1,3678)

Uwaga: liczbę stopni swobody oznaczono jako DF. Błędy standardowe podano w nawiasach. Symbolem *, ** i *** oznaczono parametry istotne odpowiednio na poziomie 10%, 5% i 1%.
Źródło: opracowanie własne.

Uwagi końcowe

W artykule przedstawiono wyniki badania zależności pomiędzy notowaniami funduszy Exchange Traded Fund związanych z rynkiem dwóch surowców energetycznych: ropy i gazu. Sprawdzono, że siła powiązań dla funduszy replikujących indeksy akcji spółek zaangażowanych w produkcję tych dwóch surowców jest bardzo wysoka. Ponadto wykryto silną zależność z cenami terminowymi ropy naftowej.

Na podstawie wyników badania stwierdzono również, że możliwa jest sytuacja, gdy zwroty z funduszy, które z założenia replikują dany indeks, charakteryzują się innymi własnościami statystycznymi niż sam indeks. Siła zależności pomiędzy funduszami ETF była zbliżona (choć nie identyczna) do siły powiązań pomiędzy oryginalnymi indeksami.

Literatura

- Aielli, G. (2013). Dynamic Conditional Correlation: on Properties and Estimation. *Journal of Business and Economic Statistics*, 31, 282–299.
- Bollerslev, T. (1990). Modelling the Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rates. A Multivariate Generalized ARCH Model. *Review of Economics and Statistics*, 72, 498–505.
- Cont, R. (2001). Empirical Properties of Asset Returns: Stylized Facts and Statistical Issues. *Quantitative Finance*, 1, 223–236.
- Engle, R.F. (2002). Dynamic Conditional Correlation. A Simple Class of Multivariate GARCH Models. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20, 339–350.
- Engle, R.F., Sheppard K. (2001). *Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH*. NBER Working Paper 8554.
- Miziołek, T. (2013). *Pasywne zarządzanie portfelem inwestycyjnym – indeksowe fundusze inwestycyjne i fundusze ETF. Ocena efektywności zarządzania na przykładzie akcyjnych funduszy ETF rynków wschodzących*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
- Pelagatti, M., Rondena, S. (2006). *Dynamic Conditional Correlation with Elliptical Distributions*. Università degli Studi di Milano-Bicocca, Dipartimento di Statistica, Working Paper.
- Tse, Y. (2000). A Test for Constant Conditional Correlations in a Multivariate GARCH Model. *Journal of Econometrics*, 98, 107–127.

AN ANALYSIS OF THE DEPENDENCIES BETWEEN THE ENERGY COMMODITY EXCHANGE TRADED FUNDS

Abstract: *Purpose* – The goal of the paper is to examine the dependencies between the financial instruments related to crude oil and natural gas markets. In this study, we also verify whether the listings of examined ETFs have the same dynamics and properties as original benchmarks and whether the detected linkages are constant over time.

Methodology – We apply multivariate corrected Dynamic Conditional Correlation (cDCC) model by Aielli (2013), which is a modified version of Engle's (2002) DCC-GARCH model.

Findings – Among the examined assets the most correlated are funds that replicate indices of companies that primarily develop and produce crude oil and natural gas. Additionally, there are strong linkages between them and the fund that track the crude oil West Texas Intermediate futures price.

Value – We analyse the dependencies on the oil and gas market using the most liquid exchange traded funds. The added value of this article is that it compares the properties and linkages of ETFs and related indices.

Keywords: Exchange Traded Fund, crude oil, natural gas, DCC-GARCH model

Cytowanie

Łęt, B. (2017). Badanie zależności pomiędzy funduszami ETF na rynku surowców energetycznych. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 2 (86), 313–323. DOI: 10.18276/frfu.2017.86-26.

