

POWIĄZANIA PRZYCZYNOWE MIĘDZY CENAMI PSZENICY W POLSCE I NIEMCZECH – ANALIZA W DZIEDZINIE CZĘSTOTLIWOŚCI

Mariusz Hamulczuk

Katedra Ekonomiki Rolnictwa i Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
e-mail: mariusz_hamulczuk@sggw.pl

Streszczenie: Analiza przyczynowości w sensie Grangera w dziedzinie czasu nie pozwala na udzielenie odpowiedzi na pytanie, czy przyczynowość jest wynikiem transmisji sygnałów o niskich czy o wysokich częstotliwościach. W niniejszym opracowaniu wykorzystano test Breitunga-Candelona do oceny przyczynowości w sensie Grangera w dziedzinie częstotliwości tygodniowych cen pszenicy paszowej w Polsce i Niemczech w latach 2005-2013. Przeprowadzone badania potwierdziły występowanie przyczynowości między cenami wskazując jednocześnie, że transmisja sygnałów cenowych z rynku niemieckiego do polskiego dotyczy głównie cykli o niskich częstotliwościach.

Słowa kluczowe: przyczynowość, transmisja pozioma cen, analiza spektralna, ceny pszenicy

WPROWADZENIE

W warunkach nasilających się procesów globalizacji oraz liberalizacji polityk handlowych mamy do czynienia ze wzrostem powiązań między rynkami surowcowymi w różnych krajach. Wpływ uwarunkowań wewnętrznych staje się coraz słabszy a wzrasta wpływ czynników globalnych. Tym samym większość wyników badań wskazuje, że transmisja pozioma sygnałów cenowych oraz związana z nią przyczynowość, przebiega od rynków światowych do rynków lokalnych [Prakash 2011, Listorti, Esposti 2012].

Podstawę teoretyczną dla procesów transmisji cenowej stanowi prawo jednej ceny, mówiące że na rynkach w różnych lokalizacjach dwa homogeniczne produkty mają taką samą cenę pomniejszoną o koszty transakcyjne. W przypadku,

gdy różnice między cenami przekraczają poziom kosztów transakcyjnych, przy założeniu braku barier handlowych i administracyjnych, arbitrażyści wykorzystując możliwości zysku doprowadzą do ich zrównania [Miljkovic 1999, Fackler, Goodwin 2001].

Badania z zakresu transmisji cenowej pozwalają na przybliżenie mechanizmu kształtowania cen oraz weryfikację hipotez dotyczących efektywności rynków. Najczęściej testuje się występowanie zależności długookresowych (oraz towarzyszącej im egzogeniczności), kierunek i szybkość przekazywania impulsów cenowych czy też występowanie zależności (dostosowań) nieliniowych. Literatura z tego zakresu jest bardzo szeroka: Barrett [2001], Goodwin i Piggott [2001] czy Meyer i von Cramon-Taubadel [2004].

Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że istnieje związek przyczynowo-skutkowy między cenami pszenicy w Polsce i w Niemczech [Rembeza 2010, Hamulczuk, Łopaciuk 2013]. Wyniki tych analiz wskazują, że między cenami występuje zarówno zależność długookresowa, jak i związki krótkookresowe. Ceny niemieckie są przyczyną w sensie Grangera dla cen polskich. Badania Hamulczuka [2015] potwierdziły również asymetryczne dostosowania cen do ścieżki równowagi długookresowej na rynku pszenicy paszowej opisywane za pomocą modeli TAR, gdzie źródłem dostosowań mogą być koszty transakcyjne i związany z tym nieliniowy charakter arbitrażu. Równocześnie nie potwierdzono występowania asymetrycznych dostosowań zgodnie z modelem M-TAR.

Powyższe badania nie odpowiadają jednak na pytanie, jakie częstotliwości, a tym samym jakie rodzaje wahań, determinują proces transmisji. W związku z powyższym, celem niniejszego opracowania jest analiza przyczynowości między cenami pszenicy paszowej w Polsce i w Niemczech w dziedzinie częstotliwości (frequency domain). W tym celu wykorzystano test Breitunga-Candelona [Breitung, Candelon 2006] stanowiący rozwinięcie teoretycznych koncepcji Geweke [1982] i Hosoya [1991]. Badania empiryczne oparto na tygodniowych notowaniach cen pszenicy paszowej wg Komisji Europejskiej z lat 2005-2013.

PRZYCZYNOWOŚĆ W DZIEDZINIE CZĘSTOTLIWOŚCI – TEST BREITUNGA-CANDELONA

W opracowaniu badano przyczynowość w sensie Grangera w dziedzinie częstotliwości między cenami w Polsce i w Niemczech. Punktem wyjścia dla rozważań jest klasyczny dwurównaniowy model VAR (Vector Autoregressive) dla zmiennych X_t oraz Y_t (dla uproszczenia zaprezentowano wersję bez zmiennych deterministycznych) [Granger 1969, Tsay 2010]:

$$X_t = \Phi_{1,1}X_{t-1} + \dots + \Phi_{1,p}X_{t-p} + \Phi_{1,2}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{1,2,p}Y_{t-p} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$Y_t = \Phi_{2,1}X_{t-1} + \dots + \Phi_{2,p}X_{t-p} + \Phi_{2,2}Y_{t-1} + \dots + \Phi_{2,2,p}Y_{t-p} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

gdzie: Φ to parametry modelu, ε_t to składnik losowy, p to maksymalne opóźnienie w modelu VAR ($i=1,2,\dots,p$). Rząd opóźnienia (p), powinien być tak dobrany, aby odzwierciedlał naturalne zależności oraz pozwolił na wyeliminowanie autokorelacji w resztach oszacowanego modelu. Wykorzystując operator opóźnienia ($\Theta(L) = I - \Theta_1 L - \dots - \Theta_p L^p$) wzory 1 i 2 można zapisać następująco:

$$\Theta(L) \begin{pmatrix} X_t \\ Y_t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_t \\ Y_t \end{pmatrix} = \varepsilon_t. \quad (3)$$

Zmienna Y_t nie jest przyczyną w sensie Grangera dla zmiennej X_t , jeżeli $\Phi_{12}(L) = 0$. Hipotezę zerową można zweryfikować przy np. pomocy testu F badając statystyczną istotność współczynników $\Phi_{12,i}$ dla $i=1,\dots,p$ [Osińska 2008].

Tak sformułowany test nie pozwala jednak wskazać, czy zależności przyczynowe występują we wszystkich pasmach częstotliwości czy też niektórych. Aby określić, które wahania zmiennej Y_t , a dokładniej, o jakich częstotliwościach, pozwalają na prognozowanie zmiennej X_t wykorzystać można analizę częstotliwościową. Podejmowano próby konstrukcji różnych rozwiązań teoretycznych jak i numerycznych w celu rozwiązania tego problemu. Szerzej o tym piszą m.in. Granger [1969], Pierce [1979], Geweke [1982], Hosoya [1991, 2000], Breitung, Candelon [2006]. W niniejszym opracowaniu wykorzystano test Breitunga-Candelona [Breitung, Candelon 2006], który nawiązuje do literatury wskazanej wyżej.

Istota testu polega na testowaniu współczynników $\Phi_{12}(L) = 0$, ale dla różnych częstotliwości i przy nałożeniu dodatkowych restrykcji. Aby przedstawić ideę testu, oraz powiązania między modelem VAR i analizą spektralną, równanie 3 zapiszemy w postaci reprezentacji średniej ruchomej [Breitung, Candelon 2006]:

$$\Psi(L)\eta_t = \begin{pmatrix} \Psi_{11}(L) & \Psi_{12}(L) \\ \Psi_{21}(L) & \Psi_{22}(L) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{pmatrix} = \varepsilon_t, \quad (4)$$

gdzie $\Psi(L) = [\Theta(L)G]^{-1}$, w którym G jest macierzą trójkątną dolną dekompozycji Choleskiego $G'G = \Sigma^{-1}$ tak, że $G\varepsilon_t = \eta_t$ oraz $E(\eta_t\eta_t') = I$.

Uzyskanie gęstości spektralnej zmiennej X_t możliwe jest dzięki transformacji Fouriera:

$$f_x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \left\{ |\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2 + |\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 \right\}, \quad (5)$$

gdzie drugi element równania $|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2$ powiązany jest ze zmienną egzogeniczną i jest wykorzystywany do konstrukcji testu przyczynowości w sensie Grangera sugerowanej przez Geweke [1982] i Hosoya [1991]:

$$M_{Y \rightarrow X}(\omega) = \log \left[\frac{2\pi f_x(\omega)}{|\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right] = \log \left[1 + \frac{|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2}{|\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right]. \quad (6)$$

Wyrażenie dane wzorem 6 równa się zero jeśli licznik, który jest bezpośrednio związany ze zmienną Y , wynosi zero: $|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 = 0$. W procedurze numerycznej wykorzystuje się fakt, że:

$$\Psi_{12}(L) = -\frac{g^{22}\Theta_{12}(L)}{|\Theta(L)|}, \quad (7)$$

gdzie g^{22} jest dolnym diagonalnym elementem macierzy G^{-1} zaś $|\Theta(L)|$ jest wyznacznikiem $\Theta(L)$. Wracając do przyczynowości w sensie Grangera, możemy napisać, że Y nie wpływa na X w częstotliwości ω jeśli:

$$|\Theta_{12}(e^{-i\omega})| = \left| \sum_{i=1}^p \theta_{12,k} \cos(k\omega) - \sum_{i=1}^p \theta_{12,k} \sin(k\omega) i \right| = 0. \quad (8)$$

Koniecznym i wystarczającym warunkiem $|\Theta_{12}(e^{-i\omega})| = 0$ jest, aby obydwa komponenty równania 8 były równe zero. W nawiązaniu do modelu VAR (3) hipotezę zerową, przyjmującą formę liniowych restrykcji, można zapisać [Breitung, Candelon 2006]:

$$H_0 : R(\omega)\Theta_{12}(L) = 0, \quad (9)$$

gdzie:

$$R(\omega) = \begin{pmatrix} \cos(\omega) & \cos(2\omega) & \dots & \cos(p\omega) \\ \cos(\omega) & \cos(2\omega) & \dots & \cos(p\omega) \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Dla poszczególnych częstotliwości $\omega \in (0, \pi)$ hipotezę zerową (9) można testować wykorzystując statystykę F , która może być aproksymowana rozkładem $F(2, T-2p)$.

Idea ta stanowi uzupełnienie koncepcji zależności długookresowej (kointegracyjnej) i związanej z nią egzogeniczności oraz krótkookresowej przyczynowości w sensie Grangera analizowanych w dziedzinie czasu. Test Breitunga-Candelona pozwala na intuicyjną interpretację współbieżności krótko- i długookresowych wahań ponieważ statystyka testowa jest obliczana dla cykli o różnej długości. Nawiązuje to też do koncepcji przyczynowości prezentowanej przez Zielińskiego [1991], który dla każdej składowej harmonicznej skutku znajduje analogiczne składowe w strukturze harmonicznej przyczyn. W tym znaczeniu test Breitunga-Candelona pozwala na określenie, czy przyczynowość w sensie Grangera wynika z przenoszenia sygnałów o niskiej (poza zerową), czy wysokiej częstotliwości. Pisząc inaczej, test Breitunga-Candelona pozwala odpowiedzieć na pytanie, czy dodatkowa zmienna pozwala na wzrost dokładności prognoz komponentu o danej częstotliwości interesującej zmiennej. Warto

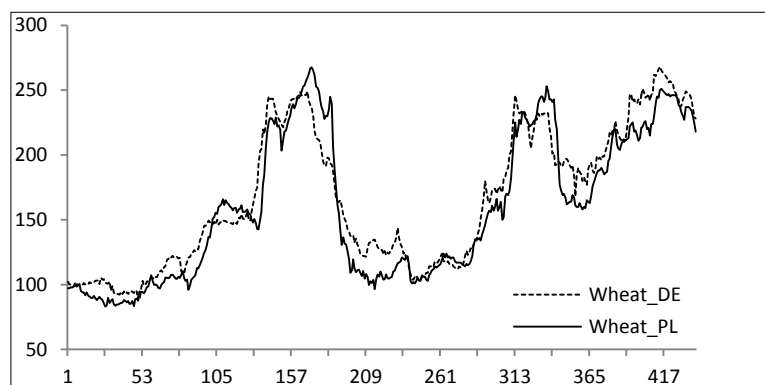
podkreślić, że przenoszenie sygnałów nie dotyczy nieskończonego okresu czasu (nawet dla niskich częstotliwości), lecz jest oparte na idei prognozowania z jednookresowym wyprzedzeniem.

WYNIKI BADAŃ

Dane empiryczne, ich właściwości, wyniki dotychczasowych badań

W analizie empirycznej wykorzystano tygodniowe notowania cen skupu pszenicy paszowej w Polsce i w Niemczech od stycznia 2005 roku do maja 2013 (Rysunek 1). Źródłem danych jest Komisja Europejska, zaś ceny wyrażono w euro za tonę. Zakres czasowy obejmuje okres po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej i jest taki sam, jak w badaniach do których nawiązujemy. Jak wynika z dotychczasowych badań, analizowane szeregi czasowe cen pszenicy charakteryzują się niewielką sezonowością oraz mamy do czynienia z zależnością długookresową między nimi. Ceny w Niemczech są słabo egzogeniczne względem cen polskich oraz są przyczyną w sensie Grangera dla cen w Polsce. Przeprowadzone dotychczas badania wskazują również na wzrost współzależności w czasie [Hamulczuk, Łopaciuk 2013]. Głębsze analizy dowiodły, że dostosowania cenowe do relacji długookresowej charakteryzują się asymetrią. Dostosowania do równowagi są szybsze, gdy ceny polskie są niższe od cen niemieckich zaś wolniejsze w okresach, gdy ceny polskie są wyższe od niemieckich [Hamulczuk 2015].

Rysunek 1. Tygodniowe notowania cen pszenicy paszowej w Polsce i Niemczech (euro/t) od stycznia 2005 do maja 2013

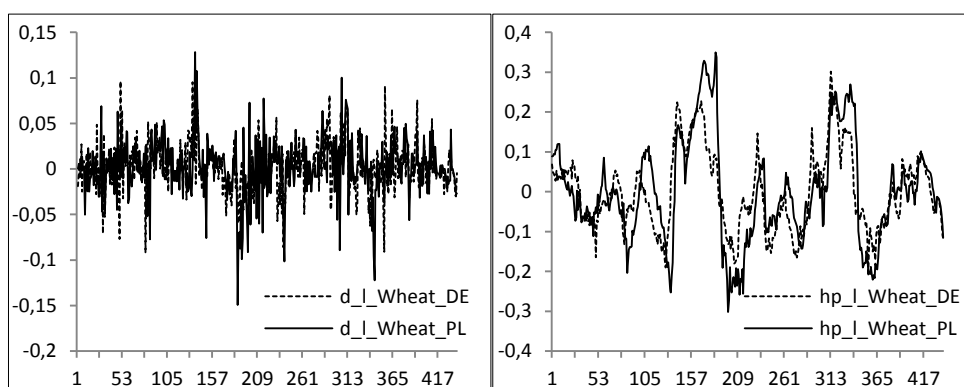


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Komisji Europejskiej

Jak wynika z dotychczasowych badań, obydwa szeregi czasowe są niestacjonarne [Hamulczuk, Łopaciuk 2013]. Tym samym ich spektra charakteryzują się przewagą bardzo niskich częstotliwości (trend) co utrudnia analizę częstotliwościową. Z tego powodu badania empiryczne w niniejszym

opracowaniu oparto na szeregach zlogarytmowanych oraz pozbawionych trendu. Należy podkreślić, że detrendyzacja (filtracja) może zniekształcać wyniki analiz przeprowadzanych w dziedzinie częstotliwości, w tym zawiązki przyczynowe. Eliminację trendu przeprowadzono w dwóch wariantach: stosując różnicowanie z krokiem pierwszym (d) oraz wykorzystując filtr Hodricka-Prescota (hp) [Hodrick, Prescott 1997]. Szeregi przekształcone charakteryzują się brakiem pierwiastka jednostkowego $I(0)$. Z uwagi, że między szeregami cen mamy do czynienia z zależnością długookresową lepszym sposobem detrendyzacji wydaje się być filtracja z wykorzystaniem filtra hp eliminującego niskie częstotliwości. Na Rysunku 2 zaprezentowano efekt obydwu transformacji zmiennych¹.

Rysunek 2. Transformacje szeregów czasowych cen pszenicy



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Komisji Europejskiej

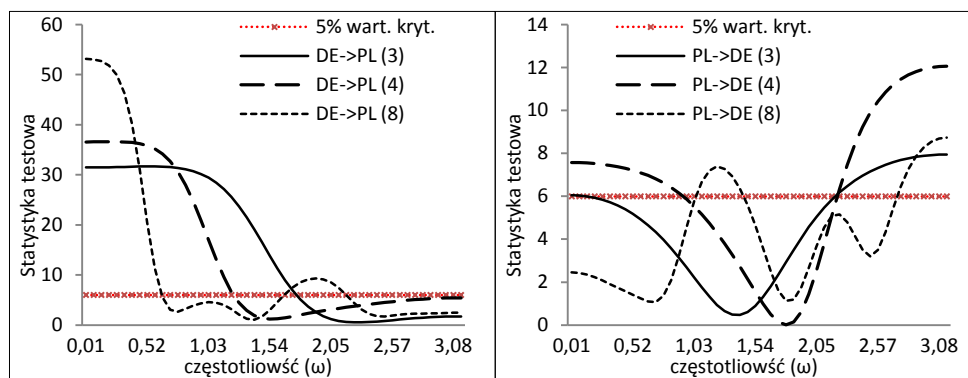
Analiza przyczynowości z wykorzystaniem testu Breitunga-Candelona

Praktyczne zastosowanie testu Breitunga-Candelona wymaga ustalenia wielkości opóźnień modelu VAR. W tym celu można wykorzystać kryteria informacyjne modeli VAR szacowanych w dziedzinie czasu (wzory 1-3). W naszym przypadku optymalne opóźnienia (wg poszczególnych kryteriów informacyjnych) modelu VAR szacowanego na danych detrendyzowanych filtrem hp są następujące: AIC – 4, BIC – 1, HQC – 2. Z kolei optymalne opóźnienia dla modeli VAR estymowanych na pierwszych różnicach wynoszą: AIC – 8, BIC – 2, HQC – 3. Jak wskazują Breitung i Candelon [2006] minimalna liczba opóźnień umożliwiająca uchwycenie składnika cyklicznego wynosi 3. Stąd w naszym przypadku analizę przeprowadzono dla 3, 4 oraz 8 opóźnień w każdym przypadku.

¹ Alternatywnym rozwiązaniem byłoby oparcie procedury testowej na poziomach zmiennych zgodnie z koncepcją Toda, Yamamoto [1995].

Testując przyczynowość w dziedzinie częstotliwości wykorzystano pakiet „BreitungCandelonTest” ver. 1.5.1 autorstwa S. Schreiberera oraz program GRET. Wyniki badań zawarto w postaci graficznej na Rysunkach 3 i 4. Przedstawiono tam wielkości obliczonych statystyk testowych (wskazując w legendzie kierunek przyczynowości i liczbę opóźnień) dla poszczególnych częstotliwości. Równocześnie na rysunkach zawarto wartość krytyczną dla $\alpha=0,05$. Niezależnie od sposobu przekształcenia zmiennych widoczna jest zdecydowana przewaga odrzuceń H_0 zakładającej brak przyczynowości w sensie Grangera od cen niemieckich do cen polskich (DE→PL). Stanowi to potwierdzenie badań Rembezy [2010] czy Hamulczuka i Łopaciuka [2013] przeprowadzonych w dziedzinie czasu. Warto zauważyć, że przenoszenie sygnałów cenowych z rynku niemieckiego na rynek polski najsilniejsze jest w paśmie niskich częstotliwości². Zależność przyczynowa w tym kierunku dotyczy wahań periodycznych o długości powyżej 3 miesięcy, w których znajdują odzwierciedlenie cykle towarowe oraz wahania sezonowe. Wyniki badań pośrednio potwierdzają również występowanie długookresowej (kointegracyjnej) zależności między cenami. Jej przejawem w niniejszym teście jest statystyczna istotność statystyki testowej dla częstotliwości bliskiej zero. Wraz ze wzrostem częstotliwości hipoteza zerowa coraz częściej nie jest odrzucana (Rysunek 3, 4).

Rysunek 3. Wyniki testowanie przyczynowości w sensie Grangera na danych zróżnicowanych z krokiem pierwszym



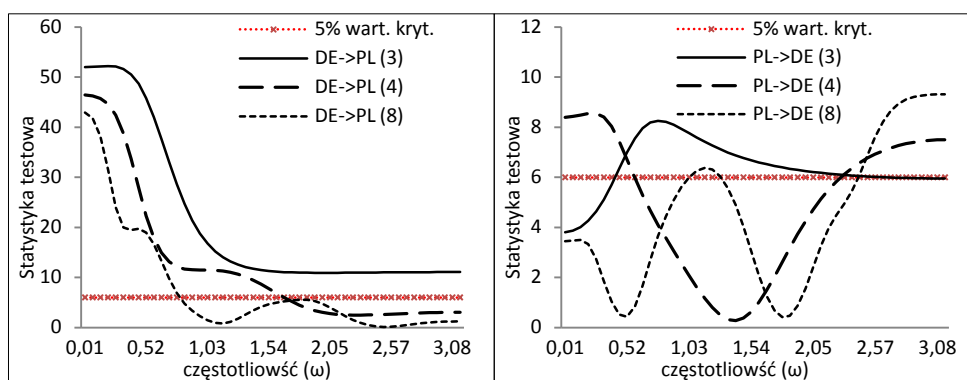
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z Rysunku 2

Testowanie hipotezy zerowej o nieistotnym wpływie cen polskich na ceny niemieckie (PL→DE) daje dość niejednoznaczne wyniki (Rysunki 3 i 4). Duży wpływ na wyniki badań ma wybór liczby opóźnień. Podobnie rzecz się ma w przypadku testowania odwrotnego kierunku przepływu informacji, ale tam wyniki są bardziej jednoznaczne a zależności silniejsze. W przypadku

² Częstotliwość (ω) wynosząca 0,52 odpowiada cyklowi wynoszącemu 12 tygodni, $\omega=1,03$ cyklowi 6 tygodniowemu, $\omega=1,54$ cyklowi 4 tygodniowemu, itp.

zdecydowanej większości częstotliwości (i cykli) hipoteza zerowa mówiąca o braku wpływu zmian cen w Polsce na zmiany cen w Niemczech nie została odrzucona. Hipoteza zerowa była jedynie odrzucana w paśmie wysokich częstotliwości ($\omega > 2,5$), które odpowiadają cyklom poniżej 2-2,5 tygodnia. Wydaje się, że wahania te można łączyć np. z dynamiką arbitrażu oraz oczekiwaniami uczestników rynku.

Rysunek 4. Wyniki testowania przyczynowości w sensie Grangera na danych zdetrendzowanych filtrem hp



Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z Rysunku 2

Warto podkreślić duży wpływ stosowanych transformacji zmiennych oraz specyfikacji modelu na otrzymywane wyniki badań. Stosowane kryteria informacyjne oraz przyjęta liczba opóźnień w znaczącym stopniu wpływają na formułowane wnioski. Dla niskich częstotliwości większa zgodność wyników (przy różnych opóźnieniach) ma miejsce w przypadku stosowania filtra hp zaś dla wysokich częstotliwości mniejsze różnice między wynikami są wówczas, gdy stosujemy różnicowanie zmiennych. Można również zauważyć również, że wraz ze wzrostem liczby opóźnień hipoteza zerowa jest odrzucana rzadziej.

PODSUMOWANIE

Badania w dziedzinie czasu warto uzupełnić badaniami w dziedzinie częstotliwości, dzięki czemu można głębiej poznać naturę i mechanizm leżący u podstaw transmisji cen. Test Breitunga-Candelona przyczynowości w sensie Grangera jest jednym z narzędzi umożliwiających określenie kierunku przyczynowości w zależności od pasma częstotliwości zmiennych. Przeprowadzone badania wykazały jednak, że wyniki tego testu są dość wrażliwe na liczbę opóźnień oraz sposoby filtracji zmiennych.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że dominujący kierunek przyczynowości na rynku pszenicy paszowej ma miejsce od cen niemieckich do cen polskich. Przy czym, ceny niemieckie pozwalają lepiej prognozować jedynie

zmiany cen polskich o niskich częstotliwościach, tzn. cykle dłuższe niż 3 miesiące. Przepływ impulsów cenowych z rynku polskiego na rynek niemiecki jest słaby i istotny jedynie w paśmie wysokich częstotliwości, którym odpowiadają cykle poniżej 2,5 tygodnia.

Niniejsze badania można rozszerzyć w kilku kierunkach. Po pierwsze, w układzie równań można uwzględnić dodatkowe zmienne kontrolne potencjalnie mogące wpływać na zachowania obydwu analizowanych zmiennych cenowych. Po drugie, badania można powiązać z koncepcją kointegracji poprzez włączenie w układ równań zależności długookresowej. Po trzecie, dla porównania można zastosować inne metody służące do testowania przyczynowości między cenami dla poszczególnych pasm częstotliwości.

BIBLIOGRAFIA

- Barrett C. B. (2001) Measuring Integration and Efficiency in International Agricultural Markets, *Review of Agricultural Economics* 23(1), pp. 19–32.
- Breitung J., Candelon B. (2006) Testing for short and long-run causality: a frequency domain approach, *Journal of Econometrics* 132, pp. 363–378.
- Fackler P. L., Goodwin B. K. (2001) *Spatial Price Analysis*, [w:] B. L. Gardner, G. C., Rausser (red.), *Handbook of Agricultural Economics*, Elsevier, pp. 972–1025.
- Geweke J. (1982) Measurement of linear dependence and feedback between multiple time series, *Journal of the American Statistical Association* 77, pp. 304–324.
- Goodwin B. K., Piggott N.E. (2001) Spatial Market Integration in the Presence of Threshold Effects, *American Journal of Agricultural Economics* 83, pp. 302–317.
- Granger C. W. J. (1969) Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods, *Econometrica*, 37(3), pp. 424–38.
- Hamulczuk M., Łopaciuk W. (2013) Price linkage between milling and feed wheat prices in Poland and Germany, *Scientific Journal Warsaw University of Life Science: Problems of World Agriculture* 13(4), pp. 34–44.
- Hamulczuk M. (2015) Asymetria w transmisji cen pszenicy paszowej między rynkiem polskim i niemieckim, *J. Agribus. Rural Dev.*, 1(35), str. 57–65.
- Hodrick R. J., Prescott E. C. (1997) Postwar US business cycles: an empirical investigation, *Journal of Money, Credit, and Banking*, No. 29(1), pp. 1–16.
- Hosoya Y. (1991) The decomposition and measurement of the interdependence between second-order stationary process, *Probability Theory and Related Fields* 88, pp. 429–444.
- Hosoya Y. (2001) Elimination of third series effect and defining partial measures of causality, *Journal of Time Series Analysis* 22, pp. 537–554.
- Listorti G., Esposti R. (2012) Horizontal Price Transmission in Agricultural Markets: Fundamental Concepts and Open Empirical Issues, *Bio-based and Applied Economics* 1(1), pp. 81–96.
- Meyer J., von Cramon-Taubadel S. (2004) Asymmetric Price Transmission: A Survey, *Journal of Agricultural Economics*, Vol. 55, No. 3, pp. 581–611.
- Miljkovic D. (1999) The Law of One Price in International Trade: A Critical Review, *Review of Agricultural Economics* 21, pp. 126–139.

- Osińska M. (2008) *Ekonometryczna analiza zależności przyczynowych*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2008.
- Pierce D. A. (1979) R-squared measures for time series, *Journal of the American Statistical Association*, 74, pp. 901-910.
- Prakash A. (red.) (2011) *Safeguarding food security in volatile global markets*, FAO.
- Rembeza J. (2010) *Transmisja cen w gospodarce polskiej*, Wydawnictwo Uczelniane PK, Koszalin.
- Toda H. Y., Yamamoto T. (1995) Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes, *Journal of Econometrics* 66, pp. 225–250.
- Tsay R. S. (2010) *Analysis of Financial Time Series*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Zieliński Z. (1991) *Liniowe modele ekonometryczne jako narzędzie opisu i analizy przyczynowych zjawisk ekonomicznych*, Wyd. UMK, Toruń.

CAUSAL LINKS BETWEEN WHEAT PRICES IN POLAND AND GERMANY – A FREQUENCY DOMAIN APPROACH

Abstract: Granger causality analysis in the time domain does not allow answering the question whether causality is the result of the transmission of low or high frequency signals. In this study, the Breitung-Candelon test was applied to assess Granger causality in the frequency domain for weekly prices of feed wheat in Poland and Germany in the years 2005-2013. The study confirms the existence of Granger causality between prices indicating that the transmission of price signals from the German to Polish market refers to low frequency cycles.

Keywords: causality, vertical price transmission, spectral analysis, wheat prices