

Marcin Salamaga

Katedra Statystyki

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

Badanie egzogeniczności zmiennych stosowanych w modelowaniu handlu zagranicznego na przykładzie krajów Grupy Wyszehradzkiej

Streszczenie

Niektóre koncepcje współczesnej ekonometrii odchodzą od arbitralnego podziału zmiennych na endogeniczne i egzogeniczne. Do bardziej popularnych należy testowanie przyczynowości zmiennych w sensie Grangera, przy czym zakłada się *a priori* brak rozróżnienia pomiędzy zmiennymi egzogenicznymi i endogenicznymi. Z kolei ze względu na estymację modelu ekonometrycznego czy procesu predykcji istotne może się okazać testowanie słabej lub silnej egzogeniczności zmiennych. W modelowaniu gospodarki, w tym handlu zagranicznego, mamy często do czynienia ze zmiennymi, między którymi mogą zachodzić sprzężenia zwrotne. Przyczynowość zmiennych w klasycznym rozumieniu nie zawsze jest więc oczywista i powinna podlegać testowaniu, co ułatwi właściwą specyfikację modeli handlu zagranicznego. Celem artykułu jest badanie egzogeniczności wybranych zmiennych makroekonomicznych stosowanych w modelach handlu zagranicznego na przykładzie krajów Grupy Wyszehradzkiej. Wyniki badań mogą być pomocne w ustaleniu struktury faktycznych powiązań między zmiennymi, sposobu estymacji odpowiednich modeli oraz prognozowania wartości zmiennych.

Słowa kluczowe: słaba egzogeniczność, silna egzogeniczność, test przyczynowości w sensie Grangera, handel zagraniczny.

1. Wprowadzenie

Złożoność zjawisk ekonomicznych we współczesnym świecie oraz występowanie sprzężeń zwrotnych pomiędzy wielkościami ekonomicznymi powoduje, że w modelowaniu ekonometrycznym klasyfikacja zmiennych *a priori* jako egzogeniczne i endogeniczne może być problematyczna. Takim „tradycyjnym” klasyfikacjom zarzuca się arbitralność, pomijanie niektórych zmiennych (tzw. krytyka Liu) oraz zależność parametrów w modelach wielorównaniowych od wartości zmiennych egzogenicznych (tzw. krytyka Lucasa) [Maddala 2006, s. 428].

Dylematy pojawiają się również na poziomie rozstrzygnięcia przyczynowości zmiennych. Z taką sytuacją mamy do czynienia np. w obszarze handlu zagranicznego, gdzie przyczynowość zmiennych w klasycznym rozumieniu nie zawsze jest oczywista. Można np. badać, w jakim stopniu eksport jest przyczyną importu lub w jakim stopniu import jest przyczyną eksportu. Naprzeciw tym dylematom wychodzi współczesna ekonometria dostarczająca testu przyczynowości w sensie Grangera, w którym zakłada się *a priori* brak rozróżnienia pomiędzy zmiennymi egzogenicznymi i endogenicznymi. Z kolei z punktu widzenia właściwości modelu ekonometrycznego i charakteru zmiennych w nim występujących istotne jest rozróżnienie słabej egzogeniczności, silnej egzogeniczności i superegzogeniczności zmiennych [Engle, Hendry i Richard 1983]. Słaba egzogeniczność wymagana jest do estymacji modelu, silna egzogeniczność konieczna jest do prognozowania, a superegzogeniczność zapewnia niezmienniczość parametrów modelu względem zmiennych.

W modelowaniu handlu zagranicznego do niedawna zdecydowanie dominowało podejście „tradycyjne” zgodne z wykładnią ekonometrii zaproponowaną w połowie XX w. przez Komisję Cowlesa ds. Badań w Ekonomii. Podstawą tego podejścia jest założenie, że zarówno struktura przyczynowa modelu, jak i podział zmiennych na endogeniczne i egzogeniczne są z góry ustalone i nie wymagają testowania. Takie postrzeganie roli zmiennych jest widoczne zarówno w klasycznych modelach handlu zagranicznego, jak i modelach wpisujących się w tzw. nową teorię handlu zagranicznego, za pomocą której próbuje się wyjaśnić nowe tendencje w międzynarodowej wymianie dóbr i usług (np. handel wewnątrzgałęziowy) [Cieślak 2000].

Tymczasem dynamika współczesnych zjawisk gospodarczych, postępujące procesy globalizacji powodują, że rola niektórych wielkości makroekonomicznych we wzajemnych relacjach przyczynowo-skutkowych nie musi być zawsze ściśle ustalona. W konsekwencji założenie o z góry ustalonej strukturze przyczynowej modelu handlu zagranicznego może się okazać trudne do utrzymania. Wydaje się zatem, że testowanie przyczynowości zmiennych w modelach handlu zagranicznego, badanie ich egzogeniczności jest uprawnione, wręcz konieczne.

Próby spojrzenia na modelowanie handlu zagranicznego z perspektywy nowej ekonometrii w literaturze przedmiotu pojawiają się od kilkunastu lat. Najczęściej bada się przyczynowość w sensie Grangera wielkości makroekonomicznych wykorzystywanych w modelach międzynarodowej wymiany handlowej [Liu, Wang i Wei 2001, Hsiao i Hsiao 2006, Sharma i Kaur 2013, Simionescu 2014]. Rzadziej w takich modelach bada się egzogeniczność zmiennych (zwłaszcza silną egzogeniczność oraz superegzogeniczność) (por. [Strauß 2002, Mehrara i Firouzjaee 2011]).

W niniejszym artykule skupiono się na badaniu słabej i silnej egzogeniczności zmiennych najczęściej wykorzystywanych w modelach handlu zagranicznego. Wyniki tych badań mogą być pomocne w ustaleniu struktury faktycznych powiązań między zmiennymi, sposobu estymacji odpowiednich modeli oraz prognozowania wartości zmiennych. Obliczenia przeprowadzono osobno dla danych z Polski, Czech, Słowacji i Węgier, czyli krajów tworzących Grupę Wyszehradzką. Wybór tych krajów wynikał z ich podobnej struktury gospodarczej, zbliżonego potencjału gospodarczego, porównywalnych uwarunkowań społeczno-ekonomicznych i podobnej historii gospodarczej w okresie co najmniej ostatnich kilkudziesięciu lat. Obliczenia wykonano, wykorzystując program komputerowy Gretl.

Wyniki badań zawarte w tym artykule pozwoliły na sformułowanie wniosków metodologicznych dotyczących struktury modeli, a także na konkluzje w zakresie skuteczności pewnych instrumentów makroekonomicznych w kształtowaniu międzynarodowej wymiany handlowej w poszczególnych krajach.

2. Metoda testowania egzogeniczności zmiennych

Koncepcję egzogeniczności w tradycyjnym ujęciu zgodnym z podejściem Fundacji Cowlesa najczęściej utożsamiano z tzw. zmienną z góry ustaloną (*predeterminedness*) lub z tzw. ścisłą egzogenicznością (*strict exogeneity*). Zmienna ustalona z góry jest niezależna od bieżących i przyszłych wartości składnika losowego równania ekonometrycznego, natomiast w przypadku ścisłej egzogeniczności zmienna w równaniu nie zależy od bieżących, przyszłych jak i przeszłych wartości składnika losowego [Charemza i Deadman 1997]. Brak doprecyzowania względem czego należy rozpatrywać egzogeniczność zmiennych jest jednym z zarzutów stawianych takiemu postrzeganiu egzogeniczności. Inną koncepcję egzogeniczności sformułowali R.F. Engle, D.F. Hendry i J.F. Richard [1983], którzy wyróżnili słabą egzogeniczność, silną egzogeniczność oraz superegzogeniczność. Przedmiotem rozważań w niniejszym artykule jest słaba oraz silna egzogeniczność zmiennych.

Zmienne są słabo egzogeniczne, jeśli są nośnikami całej informacji niezbędnej do zgodnej estymacji parametrów warunkowej względem tych zmiennych. W bardziej formalnym zdefiniowaniu egzogeniczności pomocna będzie funkcja gęstości f , którą można przedstawić w postaci iloczynu warunkowej gęstości prawdopodobieństwa procesu f_1 i brzegowej gęstości prawdopodobieństwa procesu zmiennej f_2 [Osińska, Koško i Stempińska 2007, s. 374]:

$$f(Z_t | Z_{t-i}; \Theta) = f_1(Y_t | Y_{t-i}, X_t; \Theta_1) \cdot f_2(X_t | Z_{t-i}; \Theta_2), \quad (1)$$

gdzie:

Θ – wektor parametrów, przy czym $\Theta = [\Theta_1; \Theta_2]$.

Zmienna Z_t jest słabo egzogeniczna względem funkcji $\Psi = h(\Theta)$, jeżeli:

- Ψ jest funkcją parametrów tylko Θ_1 ($\Psi = h(\Theta_1)$), czyli do oszacowania parametrów wystarczy model powiązany z gęstością warunkową f_1 ,
- nie istnieją żadne warunki mieszane dotyczące jednocześnie parametrów Θ_1 , Θ_2 , czyli są one tzw. niezmiennialne (*variation free*).

Z kolei zmienna Z_t jest silnie egzogeniczna względem zmiennej Y_t dla funkcji parametrów Ψ , jeśli:

- zmienna Z_t jest słabo egzogeniczna dla Ψ ,
- Y_{t-1} nie jest przyczyną w sensie Grangera dla Z_t [Charemza i Deadman 1997, s. 215].

Zatem testowanie silnej egzogeniczności wymaga zastosowania testu słabej egzogeniczności, a w dalszej kolejności testu przyczynowości Grangera. Test przyczynowości Grangera polega tu na zbadaniu czy współczynniki przy opóźnionych wartościach zmiennej Y_t w równaniu zmiennej Z_t są równe zero.

Testowanie słabej egzogeniczności nieco inaczej przebiega w modelu wektorowej autoregresji (*vector autoregression model* – model VAR) i w modelu wektorowej korekty błędem (*vector error correction model* – model VEC). Procedura badania słabej egzogeniczności zmiennych wymaga oszacowania procesu brzegowego dla zmiennej X_t i warunkowego dla zmiennej Y_t reprezentowanych odpowiednio przez równania (2) i (3) [Osińska, Koško i Stempińska 2007, s. 375].

$$X_t = \sum_{i=1}^g c_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^h d_i X_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (2)$$

$$\beta Y_t + \gamma_0 X_t + \sum_{i=1}^p \gamma_i Y_{t-i} = u_t. \quad (3)$$

Testowanie słabej egzogeniczności zmiennej X_t względem zmiennej Y_t polega na oszacowaniu modelu (2) i obliczeniu reszt $\hat{\varepsilon}$. Reszty te są następnie wstawiane jako realizacje nowej zmiennej objaśniającej do modelu (3). W oszacowanym modelu (3) testuje się istotność statystyczną parametru stojącego przy dodanej

„zmiennej resztowej”. Brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej, że przedmiotowy parametr jest równy 0, oznacza, iż zmienna X_t jest słabo egzogeniczna względem zmiennej Y_t .

Testowanie słabej egzogeniczności wyróżnionej zmiennej w modelach VEC jest również dwuetapowe. Najpierw sprawdza się, czy w krótkookresowym równaniu modelu VEC objaśniającym tę zmienną, procesy brzegowe dla wszystkich zmiennych w tym równaniu nie zawierają tego samego mechanizmu korekty błędem. Testowi istotności podlega więc parametr stojący przy składniku korekty błędem [Charemza i Deadman 1997, s. 214]. Gdy w modelu VEC składnik korekty błędem występuje z różnymi opóźnieniami, można przeprowadzić łączny test istotności F dla współczynników stojących przy zmiennych opóźnionych w mechanizmie korekty błędem. Gdy brak podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o braku istotności składnika korekty błędem, wówczas jest on pomijany w odpowiednim równaniu modelu VEC i w tej postaci równanie to podlega estymacji. Dalsza procedura badania egzogeniczności przebiega analogicznie jak w modelu VAR. Reszty z równania z usuniętym składnikiem korekty błędem są podstawiane do innego równania modelu VEC w charakterze nowej zmiennej. Po przeprowadzeniu estymacji drugiego z równań testowaniu podlega parametr stojący przy „zmiennej resztowej”. O słabej egzogeniczności wyróżnionej zmiennej mówimy wówczas, gdy w konsekwencji przeprowadzonego testu nie będzie podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o braku istotności parametru zmiennej resztowej.

Potwierdzenie słabej egzogeniczności zmiennej w makromodelu może wskazywać, że stanowi ona skuteczny instrument oddziaływania na politykę handlu zagranicznego w danym kraju. Brak słabej egzogeniczności zmiennej oznacza, że jest ona endogeniczną częścią równania i powinna być modelowana w odrębnym równaniu. Taka zmienna nie jest skutecznym narzędziem polityki handlu zagranicznego, a wnioskowanie z jej udziałem może być obciążone błędami [Kireyev 2001]. Stwierdzenie silnej egzogeniczności zmiennej oznacza, że historyczne zmiany w strukturze handlu zagranicznego nie wpływają na aktualną skuteczność tej zmiennej w kształtowaniu wymiany międzynarodowej. Silna egzogeniczność zmiennych uprawnia do wnioskowania dynamicznego za pomocą oszacowanego modelu.

3. Wyniki badań empirycznych

W badaniu egzogeniczności uwzględniono zmienne najczęściej wykorzystywane w modelach handlu zagranicznego, a więc eksport (Ex), import (Im), produkt krajowy brutto (PKB), napływ bezpośrednich inwestycji zagranicznych (BIZ), kurs walutowy (Kurs). W niniejszym badaniu pod uwagę wzięto kurs

waluty krajowej wyrażony w dolarach amerykańskich. W świetle różnych teorii makroekonomicznych powyższe zmienne pozostają ze sobą zarówno w jednokierunkowych, jak i dwukierunkowych relacjach przyczynowo-skutkowych. Według tradycyjnych koncepcji ekonomii przychody z eksportu mogą być przeznaczane na zwiększanie zakupów dóbr i usług importowanych, a z kolei import inwestycyjny (np. urządzeń produkcyjnych) może kreować eksport (np. towarów wytwarzanych za pomocą importowanych urządzeń).

PKB jako miara potencjału gospodarki jest przedstawiana w licznych teoriach i modelach z zakresu ekonomii jako jeden z najważniejszych determinantów handlu zagranicznego (np. w modelu grawitacji [Helpman 1987]). Wzrost potencjału gospodarczego sprzyja zwiększaniu eksportu, a rosnący eksport powiększa PKB.

Oddziaływanie bezpośrednich inwestycji na handel zagraniczny nie musi być jednokierunkowe. W świetle obecnych teorii ekonomii (por. [Kojima 1975, Ozawa 1992]) BIZ mogą zarówno wzmacniać eksport, jak i ograniczać go (a pobudzać np. import). Kurs walutowy ma wpływ na konkurencyjność eksportu przede wszystkim w krótkim okresie. Słaba waluta krajowa implikuje wzrost konkurencyjności cenowej krajowych towarów w stosunku do zagranicznych, co jest sytuacją korzystną dla eksporterów, ale niekorzystną dla importerów. Z kolei mocna waluta krajowa sprzyja kreacji importu i ograniczeniu eksportu. Należy podkreślić, że wystąpienie powyższych prawidłowości, jak również ich siła są uzależnione od konkretnej gospodarki i wynikają z jej wielkości, rozwoju technologicznego, umiędzynarodowienia i innych czynników.

W obliczeniach posłużono się danymi z krajów Grupy Wyszehradzkiej pochodzącymi ze zintegrowanej bazy danych makroekonomicznych CEIC¹ (A Euromoney Institutional Investor Company). W analizie uwzględniono szeregi czasowe zmiennych od pierwszego kwartału 2002 r. do czwartego kwartału 2013 r.² Podstawą do badania relacji pomiędzy tymi zmiennymi były modele VAR lub VEC. Wybór pomiędzy tymi modelami uzależniono od wyników badania stacjonarności i kointegracji szeregów czasowych reprezentujących poszczególne zmienne.

Do badania stacjonarności szeregów czasowych zastosowano rozszerzony test Dickeya-Fullera (test ADF) [Osińska, Koško i Stempińska 2007, s. 307–308]. Wyniki tego testu przedstawiono w tabeli 1 (w nawiasach podano prawdopodobieństwa testowe).

¹ <http://www.ceicdata.com>, dostęp: 10.10.2014. Baza CEIC gromadzi dane pochodzące m.in. z krajowych urzędów statystycznych, krajowych banków centralnych, Eurostatu, Międzynarodowego Funduszu Walutowego.

² Ograniczenie się do danych z lat 2002–2013 było uwarunkowane dostępnością kompletnych danych kwartalnych. Wartości eksportu, importu, PKB i BIZ są wyrażone w mln USD.

Tabela 1. Wyniki testu ADF dla zmiennych wykorzystywanych w modelach handlu zagranicznego

Oznaczenie zmiennej	Polska		Słowacja		Czechy		Węgry	
	zmienna pierwotna	pierwsze przyrosty	zmienna pierwotna	pierwsze przyrosty	zmienna pierwotna	pierwsze przyrosty	zmienna pierwotna	pierwsze przyrosty
Ex	-1,565 (0,1095)	-9,060 (0,0000)	-0,1544 (0,6251)	-1,0721 (0,0000)	1,146 (0,9328)	-9,060 (0,0000)	0,8532 (0,8912)	-6,572 (0,000)
Im	-1,729 (0,0793)	-9,113 (0,0000)	-0,0153 (0,4584)	-1,0912 (0,0000)	0,9620 (0,9084)	-6,807 (0,0000)	0,6795 (0,8591)	-6,705 (0,000)
PKB	0,7279 (0,8687)	-7,560 (0,0000)	0,0166 (0,9872)	-0,5054 (0,0001)	0,6253 (0,8479)	-7,190 (0,0000)	-4,134 (0,0001)	-8,494 (0,000)
BIZ	-2,784 (0,0064)	-10,180 (0,0000)	-0,1244 (0,0344)	-1,0365 (0,0000)	-0,8265 (0,3526)	-5,413 (0,0000)	0,2716 (0,7605)	-10,63 (0,000)
Kurs	0,1942 (0,7382)	-4,508 (0,0000)	0,0077 (0,8620)	-0,9317 (0,0000)	0,4672 (0,8119)	-6,819 (0,0000)	-0,9176 (0,3138)	-7,449 (0,000)

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z bazy CEIC data.

Na podstawie wyników zamieszczonych w tabeli 1 można stwierdzić, że szeregi czasowe zmiennych oryginalnych nie były stacjonarne (prawdopodobieństwa testowe są większe od 0,05) z wyjątkiem szeregu czasowego BIZ w Polsce i na Słowacji, natomiast pierwsze przyrosty tych zmiennych są stacjonarne we wszystkich przypadkach. Szeregi czasowe badanych zmiennych są więc zintegrowane w stopniu pierwszym z wyjątkiem dwóch wspomnianych sytuacji. Optymalną liczbę opóźnień zmiennych w modelach ustalono na podstawie kryteriów Akaike (AIC) i Schwarza (BIC), natomiast badanie kointegracji odpowiednich szeregów czasowych i wyznaczenie liczby wektorów kointegrujących przeprowadzono, stosując test Johansena [Johansen 1991]. W tabeli 2 zamieszczono wyniki kryteriów informacyjnych oraz testu Johansena wraz z rekomendacją modelu wykorzystanego następnie do badania zależności dla wszystkich par zmiennych, w których jedną ze zmiennych jest eksport.

Na podstawie wyników zamieszczonych w tabeli 2 można stwierdzić, że jedynie w Czechach dla każdej pary zmiennych stwierdzono występowanie wektora kointegrującego, więc dla tych zmiennych szacowano model VEC. W pozostałych krajach przynajmniej dla jednej pary zmiennych stwierdzono brak wektorów kointegrujących, co w takich sytuacjach implikowało konieczność szacowania modelu VAR. W tabelach 3 i 4 przedstawiono wyniki testowania słabej egzogeniczności zmiennych odpowiednio w modelach VAR i VEC zgodnie z procedurą opisaną w punkcie 2. Symbol $X \rightarrow Y$ widoczny w tych tabelach oznacza egzogeniczność zmiennej X względem zmiennej Y , przy czym w każdym wypadku jedną z tych zmiennych jest eksport.

Tabela 2. Wyniki kryteriów Akaike i Schwarz oraz testu Johansena dla zmiennych stosowanych w modelach handlu zagranicznego

Zmienne	Polska			Słowacja		
	optymalny rząd opóźnienia (AIC, BIC)	liczba wektorów kointegrujących (test Johansena)	model	optymalny rząd opóźnienia (AIC, BIC)	liczba wektorów kointegrujących (test Johansena)	model
Ex, Im	5	0	VAR	1	1	VEC
Ex, PKB	5	1	VEC	1	0	VAR
Ex, BIZ	5	0	VAR	1	0	VAR
Ex, Kurs	5	0	VAR	5	0	VAR
Zmienne	Czechy					
	optymalny rząd opóźnienia (AIC, BIC)	liczba wektorów kointegrujących (test Johansena)	model	optymalny rząd opóźnienia (AIC, BIC)	liczba wektorów kointegrujących (test Johansena)	model
Ex, Im	2	1	VEC	3	1	VEC
Ex, PKB	4	1	VEC	3	1	VEC
Ex, BIZ	4	1	VEC	1	0	VAR
Ex, Kurs	1	1	VEC	1	1	VEC

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z bazy CEIC data.

Tabela 3. Wyniki testów słabej egzogeniczności zmiennych w modelach VAR

Kraj	Zmienne	Wynik testu t dla zmiennej resztowej	Wartość p	Słaba egzogeniczność
Polska	Im \rightarrow Ex	-1,843	0,0741	Tak
	Ex \rightarrow Im	5,721	0,000	Nie
	BIZ \rightarrow Ex	-1,390	0,1735	Tak
	Ex \rightarrow BIZ	0,6776	0,5026	Tak
	Kurs \rightarrow Ex	0,7447	0,4616	Tak
	Ex \rightarrow Kurs	1,577	0,1240	Tak
Słowacja	PKB \rightarrow Ex	0,07991	0,9367	Tak
	Ex \rightarrow PKB	1,183	0,2433	Tak
	BIZ \rightarrow Ex	0,2183	0,8282	Tak
	Ex \rightarrow BIZ	0,3910	0,6978	Tak
	Kurs \rightarrow Ex	-0,2958	0,7692	Tak
	Ex \rightarrow Kurs	-0,5054	0,6166	Tak
Węgry	BIZ \rightarrow Ex	-1,126	0,2665	Tak
	Ex \rightarrow BIZ	0,5044	0,6166	Tak

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z bazy CEIC data.

Na podstawie tabeli 3 można stwierdzić, że prawie wszystkie zmienne w modelach VAR były słabo egzogeniczne. Wyjątek stanowił eksport w Polsce, który nie był słabo egzogeniczny względem importu. Z kolei w modelach VEC (tabela 4) żadna ze zmiennych nie była słabo egzogeniczna z wyjątkiem czeskiego eksportu, który okazał się słabo egzogeniczny względem BIZ.

Tabela 4. Wyniki testów słabej egzogeniczności zmiennych w modelach VEC

Kraj	Zmienne	Wynik testu dla opóźnionych zmiennych korekty błędów		Wynik testu t dla zmiennej resztowej ^a		Słaba egzoge- niczność
		F	wartość p	t	wartość p	
Polska	PKB \rightarrow Ex	1,412	0,247	3,085	0,004	Nie
	Ex \rightarrow PKB	232,479	0,000	-	-	Nie
Słowacja	Im \rightarrow Ex	0,100	0,753	36,710	0,000	Nie
	Ex \rightarrow Im	0,135	0,715	36,520	0,000	Nie
Czechy	Im \rightarrow Ex	0,522	0,597	19,950	0,000	Nie
	Ex \rightarrow Im	3,346	0,045	-	-	Nie
	PKB \rightarrow Ex	3,812	0,011	-	-	Nie

cd. tabeli 4

Kraj	Zmienne	Wynik testu dla opóźnionych zmiennych korekty błędów		Wynik testu t dla zmiennej resztowej ^a		Słaba egzogeniczność
		F	wartość p	t	wartość p	
Czechy	Ex→ PKB	1,046	0,398	12,190	0,000	Nie
	BIZ→ Ex	9,792	0,000	–	–	Nie
	Ex→ BIZ	0,327	0,858	1,500	0,143	Tak
	Kurs→ Ex	0,921	0,343	9,978	0,000	Nie
	Ex→ Kurs	0,533	0,469	9,978	0,000	Nie
Węgry	Im→ Ex	0,959	0,422	32,060	0,000	Nie
	Ex→ Im	0,549	0,652	32,000	0,000	Nie
	PKB→ Ex	19,784	0,000	–	–	Nie
	Ex→ PKB	0,967	0,419	2,338	0,025	Nie
	Kurs→ Ex	3,385	0,073	–2,134	0,039	Nie
	Ex→ Kurs	2,000	0,164	–8,688	0,000	Nie

^a istotny wynik testu F dla opóźnionych zmiennych składnika korekty błędem w modelach VEC automatycznie implikował brak słabej egzogeniczności, a co się z tym wiąże, brak silnej egzogeniczności zmiennej. W takich sytuacjach rezygnowano z przeprowadzenia testu t .

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z bazy CEIC data.

Do badania silnej egzogeniczności konieczne było przeprowadzenie testu przyczynowości zmiennych w sensie Grangera. Wyniki tego testu zawiera tabela 5. Symbol $X \rightarrow Y$ widoczny w tabeli 5 oznacza przyczynowość w sensie Grangera zmiennej X względem zmiennej Y .

Tabela 5. Wyniki testu przyczynowości w sensie Grangera

Kraj	Zmienne	Wynik testu	Wartość p	Przyczynowość
Polska	Ex→ Im	1,5902	0,1911	Nie
	Im→ Ex	0,2196	0,9515	Nie
	Ex→ PKB	19,9429	0,0000	Tak
	PKB→ Ex	3,2852	0,0166	Tak
	Ex→ BIZ	3,1106	0,0212	Tak
	BIZ→ Ex	0,3265	0,8932	Nie
	Ex→ Kurs	12,5990	0,0000	Tak
	Kurs→ Ex	0,7201	0,6132	Nie

cd. tabeli 5

Kraj	Zmienne	Wynik testu	Wartość p	Przyczynowość
Słowacja	Ex → Im	0,2077	0,6508	Nie
	Im → Ex	0,0747	0,7859	Nie
	Ex → PKB	0,2334	0,6314	Nie
	PKB → Ex	0,4549	0,5036	Nie
	Ex → BIZ	1,5707	0,2167	Nie
	BIZ → Ex	0,8931	0,3498	Nie
	Ex → Kurs	0,9434	0,3367	Nie
	Kurs → Ex	0,2523	0,6180	Nie
Czechy	Ex → Im	2,1500	0,1294	Nie
	Im → Ex	3,2122	0,0506	Nie
	Ex → PKB	2,8865	0,0364	Tak
	PKB → Ex	1,4056	0,2524	Nie
	Ex → BIZ	1,0415	0,3998	Nie
	BIZ → Ex	0,9361	0,4545	Nie
	Ex → Kurs	1,3614	0,2496	Nie
	Kurs → Ex	0,2079	0,6506	Nie
Węgry	Ex → Im	1,0458	0,3834	Nie
	Im → Ex	0,9055	0,4474	Nie
	Ex → PKB	14,0059	0,0000	Tak
	PKB → Ex	0,5364	0,6602	Nie
	Ex → BIZ	0,0108	0,9179	Nie
	BIZ → Ex	0,9151	0,3440	Nie
	Ex → Kurs	3,9194	0,0540	Nie
	Kurs → Ex	4,0777	0,0496	Tak

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z bazy CEIC data.

Według obliczeń przedstawionych w tabeli 5 najwięcej związków przyczynowych w sensie Grangera, w tym jedno sprzężenie zwrotne i dwie jednokierunkowe przyczynowości, można przypisać polskiemu handlowi zagranicznemu. Najsilniejsze przyczynowości zachodzą w kierunkach od eksportu do PKB oraz od eksportu do kursu walutowego.

W przypadku Słowacji nie potwierdzono żadnej istotnej przyczynowości w sensie Grangera. W Czechach zdiagnozowano tylko jedną istotną zależność przyczynową w kierunku od eksportu do PKB. W przypadku Węgier natomiast eksport był przyczyną PKB w sensie Grangera, a kurs walutowy był istotną przyczyną wzrostu eksportu. Biorąc pod uwagę wyniki testu słabej egzogeniczności

i testu przyczynowości Grangera, można sformułować wnioski odnośnie do silnej egzogeniczności zmiennych.

Tabela 6 Wyniki badania silnej egzogeniczności zmiennych

Kraj	Zmienne	Silna egzogeniczność	System
Polska	Ex→ Im	Nie	Nie
	Im→ Ex	Tak	
	Ex→ PKB	Nie	Nie
	PKB→ Ex	Nie	
	EX→ BIZ	Nie	Nie
	BIZ→ Ex	Nie	
	Ex→ Kurs	Tak	Nie
	Kurs→ Ex	Nie	
Słowacja	Ex→ Im	Nie	Nie
	Im→ Ex	Nie	
	Ex→ PKB	Tak	Tak
	PKB→ Ex	Tak	
	Ex→ BIZ	Tak	Tak
	BIZ→ Ex	Tak	
	Ex→ Kurs	Tak	Tak
	Kurs→ Ex	Tak	
Czechy	Ex→ Im	Nie	Nie
	Im→ Ex	Nie	
	Ex→ PKB	Nie	Nie
	PKB→ Ex	Nie	
	Ex→ BIZ	Tak	Nie
	BIZ→ Ex	Nie	
	Ex→ Kurs	Nie	Nie
	Kurs→ Ex	Nie	
Węgry	Ex→ Im	Nie	Nie
	Im→ Ex	Nie	
	Ex→ PKB	Nie	Nie
	PKB→ Ex	Nie	
	Ex→ BIZ	Tak	Tak
	BIZ→ Ex	Tak	
	Ex→ Kurs	Nie	Nie
	Kurs→ Ex	Nie	

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z bazy CEIC data.

Wyniki badania silnej egzogeniczności przedstawiono w tabeli 6. Silna wzajemna egzogeniczność zmiennych w modelu wskazuje, że odpowiednie szeregi czasowe tworzą system, którego równania mogą być bezpośrednio wykorzystane do prognozowania wielkości makroekonomicznych (informację o tym zawiera ostatnia kolumna tabeli 6).

Z tabeli 6 wynika, że najwięcej zmiennych silnie egzogenicznych można wskazać w dynamicznych zależnościach makroekonomicznych zachodzących w słowackim handlu zagranicznym. W przypadku tego kraju szeregi czasowe zmiennych w trzech spośród czterech modeli tworzą system. Z kolei w węgierskim handlu zagranicznym zdiagnozowano jeden system równań utworzony przez wzajemnie silnie egzogeniczne zmienne. W Polsce i w Czechach występują jedynie przypadki jednokierunkowych relacji silnie egzogenicznych.

Wśród rozważanych krajów tylko w Polsce import jest silnie egzogeniczny względem eksportu, co oznacza, że import może stanowić skuteczny instrument kształtowania eksportu, a historyczna struktura eksportu nie wpływa na bieżący import. W pozostałych krajach Grupy Wyszehradzkiej import nie jest zmienną słabo egzogeniczną, tzn. stanowi endogeniczną część modelu eksportu i nie może być traktowany jako determinanta eksportu. Eksport z kolei nie jest zmienną słabo egzogeniczną względem importu w żadnym z krajów Grupy Wyszehradzkiej, zatem tej zmiennej nie można bezpośrednio wykorzystać w modelowaniu importu.

PKB jest zmienną silnie egzogeniczną względem eksportu tylko w przypadku Słowacji. Zatem jedynie w tym kraju wartość wytworzonych dóbr i usług stanowi istotną determinantę eksportu, przy czym historyczne wartości eksportu nie oddziałują na bieżący rozwój gospodarczy Słowacji mierzony za pomocą PKB. Z drugiej zaś strony, słowacki eksport jest zmienną silnie egzogeniczną względem PKB, co oznacza, że struktura handlu może być skutecznym narzędziem wspomagającym wzrost gospodarczy w tym kraju, a historyczne wartości PKB nie wpływają na bieżącą strukturę handlu. Słowacja okazała się jedynym krajem, w którym PKB i eksport tworzą system, tzn. możliwe jest prognozowanie wartości obu zmiennych bezpośrednio z równań oszacowanych w modelu VAR. W każdym z pozostałych krajów Grupy Wyszehradzkiej eksport stanowił endogeniczny składnik modelu opisującego PKB i powinien być estymowany w odrębnych równaniach. Bezpośrednie inwestycje zagraniczne można uznać za efektywny instrument kształtowania eksportu w Polsce, na Słowacji i na Węgrzech, przy czym historyczne zmiany struktury eksportu nie wpływają na bieżącą wartość BIZ w przypadku Słowacji i Węgier, gdzie zidentyfikowano silną egzogeniczność BIZ względem eksportu. Ponieważ w tych dwóch krajach także eksport okazał się zmienną silnie egzogeniczną względem BIZ, więc odpowiednie szeregi czasowe tych zmiennych tworzą systemy. Daje to możliwość dynamicznego wnioskowania o BIZ i o eksporcie wprost z odpowiednich równań modelu VAR zbudowanego

dla Słowacji i Węgier. W Polsce oraz w Czechach struktura eksportu ma istotny wpływ na BIZ, przy czym w Czechach dodatkowo wcześniejsza struktura BIZ nie wpływa na bieżącą wartość eksportu. Zmienne reprezentowane przez szeregi czasowe kursu walutowego i eksportu wykazują dwukierunkową silną egzogeniczność jedynie w przypadku Słowacji. Oznacza to, że kurs walutowy stanowi istotną determinantę eksportu i odwrotnie, przy czym uprawnione jest także prognozowanie obu tych wielkości wprost z równań modelu VAR. W Czechach i na Węgrzech przedmiotowe zmienne nie wykazały żadnego rodzaju egzogeniczności względem siebie, więc ich modelowanie powinno przebiegać w odrębnych równaniach.

W Polsce również kurs walutowy i eksport nie tworzą systemu, przy czym kurs walutowy jest słabo egzogeniczny względem eksportu, a eksport jest silnie egzogeniczny względem kursu walutowego. W związku z tym dynamiczne wnioskowanie jest tu uzasadnione tylko na podstawie równania modelu VAR, które opisuje kurs walutowy.

4. Podsumowanie

W niniejszym artykule przetestowano współczesną koncepcję egzogeniczności zmiennych w modelach handlu zagranicznego na przykładzie krajów Grupy Wyszehradzkiej. Otrzymane wyniki badania słabej i silnej egzogeniczności umożliwiły sformułowanie wniosków dotyczących modelowania handlu zagranicznego, jak i skuteczności różnych instrumentów makroekonomicznych w kształtowaniu polityki handlu zagranicznego poszczególnych państw. Przedstawione wyniki pozwalają na przeanalizowanie zmiennych makroekonomicznych w kontekście zgodnej estymacji parametrów modeli VAR i VEC oraz możliwości predykcji wartości zmiennych. Wnioski zaś umożliwiają rekomendowanie narzędzi wsparcia polityki handlu zagranicznego, np. w kontekście dążeń do równowagi w bilansie handlu zagranicznego, czy redukcji deficytu w wymianie handlowej. W gospodarce wolnorynkowej skuteczność przedstawionych narzędzi wsparcia handlu zagranicznego można osiągnąć poprzez właściwą politykę gospodarczą i zagraniczną prowadzoną na szczeblu rządowym i samorządowym. Chodzi tu o działania wspierające napływ bezpośrednich inwestycji zagranicznych i nowych technologii, większą promocję krajowych firm i produktów, ułatwienia w systemie koncesji, licencji, poręczenia i gwarancje ze strony państwa na przedsięwzięcia proeksportowe itd. Z kolei przykładem dyrektywnego oddziaływania za pomocą kursu walutowego na poziom konkurencyjności towarów krajowych (i tym samym na eksport) może być dewaluacja waluty krajowej przez władze monetarne.

Przedstawione wyniki skłaniają do wniosku, że w przypadku Słowacji handel zagraniczny w większym stopniu niż w pozostałych krajach poddaje się modelowaniu uwzględniającemu dynamiczną strukturę szeregów czasowych analizowanych zmiennych. Z przedstawionych zależności wynika również, że w sytuacji braku kointegracji szeregów czasowych częściej pojawiają się zmienne silnie egzogeniczne niż w przypadku jej występowania. W zależnościach opisanych modelem VEC rzadziej odrzucano hipotezę, że zmienne nie są silnie egzogeniczne niż miało to miejsce w modelach VAR. Naturalnie powyższy wniosek nie ma charakteru uniwersalnego, lecz odnosi się do modelowania handlu zagranicznego konkretnych krajów. Ewentualne uogólnienie wniosków w zakresie egzogeniczności zmiennych wykorzystywanych w modelach handlu zagranicznego wymaga dalszych badań dla odpowiednio większej liczby krajów. Przedmiotem rozważań w niniejszym artykule jest tylko słaba i silna egzogeniczność zmiennych, dlatego kontynuacja badań w przedmiotowym zakresie powinna zmierzać również w kierunku testowania innych rodzajów egzogeniczności, np. superegzogeniczności zmiennych. Umożliwi to weryfikację dodatkowych własności zmiennych, np. w aspekcie stabilności parametrów modelu handlu zagranicznego.

Literatura

- Charemza W.W., Deadman D.F. [1997], *Nowa ekonometria*, PWE, Warszawa.
- Cieślak A. [2000], *Nowa teoria handlu zagranicznego w świetle badań empirycznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Engle R.F., Hendry D.F., Richard J.F. [1983], *Exogeneity*, „Econometrica”, vol. 51, nr 2, <http://dx.doi.org/10.2307/1911990>.
- Helpman E. [1987], *Imperfect Competition and International Trade: Evidence from Fourteen Industrial Countries*, „Journal of Japanese and International Economies”, vol. 1, [http://dx.doi.org/10.1016/0889-1583\(87\)90027-X](http://dx.doi.org/10.1016/0889-1583(87)90027-X).
- Hsiao F.S., Hsiao M.C.W. [2006], *FDI, Exports, and GDP in East and Southeast Asia – Panel data versus Time-series Causality Analyses*, „Journal of Asian Economics”, vol. 17, nr 6.
- Johansen S., [1991], *Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models*, „Econometrica”, vol. 59, nr 6, <http://dx.doi.org/10.2307/2938278>.
- Kireyev A. [2001], *Econometric Analysis of Discrete Reforms*, Working Paper, International Monetary Fund, Office in Geneva, <http://dx.doi.org/10.5089/9781451857405.001>.
- Kojima K. [1975], *International Trade and Foreign Investment: Substitutes or Complements*, „Hitotsubashi Journal of Economics”, vol. 16, nr 1.
- Liu, X., Wang, C., Wei, Y. [2001], *Causal Links between Foreign Direct Investment and Trade in China*, „China Economic Review”, vol. 12, nr 2, [http://dx.doi.org/10.1016/S1043-951X\(01\)00050-5](http://dx.doi.org/10.1016/S1043-951X(01)00050-5).
- Maddala G.S. [2006], *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Mehrra M., Firouzjaee B. A. [2011], *Granger Causality Relationship between Export Growth and GDP Growth in Developing Countries: Panel Cointegration Approach*, „International Journal of Humanities and Social Science”, vol. 1, nr 16.
- Osińska M. (red.), Koško M., Stempińska J. [2007], *Ekonometria współczesna*, wyd. „Dom Organizatora”, Toruń.
- Ozawa T. [1992], *Foreign Direct Investment and Economic Development*, „Transnational Corporation” 1992, vol. 1, nr 1.
- Sharma R., Kaur M. [2013], *Causal Links between Foreign Direct Investments and Trade: A Comparative Study of India and China*, „Eurasian Journal of Business and Economics”, vol. 6, nr 11.
- Simionescu M. [2014], *The Relationship between Trade and Foreign Direct Investment in G7 Countries a Panel Data Approach*, „Journal of Economics and Development Studies”, vol. 2, nr 2.
- Strauß H. [2002], *Multivariate Cointegration Analysis of Aggregate Exports: Empirical Evidence for the United States, Canada, and Germany*, Kiel Working Paper nr 1101, Kiel Institute for World Economics.

Exogeneity Testing of Variables Used in Foreign Trade Modelling – the Example of the Visegrad Group Countries

(Abstract)

Some concepts of modern econometrics do not use an arbitrary split of the variables into endogenous and exogenous ones. One of the most popular is the Granger causality test, in which it is assumed *a priori* that there is no distinction between the exogenous and endogenous variables. On the other hand, from the point of view of an econometric model, estimation or prediction may be important to test weak or strong exogeneity of variables. In modelling an economy, including international trade, there are often variables between which feedback may occur. The causality of the variables in the classical sense is not always so obvious here, and it should be tested. This will facilitate the proper model specification of foreign trade. The aim of this paper is to study the exogeneity of selected macroeconomic variables used in the models of foreign trade using the example of the Visegrad Group countries. The results may be helpful in determining the structure of the actual relationships between variables, in choosing the estimation method of appropriate models and in forecasting.

Keywords: weak exogeneity, strong exogeneity, Granger causality test, foreign trade.