

**Marcin Pisarski**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

---

## **BADANIE ZALEŻNOŚCI POMIĘDZY HANDELM ZAGRANICZNYM A PKB Z WYKORZYSTANIEM MODELU VAR ORAZ PRZYCZYNOWOŚCI GRANGERA**

---

**Streszczenie:** W pracy podjęto temat analizy wpływu stopy wzrostu eksportu i stopy wzrostu importu na stopę wzrostu PKB. Wymieniono kanały, jakimi handel zagraniczny może oddziaływać na PKB, oraz za pomocą równania dochodu narodowego opisano teoretyczny wpływ handlu na PKB. Ukazano różnice w możliwościach wzrostu PKB między gospodarką zamkniętą a gospodarką otwartą na handel. Celem badawczym było udowodnienie przyczynowości pomiędzy stopami wzrostu handlu zagranicznego a stopą wzrostu PKB. Do osiągnięcia celu zastosowano model wektora autoregresji (VAR) oraz przyczynowość Grangera. Obiektem badań była gospodarka USA. Dowiedziono m.in., że eksport jest przyczyną (Grangera) PKB, a także że import i PKB wpływają (w sensie Grangera) na siebie wzajemnie.

**Słowa kluczowe:** VAR, Granger, przyczynowość, PKB, handel zagraniczny.

### **1. Wstęp**

Celem artykułu jest zbadanie zależności, jakie zachodzą między stopą wzrostu PKB a stopą wzrostu eksportu i stopą wzrostu importu dóbr i usług. Badanie zależności pomiędzy wyżej wymienionymi wskaźnikami makroekonomicznymi opierać się ma na ustaleniu, czy jedna zmienna jest przyczyną drugiej zmiennej w rozumieniu Grangera [Charezm, Deadman 1997]. Badanie zostało oparte na danych dotyczących gospodarki Stanów Zjednoczonych Ameryki za okres 1997-2013.

Wpływ handlu zagranicznego na wzrost gospodarczy może odbywać się na wielu płaszczyznach – oddziaływanie pośrednie za pomocą wiedzy naukowo-technicznej [McNeil 2006], przenoszenia nowoczesnych technologii [Schmieder 2013] czy wreszcie za pomocą bezpośrednich inwestycji zagranicznych [Makki, Somwaru 2013]. W tej pracy zostanie opisany mechanizm oddziaływania eksportu i importu na PKB przez możliwość zwiększenia akumulacji kapitału oraz występowanie efektów mnożnika eksportowego i supermnożnika.

Korzyściami, jakie przynosi handel międzynarodowy, są szeroko rozumiane relacje z innymi krajami (w tym relacje handlowe), a więc korzyści te należy rozpatry-

wać, porównując sytuację gospodarki otwartej w stosunku do sytuacji gospodarki zamkniętej (autarkii). W przypadku gospodarki zamkniętej producenci produkują tylko na rynek wewnętrzny kraju, zatem cała produkcja jest zależna od popytu krajowego, trudniej jest też uzyskać korzyści skali produkcji. Inaczej jest w gospodarce otwartej, ale nie są to jedyne atuty „otwartości”. W artykule została omówiona sytuacja gospodarek zamkniętej i otwartej w sytuacji statycznej oraz dynamicznej.

## 2. Gospodarka otwarta i gospodarka zamknięta w sytuacji statycznej

W gospodarce zamkniętej dochód wytworzony ( $Y$ ) jest równy dochodowi do podziału na dwie kategorie: konsumpcję krajową ( $C$ ) oraz inwestycje krajowe ( $I$ )<sup>1</sup>:

$$Y = C + I. \quad (1)$$

Proste przekształcenie powyższego równania spowoduje otrzymanie równania inwestycji:

$$I = Y - C. \quad (2)$$

Dochód wytworzony pomniejszony o konsumpcję przynosi oszczędności krajowe ( $S$ ), co można zapisać jako:

$$S = Y - C, \quad (3)$$

a więc w gospodarce zamkniętej inwestycje muszą równać się oszczędnościom, by był zachowany stan równowagi:

$$I = S. \quad (4)$$

Oznacza to, że im niższa konsumpcja zbiorowa, tym większe są oszczędności, a więc tym większe muszą być inwestycje. Jeżeli natomiast równowaga nie występuje i oszczędności przewyższają inwestycje,  $S > I$ , to w gospodarce rozwijają się tendencje recesyjne i poziom faktycznego dochodu odbiega na niekorzyść od dochodu potencjalnego. Procesem, który w tej sytuacji prawdopodobnie będzie zastosowany, jest obniżka rynkowych stóp procentowych do poziomu, w którym oszczędności i inwestycje się zbilansują. Odwrotną sytuację będzie można zaobserwować, gdy poziom inwestycji będzie przewyższać oszczędności – wtedy należy spodziewać się wzrostu rynkowych stóp procentowych [Rymarczyk 2006].

W gospodarce otwartej niektóre wyroby wyprodukowane w kraju sprzedawane są za granicę, a wyroby produkowane za granicą są sprowadzane do kraju. W takiej gospodarce wydatki można podzielić na cztery kategorie:

<sup>1</sup> Pomija się udział państwa, by uprościć rozważania.

$$Y = C + I + EX - IM, \quad (5)$$

gdzie:  $EX$  – eksport dóbr i usług,  $IM$  – import dóbr i usług,  
a zapisując  $EX - IM$  jako  $NX$  (eksport netto):

$$Y = C + I + NX. \quad (6)$$

Wydatki na produkcję składają się więc z konsumpcji, inwestycji oraz eksportu pomniejszonego o import. Przekształcenie równania (6) umożliwi zapisanie równania eksportu netto:

$$NX = Y - (C + I). \quad (7)$$

Równanie to pokazuje, że w otwartej gospodarce wydatki krajowe nie muszą równać się produkcji dóbr i usług. Jeżeli produkcja przewyższa wydatki krajowe, to różnica może zostać wyeksportowana – eksport netto będzie wtedy dodatni. Jeśli zaś produkcja jest niższa od poziomu wydatków krajowych, wtedy będzie można importować różnicę – eksport netto będzie ujemny. Zgodnie z tym, co ustalono powyżej, równanie inwestycji w gospodarce otwartej można zapisać jako:

$$I = Y - C + IM - EX, \quad (8)$$

a więc zapisując oszczędności jako:

$$S = Y - C, \quad (9)$$

równanie inwestycji będzie następującej postaci:

$$I = S + IM - EX, \quad (10)$$

czyli:

$$I + EX = S + IM \quad (11)$$

lub

$$S = I + (NX). \quad (12)$$

W sytuacji dodatniego salda handlu zagranicznego ( $NX > 0$ ) część oszczędności krajowych finansuje nadwyżki w handlu zagranicznym, w przeciwnym przypadku oszczędności krajowe są powiększane o tzw. oszczędności zagraniczne (np. krajowe papiery wartościowe kupowane przez zagraniczne podmioty) [Rymarczyk 2006]. Jeżeli obserwuje się występowanie dodatniego salda handlu zagranicznego, to dochód podzielony jest większy niż dochód wytworzony. Wpływ handlu zagranicznego zależy od poziomu oszczędności, tj. od tego, czy będzie występować ich nadwyżka czy niedobór w stosunku do inwestycji. Gdy wystąpi niedobór oszczędności krajo-

wych, ujemne saldo handlu zagranicznego pozwoli przyspieszyć tempo wzrostu dochodu narodowego [Mankiw 2002; Misala 2005].

### 3. Gospodarka otwarta i gospodarka zamknięta w sytuacji dynamicznej

W gospodarce zamkniętej stopa wzrostu gospodarczego (mierzona stopą wzrostu PKB) może być określona przez stopę nakładów inwestycyjnych z dochodu narodowego  $i = \frac{I}{Y}$  (zakładając, że jedyną przyczyną zmiany PKB są inwestycje), a także przez średnią efektywność tych inwestycji, tj. przyrost dochodu na skutek realizowanych inwestycji, co można zapisać [Misala 2005]:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta Y}{\Delta I} \times \frac{I}{Y}, \quad (13)$$

gdzie:  $\frac{\Delta Y}{Y}$  – stopa wzrostu PKB,

$\frac{\Delta Y}{\Delta I}$  – efektywność inwestycji (mnożnik inwestycyjny),

$\frac{I}{Y}$  – stopa inwestycji,

a w gospodarce zamkniętej:  $\Delta I = \Delta Y - \Delta C = \Delta S$ , zatem mnożnik inwestycyjny ( $k$ ) można zapisać jako:

$$k = \frac{\Delta Y}{(\Delta Y - \Delta C)} = \frac{\Delta Y}{\Delta S} = \frac{1}{\frac{\Delta S}{\Delta Y}}, \quad (14)$$

gdzie:  $\frac{\Delta Y}{\Delta Y}$  – to krańcowa skłonność do oszczędzania – mówi ona o tym, jaka część zostanie zaoszczędzona z nowej jednostki wytworzonego dochodu.

Sytuacja w gospodarce otwartej prezentuje się odmiennie. Znane już równanie inwestycji (równanie 10) można zapisać też jako:

$$\frac{I}{Y} = \frac{S}{Y} + \frac{IM}{Y} - \frac{EX}{Y}, \quad (15)$$

a więc stopę wzrostu gospodarczego w gospodarce otwartej można zapisać jako:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta Y}{\Delta I} \times \left( \frac{S}{Y} + \frac{IM}{Y} - \frac{EX}{Y} \right), \quad (16)$$

gdzie:  $\frac{S}{Y}$  – stopa oszczędności,

$\frac{IM}{Y}$  – stopa importu,

$\frac{EX}{Y}$  – stopa eksportu.

Widać więc, jak istotną rolę może odgrywać handel zagraniczny w procesie wzrostu gospodarczego. Ujemne saldo handlu w warunkach niedostatku kapitału może przyczyniać się do szybszego tempa wzrostu [Rymarczyk 2006].

W gospodarce otwartej, gdy moce przerobowe nie są w pełni wykorzystane, co jest efektem zbyt małego popytu, przyrost eksportu może być ważnym bodźcem wzrostu gospodarczego. W przypadku gdy obserwuje się nadmiar oszczędności w stosunku do inwestycji, wzrost dodatniego salda handlu zagranicznego lub zmniejszenie salda ujemnego może być impulsem do wzrostu gospodarczego. Impuls ten może wywołać efekty mnożnikowe, które mogą przyczynić się do szybszego tempa wzrostu PKB.

Mnożnik eksportowy jest liczbą wskazującą, o jaki ułamek zwiększa się lub zmniejsza wielkość PKB na skutek impulsu, jakim jest zwiększenie bądź zmniejszenie wartości eksportu. Mnożnik eksportowy wyraża się za pomocą wzoru:

$$k_e = \frac{\Delta Y}{\Delta I + \Delta EX}, \quad (17)$$

a jeżeli w danym okresie inwestycje nie rosną, to  $\Delta I = 0$ , więc:

$$k_e = \frac{\Delta Y}{\Delta EX} \quad (18)$$

oraz:

$$\Delta EX = \Delta S + \Delta IM, \quad (19)$$

a więc:

$$k_e = \frac{1}{\left(\frac{\Delta S}{\Delta Y} + \frac{\Delta IM}{\Delta Y}\right)}, \quad (20)$$

gdzie:  $\frac{\Delta IM}{\Delta Y}$  – to krańcowa skłonność do importu.

W rezultacie PKB wzrośnie o przyrost eksportu przemnożony przez wartość mnożnika eksportowego:

$$\Delta Y = k_e \times \Delta EX = \frac{1}{\left(\frac{\Delta S}{\Delta Y} + \frac{\Delta IM}{\Delta Y}\right)} \times \Delta EX. \quad (21)$$

Oznacza to, że wartość mnożnika eksportowego jest tym większa, im większa jest stopa konsumpcji. W gospodarce otwartej przyrost PKB wynikający ze wzrostu wartości eksportu zależy od siły oraz kierunku oddziaływania impulsu eksportowego, a także od kształtowania się krańcowych stóp oszczędności, konsumpcji i importu. Inaczej – jeśli będzie się mało importować towarów i usług konsumpcyjnych, to można poprawić wykorzystanie możliwości, jakie opisuje mnożnik

eksportowy dzięki temu, że popyt kreowany przez przyrost inwestycji i eksportu będzie skierowany na zakup towarów i usług krajowych [Misala 2005].

Jeżeli wzrost gospodarczy wywołany efektem mnożnika eksportowego zachęci przedsiębiorców do inwestowania, to inwestycje te będą nosić nazwę indukowanych ( $I_i$ ) i mogą zapoczątkować mechanizm supermnożnika. Wprowadzając inwestycje indukowane do równania dochodu narodowego, otrzyma się:

$$\Delta Y = \Delta I + \Delta I_i + \Delta C + \Delta EX - \Delta IM, \quad (22)$$

$$\Delta I + \Delta EX = \Delta Y - \Delta C + \Delta IM - \Delta I_i, \quad (23)$$

$$\Delta I + \Delta EX = \Delta S + \Delta IM - \Delta I_i, \quad (24)$$

ponieważ w gospodarce otwartej mnożnik obliczany jest według wzoru (17) oraz zachodzi równość (24), to suma tych efektów w postaci supermnożnika ( $k_s$ ) prezentuje się następująco:

$$k_s = \frac{1}{\frac{\Delta S}{\Delta Y} + \frac{\Delta IM}{\Delta Y} - \frac{\Delta I_i}{\Delta Y}}. \quad (25)$$

Efekt supermnożnika jest silniejszy niż mnożnika eksportowego, a różnicę między obydwooma wzorami stanowią inwestycje indukowane.

Z rozważań zaprezentowanych powyżej wynika, że handel zagraniczny odgrywa znaczącą rolę w procesie wzrostu gospodarczego, mogąc ten rozwój przyspieszać lub utrudniać i zwalniać. Mechanizm wpływu handlu zagranicznego na PKB funkcjonuje albo przez efekty mnożnikowe, albo przez większą możliwość akumulacji kapitału. Handel zagraniczny wpływa również na efektywność gospodarowania przez wprowadzenie konkurencji zagranicznej, co w rezultacie przyczynia się do obniżania kosztów i wprowadzania innowacji przez firmy krajowe. Również eksporterzy muszą stale poprawiać efektywność swych działań, z czego korzysta cała gospodarka [Rymarczyk 2006].

#### 4. Metodyka badania

Modelowanie na podstawie modeli wektorowej autoregresji (VAR) zostało zapoczątkowane przez C. Simsa w latach osiemdziesiątych XX wieku. Była to odpowiedź na niedoskonałość ówczesnych modeli ekonometrycznych. Ogólną postać modelu VAR można zapisać jako:

$$Y_{n,t} = C_n + \sum_{i=1}^k A_i Y_{n,t-i} + \varepsilon_t, \quad (26)$$

gdzie:  $Y_{n,t}$  – wektor ( $n \times 1$ ) obserwacji bieżących wartości wszystkich  $n$  zmiennych endogenicznych modelu:  $[Y_{1,t}, Y_{2,t}, \dots, Y_{n,t}]^T$ ,  
 $C_n$  – wektor stałych,  
 $A_i$  – macierze parametrów ( $n \times n$ ) przy opóźnionych zmiennych wektora  $Y_{n,t-i}$ ,  
 $t$  – numer obserwacji,  $t = 1, 2, 3, \dots, T$ ,  
 $i$  – liczba opóźnień,  $i = 1, 2, 3, \dots, k$ ,  
 $\varepsilon_t$  – wektor ( $n \times 1$ ) stacjonarnych zakłóceń losowych, mających każdą niezależny rozkład normalny z zerową średnią i wariancją  $\Sigma_\varepsilon$ .

Modele VAR muszą być budowane na zmiennych stacjonarnych, a reszty zbudowanych modeli muszą charakteryzować się rozkładem normalnym oraz brakiem autokorelacji.

Stacjonarność to pojęcie odnoszące się do procesów stochastycznych, których szczególną realizacją są szeregi czasowe, będące przedmiotem zainteresowania tego artykułu. Proces stacjonarny może być zdefiniowany w sposób ścisły (stałość w czasie wszystkich momentów zwykłych i centralnych) lub w sposób szeroki. W badaniach ekonomicznych nie potrzeba przestrzegania aż tak rygorystycznych wymogów, jakie stawia stacjonarność ścisła. Wystarczy zbadanie, czy dany proces cechuje się stałością dwóch pierwszych momentów [Kusideł 2006]. Do badania stacjonarności rozkładu zmiennych użyto najpopularniejszego testu tego typu, czyli rozszerzonego testu Dickey-Fullera (ADF), nazywanego również testem pierwiastka jednostkowego [Maddala 2008].

Kolejny krok to ustalenie rzędu opóźnień dla modeli. Liczbę opóźnień można dobrać na podstawie kryteriów informacyjnych, takich jak kryterium AIC (Akaike), BIC (bayesowskie kryterium informacyjne), HQ (Hannan-Quinna). W tej pracy kierowano się kryterium informacyjnym BIC. Dobiera się taką wielkość opóźnień, dla której kryterium BIC jest najmniejsze. W tym przypadku będą dobierane opóźnienia od 0 do 8 w poszukiwaniu tego optymalnego, a gdy ten krok zostanie wykonany, będzie można już utworzyć modele VAR, których sposób tworzenia podany jest w pracy [Maddala 2008].

Jak już wspomniano, reszty modeli muszą charakteryzować się danymi cechami, tj. rozkładem normalnym oraz brakiem autokorelacji. Normalność rozkładu reszt modeli zostanie zbadana na podstawie testu Jarqua-Bera, który opiera się na założeniu, że kurtoza oraz skośność dla rozkładu normalnego przyjmują wartości odpowiednio 3 i 0 [Maddala 2008]. Następnie przeprowadzony zostanie test na autokorelację reszt – test Breuscha-Godfrey. Test ten polega na obliczeniu reszt równania modelu podstawowego (wzór (25)), a następnie oszacowaniu klasyczną metodą najmniejszych kwadratów równania pomocniczego, w którym zmienną objaśnianą będą reszty, a zmiennymi objaśniającymi będą parametry modelu podstawowego wraz z opóźnionymi resztami [Lutkepohl 2005]. Do wyliczenia wartości statystyki empirycznej posłużono się zmodyfikowanym mnożnikiem Lagrange'a (LMF), który opiera się na statystyce rozkładu F. Proces resztowy jest badany pod względem autokore-

lacji w odniesieniu do liczby opóźnień składnika resztowego. W niniejszej pracy postanowiono ustanowić liczbę badanych opóźnień na cztery – taka liczba jest zalecana dla badania danych kwartalnych [Kufel 2011].

Przyczynowość w sensie Grangera mówi, że zmienna  $Y_1$  jest przyczyną w rozumieniu Grangera zmiennej  $Y_2$  ( $Y_1 \rightarrow Y_2$ ), jeżeli bieżące wartości zmiennej  $Y_1$  można prognozować z większą dokładnością przy użyciu przeszłych wartości  $Y_2$  niż bez ich wykorzystania, przy wszystkich pozostałych warunkach identycznych [Charezma, Deadman 1997]. Testowanie przyczynowości w rozumieniu Grangera sprowadza się zatem do przeprowadzenia testu istotności parametru  $A$ , stojącego przy zmiennej „podejrzewanej” o wpływ na zmienną objaśnianą. Test przeprowadza się, szacując model VAR bez restrykcji, a następnie ten sam model szacuje się z restrykcją nałożoną na parametry modelu, mówiącą o tym, że wszystkie parametry są równe zeru, co *de facto* powoduje szacowanie modelu bez uwzględnienia innych zmiennych objaśniających niż opóźnione wartości zmiennej objaśnianej. Do weryfikacji tego testu można używać mnożnika Lagrange’a (LM) albo testu F. W tej pracy skorzystano z tego drugiego, którego statystyka testowa ma postać:

$$F = \frac{\frac{(RSS_R - RSS_{VAR})}{i}}{\frac{RSS_{VAR}}{t}}, \quad (27)$$

gdzie:  $RSS_R$  – suma kwadratów reszt równania z restrykcjami ( $B_{nji} = 0$ ),  
 $RSS_{VAR}$  – suma kwadratów reszt równania bez restrykcji ( $B_{nji} \neq 0$ ),  
 $i$  – rząd opóźnienia,  
 $j$  –  $j$ -ta zmienna,  
 $n$  –  $n$ -te równanie modelu VAR,  
 $t$  – liczba stopni swobody w równaniu VAR.

W teście tym jest weryfikowana hipoteza zerowa mówiąca o braku przyczynowości wobec hipotezy alternatywnej mówiącej o występowaniu przyczynowości w sensie Grangera:

$$H_0: B_{nj1} = B_{nj2} = \dots = B_{nji} = 0,$$

$$H_1: B_{nj1} \neq 0 \vee B_{nj2} \neq 0 \vee \dots \vee B_{nji} \neq 0.$$

Wartość statystyki krytycznej oblicza się z tablic rozkładu F dla  $F_{i, T-2i-1}$ , gdzie  $T$  to liczebność próby. Jeżeli wartość statystyki empirycznej jest wyższa niż wartość statystyki krytycznej, to hipoteza zerowa zostaje odrzucona na korzyść hipotezy alternatywnej.

Na koniec tego punktu warto zwrócić uwagę na kilka problemów związanych z przyczynowością Grangera. Jedną z wad testu Grangera jest to, że dostarcza on jedynie informacji o zależnościach liniowych między zmiennymi. Oznacza to, że w relacjach, w których zależności mają charakter nieliniowy, test ten będzie nieprzy-



datny<sup>2</sup>. Inną wadą testu przyczynowości Grangera jest całkowita zależność od odpowiedniego doboru zmiennych oraz ich opóźnień. Pominięcie czynników przyczynowych przy konstruowaniu modelu oznacza, że czynniki te nie są reprezentowane na wyjściu. Mimo mankamentów związanych z tą metodą jest ona dobrym narzędziem służącym do identyfikacji powiązań między zmiennymi.

## 5. Wyniki badania

Badania przeprowadzono na kwartalnych przyrostach PKB, eksportu i importu dla Stanów Zjednoczonych Ameryki na danych za okres 1997:Q1 – 2013:Q3, czyli dla 67 obserwacji. Tabela 1 przedstawia wartości statystyki opisowej gospodarki USA w badanym okresie.

**Tabela 1.** Wybrane statystyki opisowe gospodarki USA w latach 1997-2013

	$\Delta$ PKB [%]	$\Delta$ Eksport [%]	$\Delta$ Import [%]
Minimum	-5,03	-14,43	-18,3
Mediana	2,77	6,47	5,19
Maksimum	5,38	15,19	16,91
Średnia	2,35	4,57	5,08

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OECD.

W badanym okresie gospodarka USA rosła średnio o 2,35% rocznie. Okres minimum, czyli spadek PKB o ponad 5%, zanotowano w latach kryzysu – w drugim kwartale 2009 r. Warto zaznaczyć, że amerykańskie PKB od roku 1997 do trzeciego kwartału 2008 r. nie odnotowało spadku, a dopiero lata kryzysu zahamowały gospodarkę USA. Od roku 2010 USA ponownie weszło na ścieżkę wzrostu gospodarczego. Największe spadki importu i eksportu były również odnotowane w drugim kwartale 2009 r. Spadek PKB w tym okresie był prawdopodobnie wywołany ograniczonym popytem wewnętrznym, spowodowanym kryzysem, ale także ograniczonym popytem światowym.

Przed przystąpieniem do konstruowania modeli VAR zbadano stacjonarność zmiennych. Wyniki testu ADF przedstawia tab. 2.

Wszystkie zmienne są stacjonarne wokół stałej. Można to łatwo zaobserwować dzięki  $p$ -wartości, która przyjmując wartości mniejsze niż 5%, informuje o odrzuceniu hipotezy zerowej mówiącej o braku stacjonarności.

<sup>2</sup> Wprawdzie istnieją sposoby zastosowania nieliniowego, lecz są one dużo bardziej skomplikowane oraz często mało zrozumiałe.

**Tabela 2.** Wyniki testu stacjonarności zmiennych

Zmienna	ADF (bez trendu, ze stałą)	
	Stat $t$ , ( $p$ -wart.)	Liczba opóźnień
PKB	-3,2649 (0,021)	1
Eksport	-5,4531 (0,000)	1
Import	-4,7316 (0,000)	1

Źródło: własne obliczenia.

W niniejszym artykule zbudowano trzy dwurównaniowe modele VAR. Model pierwszy opisuje zależności między PKB i eksportem, model drugi zależności między PKB a importem, a model trzeci zależności pomiędzy eksportem i importem.

W kolejnych krokach obliczono liczbę opóźnień modeli (tab. 3) oraz przeprowadzono badanie autokorelacji i normalności reszt modeli (tab. 4). Okazało się, że w drugim równaniu modelu 2 wystąpiła autokorelacja reszt, a zatem mimo że sugerowany rząd opóźnień to 3, zwiększono liczbę opóźnień tego modelu do 4 – testy wykazały brak autokorelacji oraz normalność reszt.

**Tabela 3.** Wyniki testu liczby opóźnień modeli

Model	Rząd opóźnień	Wartość kryterium BIC
Model 1	2	6,9933
Model 2	3	6,7723
Model 3	2	9,1830

Źródło: własne obliczenia.

**Tabela 4.** Wyniki testu autokorelacji i normalności reszt modeli

	Test	JB		LMF	
	Równanie	Wartość $\chi^2$	$p$ -wartość	Wartość F	$p$ -wartość
Model 1	Równanie 1	0,4712	0,790	1,6378	0,178
	Równanie 2	1,9023	0,386	1,6175	0,183
Model 2	Równanie 1	1,5247	0,466	0,9713	0,432
	Równanie 2	2,4773	0,290	1,8794	0,129
Model 3	Równanie 1	1,7592	0,415	1,7638	0,149
	Równanie 2	4,3896	0,111	1,8031	0,141

Źródło: własne obliczenia.

Testy przebiegły pomyślnie, a zatem reszty wszystkich równań mają rozkład normalny oraz cechują się brakiem autokorelacji.

W tabeli 5 zapisano parametry oszacowanych modeli, a tab. 6 zawiera wyniki testu przyczynowości Grangera dla zbudowanych modeli. Szarym kolorem podkreślono  $p$ -wartość, która umożliwi odrzucenie hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu jednej zmiennej na drugą.

**Tabela 5.** Parametry oszacowanych modeli VAR

Model 1	Stała	PKB (-1)	PKB (-2)	Eksport (-1)	Eksport (-2)
PKB	0,3479	1,2925	-0,3474	0,0052	-0,0572
Eksport	0,9160	1,3312	-1,2041	1,1612	-0,4411

Model 2	Stała	PKB (-1)	PKB (-2)	PKB (-3)	PKB (-4)	Import (-1)	Import (-2)	Import (-3)	Import (-4)
PKB	0,4903	1,1434	-0,4105	-0,1518	-0,0681	0,1789	-0,2190	0,1111	0,0510
Import	-0,0098	2,3861	-1,517	-0,5117	0,4088	1,1624	-0,6720	0,2674	-0,1256

Model 3	Stała	Eksport (-1)	Eksport (-2)	Import (-1)	Import (-2)
Eksport	1,1700	1,3196	-0,6314	0,0993	-0,0658
Import	1,1601	0,3748	-0,5526	1,1794	-0,2629

Źródło: własne obliczenia.

**Tabela 6.** Wyniki testu przyczynowości Grangera

Hipoteza zerowa	Statystyka $F$	$p$ -wartość
PKB nie wpływa na eksport	3,2405	0,046
Eksport nie wpływa na PKB	3,7818	0,028
PKB nie wpływa na import	10,254	0,000
Import nie wpływa na PKB	4,8642	0,002
Eksport nie wpływa na import	12,665	0,000
Import nie wpływa na eksport	0,2679	0,766

Źródło: własne obliczenia.

Na poziomie istotności 5% wykazano, że eksport i PKB oraz PKB i import wpływają na siebie wzajemnie, a także to, że eksport wpływa na import.

Badania wpływu handlu zagranicznego na PKB nie są niczym nowym. Analizy tych zjawisk prowadzone są od dziesiątków lat – większość badań potwierdza pozytywny wpływ eksportu i importu na kształtowanie się PKB. W tabeli 7 przedstawiono wybrane badania empiryczne dotyczące zależności między eksportem a PKB.

**Tabela 7.** Wybrane badania empiryczne nad rolą eksportu we wzroście gospodarczym

Autorzy	Grupa badana i okres badania	Wnioski
Michaely [1977]	41 krajów, 1950-1973	potwierdzenie dodatniej zależności między wzrostem gospodarczym a eksportem
Tyler [1981]	kraje o średnim oraz kraje o niskim dochodzie (55 i 49 krajów), 1960-1977	potwierdzenie dodatniej zależności między wzrostem gospodarczym a eksportem
Feder [1982]	32 kraje, 1964-1973	uwzględnienie w badaniu wzrostu PKB wzrostu eksportu znacząco poprawiło wartość objaśniającą modelu
Balassa [1985]	43 „na pół” uprzemysłowione kraje, 1973-1979	potwierdzenie dodatniej zależności między wzrostem gospodarczym a eksportem. Korzystne dla wzrostu gospodarczego zwiększenie wymiany handlowej
Ram [1985]	88 krajów o niskim i średnim dochodzie, 1960-1972 i 1973-1982	potwierdzenie dodatniej zależności między wzrostem gospodarczym a eksportem
Darrat [1987]	4 „azjatyckie tygrysy”, 1955-1982	hipoteza o istotnym wpływie eksportu na wzrost gospodarczy została potwierdzona tylko dla Republiki Korei, dla pozostałych krajów została odrzucona
Greenaway i Sapsford [1994]	19 krajów, które przeszły proces liberalizacji handlu; 1957-1985	potwierdzenie pozytywnej korelacji między wzrostem gospodarczym a eksportem, związek ten nie jest jednak silny
Jin [1995]	4 „azjatyckie tygrysy”, 1976-1993	potwierdzono zależność: wielkość eksportu – wzrost gospodarczy w krótkim okresie, dla drugiego okresu zależność ta nie została potwierdzona
Islam [1998]	15 krajów nowo uprzemysłowionych (NICs) Azji, 1967-1991	potwierdzenie dodatniej zależności między wzrostem gospodarczym a eksportem, ale tylko w pięciu przypadkach była to relacja długookresowa
Vohra [2001]	Indie, Pakistan, Filipiny, Malesja, Tajlandia, 1973-1993	eksport ma pozytywny wpływ na wzrost gospodarczy, szczególnie w przypadkach, gdy kraj osiągnie pewien poziom rozwoju ekonomicznego

Źródło: [Śliwiński 2011, s. 215-216].

## 6. Zakończenie

W artykule zaprezentowano metodę modelowania VAR i przyczynowość Grangera oraz ukazano jej możliwość makroekonomicznego zastosowania. Modele VAR, chociaż łatwe w konstruowaniu, sprawiają wiele problemów związanych z warunkami, jakie muszą spełniać zmienne, reszty itp. Mimo wszystkich tych problemów stanowią dobre narzędzie do identyfikacji związków między zmiennymi i znajdują szerokie zastosowanie nie tylko w ekonomii.

W pracy wykazano przyczynowość (Grangera) między niektórymi zmiennymi handlu zagranicznego oraz dochodu narodowego. Wykazaną przyczynowość  $eksport \rightarrow PKB$  uzasadnić można teorią wzrostu ciągniętego przez eksport. Teoria ta sugeruje, że wzrost eksportu stymuluje wzrost gospodarczy przez zwiększenie produkcji krajowej. Pogląd ten występował poniekąd już w myśli merkantylistów, których polityka polegać miała na promowaniu eksportu oraz ograniczaniu importu. O ile to drugie działanie można przy obecnym poziomie wiedzy uznać za nieuzasadnione, o tyle promocja eksportu znajduje odzwierciedlenie we współcześnie prowadzonej polityce gospodarczej. Wyniki te można również tłumaczyć na podstawie teorii kosztów komparatywnych Davida Ricardo oraz teorii korzyści skali produkcji. Zgodnie z nimi mechanizm wpływu eksportu na PKB przebiega następująco: przez otwarcie na rynek światowy państwo może zwiększyć swój dochód dzięki produkcji i sprzedaży tych towarów, które jest w stanie produkować najtaniej – nastąpi więc specjalizacja w produkcji danego wyrobu. Ponieważ potencjalne, zagraniczne rynki oferują większe korzyści skali, eksport dóbr powoduje zwiększanie się produktywności przez lepszą alokację zasobów i innowacji technologicznych. Produkcja dóbr eksportowych może być również wzmocniona przez kanały, takie jak: dyfuzja technologiczna, uczenie się przez działanie (*learning by doing*) itp.

W artykule udało się potwierdzić również występowanie zjawiska wzajemnego wpływu PKB i importu ( $PKB \rightarrow import$  oraz  $import \rightarrow PKB$ ). W niektórych gospodarkach wydatki na import są sztywne, tj. nie zależą od wielkości produkcji ani sytuacji finansowej danego kraju – jednak są to przypadki stosunkowo rzadkie. W innych gospodarkach wraz ze wzrostem produkcji zwiększa się zapotrzebowanie na surowce i półfabrykaty do tej produkcji potrzebne, a więc udowodnienie wpływu PKB na import wydaje się jak najbardziej uzasadnione. Import zależy również od poziomu dynamiki krajowych dochodów oraz od dynamiki poszczególnych składowych PKB (import zaspokaja różnego rodzaju potrzeby zgłaszane przez poszczególne podkategorie PKB), a więc również uzasadniony jest wpływ importu na PKB.

Wzrost eksportu generuje przychody dewizowe, które determinują poziom i strukturę importu, a więc przyczynowość  $eksport \rightarrow import$  również znajduje swoje uzasadnienie.

## Literatura

- Charezmia W., Deadman D., *Nowa ekonometria*, PWE, Warszawa 1997.
- Gruszczyński M., Kuszewski T., Podgórska M. (red.), *Ekonometria i badania operacyjne. Podręcznik dla studiów licencjackich*, PWN, Warszawa 2009.
- Kufel T., *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL*, PWN, Warszawa 2011.
- Kusideł E., *Modele wektorowo-autoregresyjne VAR: metodologia i zastosowania*, Absolwent, Łódź 2006.
- Lutkepohl H., *New Introduction to Multiple Time Series Analysis*, Springer, Berlin 2005.
- Maddala G.S., *Ekonometria*, PWN, Warszawa 2008.
- Makki S., Somwaru A., *Impact of Foreign Direct Investment and Trade on Economic Growth*, [on-line] <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/2595.pdf>, 12.12.2013 r.
- Mankiw G., *Macroeconomics*, Worth Publishers, New York 2002.
- McNeil L., *International trade and economic growth: A methodology for estimating cross-border R&D spillovers*, [on-line] [http://faculty.arts.ubc.ca/nmalhotra/490/Articles/mcneil\\_example%20of%20literature%20search.pdf](http://faculty.arts.ubc.ca/nmalhotra/490/Articles/mcneil_example%20of%20literature%20search.pdf), 12.12.2013 r.
- Misala J., *Wymiana międzynarodowa i gospodarka światowa. Teoria i mechanizmy funkcjonowania*, SGH, Warszawa 2005.
- Rymarczyk J., *Międzynarodowe stosunki gospodarcze*, PWE, Warszawa 2006.
- Śliwiński P., *Przepływy kapitału międzynarodowego a wzrost gospodarczy w krajach Europy Środkowo-Wschodniej w latach 1994-2008*, Poznań 2011.
- Schmieder E., *The relevance of foreign trade in explaining growth – a look at East Asia*, [on-line] <http://willmann.com/~gerald/awsem/schmieder.pdf>, 12.12.2013 r.

### RELATIONSHIP BETWEEN FOREIGN TRADE AND GDP: VAR MODEL AND GRANGER CAUSALITY

**Summary:** The main goal of this paper is to examine relationships between GDP and international trade (exports and imports). Foreign trade channels which can affect national income have been listed and the impact of trade on GDP was described. Differences between a closed and an open economy are shown. The autoregression vector (VAR) model was used as well as Granger causality test. Quarterly dataset for the USA, the period from 1997:Q1 to 2013:Q3 was used. The results of Granger causality test led us to the conclusion that export causes GDP and also GDP and import affect each other (in Granger causality).

**Keywords:** VAR, Granger, causality, GDP, international trade.