

Aneta KŁODZIŃSKA*

ANALIZA KOINTEGRACJI STÓP PROCENTOWYCH W POLSCE

Zarys treści: Celem artykułu jest określenie czy między stopami procentowymi w Polsce występuje długookresowa zależność. Jako metodę badawczą do realizacji celu zastosowano analizę kointegracji oraz model autoregresji wektorowej dla skointegrowanych szeregów czasowych. Analiza prowadzona jest dla dziennych notowań (tydzień 5 dniowy) stóp procentowych w Polsce obejmujący okres 02.01.2003-22.07.2008.

Słowa kluczowe: stopy procentowe, kointegracja, model VECM.

Wprowadzenie

Stopa procentowa jest jedną z najważniejszych zmiennych ekonomicznych i jest przedmiotem zainteresowania wielu ekonomistów. W ekonomii stopę procentową rozumie się jako miernik przychodu posiadacza kapitału z udostępnienia go innym. W modelach makroekonomicznych pełni kluczową rolę w mechanizmie równowagi krótkookresowej. Oddziałując na inwestycje wpływa na wielkość globalnego popytu. Zachowanie się stóp procentowych ma także kluczową rolę w mechanizmie oddziaływania polityki monetarnej na gospodarkę.

W gospodarce mamy do czynienia nie z jedną stopą, lecz całą wiązką stóp procentowych. Najczęściej dzielone są one według terminu, ale mogą być też dzielone według klasy ryzyka, typu emitenta, statusu podatkowego.

Zgodnie z najpopularniejszym kryterium, stopy procentowe dzielimy pod względem terminu do wykupu na stopy procentowe krótkookresowe i długookresowe. Stopy procentowe krótkookresowe są związane z operacjami zawieranymi na okres nie przekraczający jednego roku i są traktowane jako instrumenty rynku pieniężnego. Natomiast stopy procentowe długookresowe, dla operacji o terminie zapadalności dłuższym niż jeden rok, są traktowane jako instrumenty rynku kapitałowego.

* mgr Aneta Kłodzińska, Zakład Ekonometrii, Instytut Ekonomii i Zarządzania, Politechnika Koszalińska

Stopa procentowa silnie wpływa na realne procesy gospodarcze, a polityka stóp procentowych jest jednym z najstarszych i jednocześnie jednym z najbardziej kontrowersyjnych narzędzi oddziaływania banku centralnego na gospodarkę. Wszystkie stopy procentowe mają tendencję do poruszania się w tym samym kierunku, ale niekoniecznie w identyczny sposób. Właśnie dlatego powiązania pomiędzy stopami procentowymi są przedmiotem analiz empirycznych zarówno na świecie jak i w Polsce. Najczęściej weryfikowaną hipotezą ekonomiczną jest teoria oczekiwań. Jednym z obszarów analiz jest badanie wzajemnych relacji stóp procentowych krótkookresowych i długookresowych [Lange 2005], [Mankiw 1986], [Ziarko-Siwiek, Kamiński 2003], [Rembeza i Przekota 2008], [Świętoń 2002], których celem jest poznanie powiązań pomiędzy tymi stopami oraz określenie siły, kierunku i czasu oddziaływania tych powiązań. Znajomość struktury terminowej stóp procentowych pozwala nie tylko na szacowanie ryzyka kredytowego, ale także na wycenę instrumentów pochodnych na stopę procentową. Pozwala odczytać przewidywane przez rynek przyszłe stopy procentowe. Zagadnienie to jest o tyle interesujące, że narzędzia polityki monetarnej wpływają głównie na stopy krótkookresowe, natomiast dla realnej gospodarki ważniejsze są stopy długookresowe.

Metodologia

Od lat osiemdziesiątych XX wieku nastąpił silny rozwój ekonometrii finansowej. Przyczynił się do tego rozwój technik informacyjnych oraz informatycznych, dzięki któremu wzrosła powszechność dostępu do wysokiej jakości danych finansowych oraz zwiększyła się moc obliczeniowa komputerów. Spowodowało to rozwój modelowania wielowymiarowych procesów stochastycznych. Narzędziem ekonometrii jest model opisujący zależności między zmiennymi ekonomicznymi, a także jest narzędziem weryfikacji tych powiązań. Zazwyczaj zmienne ekonomiczne nie charakteryzują się stacjonarnością, dlatego powiązania pomiędzy zmiennymi ekonomicznymi najczęściej są opisywane za pomocą analizy kointegracji.

Hipoteza badawcza zakłada występowanie łącznego mechanizmu wyjaśniającego zmiany wartości stóp procentowych krótko- i długookresowych w Polsce. Jeżeli podobieństwo zachowania zmiennych sugeruje istnienie relacji długookresowych, wtedy - chcąc zbudować model opisujący zarówno relacje krótko- i długookresowe - należy pozostać na poziomach zmiennych pierwotnych i odwołać się do koncepcji kointegracji. W tym celu poszukuje się takiej kombinacji liniowej zmiennych niestacjonarnych, ale zintegrowanych, która będzie zintegrowana niższego rzędu. Znalezienie takiej kombinacji liniowej pozwala zbudować model, w którym współczynniki kointegrujące odzwiercie-

dla długookresowe relacje między badanymi zmiennymi, natomiast mechanizm korekty błędem uwzględnia procesy dostosowawcze. Występowanie kointegracji potwierdza zatem istnienie trwałej, długookresowej relacji pomiędzy analizowanymi szeregami czasowymi.

Zgodnie z ogólnymi zasadami statystyczna weryfikacja hipotez w analizie kointegracyjnej na podstawie modeli VAR przeprowadzona zostanie w następujących etapach:

- zbadanie stopnia integracji zmiennych wybranych do modelu: przeprowadzenie testu Dickeya-Fullera z poprawką autokorelacyjną (ADF) oraz test Kwiatkowskiego-Phillipsa-Schmidta-Shina (KPSS). Do określenia optymalnej liczby opóźnień w modelu autoregresyjnym zostanie wykorzystane kryterium informacyjne Akaike oraz kryterium Schwarz'a¹;
- zbadanie rzędu kointegracji poprzez zastosowanie metody Johansena opartej na teście śladu macierzy i teście maksymalnej wartości własnej macierzy, co pozwoli na analizę długookresowych związków między badanymi stopami procentowymi. Na podstawie procedury Johansena zostanie ustalona liczba związków kointegrujących (r)²;
- dla badanych stóp procentowych zostanie przeprowadzona analiza egzogeniczności³;
- zostanie zbudowany r równaniowy warunkowy model wektorowej autoregresji z wbudowanym mechanizmem korekty błędów (VECM), który wyjaśnia ich bieżące zmiany z uwzględnieniem odchylenia od relacji długookresowej.

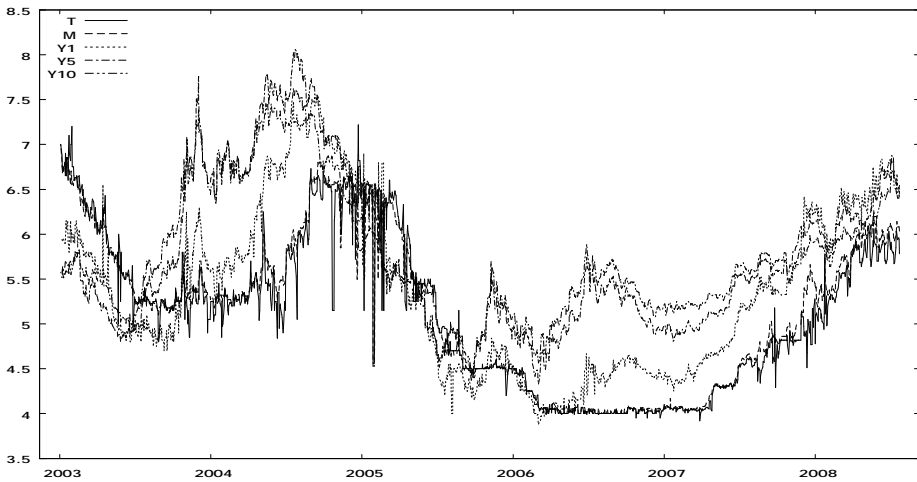
Analiza empiryczna

Przedmiotem badania empirycznego są szeregi czasowe stóp procentowych w Polsce w okresie 02.01.2003-22.07.2008 udostępnione przez NBP. W analizie kointegracji stóp procentowych krótkookresowych i długookresowych wykorzystano stopy procentowe tygodniowe (T), jednomiesięczne (M), jednoroczne (Y1), pięcioletnie (Y5) oraz dziesięcioletnie (Y10). Obliczenia wykonano w programie GRETL. Kształtowanie się stóp procentowych w badanym okresie przedstawiono na rysunku 1.

¹ Charemza W. W., Deadman D. F. (1997), *Nowa ekonometria*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

² Johansen S. (1988): *Statistical Analysis of Cointegration Vectors*, Journal of Economic Dynamics and Control, nr 12.

³ Osińska M. (2006), *Ekonometria finansowa*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.



Rysunek 1. Stopy procentowe w Polsce w okresie 02.01.2003-22.07.2008

Figure 1. Polish interest rates in the period 02.01.2003-22.07.2008

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own elaboration

Pierwszym etapem badania była analiza stopnia integracji poziomów wybranych zmiennych, poprzez testowanie pierwiastków jednostkowych.

Analiza stopnia integracji zmiennych dała jednoznaczne wyniki dla rozważanych szeregów czasowych. Wartości testu ADF pozwalają przypuszczać, że we wszystkich szeregach czasowych poziomów zmiennych występuje pierwiastek jednostkowy, co oznacza, że szeregi są co najmniej stopnia $I(1)$. Natomiast w przypadku przyrostów poziomów zmiennych odrzucono hipotezę zerową na rzecz hipotezy alternatywnej o stacjonarności szeregu, co oznacza, że przyrosty są zintegrowane stopnia zero. W przypadku testu KPSS, dla poziomów zmiennych odrzucono hipotezę zerową o stacjonarności szeregu we wszystkich przypadkach na korzyść hipotezy alternatywnej, natomiast w przypadku pierwszych różnic nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o stacjonarności szeregów przyrostów zmiennych.

Wyniki te dają podstawę do specyfikacji i testowania modelu wektorowo-autoregresyjnego dla poziomów wybranych stóp procentowych.

W analizie wektorowej kointegracji badano model dla poziomów zmiennych T, M, Y1, Y5 i Y10. Wyniki testowania rzędu autoregresji w rozpatrywanym modelu w oparciu o kryteria informacyjne Akaike (ACI), Schwarz'a (SBC) oraz statystyki LR dają podstawy do przyjęcia w dalszych badaniach rzędu autoregresji $k = 3$. Problem wyboru opóźnienia nie jest jednoznaczny i w ogólnym przypadku może wpłynąć na wyniki analizy kointegracyjnej. Długość opóźnień

odpowiada długości reakcji na odchylenia od równowagi długookresowej, co wynika z interpretacji mechanizmu korekty błędem. Wartości k nie powinny wówczas być zbyt duże, gdyż korekta ta powinna wystąpić w dość krótkim czasie. Znaczenie tego problemu jest podkreślane w wielu pracach [Charemza, Deadman 1997]. Liczbę wektorów własnych określono za pomocą testów maksymalnej wartości własnej oraz testu śladu macierzy.

Tabela 1. Wartości statystyk dla testu śladu macierzy

Table 1. Statistical value for trace test

Hipoteza H_0 H_A		Wartość własna	Test śladu	wartość p
$r=0$	$r \geq 1$	0,15285	341,05	0,0000
$r \leq 1$	$r \geq 2$	0,039488	101,19	0,0000
$r \leq 2$	$r \geq 3$	0,018257	42,935	0,0051
$r \leq 3$	$r \geq 4$	0,0089851	16,291	0,1638
$r \leq 4$	$r=5$	0,0022382	3,2401	0,5469

Źródło: Obliczenia własne

Source: Own elaboration

Przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$ w weryfikacji hipotez o istnieniu różnych od siebie wektorów kointegrujących można stwierdzić, że występują trzy takie wektory (tabela 1). Potwierdzeniem tego faktu jest przeprowadzenie testu maksymalnej wartości własnej (tabela 2).

Tabela 2. Wartości statystyk dla testu maksymalnej wartości własnej

Table 2. Statistical value for maximum eigenvalue test

Hipoteza H_0 H_A		Wartość własna	Test Lmax	wartość p
$r=0$	$r=1$	0,15285	239,86	0,0000
$r=1$	$r=2$	0,039488	58,258	0,0000
$r=2$	$r=3$	0,018257	26,644	0,0093
$r=3$	$r=4$	0,0089851	13,051	0,1357
$r=5$	$r=5$	0,0022382	3,2401	0,5458

Źródło: Obliczenia własne

Source: Own elaboration

Podobnie jak w poprzednim teście otrzymano, że na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ można uznać istnienie trzech wektorów kointegrujących.

Procedura Johansena pozwoliła nie tylko na określenie, czy pomiędzy badanymi zmiennymi występują relacje kointegrujące, ale także na określenie liczby tych relacji. Otrzymano, że liczba relacji kointegrujących jest równa trzy, co jest punktem wyjścia do budowy trójrównaniowego warunkowego modelu

korekty błędu. W tym celu przeprowadzono analizę egzogeniczności zmiennych wybranych do analizy empirycznej, na podstawie której stwierdzono, że zmienne T i Y10 można traktować jako zmienne egzogeniczne dla systemu. Wyniki estymacji relacji długookresowych dla systemu [M Y1 Y5]; [const T Y10] przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Wektory kointegrujące

Table 3. Cointegrating vectors

	Wektor β	Wektor β_2	Wektor β_3
M	1,0000	0,00000	0,00000
Y1	0,00000	1,0000	0,00000
Y5	0,00000	0,00000	1,0000
Const	0,39257	1,1852	0,66132
T	-0,73723	-0,10971	0,082078
Y10	-0,31083	-1,0495	-1,1865

Źródło: Obliczenia własne

Source: Own elaboration

Otrzymane wektory kointegracyjne β_1 , β_2 , β_3 są znormalizowane, tzn. każdy z wektorów własnych odpowiada wartościom charakterystycznym, został pomnożony przez odpowiednio dobraną stałą, tak aby elementy na przekątnej były równe 1.

Kolejnym krokiem było oszacowanie warunkowego modelu VECM, który odzwierciedlałby bieżące zmiany z uwzględnieniem odchyłeń od relacji długookresowej badanych stóp procentowych. Oszacowane parametry modelu VECM przedstawiono w tabeli 4.

Po oszacowaniu parametrów równań dla modelu VECM okazuje się, że zarówno w równaniu określonym dla stóp procentowych miesięcznych jak i rocznych większość oszacowanych parametrów okazuje się istotna statystycznie, czyli zmiany w poprzednich okresach notowań pozostałych stóp przyjętych w modelu wpływają na poziom badanej stopy. Natomiast stopy procentowe pięcioletnie zależą tylko od swoich wcześniejszych poziomów.

Analiza kointegracji jest jedynie wstępnym etapem weryfikacji powiązań pomiędzy stopami procentowymi, nie mniej już na tym etapie przeprowadzonych analiz można wnioskować, że pomiędzy badanymi stopami procentowymi występuje długookresowa relacja.

Tabela 4. Wyniki estymacji modelu VECM**Table 4.** Estimates results of the VECM

Zmienna	Równanie D_M	Równanie D_Y1	Równanie D_Y5
D_M(-1)	-0,173219*** (0,0252275)	-0,06535*** (0,0231964)	-0,00773804 (0,0135043)
D_M(-2)	-0,307438*** (0,0244049)	0,0269596 (0,0224400)	-0,0129415 (0,0130639)
D_Y1(-1)	-0,146073*** (0,0301783)	-0,37745*** (0,0277486)	0,0204251 (0,0161545)
D_Y1(-2)	-0,0371806 (0,0290285)	-0,16232*** (0,0266914)	0,0207633 (0,0155390)
D_Y5(-1)	0,153973*** (0,0504359)	0,149008*** (0,0463752)	0,133152*** (0,0269984)
D_Y5(-2)	0,0606137 (0,0503283)	0,0299555 (0,0462762)	-0,0660734** (0,0269407)
EC1	-0,216837*** (0,0211924)	-0,00566523 (0,0194862)	-0,00158768 (0,0113443)
EC2	0,104304*** (0,0144230)	-0,05203*** (0,0132617)	0,00915927 (0,00772062)
EC3	-0,088167*** (0,0282252)	0,0885684*** (0,0259527)	-0,043268*** (0,0151090)

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own elaboration

Zakończenie

Uzyskane rezultaty sugerują, że między badanymi stopami procentowymi w Polsce występują długookresowe relacje. Badania przeprowadzono za pomocą analizy kointegracji oraz modelu autoregresji wektorowej dla skointegrowanych szeregów czasowych.

Test kointegracji na poziomie 5% wskazuje na długookresową zależność między szeregami czasowymi. Wyznaczono trzy równania kointegrujące. Na podstawie analizy egzogeniczności stwierdzono, że stopy procentowe tygodniowe oraz stopy procentowe dziesięcioletnie można traktować jako zmienne egzogeniczne dla systemu [M Y1 Y5]. Na podstawie oszacowanego modelu VECM można stwierdzić, że parametry determinujące szybkość dostosowań zmiennych do stanu równowagi wykazują, że odchylenia od tego stanu równowagi były korygowane. Zatem można uznać, że w długim okresie czasu badane stopy procentowe będą dążyły do stanu równowagi.

Bibliografia

1. Charemza W. W., Deadman D. F. (1997), *Nowa ekonometria*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
2. Johansen S. (1988): *Statistical Analysis of Cointegration Vectors*, Journal of Economic Dynamics and Control, nr 12.
3. Lange R.H.(2005): Determinants of the long-term yield in Canada: an open economy VAR approach. *Applied Economics*, nr 37, s. 681- 693.
4. Mankiw G.N.(1986): The term structure of interest rates revisited. *Brooking Papers on Economic Activity*, nr 1, s. 61-110.
5. Osińska M. (2002), *Analiza szeregów czasowych na początku XXI wieku*, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
6. Osińska M. (2006), *Ekonometria finansowa*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
7. Rembeza J., Przekota G. (2008) Using the VAR model in time-structure analysis of interest rates in Poland, *Acta Universitatis Lodziensis Folia Oeconomica* (w druku).
8. Świętoń M. (2002), Terminowa struktura dochodowości skarbowych papierów wartościowych w Polsce w latach 1998-2001, *NBP Materiały i studia*, nr 150, s. 1- 94.

ANALYSIS OF CO-INTEGRATION INTEREST RATE IN POLAND

In this paper are presented an empirical analysis of co-integration interest rates in Poland. The models are estimated whit the Johansen co-integration methodology. The data used is daily interest rates in the period 02.01.2003-22.07.2008. The findings reveals a co-integration relation. There is long-run relationship between interest rates In Poland.

Key words: interest rates, co-integration, model VECM.