



Agnieszka Przybylska-Mazur

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Ekonomii
Katedra Metod Statystyczno-Matematycznych w Ekonomii
agnieszka.przybylska-mazur@ue.katowice.pl

ZASTOSOWANIE TEORII STEROWANIA DO OCENY SKUTECZNOŚCI POLITYKI PIENIĘŻNEJ I FISKALNEJ

Streszczenie: Ocena skuteczności polityki pieniężnej i fiskalnej jest często przeprowadzana na podstawie mnożników polityki pieniężnej i polityki fiskalnej. W artykule ocena skuteczności polityki pieniężnej i fiskalnej zostanie wykonana na podstawie teorii sterowania optymalnego. W celu oceny skuteczności zostaną porównane oczekiwane koszty dobrobytu w trzech przypadkach: oba instrumenty polityki pieniężnej i fiskalnej określone na podstawie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym, jak również jeden z instrumentów określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast drugi jako instrument pasywny.

Słowa kluczowe: teoria sterowania, koszt dobrobytu, skuteczność polityki, polityka pieniężna, polityka fiskalna.

JEL Classification: C58, D61, E52, E62.

Wprowadzenie

Działania państwa wpływające na sytuację gospodarczą kraju i na jego rozwój są podejmowane poprzez realizację polityki gospodarczej. Przy realizacji polityki gospodarczej w krótkim i średnim okresie podstawowe znaczenia mają polityka pieniężna i fiskalna. W artykule sprawdzono, czy lepsze efekty przynosi przy realizacji założonych celów koordynacja polityki fiskalnej z polityką pieniężną, czy należy brać pod uwagę tylko optymalne decyzje jednej z polityk.

Celem artykułu jest wykorzystanie sterowania optymalnego do oceny skuteczności polityki pieniężnej i fiskalnej. Sterowanie optymalne jest szczególną metodą sterowania, w której sygnał sterujący, w artykule instrumenty polityki pieniężnej lub fiskalnej, optymalizują pewne kryterium kosztu. W sterowaniu optymalnym poszukuje się takiego sterowania dla danego układu, przy którym zostaną spełnione pewne kryteria optymalności. Problem sterowania ujmuje funkcjonal kosztów, który jest funkcją stanu i zmiennych związanych ze sterowaniem.

Należy dodatkowo zaznaczyć, że teoria sterowania zajmuje się analizą i modelowaniem matematycznym obiektów i procesów różnej natury, w artykule procesów modelujących politykę gospodarczą, traktowanych jako układy dynamiczne ze sterowaniem. Skonstruowany model pozwala na syntezę układu regulacji przez wprowadzenie regulatora sterującego danym obiektem lub procesem tak, aby ten zachowywał się w pożądanym sposób, czyli aby zmienne odchyłały się minimalnie od swoich wartości poświadanych. W przypadku polityki pieniężnej i fiskalnej regulatorami sterującymi są instrumenty tych polityk.

Uwzględniając jako podstawę polityki społeczno-gospodarczej państwa ekonomię dobrobytu oraz bazując na podstawach teoretycznych teorii sterowania, w wymiarze teoretycznym w artykule zdefiniowano kryterium wyboru oparte na tak zwanym koszcie dobrobytu przedstawiającym odchylenia zmiennych stanu takich jak inflacja i PKB od ich wartości poświadanych. Wartość oczekiwana kosztu dobrobytu, zwana w skrócie oczekiwanym kosztem dobrobytu, została wykorzystana do oceny gospodarek bazujących na różnych założeniach w celu identyfikowania wyboru najbardziej poświadanego. Zatem skuteczność polityki pieniężnej i fiskalnej została oceniona przez porównanie oczekiwanych kosztów dobrobytu obliczonych dla trzech przypadków:

- instrumenty polityki pieniężnej i fiskalnej określone na podstawie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym,
- instrument polityki pieniężnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki fiskalnej będący instrumentem pasywnym,
- instrument polityki fiskalnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, a instrument polityki pieniężnej określony jako instrument pasywny.

Założymy, że wartości instrumentu pasywnego zmieniają się w stałym tempie w horyzoncie planowania. W modelu polityki gospodarczej jako warunek ograniczający wzięto pod uwagę prosty model dynamiczny z addytywnym zaburzeniem. Należy zauważyć, że modele polityki gospodarczej mogą stanowić

podstawę do wyznaczenia strategii, której efektem jest osiągnięcie w przyszłości pożądaných wartości wybranych zmienných, takich jak na przykład inflacja i produkcja.

Alternatywnym do sterowania optymalnym sposobem modelowania polityki gospodarczej i prognozowania wskaźników makroekonomicznych jest analiza wykorzystująca transformatę falkową (patrz np. Hadaś-Dyduch, 2015a, 2015b).

1. Polityka fiskalna i pieniężna oparte na regułach i ich wpływ na gospodarkę

Polityka fiskalna obejmuje decyzje rządu na temat deficytu budżetowego i/lub długu publicznego oraz/lub wielkości i struktury wydatków publicznych. Natomiast podstawowym narzędziem polityki pieniężnej są stopy procentowe.

Jednym ze sposobów podejmowania decyzji są decyzje oparte na regułach. Przy prowadzeniu polityki fiskalnej opartej na regułach fiskalnych zostaje wzmocniona ostrożność polityki fiskalnej i obiektywność w realizacji polityki budżetowej, natomiast polityka pieniężna prowadzona na podstawie reguł prowadzi do osiągnięcia podstawowego celu strategii bezpośredniego celu inflacyjnego, czyli do stabilności cen [Przybylska-Mazur, 2014a].

Reguły fiskalne i reguły polityki pieniężnej mają istotny wpływ na gospodarkę. Zatem istnieje wiele korzyści dla gospodarki wynikających ze stosowania tych reguł. Korzyściami wynikającymi ze stosowania reguły zrównoważonego budżetu są stabilizacja gospodarcza oraz ograniczanie długu. Stabilność fiskalna, jako integralna część stabilności makroekonomicznej, będzie wzmocniać ochronę gospodarki danego kraju przed różnego rodzaju wstrząsami. Jeżeli konieczny jest impuls fiskalny dla pobudzenia koniunktury w okresie recesji gospodarczej, to należy dopuścić możliwość pojawienia się deficytu budżetowego. Impuls fiskalny nie może jednak prowadzić do trwałego narastania długu publicznego. W związku z tym stosowany model polityki fiskalnej powinien prowadzić do długoterminowego stabilnego wzrostu gospodarczego.

2. Model polityki gospodarczej

Przedstawiony poniżej model optymalizacyjny polityki gospodarczej jest problemem kwadratowo-liniowym, który wykorzystamy do wyznaczenia reguł. Problem kwadratowo-liniowy jest przykładem problemu sterowania determini-

stycznego. W problemie kwadratowo-liniowym funkcja kryterium jest funkcją kwadratową, natomiast jako warunki ograniczające przyjmuje się liniowy model dynamiczny.

Problem kwadratowo-liniowy można sformułować w następujący sposób: dla każdego $t = 1, 2, \dots, T$ należy wyznaczyć sterowanie U_t , dla którego funkcja może być interpretowana jako koszt dobrobytu [Abel, April 1975] określona wzorem:

$$W_t = \frac{1}{2} \sum_{k=t}^T \left((X_k - X_k^*)^T \cdot V \cdot (X_k - X_k^*) \right) \quad (1)$$

lub równoważnie zapisana w postaci:

$$W_t = \frac{1}{2} \sum_{k=t}^T (X_k^T \cdot V \cdot X_k) + \sum_{k=t}^T (X_k^T \cdot v_k) + const \quad (2)$$

gdzie: $v_k = -V \cdot X_k^*$.

osiąga minimum, przy warunku że gospodarka jest modelowana przez model dynamiczny, który można zapisać w postaci macierzowej następująco [Kendrick i Amman, 2011]:

$$X_t = A \cdot X_{t-1} + B \cdot U_t + C \cdot b_t + \varepsilon_t \text{ dla każdego } t = 1, 2, \dots, T \quad (3)$$

z warunkiem początkowym

$$X_0 = \tilde{X}_0 \quad (4)$$

gdzie:

T – horyzont planowania,

X_t – wektor zmiennych stanu w okresie t ,

U_t – wektor sterowania w okresie t ,

b_t – wektor zawierający wyrazy wolne modelu lub niesterowalne zmienne egzogeniczne,

ε_t – wektor składników losowych, $\varepsilon_t \sim N(0, \Omega)$,

X_t^* – wektor pożądanych wartości wektora zmiennych stanu w okresie t ,

\tilde{X}_0 – ustalona wartość początkowa wektora stanu, czyli wektor stanu w czasie $t = 0$,

A – macierz współczynników wektora stanu, tzw. macierz towarzysząca,

B – macierz współczynników wektora sterowania, czyli macierz mnożników wpływu zmiennych sterowania,

V – dodatnio określona symetryczna macierz kar odchyłeń zmiennych stanu od pożądanych wartości zmiennych stanu.

Jeżeli V jest macierzą diagonalną, to elementy na głównej przekątnej są wagami przypisanymi odchyleniom wektora zmiennych stanu od wektora pożądaných wartości zmiennych stanu.

Przy definiowaniu kosztu dobrobytu uwzględniono zasadę optymalności Bellmana [Bubnicki, 2005], która przedstawia, że każdy końcowy odcinek trajektorii optymalnej jest sam dla siebie trajektorią optymalną. Zatem strategia optymalna nie zależy od historii procesu i może być określona wyłącznie na podstawie stanu procesu w danej chwili t . Dlatego uwzględniono koszt dobrobytu od okresu t do okresu końcowego T – horyzontu planowania.

W artykule jako zmienne stanu wzięto pod uwagę wskaźnik inflacji π_t i dynamikę PKB Y_t , czyli $X_t = \begin{bmatrix} \pi_t \\ Y_t \end{bmatrix}$, natomiast wektor pożądaných wartości zmiennych stanu przyjęto równe $X_t^* = \begin{bmatrix} \pi_t^* \\ Y_t^* \end{bmatrix}$, gdzie: π_t^* oznacza cel inflacyjny, Y_t^* – produkcję potencjalną.

Ponadto przyjęto $V = \begin{bmatrix} \lambda_\pi & 0 \\ 0 & \lambda_Y \end{bmatrix}$ dla każdego $t = 1, 2, \dots, T$.

Zadanie (2)-(4) rozwiązujemy, stosując indukcję wsteczną. Na początku wyznaczamy sterowanie U_T , dla którego oczekiwany koszt dobrobytu $E_{T-1}W_T$ w okresie T przy warunku dostępnej informacji w okresie $T - 1$ osiąga wartość minimalną. Następnie wyznaczamy sterowanie U_{T-1} , dla którego oczekiwany koszt dobrobytu $E_{T-2}W_{T-1}$ od okresu $T - 1$ do okresu T przy warunku dostępnej informacji w okresie $T - 2$ osiąga wartość minimalną. Procedurę powtarzamy do momentu wyznaczenia sterowania U_1 w okresie 1.

Jak wspomniano na wstępie, przy ocenie skuteczności polityki pieniężnej i fiskalnej w osiągnięciu zamierzonego celu rozważymy trzy przypadki, które omówiono poniżej, prezentując również optymalne sterowanie w każdym przypadku.

Przypadek 1

Instrumenty polityki pieniężnej i fiskalnej określone na podstawie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym

W tym przypadku U_t jest wektorem sterowania, który w rozważanym modelu dynamicznym opisującym gospodarkę będzie zawierać następujące współrzędne: instrument polityki pieniężnej – stopę procentową i_t oraz instrument

polityki fiskalnej – deficyt sektora finansów publicznych D_t , a dokładniej relację deficytu do PKB. Zatem $U_t = \begin{bmatrix} i_t \\ D_t \end{bmatrix}$, macierz B jest macierzą stopnia 2, natomiast $C \cdot b_t = b$ jest stałym w czasie wektorem wyrazów wolnych.

Wówczas optymalny wektor sterownia – optymalną liniową regułę sprzężenia zwrotnego obliczamy ze wzoru [Kendrick, 1981; Przybylska-Mazur, 2014b, 2016]:

$$U_t = G_t \cdot X_{t-1} + g_t \text{ dla każdego } t = 1, 2, \dots, T \quad (5)$$

gdzie:

G_t – macierz zysku sprzężenia zwrotnego w okresie t ,
 g_t – wektor parametrów sprzężenia zwrotnego w okresie t ,
które obliczamy z następujących wzorów:

dla $t = T$

$$G_T = -\left(B^T \cdot V \cdot B\right)^{-1} \cdot B^T \cdot V \cdot A \quad (6)$$

$$g_T = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot v_T\right)^{-1} \cdot \left[B^T \cdot V \cdot b + B^T \cdot v_T\right] \quad (7)$$

dla $t = T - 1$

$$G_{T-1} = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot A + B^T \cdot Q_1 \cdot A\right) \quad (8)$$

$$g_{T-1} = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot b + B^T \cdot v_{T-1} + B^T \cdot Q_1 \cdot b + B^T \cdot q_1\right) \quad (9)$$

gdzie: $Q_1 = A_1^T \cdot V \cdot A_1$, $q_1 = A_1^T \cdot ((B \cdot g_T + b) + v_T)$, $A_1 = A + B \cdot G_T$

itd.

dla $t = 1$

$$G_1 = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot A + B^T \cdot Q_1 \cdot A + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot A\right) \quad (10)$$

$$g_1 = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot b + B^T \cdot v_{T-1} + \dots + B^T \cdot v_1 + B^T \cdot Q_1 \cdot b + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot b + B^T \cdot q_1 + \dots + B^T \cdot q_{T-1}\right) \quad (11)$$

Na podstawie wyznaczonych optymalnych wartości wektora sterowania obliczamy optymalne minimalne koszty dobrobytu, które wykorzystujemy do porównania skuteczności wyznaczonych reguł.

Przypadek 2**Instrument polityki pieniężnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki fiskalnej jest instrumentem pasywnym**

W tym przypadku U_t jest skalarem, którym jest instrument polityki pieniężnej – stopa procentowa i_t , czyli $U_t = i_t$, natomiast macierz B jest macierzą wymiaru 2×1 złożoną ze współczynników stojących przy stopie procentowej w modelu gospodarki. Ponadto, mamy $b_t = \begin{bmatrix} D_t \\ 1 \end{bmatrix}$, D_t – deficyt sektora finansów publicznych, natomiast C jest macierzą stopnia 2.

Wówczas optymalny instrument polityki pieniężnej – optymalną stopę procentową obliczamy ze wzoru:

$$U_t = G_t \cdot X_{t-1} + g_t \text{ dla każdego } t = 1, 2, \dots, T \quad (12)$$

gdzie:

G_t – macierz zysku sprzężenia zwrotnego w okresie t obliczana ze wzorów (6), (8), (10),

g_t – wektor parametrów sprzężenia zwrotnego w okresie t ,

który obliczamy z następujących wzorów:

dla $t = T$

$$g_T = -\left(B^T \cdot V \cdot B + \right)^{-1} \cdot \left[B^T \cdot V \cdot C \cdot b_T + B^T \cdot v_T\right] \quad (13)$$

dla $t = T - 1$

$$g_{T-1} = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot C \cdot b_{T-1} + B^T \cdot v_{T-1} + B^T \cdot Q_1 \cdot C \cdot b_{T-1} + B^T \cdot q_1^H\right) \quad (14)$$

gdzie: $Q_1 = A_1^T \cdot V \cdot A_1$, $q_1^H = A_1^T \cdot ((B \cdot g_T + C \cdot b_T) + v_T)$, $A_1 = A + B \cdot G_T$ itd.

dla $t = 1$

$$g_1 = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot C \cdot b_1 + B^T \cdot v_{T-1} + \dots + B^T \cdot v_1 + B^T \cdot Q_1 \cdot C \cdot b_1 + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot C \cdot b_{T-1} + B^T \cdot q_1^H + \dots + B^T \cdot q_{T-1}^H\right) \quad (15)$$

Na podstawie wyznaczonych optymalnych wartości wektora sterowania obliczamy optymalne minimalne koszty dobrobytu, które wykorzystujemy do porównania skuteczności wyznaczonych reguł.

Przypadek 3**Instrument polityki fiskalnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki pieniężnej jest instrumentem pasywnym**

W tym przypadku U_t jest skalarem, którym jest instrument polityki fiskalnej – deficyt sektora finansów publicznych D_t , czyli $U_t = D_t$, natomiast macierz B jest macierzą wymiaru 2×1 złożoną ze współczynników stojących przy deficycie sektora finansów publicznych w modelu gospodarki. W tym przypadku mamy również $b_t = \begin{bmatrix} i_t \\ 1 \end{bmatrix}$, i_t – stopa procentowa, natomiast C jest macierzą stopnia 2.

Wówczas optymalny instrument polityki pieniężnej – optymalną stopę procentową obliczamy ze wzoru:

$$U_t = G_t \cdot X_{t-1} + g_t \text{ dla każdego } t = 1, 2, \dots, T \quad (16)$$

gdzie:

G_t – macierz zysku sprzężenia zwrotnego w okresie t obliczana ze wzorów (6), (8), (10),

g_t – wektor parametrów sprzężenia zwrotnego w okresie t , który obliczamy z następujących wzorów:

dla $t = T$

$$g_T = -\left(B^T \cdot V \cdot B + \dots\right)^{-1} \cdot \left[B^T \cdot V \cdot C \cdot b_T + B^T \cdot v_T\right] \quad (17)$$

dla $t = T - 1$

$$g_{T-1} = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot C \cdot b_{T-1} + B^T \cdot v_{T-1} + B^T \cdot Q_1 \cdot C \cdot b_{T-1} + B^T \cdot q_1^{III}\right) \quad (18)$$

gdzie: $Q_1 = A_1^T \cdot V \cdot A_1$, $q_1^{III} = A_1^T \cdot ((B \cdot g_T + C \cdot b_T) + v_T)$, $A_1 = A + B \cdot G_T$ itd.

dla $t = 1$

$$g_1 = -\left(B^T \cdot V \cdot B + B^T \cdot Q_1 \cdot B + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot B\right)^{-1} \cdot \left(B^T \cdot V \cdot C \cdot b_1 + B^T \cdot v_{T-1} + \dots + B^T \cdot v_1 + B^T \cdot Q_1 \cdot C \cdot b_1 + \dots + B^T \cdot Q_{T-1} \cdot C \cdot b_{T-1} + B^T \cdot q_1^{III} + \dots + B^T \cdot q_{T-1}^{III}\right) \quad (19)$$

Na podstawie wyznaczonych optymalnych wartości wektora sterowania obliczamy optymalne minimalne koszty dobrobytu, które wykorzystujemy do porównania skuteczności wyznaczonych reguł.

3. Analiza empiryczna

Do wyznaczenia optymalnych reguł polityki fiskalnej i polityki pieniężnej wzięto dane roczne dotyczące: wskaźnika inflacji (analogiczny okres poprzedniego roku = 100), dynamiki PKB, relacji deficytu sektora finansów publicznych do PKB oraz stopy referencyjnej (średnie wartości roczne). Do analiz wzięto pod uwagę dane dla Polski z okresu 2003-2015. Jako pożądane wartości zmiennej stanu przyjęto: cel inflacyjny, potencjalny PKB wyznaczony na podstawie filtra Holdricka-Prescota. Ponadto określono stałe wartości wag dla każdego t , czyli $V = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$. Jako horyzont planowania przyjęto okres dwóch lat, czyli $T=2$.

W poniższej tabeli zestawiono minimalne koszty dobrobytu w każdym z trzech rozważanych przypadków:

Tabela 1. Minimalne koszty dobrobytu

Horyzont czasu	Minimalny koszt dobrobytu w przypadku:		
	instrumenty polityki pieniężnej i fiskalnej określone na podstawie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym	instrument polityki pieniężnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki fiskalnej rozważany jako instrument pasywny	instrument polityki fiskalnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki pieniężnej określony jako instrument pasywny
$T = 1$	0	10,23	7,26
$T = 2$	$8 \cdot 10^{-30}$	0,36	0,07

Źródło: Opracowanie własne.

Zatem na podstawie przeprowadzonych analiz danych rocznych dla Polski można stwierdzić, że najbardziej skuteczną polityką minimalizującą koszty dobrobytu jest polityka na podstawie reguł sprzężenia zwrotnego stosowanych dla instrumentu polityki pieniężnej i fiskalnej.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono ogólne postacie wzorów na optymalne reguły sprzężenia zwrotnego wyznaczone dla trzech przypadków:

- instrumenty polityki pieniężnej i fiskalnej określone na podstawie sterowania ze sprzężeniem zwrotnym,

- instrument polityki pieniężnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki fiskalnej rozważany jako instrument pasywny,
- instrument polityki fiskalnej określony na podstawie reguły ze sprzężeniem zwrotnym, natomiast instrument polityki pieniężnej określony jako instrument pasywny.

Z przeprowadzonych badań empirycznych wynika, że minimalną wartość kosztów dobrobytu można osiągnąć w pierwszym przypadku, czyli gdy instrumenty polityki pieniężnej i fiskalnej są wyznaczone na podstawie reguły sprzężenia zwrotnego. Zatem przy podejmowaniu optymalnych decyzji jest niezbędna koordynacja polityki pieniężnej i fiskalnej. Dodatkowo stosując sterowanie optymalne przy wyznaczaniu optymalnych reguł polityki pieniężnej i fiskalnej możemy osiągnąć minimalne odchylenie zmiennych stanu od wartości pożądanych tych zmiennych, czyli w rozważanym w pracy modelu inflacji od celu inflacyjnego i PKB od wartości potencjalnej PKB.

Literatura

- Abel A. (1975), *A Comparison of Three Control Algorithms as Applied to the Monetarist-Fiscalist Debate* [w:] „Annals of Economic and Social Measurement”, NBER. Vol. 4, No. 2.
- Bubnicki Z. (2005), *Teoria i algorytmy sterowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Hadaś-Dyduch M. (2014), *Wykorzystanie transformaty falkowej w analizie i predykcji wskaźników makroekonomicznych* [w:] B. Kos (red.), *Transformacja współczesnej gospodarki jako przedmiot badań ekonomicznych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Wydziałowe” nr 187, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Hadaś-Dyduch M. (2015a), *Prognozy instrumentów finansowych generowane współczynnikami falkowymi z rozszerzeniem*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe”, nr 227, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Hadaś-Dyduch M. (2015b), *Wavelets in the Prediction of Short-time Series*, *Mathematical Economics* 11(18), Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Kendrick D.A. (1981), *Stochastic Control for Economic Models*, McGraw-Hill, New York.
- Kendrick D., Amman H. (2011), *A Taylor Rule for Fiscal Policy*, Utrecht School of Economics, Utrecht.
- Przybylska-Mazur A. (2014a), *Rola wybranych reguł sprzężenia zwrotnego w prowadzeniu polityki gospodarczej* [w:] J. Biolik, D. Iskra (red.), *Metody matematyczne i ekonometryczne w finansach i ubezpieczeniach*, „Studia Ekonomiczne”, nr 206, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.

- Przybylska-Mazur A. (2014b), *Zastosowanie deterministycznej teorii sterowania przy wyznaczaniu reguł polityki pieniężnej i fiskalnej* [w:] J. Pociecha (red.), *Statystycy, ekonometrycy i matematycy Polski Południowej dla rozwoju badań społeczno-ekonomicznych*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.
- Przybylska-Mazur A. (2016), *Application of Selected Dynamic Model to the Analysis of the Impact Balanced Budget Rule on the Economy*, The 10th Professor Aleksander Zelas International Conference on Modelling and Forecasting of Socio-Economic Phenomena, Conference Proceedings Edited by Monika Papież and Sławomir Śmiech, Foundation of the Cracow University of Economics, Kraków.

THE APPLICATION OF CONTROL THEORY TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF MONETARY AND FISCAL POLICY

Summary: The evaluation of effectiveness of monetary and fiscal policy is often performed on the basis of multipliers of the monetary policy and fiscal policy. In this paper we use the optimal control framework to analyze the effectiveness of monetary and fiscal policies. In order to evaluate the effectiveness will be compared the expected welfare costs in three cases: two instruments of monetary and fiscal policies determined on the basis of feedback rules, and one of the instruments is determined under feedback rule and the second as a passive instrument.

Keywords: control theory, welfare cost, effectiveness of policy, monetary policy, fiscal policy.