

# PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

# RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 328

**Taksonomia 23**

**Klasyfikacja i analiza danych –  
teoria i zastosowania**

Redaktorzy naukowci

Krzysztof Jajuga, Marek Walesiak



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu  
Wrocław 2014

Redaktor Wydawnictwa: Barbara Majewska

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

[www.ibuk.pl](http://www.ibuk.pl), [www.ebscohost.com](http://www.ebscohost.com),

w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej [www.dbc.wroc.pl](http://www.dbc.wroc.pl),

The Central and Eastern European Online Library [www.ceeol.com](http://www.ceeol.com),

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

[http://kangur.uek.krakow.pl/bazy\\_ae/bazekon/nowy/index.php](http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php)

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się  
na stronie internetowej Wydawnictwa

[www.wydawnictwo.ue.wroc.pl](http://www.wydawnictwo.ue.wroc.pl)

Tytuł dofinansowany ze środków Narodowego Banku Polskiego  
oraz ze środków Sekcji Klasyfikacji i Analizy Danych PTS

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie  
wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
Wrocław 2014

**ISSN 1899-3192** (Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu)

**ISSN 1505-9332** (Taksonomia)

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

## Spis treści

<b>Wstęp</b> .....	11
<b>Małgorzata Rószkiewicz</b> , Wykorzystanie metaanalizy w budowaniu modelu pomiarowego w przypadku braku niezmienniczości zasad pomiaru na przykładzie pomiaru zadowolenia z życia.....	13
<b>Elżbieta Sobczak</b> , Harmonijność inteligentnego rozwoju regionów Unii Europejskiej .....	21
<b>Ewa Roszkowska, Renata Karwowska</b> , Analiza porównawcza województw Polski ze względu na poziom zrównoważonego rozwoju w roku 2010.....	30
<b>Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska, Marcin Błażejowski, Paweł Kufel</b> , Analiza porównawcza wybranych filtrów w analizie synchronizacji cyklu koniunkturalnego.....	41
<b>Marcin Salamaga</b> , Próba konstrukcji tablic „wymierania scenicznego” spektakli operowych na przykładzie Metropolitan Opera.....	51
<b>Iwona Foryś</b> , Wykorzystanie analizy dyskryminacyjnej do typowania rynków podobnych w procesie wyceny nieruchomości niemieszkalnych .....	59
<b>Jerzy Korzeniewski</b> , Selekcja zmiennych w klasyfikacji – propozycja algorytmu .....	69
<b>Sabina Denkowska</b> , Testowanie wielokrotne przy weryfikacji wieloczynnikowych modeli proporcjonalnego hazardu Coxa.....	76
<b>Ewa Chodakowska</b> , Teoria równań strukturalnych w klasyfikacji zmiennych jawnych i ukrytych według charakteru ich wzajemnych oddziaływań .....	85
<b>Iwona Konarzewska</b> , Model PCA dla rynku akcji – studium przypadku .....	94
<b>Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski</b> , Dobór optymalnego zestawu słów istotnych w opiniach konsumentów na potrzeby ich automatycznej analizy	106
<b>Aleksandra Łuczak</b> , Zastosowanie metody AHP-LP do oceny ważności determinant rozwoju społeczno-gospodarczego w jednostkach administracyjnych .....	116
<b>Aleksandra Witkowska, Marek Witkowski</b> , Klasyfikacja pozycyjna banków spółdzielczych według stanu ich kondycji finansowej w ujęciu dynamicznym .....	126
<b>Adam Depta</b> , Zastosowanie analizy korespondencji do oceny jakości życia ludności na podstawie kwestionariusza SF-36v2 .....	135
<b>Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Marek Marciniak, Jerzy Kołodziej</b> , Indukcja reguł dla danych niekompletnych i niezbalansowanych: modele klasyfikatorów i próba ich zastosowania do predykcji ryzyka operacyjnego w torakochirurgii .....	146

<b>Małgorzata Misztal</b> , Wybrane metody oceny jakości klasyfikatorów – przegląd i przykłady zastosowań.....	156
<b>Anna M. Olszewska</b> , Wykorzystanie wybranych metod taksonomicznych do oceny potencjału innowacyjnego województw .....	167
<b>Iwona Bąk</b> , Porównanie jakości grupowań powiatów województwa zachodniopomorskiego pod względem atrakcyjności turystycznej.....	177
<b>Agnieszka Kozera, Joanna Stanisławska, Romana Głowicka-Wołoszyn</b> , Segmentacja gospodarstw domowych według wydatków na turystykę zorganizowaną.....	186
<b>Agnieszka Wałęga</b> , Podejście syntetyczne w analizie spójności ekonomicznej gospodarstw domowych.....	196
<b>Joanna Banaś, Małgorzata Machowska-Szewczyk, Bożena Mroczek</b> , Zastosowanie analizy korespondencji do badania wpływu elektrowni wiatrowych na jakość życia ludności .....	205
<b>Joanna Banaś, Krzysztof Małecki</b> , Klasyfikacja punktów pomiarów ankietowych kierowców na granicy Szczecina z wykorzystaniem zmiennych symbolicznych.....	214
<b>Aneta Becker</b> , Wykorzystanie informacji granularnej w analizie wymagań rynku pracy.....	222
<b>Katarzyna Cheba, Joanna Holub-Iwan</b> , Wykorzystanie analizy korespondencji w segmentacji rynku usług medycznych.....	230
<b>Adam Depta, Iwona Staniec</b> , Identyfikacja czynników decydujących o jakości życia studentów łódzkich uczelni.....	238
<b>Katarzyna Dębowska, Jarosław Kilon</b> , Reguły asocjacyjne w analizie wyników badań metodą Delphi.....	247
<b>Anna Domagała</b> , O wykorzystaniu analizy głównych składowych w metodzie <i>Data Envelopment Analysis</i> .....	254
<b>Alicja Grześkowiak</b> , Analiza wykluczenia cyfrowego w Polsce w ujęciu indywidualnym i regionalnym.....	264
<b>Anna M. Olszewska, Anna Gryko-Nikitin</b> , Pomiar postrzegania jakości kształcenia uczelni wyższej na danych porządkowych z wykorzystaniem środowiska R.....	273
<b>Karolina Paradysz</b> , Hierarchiczna metoda grupowania powiatów jako podejście benchmarkowe w ocenie bezrobocia według BAEL-u w wybranych typach małych obszarów .....	282
<b>Radosław Pietrzyk</b> , Porównanie metod pomiaru efektywności zarządzania portfelami funduszy inwestycyjnych.....	290
<b>Agnieszka Przedborska, Małgorzata Misztal</b> , Wybrane metody statystyki wielowymiarowej w ocenie skuteczności terapeutycznej głębokiej stymulacji elektromagnetycznej u pacjentów z chorobą zwyrodnieniową stawów.....	299

<b>Wojciech Roszka, Marcin Szymkowiak</b> , Podejście kalibracyjne w statystycznej integracji danych .....	308
<b>Iwona Skrodzka</b> , Zastosowanie wybranych metod klasyfikacji do analizy kapitału ludzkiego krajów Unii Europejskiej .....	316
<b>Agnieszka Stanimir</b> , Wielowymiarowa analiza czynników sprzyjających włączeniu społecznemu .....	326
<b>Dorota Strózik, Tomasz Strózik</b> , Przestrzenne zróżnicowanie poziomu życia w województwie wielkopolskim.....	334
<b>Izabela Szamrej-Baran</b> , Identyfikacja przyczyn ubóstwa energetycznego w Polsce przy wykorzystaniu modelowania miękkiego.....	343
<b>Janusz Tuchowski, Katarzyna Wójcik</b> , Klasyfikacja obiektów w systemie Krajowych Ram Kwalifikacji opisanych za pomocą ontologii .....	353
<b>Aleksandra Matuszewska-Janica</b> , Grupowanie krajów Unii Europejskiej ze względu na poziom feminizacji sektorów gospodarczych .....	361
<b>Monika Rozkrut, Dominik Rozkrut</b> , Identyfikacja strategii innowacyjnych przedsiębiorstw usługowych w Polsce .....	369

## Summaries

<b>Małgorzata Rószkiewicz</b> , The use of meta-analysis in building the measurement model in case of the absence of measurement invariance on the example of measuring of life satisfaction.....	20
<b>Elżbieta Sobczak</b> , Harmonious smart growth of European Union regions.....	29
<b>Ewa Roszkowska, Renata Karwowska</b> , The comparative analysis of Polish voivodeships with respect to sustainable development in 2010.....	40
<b>Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska, Marcin Błażejowski, Paweł Kufel</b> , Comparative analysis of chosen filters in business cycles analysis .....	50
<b>Marcin Salamaga</b> , The attempt of construction of the life tables for opera works on the example of the Metropolitan Opera .....	58
<b>Iwona Foryś</b> , Using discriminant analysis to select similar markets in non-residential property valuation process.....	68
<b>Jerzy Korzeniewski</b> , Variable selection in classification – algorithm proposal .....	75
<b>Sabina Denkowska</b> , Multiple testing in the verification process of multifactorial Cox proportional hazards models .....	84
<b>Ewa Chodakowska</b> , The theory of structural equations modelling in the classification of observed variables and latent constructs according to the character of their relationship.....	93
<b>Iwona Konarzewska</b> , Modelling stock market by PCA factor model – case study .....	105

<b>Katarzyna Wójcik, Janusz Tuchowski</b> , Selection of the optimal set of relevant words in consumers opinions in the context of the opinion mining ..	115
<b>Aleksandra Łuczak</b> , Application of AHP-LP to the evaluation of importance of determinants of socio-economic development in the administrative units .....	125
<b>Aleksandra Witkowska, Marek Witkowski</b> , A dynamic approach to the ranking of cooperative banks by their financial condition .....	134
<b>Adam Depta</b> , Application of correspondence analysis for the measurement of quality of life – questionnaire SF-36v2 based research .....	145
<b>Marek Lubicz, Maciej Zięba, Konrad Pawelczyk, Adam Rzechonek, Marek Marciniak, Jerzy Kołodziej</b> , Classification rules extraction for missing and imbalance data: models of classifiers and initial results in the rules-based thoracic surgery risk prediction.....	155
<b>Małgorzata Misztal</b> , Selected methods for assessing the performance of classifiers – an overview and examples of applications.....	166
<b>Anna M. Olszewska</b> , The application of selected quantitative methods to the evaluation of voivodeship innovation level potential.....	176
<b>Iwona Bąk</b> , The comparison of the quality of groupings of poviats of West Pomeranian Voivodeship in terms of tourism attractiveness .....	185
<b>Agnieszka Kozera, Joanna Stanisławska, Romana Głowicka-Wołoszyn</b> , Household segmentation with respect to the expenditure on organized tourism.....	195
<b>Agnieszka Wałęga</b> , Synthetic approach in the analysis of economic coherence of households .....	204
<b>Joanna Banaś, Małgorzata Machowska-Szewczyk, Bożena Mroczek</b> , Using the correspondence analysis to examine the impact of wind turbines on the quality of life.....	213
<b>Joanna Banaś, Krzysztof Małecki</b> , Classification of measurement survey points of drivers on the boundary of Szczecin using symbolic variables...	221
<b>Aneta Becker</b> , The use granular information in the analysis of the requirements of the labor market.....	229
<b>Katarzyna Cheba, Joanna Hołub-Iwan</b> , The application of the correspondence analysis of patients segmentation on the medical service market .....	237
<b>Adam Depta, Iwona Staniec</b> , Identification of the factors that determine the quality of students life at universities in Lodz.....	246
<b>Katarzyna Dębkowska, Jarosław Kilon</b> , Association rules in the analysis of research results the Delphi method .....	253
<b>Anna Domagała</b> , About using Principal Component Analysis in Data Envelopment Analysis .....	263
<b>Alicja Grześkowiak</b> , Analysis of the digital divide in Poland at the individual and regional level .....	272

<b>Anna M. Olszewska, Anna Gryko-Nikitin</b> , Assessment of perception of quality of teaching at an institution of higher learning based on the ordinal data with the utilization of R environment.....	281
<b>Karolina Paradysz</b> , The hierarchical method of grouping poviats as a benchmark approach in the assessment of unemployment by BAEL in selected types of small areas .....	289
<b>Radosław Pietrzyk</b> , Comparison of methods of measuring the performance of investment funds portfolios.....	298
<b>Agnieszka Przedborska, Małgorzata Misztal</b> , Selected multivariate statistical analysis methods in the evaluation of efficacy of deep electromagnetic stimulation in patients with degenerative joint disease .....	307
<b>Wojciech Roszka, Marcin Szymkowiak</b> , A calibration approach in statistical data integration .....	315
<b>Iwona Skrodzka</b> , Application of some methods of classification to the analysis of human capital in the European Union.....	325
<b>Agnieszka Stanimir</b> , Multivariate analysis of social inclusion factors.....	333
<b>Dorota Strózik, Tomasz Strózik</b> , Spatial differentiation of the standard of living in Great Poland Voivodeship .....	342
<b>Izabela Szamrej-Baran</b> , Identification of fuel poverty causes in Poland using soft modelling .....	352
<b>Janusz Tuchowski, Katarzyna Wójcik</b> , Classification of objects in the National Classification Framework described by the ontology.....	360
<b>Aleksandra Matuszewska-Janica</b> , Clustering of European Union states taking into consideration the levels of feminization of economic sectors..	368
<b>Monika Rozkrut, Dominik Rozkrut</b> , Identification of service sector innovation strategies in Poland.....	379

**Tadeusz Kufel, Magdalena Osińska**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**Marcin Błażejowski, Paweł Kufel**

Wyższa Szkoła Bankowa w Toruniu

---

## **ANALIZA PORÓWNAWCZA WYBRANYCH FILTRÓW W ANALIZIE SYNCHRONIZACJI CYKLU KONIUNKTURALNEGO\***

---

**Streszczenie:** Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metodologii oraz analiza efektywności wybranych filtrów w procesie dekompozycji szeregów czasowych opisujących cykl koniunkturalny i ich wpływu na ocenę synchronizacji cykli w wybranych państwach Unii Europejskiej. W analizie wykorzystane zostały następujące metody filtracji szeregów czasowych: Hodricka-Prescotta, Butterwortha, Christiano-Fitzgeralda oraz Baxter-Kinga. Dekompozycja szeregów czasowych w postaci temp wzrostu PKB obserwowanych w latach 1995-2012 wykonana została dla różnych pasm częstotliwości, tak aby można było wskazać użyteczność filtrów dolno- i górnoprzepustowych w ocenie synchronizacji cykli koniunkturalnych. Do oceny stopnia synchronizacji cykli koniunkturalnych wykorzystana została analiza cross-spektralna.

**Słowa kluczowe:** analiza cross-spektralna; filtry Hodricka-Prescotta, Butterwortha, Baxter-Kinga i Christiana-Fitzgeralda; synchronizacja cykli.

### **1. Wstęp**

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie metodologii oraz analiza efektywności wybranych filtrów w procesie dekompozycji szeregów czasowych opisujących cykl koniunkturalny i ich wpływu na ocenę synchronizacji cykli w wybranych państwach Unii Europejskiej. W analizie wykorzystane zostały następujące metody filtracji szeregów czasowych: Hodricka-Prescotta, Butterwortha, Christiana-Fitzgeralda oraz Baxter-Kinga. Dekompozycja szeregów czasowych w postaci temp wzrostu PKB obserwowanych w latach 1995-2012 wykonana została dla różnych pasm częstotliwości, tak aby można było wskazać użyteczność filtrów dolno- i górnoprzepustowych w ocenie synchronizacji cykli koniunkturalnych. Do oceny stopnia synchronizacji cykli koniunkturalnych wykorzystana została analiza cross-spektralna.

---

\* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki na podstawie decyzji numer DEC-2012/07/B/HS4/02927.



## 2. Własności filtrów górnoprzepustowych

W empirycznych badaniach cykli koniunkturalnych najczęściej wykorzystywane są filtry eliminujące częstości zerowe i bliskie zeru (*high-pass filter*) lub filtry wycinające określone częstości (*band-pass filter*). W literaturze przedmiotu znaleźć można zastosowania różnych metod filtracji szeregów czasowych opisujących cykliczność wzrostu gospodarczego, przy czym do najczęściej używanych filtrów należy filtr Hodricka-Prescotta [Hodrick, Prescott 1997], do którego porównywane są inne metody filtracji. Dla przykładu filtr H-P był porównywany z metodą PAT, filtrami Beveridge'a-Nelsona, Rotemberga, Baxter-Kinga i innymi dla całego okresu powojennego w USA w pracy Zarnowitz, Ozyildirim [2002], zaś w pracy Kaiser, Maravall [1999] zastosowano filtr H-P do analizy czterech wskaźników wzrostu gospodarczego w Hiszpanii, wskazując na wady i zalety tego narzędzia. W analizie polskiego cyklu koniunkturalnego Skrzypczyński [2010] wskazuje na przydatność filtru Christiana-Fitzgeralda [Christiano, Fitzgerald 2003].

### 2.1. Podstawowe własności wykorzystanych filtrów

Filtr Hodricka-Prescotta (1997) służy do dekompozycji szeregu czasowego na dwa składniki: trend  $g_t$  i składnik cykliczny  $c_t$ :

$$y_t = g_t + c_t,$$

dla  $t = 1, 2, \dots, T$ . Estymacji składnika trendu  $g_t$  dokonuje się poprzez rozwiązanie minimalizacji funkcji postaci:

$$\min \left[ \sum_{t=1}^T (y_t - g_t)^2 + \lambda \sum_{t=3}^T (\Delta^2 g_t)^2 \right],$$

gdzie  $\lambda$  stanowi rzeczywisty nieujemny parametr wygładzania. Związek parametru  $\lambda$  z momentem odcięcia funkcji wzmacnienia  $\omega_0$ , a zarazem także z długością okresu wyrównywania  $m$  przedstawia poniższa formuła oraz przykłady dla danych kwartalnych w tabeli 1.

$$\lambda = \frac{1}{4 * (1 - \cos(\omega_0)^2)}, \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{m}.$$

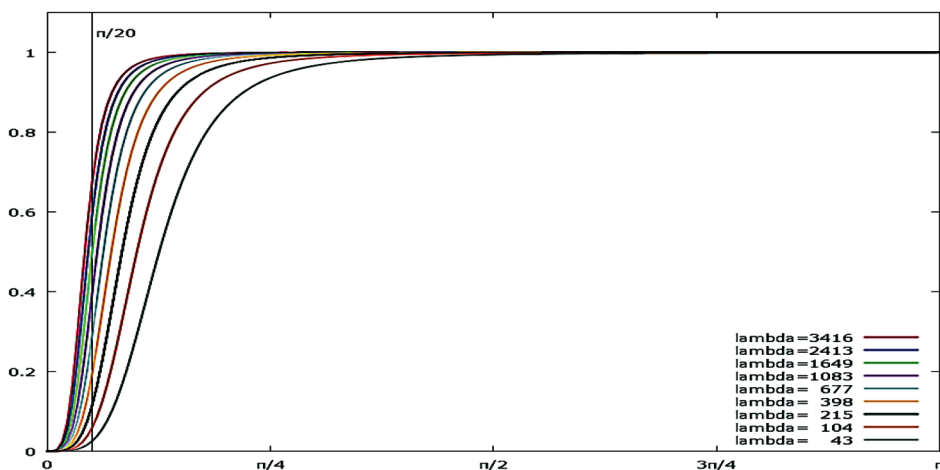
Proponowana przez autorów filtru Hodricka-Prescotta wartość parametru  $\lambda$  dla kwartalnego szeregu czasowego wynosi  $\lambda = 1600$ , co oznacza odcięcie długości 39,7 kwartałów, czyli prawie 10 lat.

Wykres na rys. 1 przedstawia pasma przenoszenia dla górnoprzepustowego filtru Hodricka-Prescotta dla wybranych parametrów  $\lambda$ .

**Tabela 1.** Parametr  $\lambda$  filtru Hodricka-Prescotta dla kwartalnych szeregów czasowych w zależności od długości cyklu –  $m$

Długość cyklu		Omega – $\omega_0$ (w stopniach)	Lambda $\lambda$
lata	$m$ -kwartałów		
12 lat	48	7,5000	3416
11 lat	44	8,1818	2413
10 lat	40	9,0000	1649
<b>~10 lat</b>	<b>39,7</b>	<b>9,0687</b>	<b>1600</b>
9 lat	36	10,0000	1083
8 lat	32	11,2500	677
7 lat	28	12,8571	398
6 lat	24	15,0000	215
5 lat	20	18,0000	104
4 lata	16	22,5000	43

Źródło: obliczenia własne.

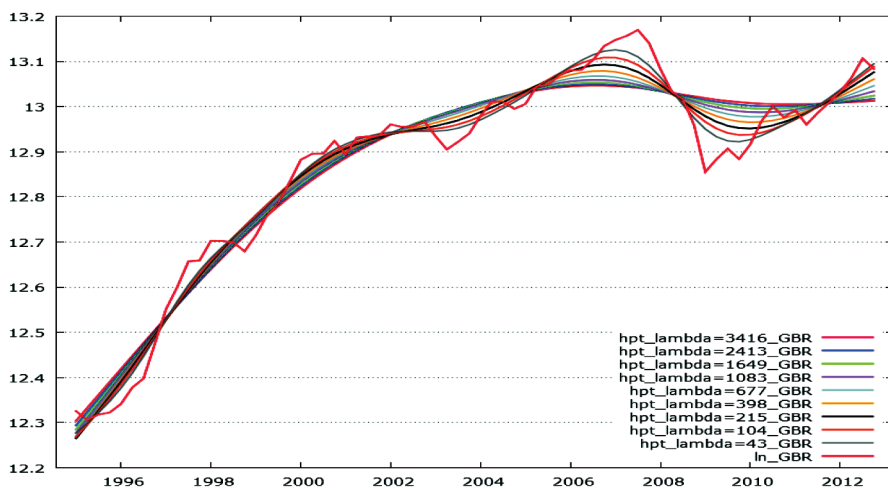


**Rys. 1.** Pasmo przeniesienia filtru Hodricka-Prescotta dla wybranych parametrów  $\lambda$

Źródło: opracowanie własne.

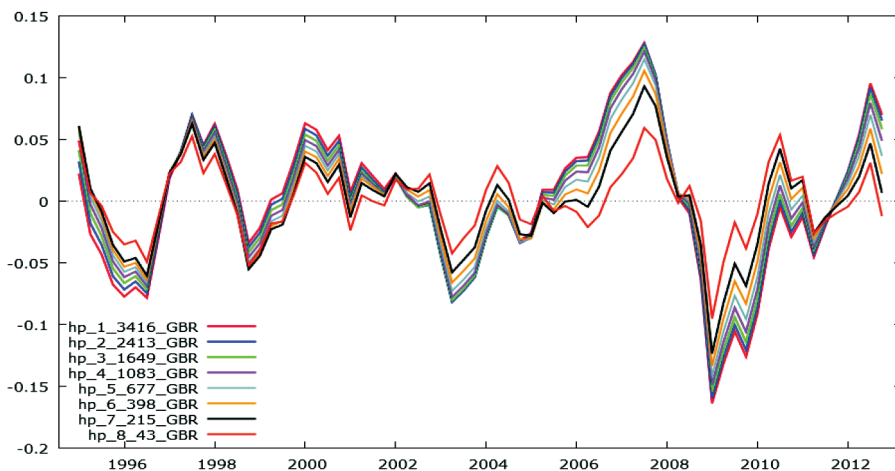
Wykres na rys. 2 i 3 przedstawiają odpowiednio składnik trendowy oraz składnik cykliczny dla wybranych wartości parametru  $\lambda$ , czyli poziomów odcięcia  $\omega_0$ , oraz długości cyklu  $m$ .

Filtr Hodricka-Prescotta jest symetryczny i nie wprowadza przesunięcia fazy, dla ostatnich obserwacji w próbie następuje wzmocnienie skutkujące przesunięciem fazy dla niskich częstotliwości.



**Rys. 2.** Szereg wyrównany za pomocą filtru Hodricka-Prescotta dla wybranych parametrów  $\lambda$  dla PKB Wielkiej Brytanii, obejmujących lata 1995-2012 (dane kwartalne,  $T = 78$ )

Źródło: opracowanie własne.

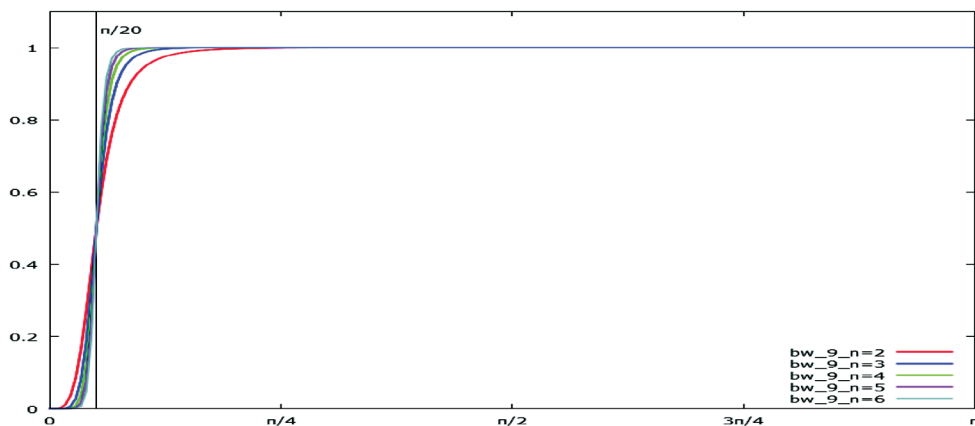


**Rys. 3.** Szereg „cykl” uzyskany za pomocą filtru Hodricka-Prescotta dla wybranych parametrów  $\lambda$  dla PKB Wielkiej Brytanii z lat 1995-2012 (dane kwartalne,  $T = 78$ )

Źródło: opracowanie własne.

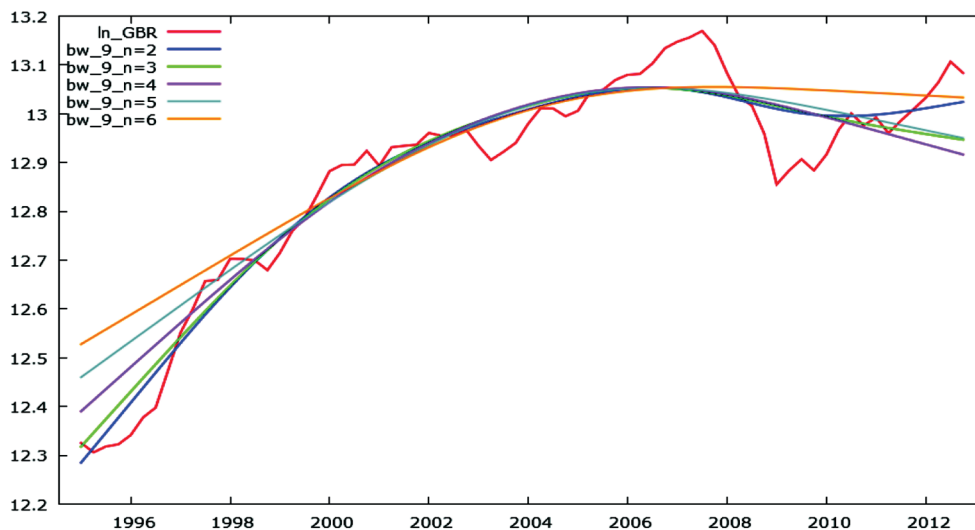
Filtr Butterwortha w wersji zaproponowanej przez Pollocka [2000] jest identyczny z filtrem Hodricka-Prescotta dla przypadku wielomianu stopnia drugiego ( $n = 2$ ). Wykorzystanie filtru o wyższym stopniu wielomianu prowadzi do uzyskania

odcięcia „idealnego”. Przykłady funkcji wzmocnienia dla filtru Butterwortha dla częstotliwości odcięcia  $\pi/20$  oraz wielomianów stopnia  $n = 2, 3, 4, 5$  i  $6$  przedstawia wykres na rys. 4.



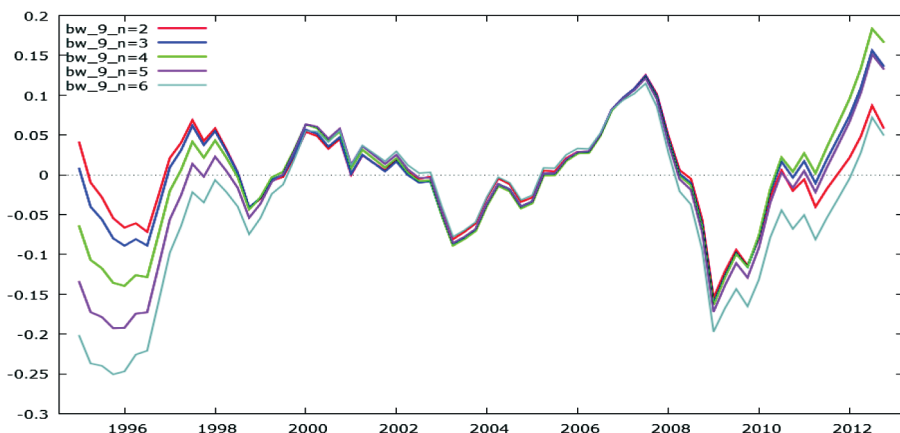
**Rys. 4.** Pasmo przenoszenia filtru Butterwortha dla częstotliwości odcięcia  $\pi/20$  oraz wielomianów stopnia  $n = 2, 3, 4, 5$  i  $6$

Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 5.** Szereg wyrównany za pomocą filtru Butterwortha dla częstotliwości odcięcia  $\pi/20$  oraz wielomianów stopnia  $n = 2, 3, 4, 5$  i  $6$  dla PKB Wielkiej Brytanii z lat 1995-2012 (dane kwartalne,  $T = 78$ )

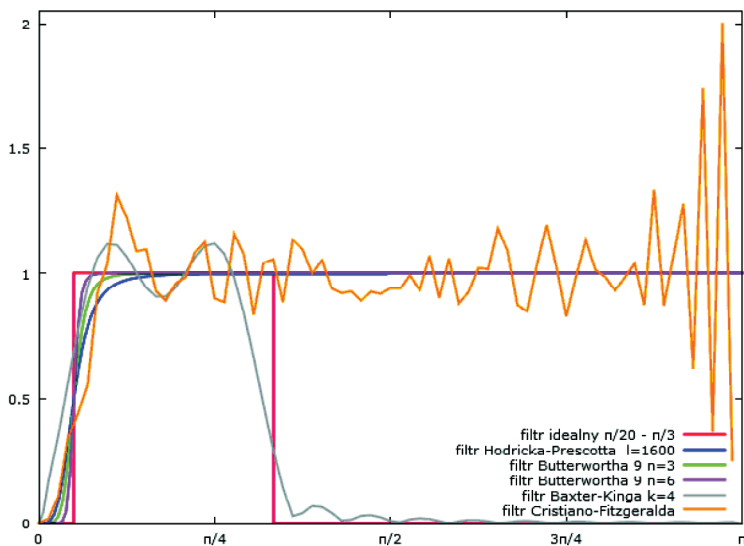
Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 6.** Szereg „cykl” uzyskany za pomocą filtru Butterwortha dla częstości odcięcia  $\pi/20$  oraz wielomianów stopnia  $n = 2, 3, 4, 5$  i  $6$  na przykładzie PKB Wielkiej Brytanii z lat 1995-2012 (dane kwartalne,  $T = 78$ )

Źródło: opracowanie własne.

Filtr Butterwortha w wersji zaproponowanej przez Pollocka [2000] dla średkowych obserwacji w próbie zachowuje się niemal jak filtr idealny, dla ostatnich obserwacji w próbie następuje jednak odchylenie od funkcji transferowej osiągniętej w środku próby, co skutkuje m.in. przesunięciem w fazie.



**Rys. 7.** Pasma przenoszenia filtrów HP, BW, BK i CF dla odcięcia od  $\pi/20$  do  $\pi/3$

Źródło: opracowanie własne.

W analizie cykli koniunkturalnych do eliminacji częstości niskich – bliskich zera wykorzystywane są także filtry: Baxter-Kinga oraz Christiana-Fitzgeralda. Pasma przenoszenia analizowanych filtrów wraz ze wskazaniem idealnego pasma o częstościach odcięcia od  $\pi/20$  do  $\pi/3$ , czyli dla cykli od 3 do 10 lat (od 12 do 40 kwartałów) przedstawia wykres na rys. 7.

Ważnymi cechami tych filtrów są:

- Baxter-King [1999] – filtracja w dziedzinie czasu skutkuje utratą  $k$  obserwacji na początku szeregu oraz  $k$  obserwacji na końcu szeregu, co nie pozwala na wykorzystanie przefiltrowanych szeregów do modelowania i prognozowania,
- Christiano-Fitzgerald [2003] – filtr ten nie jest ani symetryczny, ani niezależny od czasu, wprowadza przesunięcie fazy pomiędzy szeregiem oryginalnym a przefiltrowanym, które dla danych kwartalnych może osiągnąć nawet 1,6 okresu, wzmacnia nadmiarowo wysokie częstości. Filtr ten zalecany jest dla procesów  $I(1)$ , a w analizowanych przypadkach wszystkie procesy podlegały wcześniejszej filtracji.

W swoich pracach Skrzypczyński [2006, 2010] wskazuje na przydatność w analizie polskiego cyklu filtru Hodrika-Prescotta oraz filtru Christiano-Fitzgeralda.

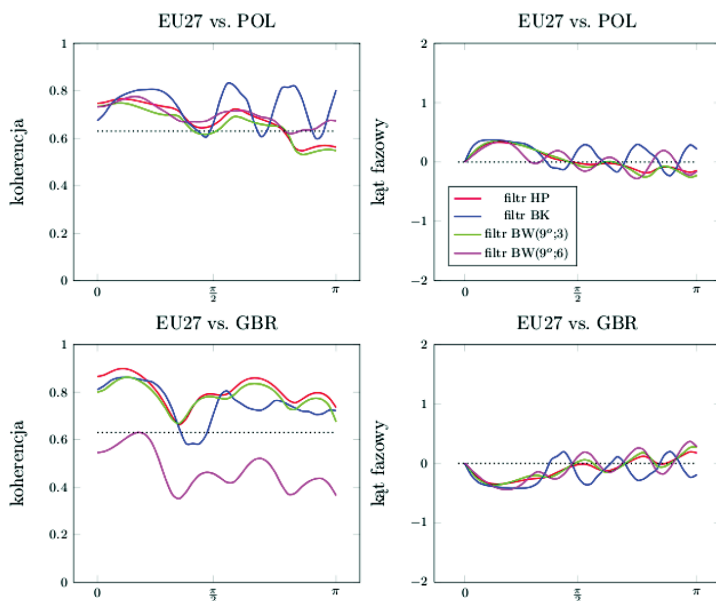
Analiza pasm przenoszenia wskazuje, że wysoką użyteczność filtrów Hodricka-Prescotta oraz filtru Butterwortha, dla których można jednoznacznie określić częstość odcięcia oraz nie ma zniekształceń filtrowanych procesów. Wnioski dotyczące sfer zastosowania analizy spektralnej można znaleźć w pracach: [Baxter, King 1999; Bergman 2007; Christiano, Fitzgerald 2003; Gächter, Riedl, Ritzberger-Grünwald 2012; Inklaar, De Haan 2001; Eickmeier, Breitung 2006; Estrella 2007; Stock, Watson 2005; Zarnowitz, Ozyildirim 2002; Zieliński, Talaga 1986].

### 3. Analiza empiryczna synchronizacji cykli koniunkturalnych w wybranych państwach UE

Przedmiotem badania empirycznego jest porównanie wybranych metod filtracji składnika długookresowego i ich wpływu na efektywność oceny synchronizacji cyklu koniunkturalnego w wybranych państwach Unii Europejskiej, na podstawie kwartalnych szeregów czasowych dla realnego PKB, z których oczyszczono sezonowość za pomocą metody TRAMO/SEATS.

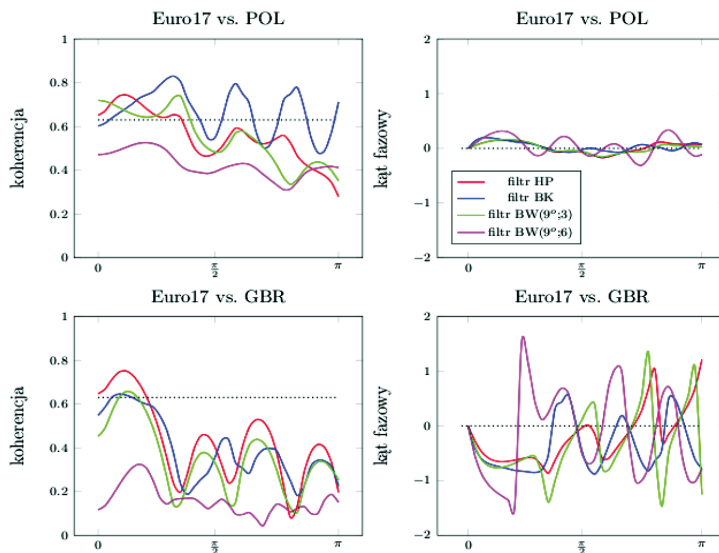
Dodatkowym problemem badawczym jest ocena stosowania filtrów dolnoprzepustowych do relatywnie krótkich szeregów czasowych z lat 1995-2012 (72 kwartały), uwzględniających okres kryzysu gospodarczego lat 2007-2009 i wybór filtru dającego najbardziej wiarygodne wyniki empiryczne. Analiza synchronizacji cykli przeprowadzona została ze względu na odporność na wybraną metodę filtracji. Analiza porównawcza dotyczy realnego PKB: dla państw Unii Europejskiej (EU27), państw strefy euro (Euro17) w porównaniu z Polską i Wielką Brytanią.

Wykresy 8 i 9 przedstawiają współczynniki koherencji i kąta fazowego dla par procesów realnego PKB UE27–Polska, UE27–GBR, Euro17–Polska oraz



**Rys. 8.** Koherencja i kąt fazowy dla par procesów realnego PKB EU27 z PKB dla Polski oraz Wielkiej Brytanii filtrowanych przez HP, BK oraz BW

Źródło: opracowanie własne.



**Rys. 9.** Koherencja i kąt fazowy dla par procesów realnego PKB Euro17 z PKB dla Polski oraz Wielkiej Brytanii, filtrowanych przez HP, BK oraz BW

Źródło: opracowanie własne.

Euro17–GBR filtrowanych przez HP, BW oraz BK. Prezentowane przykłady spektralnych charakterystyk dotyczą wybranych par państw UE oraz agregatów UE27, UE10 i Euro17.

Najważniejsze wnioski z badań można sformułować następująco:

- Filtr Hodricka-Prescotta, mimo że powinien być stosowany w przypadku szeregów przekraczających 100 obserwacji, daje wiarygodne wyniki także w krótszej próbie ( $n = 72$ ).
- PKB dla Polski i Wielkiej Brytanii są istotnie powiązane w niskich częstotliwościach z UE27 (rys. 8), a w mniejszym stopniu ze strefą euro (rys. 9).
- Dodatni współczynnik kąta fazowego oznacza, że pierwszy szereg w parze wyprzedza drugi. Taka sytuacja ma miejsce w parze UE27–Polska, a odwrotnie jest dla pary UE 27–GBR (rys. 8). Brak istotnej koherencji (Euro17–GBR – rys. 9) powoduje silne rozbieżności w ocenie przesunięcia fazowego cyklu dla poszczególnych filtrów.

#### 4. Podsumowanie

W przeprowadzonym badaniu wskazano na wady i zalety filtrów: Hodricka-Prescotta, Butterwortha, Baxter-Kinga oraz Christiano-Fitzgeralda. Najbardziej preferowane własności w badaniu cykli koniunkturalnych ma filtr Hodricka-Prescotta, chociaż filtr Christiana-Fitzgeralda jako filtr pasmowy jest także zalecany w literaturze do badania cykli koniunkturalnych.

#### Literatura

- Baxter M., King R.G. (1999), *Measuring business cycles: Approximate bandpass filters*. „The Review of Economics and Statistics”, 81(4), s. 575-593.
- Bergman M.U. (2007), *How similar are European business cycles?* [w:] G.L. Mazzi, G. Savio (red.), *Growth and Cycle in the Eurozone*, Palgrave MacMillan, Basingstoke, Hampshire, UK.
- Christiano L., Fitzgerald T.J. (2003), *The bandpass filter*, „International Economic Review”, 44(2), s. 435-465.
- De Haan J., Inklaar R., Sleijpen O. (2002), *Have business cycles become more synchronized?*, „Journal of Common Market Studies” 40, s. 23-42.
- Eickmeier S., Breitung J. (2006), *How Synchronized are New EU Member States with the Euro Area? Evidence from a Structural Factor Model*, „Journal of Comparative Economics”, Vol. 34, No. 3, s. 538-563.
- Estrella A. (2007), *Extracting Business Cycle Fluctuations: What Do Time Series Filters Really Do?*, Staff Report No. 289, Federal Reserve Bank of New York.
- Gächter M., Riedl A., Ritzberger-Grünwald (2012), *Business Cycle Synchronization in the Euro Area and the Impact of the Financial Crisis. Monetary Policy and The Economy*, Q2/12, OeNB, s. 33-60.
- Hodrick R.J., Prescott E.C. (1997), *Postwar U.S. Business Cycles: An Empirical Investigation*, „Journal of Money Credit and Banking”, Vol. 29, No. 1, s. 1-16.
- Inklaar R., De Haan J. (2001), *Is there really a European business cycle? A comment*, „Oxford Economic Review”, 53, s. 215-220.



- Kaiser R., Maravall A. (1999), *Estimation of the business cycle: A modified Hodrick-Prescott filter*, „Spanish Economic Review” 1, s. 175-206.
- Pollock D.S.G. (2000), *Trend estimation and de-trending via rational square-wave filters*, „Journal of Econometrics” 99, s. 317-334.
- Skrzypczyński P. (2006), *Analiza synchronizacji cykli koniunkturalnych w strefie euro*, Materiały i Studia, Zeszyt nr 210, Narodowy Bank Polski.
- Skrzypczyński P. (2010), *Metody spektralne w analizie cyklu koniunkturalnego gospodarki polskiej*, Materiały i Studia, Zeszyt nr 252, Narodowy Bank Polski.
- Stock J.H., Watson M.W. (2005), *Understanding changes in international business cycle dynamics*, „Journal of the European Economic Association”, 3 (5), s. 966-1006.
- Zarnowitz V., Ozyildirim A. (2002), *Time Series Decomposition and Measurement of Business Cycles, Trends and Growth Cycles*, NBER Working Paper 8736.
- Zieliński Z., Talaga L. (1986), *Analiza spektralna w modelowaniu ekonometrycznym*, PWN, Warszawa.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CHOSEN FILTERS IN BUSINESS CYCLES ANALYSIS

**Summary:** The purpose of this paper is the presentation of methodology and analysis of effectiveness of chosen filters which are used in business cycles time series decomposition. The analysis concerns the influence of chosen filters on a valuation of business cycles synchronization in European countries. Following filters are compared: Hodrick-Prescott, Butterworth, Christiano-Fitzgerald and Baxter-King. The decomposition of growth rate of GDP time series for 1995-2012 is made for various frequencies. This ensures the comparison of usefulness of low- and high-pass filters. For the validation of business cycles synchronization the cross-spectral analysis is used.

**Keywords:** cross-spectral analysis, Hodrick-Prescott, Butterworth, Christiano-Fitzgerald and Baxter-King filters, synchronization of business cycles.