

Zastosowanie metody głównych składowych do analizy integracji rynków finansowych

Elżbieta Majewska*

Streszczenie: *Cel* – Celem pracy jest prezentacja wyników zastosowania analizy głównych składowych do badania stopnia integracji europejskich rynków finansowych i rynku amerykańskiego z uwzględnieniem okresu ostatniego globalnego kryzysu finansowego.

Metodologia badania – Zastosowano metodę wyodrębniania pierwszej głównej składowej jako wskaźnika integracji rynków giełdowych. Analizę przeprowadzono w oparciu o miesięczne logarytmiczne stopy zwrotu z głównych indeksów giełdowych największych rynków europejskich, rynków wschodzących Europy Środkowej i Wschodniej (CEE) oraz rynku amerykańskiego.

Wynik – Uzyskane wyniki wskazują na przydatność metody głównych składowych w analizie integracji rynków finansowych. Wskaźnik integracji pozwala ocenić poziom integracji między rynkami oraz obserwować jego zmiany w okresach spadków i wzrostów na rynkach kapitałowych.

Oryginalność/wartość – Analiza głównych składowych jest rzadko stosowaną metodą badania integracji rynków finansowych. Zgodnie z wiedzą autorki wskaźnik integracji omawianych w pracy grup rynków nie był jak dotąd wyznaczany.

Słowa kluczowe: integracja rynków, analiza głównych składowych, globalny kryzys finansowy

Wprowadzenie

Poziom międzynarodowej integracji rynków finansowych ma istotne znaczenie zarówno z punktu widzenia teorii ekonomii, jak i praktyki inwestycyjnej. Dlatego też zagadnienie to jest szeroko dyskutowane w literaturze, zwłaszcza w kontekście wpływu na alokację różnych dóbr.

Wielu autorów wskazuje na zjawisko nasilającej się integracji rynków finansowych w okresach bessy. Jest to jedną z przyczyn wzrostu korelacji między rynkami w okresach kryzysów (np. Bekaert i in. 2005, 2014; Briere i in. 2012). Zależność ta jest kwestią bardzo istotną z punktu widzenia inwestorów, którzy chcą dywersyfikować swoje portfele międzynarodowe. Korelacje między szeregami finansowymi są bowiem podstawowym narzędziem w zarządzaniu portfelem inwestycyjnym, przy czym to niski poziom tych korelacji umożliwia ograniczanie ryzyka portfeli. Rosnące korelacje rynków w okresach kryzysów natomiast znacznie utrudniają to zadanie.

* dr Elżbieta Majewska, Wydział Matematyki i Informatyki, Uniwersytet w Białymstoku, e-mail: e.majewska@uwb.edu.pl.

W literaturze funkcjonują dwa zasadnicze poglądy dotyczące przyczyn rosnących korelacji. Niektórzy autorzy za główną przyczynę tego zjawiska uznają globalizację łąconą z rosnącą integracją rynków finansowych. Inni natomiast wskazują na zjawisko zarażania rynków w okresach kryzysu¹. Jednak trudno jest metodami ekonometrycznymi rozróżnić te dwie przyczyny (Bekaert i in. 2005). W niniejszym opracowaniu ograniczymy się do rozważań dotyczących integracji rynków z uwzględnieniem ostatniego globalnego kryzysu finansowego w latach 2007–2009.

1. Integracja a korelacja

Rosnąca integracja międzynarodowa może prowadzić do stałego wzrostu korelacji przekrojowych między rynkami (Longin, Solnik 1995). Dodatkowo Bekaert i in. (2005) wskazują, że integracja może mieć charakter lokalny i globalny. Dlatego też jedną z metod badania integracji międzynarodowej w okresie kryzysu jest testowanie równości macierzy korelacji między rynkami wyznaczonych w próbach przed kryzysem i w okresie kryzysu. Stosowany może tu być test Jennricha (1970) lub jego modyfikacja przydatna w przypadku małych prób zaproponowana przez Lartza i Perlmana (1985). Jednak uzyskiwane wyniki nie są jednoznaczne.

Prowadzone były badania mające na celu potwierdzenie lub odrzucenie hipotezy o braku integracji pomiędzy rynkami w okresie globalnego kryzysu finansowego w latach 2007–2009 (np. Olbrys, Majewska 2014d, 2015b). Obejmowały one różne grupy rynków europejskich, a także rynki z różnych regionów świata. Uzyskane wyniki nie pozwoliły jednak na jednoznaczne potwierdzenie lub odrzucenie hipotezy o braku integracji między rynkami w okresie ostatniego globalnego kryzysu finansowego. Dodatkowo wspomniane testy okazują się być wrażliwe na częstotliwość danych wykorzystywanych w badaniach (Majewska 2015; Olbrys, Majewska 2015b). Niejednokrotnie również wyniki dla tej samej grupy rynków uzyskiwane w oparciu o test Jennricha oraz Larntza i Perlmana były różne, nawet przy tej samej częstotliwości danych.

Standardowa metoda oceny powiązań pomiędzy rynkami opierająca się na współczynniku korelacji jest prostym i wygodnym sposobem analizy współzależności przede wszystkim w przypadku dwóch rynków finansowych. Aby podsumować zależności w całej grupie, można natomiast stosować średni współczynnik korelacji dla wszystkich par rynków (Mauro i in. 2002; Goetzmann i in. 2005; Quinn, Voth 2008). Wysoki poziom korelacji między rynkami może być interpretowany jako dowód znaczącej integracji. Jednak współczynnik korelacji jako miara integracji ma pewne istotne wady (Volosovych 2011). Bardzo często wyznaczany jest w odniesieniu do konkretnego (najczęściej dużego) rynku. Bywa to niekorzystne zwłaszcza w analizach długookresowych, ponieważ zmiany na rynku

¹ Zagadnieniom zarażania rynków w okresie ostatniego globalnego kryzysu finansowego poświęcone były wcześniejsze prace autorki, np. Olbrys, Majewska 2014b, 2014d, 2015a.

referencyjnym mogą wówczas mieć istotny wpływ na wartość współczynnika korelacji. Poza tym korelacja z próby nie jest statystyką odporną na obserwacje odstające i grube ogony w rozkładzie. Dodatkowo różnice w korelacjach wynikają często z własności statystycznych analizowanej próby, a nie z aktualnych zależności ekonomicznych między zmiennymi. Ponadto korelacje mogą zależeć istotnie od zmienności rynku (rosną w okresach spadków na rynku), a także heteroskedastyczności stóp zwrotu. I wreszcie, wyższa korelacja pomiędzy rynkami może być związana z oddziaływaniem globalnych zakłóceń, co może być błędnie interpretowane jako rosnąca integracja.

2. Analiza głównych składowych. Wskaźnik integracji

Ideą analizy głównych składowych (*Principal Components Analysis* – PCA) jest redukcja dużej liczby zmiennych do kilku nieskorelowanych czynników, które zachowują możliwie dużą część informacji o badanym zjawisku zawartych w zmiennych pierwotnych. Obserwowalne zmienne wejściowe przekształca się w nowe, nieobserwowalne zmienne, czyli główne składowe, które są liniowymi kombinacjami zmiennych pierwotnych. Główne składowe są tak porządkowane, aby ich wariancje były coraz mniejsze. Z uwagi na nieskorelowanie nowych zmiennych suma ich wariancji jest równa sumie wariancji zmiennych pierwotnych, a co za tym idzie, przekształcenie zmiennych nie prowadzi do utraty informacji o badanym zjawisku. Dodatkowo, kilka pierwszych składowych głównych zawiera zdecydowaną większość informacji zawartych w zbiorze wyjściowym.

Niech x będzie wektorem p zmiennych o znanych wariancjach, dla których znana jest również macierz korelacji lub kowariancji. W pierwszym kroku konstruujemy kombinację liniową elementów z x , czyli (Jolliffe 2002, s. 2–4):

$$\alpha_1^T x = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \dots + \alpha_{1p}x_p = \sum_{(j=1)}^p \alpha_{1j}x_j,$$

przy czym wartości α_{1j} dobieramy tak, aby zmaksymalizować wariancję tak powstałej nowej zmiennej. Następnie budujemy liniową kombinację $\alpha_2^T x$ nieskorelowaną z $\alpha_1^T x$ o maksymalnej wariancji i postępujemy takie kontynuujemy. Zatem k -ta główna składowa $\alpha_k^T x$ jest nieskorelowana z poprzednimi i ma maksymalną wariancję. Z głównych składowych można skonstruować p , jednak w praktyce większość wariancji zmiennych pierwotnych kumuluje się w kilku pierwszych składowych.

Formalnie k -ta główna składowa jest zmienną postaci

$$z_k = \alpha_k^T x \quad (k = 1, 2, \dots, p),$$

gdzie α_k jest wektorem własnym macierzy korelacji (lub kowariancji) zmiennych z x odpowiadającym k -tej największej wartości własnej λ_k . Ponadto jeśli α_k jest wektorem jednostkowym, czyli $\alpha_k^T \alpha_k = 1$, to λ_k jest wariancją składowej z_k .

Główne składowe mogą być wyznaczone w oparciu o macierz korelacji lub macierz kowariancji. Macierz korelacji wymagana jest przede wszystkim wtedy, gdy zmienne pierwotne mają różne jednostki. W praktyce jednak to podejście jest preferowane.

Stosując analizę głównych składowych do badania integracji między rynkami ograniczamy się do wyznaczenia pierwszej składowej, którą można uznać za wielowymiarowy odpowiednik korelacji. Udział jej wariancji w całkowitej wariancji zmiennych traktujemy jako wskaźnik (indeks) integracji (Volosovych 2011, 2013).

Volosovych (2011) podkreśla, że metoda badania integracji oparta na analizie głównych składowych ma wiele zalet. Po pierwsze, jest metodą statystyczną znaną i przejrzystą, często stosowaną w analizach mikroekonomicznych. Ponadto jest odporna na wybór rynku referencyjnego oraz na obserwacje odstające i grube ogony w rozkładzie. Ma również jasną interpretację. Pozwala ponadto zdiagnozować globalne zakłócenia, podczas gdy inne metody mogą je błędnie interpretować jako integrację, ponieważ skutkują one jednakowym zachowaniem szeregów finansowych.

Liczba opracowań, w których główne składowe wykorzystywane były w analizie integracji jest dość ograniczona. Można je przy tym podzielić na dwie grupy. Pierwsza obejmuje prace, w których analizy integracji w oparciu o główne składowe miały charakter statyczny. Polegały one na wyznaczeniu pierwszej głównej składowej (lub kilku pierwszych) w ustalonych okresach. Były to zawsze badania uzupełniające inne metody i techniki pomiaru integracji finansowej. Prowadziło je kilku autorów, między innymi Nellis (1982), Gagnon i Unferth (1995), Mauro i in. (2002), Bordo i Murshid (2006). Analizowane były zarówno grupy rynków rozwiniętych, jak i rozwijających się.

Nieco odmienny nurt badań zapoczątkował Volosovych (2011). Badał on integrację rynków finansowych w oparciu o analizę głównych składowych przede wszystkim dlatego, by uniknąć wad, jakie niesie ze sobą stosowanie do pomiaru integracji rynków współczynnika korelacji. Jednak w przeciwieństwie do wcześniejszych opracowań bazował na stopach zwrotu, a nie spreadach obligacji, a wskaźnik integracji interpretował jako „grupową” stopę zwrotu. Takie zastosowanie PCA pozwoliło też uniknąć konieczności wyboru rynku referencyjnego. Volosovych zwraca uwagę, że analiza głównych składowych pozbawiona jest również pozostałych, wymienianych wcześniej, wad współczynnika korelacji, w szczególności nie jest wrażliwa na obserwacje odstające i grube ogony w rozkładzie stóp zwrotu. Najważniejszym nowym elementem w badaniach Volosovycha wydaje się jednak zastosowanie ruchomego okna, dzięki czemu prowadzone analizy mają charakter dynamiczny. Takie ujęcie umożliwia prezentację graficzną wyników oraz analizę dynamiczną poziomu integracji. Autor dysponował danymi miesięcznymi dotyczącymi rentowności obligacji skarbowych 15 rozwiniętych gospodarek w okresie 1875–2009. Wskaźnik integracji w postaci odsetka wariancji wyjaśnionej przez pierwszą główną składową wyznaczał w ruchomym 13-letnim oknie, co pozwoliło na uniknięcie wpływu na wyniki zakłóceń krótkookresowych. Uzyskane wyniki pozwoliły wskazać okresy wzrostów i spadków integracji między rynkami.

Podobne badania prowadzili również Donadelli i Paradiso (2014). Dotyczyły one 18 wschodzących i rozwijających się rynków całego świata z podziałem na kontynenty. Próbę badawczą obejmującą lata 1980–2012 autorzy podzielili na trzy podokresy: do roku 2003, 2003–2007 i po 2007 wskazując, że w latach 2003–2007 (w przeciwieństwie do pozostałych podokresów) na żadnym z analizowanych rynków nie został odnotowany kryzys finansowy. Szczególną uwagę zwrócili również na poziom integracji rynków podczas kryzysu 2007–2009. Ruchome okno obejmowało 60 miesięcy. Autorzy analizowali średnie wartości wskaźnika integracji w podokresach (wskazali na skok wartości wskaźnika pomiędzy grudniem 2007 a styczniem 2010 we wszystkich grupach rynków), a także odnosili się do kształtu krzywych wskaźnika integracji wskazując na ich charakterystyczne cechy (kształt J lub trend wzrostowy).

Badania przedstawione w dalszej części tego opracowania są nawiązaniem do analiz Donadellogo i Paradiso. Dotyczą jednak innych grup rynków i koncentrują się na zmianach wskaźnika integracji związanych z okresem kryzysu 2007–2009.

3. Dane empiryczne

W badaniach wykorzystano autorską bazę danych zawierającą kursy zamknięcia głównych indeksów giełdowych największych rynków europejskich (FTSE100, CAC40, DAX), rynków CEE – wschodzących Europy Środkowej i Wschodniej (WIG, PX, BUX, SBITOP, SAX, OMXV, OMXT, OMXR) oraz rynku amerykańskiego (S&P500). Wyznaczone zostały miesięczne logarytmiczne stopy zwrotu badanych indeksów. Ze względu na dostępność danych² próba empiryczna objęła okres od marca 2003 roku do lutego 2016 roku, czyli 13 pełnych lat zawierających okres ostatniego globalnego kryzysu finansowego. Okresy kryzysów dla poszczególnych rynków zostały ustalone w oparciu o statystyczną procedurę identyfikacji stanów rynku (Pagan, Sossounov 2003) w pracach: Olbryś, Majewska (2014c) dla rynku amerykańskiego i głównych rynków europejskich (tab. 1) oraz Olbryś, Majewska (2014a, b, 2015a) dla krajów CEE (tab. 2).

Tabela 1

Okres globalnego kryzysu finansowego 2007–2009 na rynku amerykańskim i głównych rynkach europejskich

Rynek	Indeks	Okres globalnego kryzysu
Nowy Jork	S&P500	X 2007 – II 2009
Londyn	FTSE100	X 2007 – II 2009
Paryż	CAC40	V 2007 – II 2009
Frankfurt	DAX	XII 2007 – II 2009

Źródło: opracowanie własne.

² Dane dotyczące notowań indeksu SBITOP na stronie internetowej giełdy w Lublanie dostępne są od kwietnia 2003 roku.

Tabela 2

Okres globalnego kryzysu finansowego 2007–2009 na rynkach CEE

Rynek	Indeks	Okres globalnego kryzysu
Warszawa	WIG	VI 2007 – II 2009
Praga	PX	X 2007 – II 2009
Budapeszt	BUX	VII 2007 – II 2009
Lublana	SBITOP	IX 2007 – III 2009
Bratysława	SAX	III 2008 – II 2013
Wilno	OMXV	IX 2007 – III 2009
Tallinn	OMXT	I 2007 – III 2009
Ryga	OMXR	IX 2007 – III 2009

Źródło: opracowanie własne.

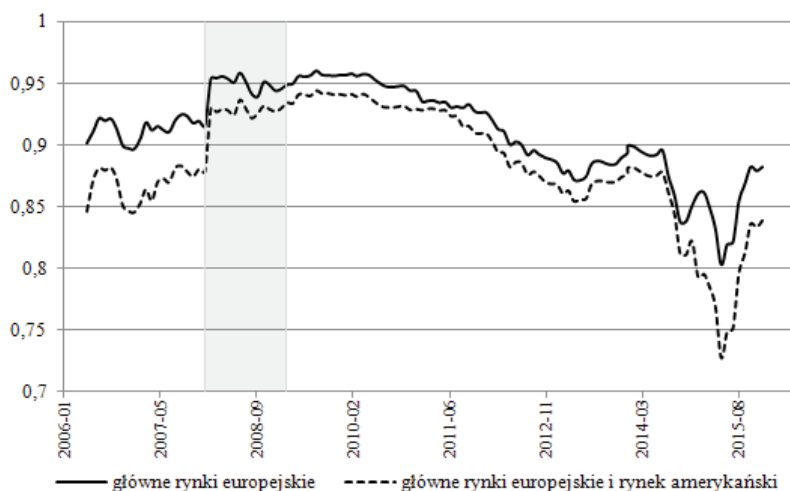
Jako wspólne okresy globalnego kryzysu finansowego wskazano grudzień 2007–luty 2009 dla rynków głównych i amerykańskiego oraz październik 2007–luty 2009 dla rynku amerykańskiego i krajów CEE z wyjątkiem Słowacji. W przypadku rynku słowackiego widoczne było wyraźne opóźnienie symptomów kryzysu, co mogło być związane z przystąpieniem Słowacji do strefy euro 1 stycznia 2009 roku. Okres kryzysu był w tym kraju dłuższy i objął również kryzys strefy euro, który rozpoczął się wiosną 2010 roku (Merler, Pisani-Ferry 2012).

4. Wskaźnik integracji – wyniki badań

Wskaźnik integracji dla badanych grup rynków wyznaczono w ruchomym oknie 36-miesięcznym. Jest to okno krótsze niż przyjęte przez Volosovycha oraz Donadellego i Paradiso, co jest podyktowane krótszą próbą badawczą z jednej strony oraz analizą nastawioną przede wszystkim na ocenę wskaźnika w stosunkowo krótkim okresie kryzysu, bo trwającym 15 miesięcy w przypadku rynków głównych Europy oraz 17 miesięcy dla rynków CEE. W każdej grupie rynków, obok wskaźnika dla całej grupy, został również wyznaczony wskaźnik integracji rynków z pominięciem rynku amerykańskiego.

Wartość wskaźnika integracji głównych rynków europejskich i rynku amerykańskiego w całym badanym okresie utrzymywała się na dość wysokim poziomie (rys. 1). W okresie przed globalnym kryzysem finansowym, czyli od kwietnia 2006 do listopada 2007 roku, średnia wartość wskaźnika integracji wyniosła 0,868, a w okresie kryzysu (szary obszar na rys. 1) 0,925 (tab. 3). Różnica pomiędzy wskaźnikiem w grudniu 2007 (początek kryzysu) i w lutym 2009 roku (koniec kryzysu) wyniosła 0,056. Ponadto, po okresie kryzysu poziom integracji pozostał wysoki przez kilka miesięcy³, a następnie powoli spadał osiągając 0,727 w maju 2015 roku, co było najniższą wartością wskaźnika w całym analizowanym okresie.

³ Wyjaśnienie analogicznego zjawiska w przypadku korelacji między rynkami znaleźć można w pracy Dalkir (2009).



Rysunek 1. Wskaźniki integracji głównych rynków europejskich oraz rynku amerykańskiego

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3

Średni poziom wskaźnika integracji głównych rynków europejskich i rynku amerykańskiego

Okres	Średnia wartość wskaźnika integracji
(1) przed kryzysem IV 2006 – XI 2007	0,868
(2) okres kryzysu XII 2007 – II 2009	0,925
Różnica (2) – (1)	0,057
„Skok” w okresie kryzysu	0,056

Źródło: opracowanie własne.

Poziom wskaźnika integracji rynków europejskich i rynku amerykańskiego był przy tym w całym analizowanym okresie wyraźnie niższy niż w przypadku tylko rynków europejskich, co wydaje się potwierdzać silniejszą integrację pomiędzy gospodarkami europejskimi w porównaniu z ich integracją z rynkiem amerykańskim.

W przypadku rynków CEE i rynku amerykańskiego wskaźnik integracji przyjmował zdecydowanie niższe wartości, a dodatkowo poziom integracji tylko rynków europejskich jest niemal taki sam, jak rynków europejskich i amerykańskiego (rys. 2).

Wzrost wskaźnika integracji w okresie kryzysu jest w tej grupie rynków wyraźnie wyższy – różnica pomiędzy wskaźnikiem w październiku 2007 roku (początek kryzysu) i w lutym 2009 roku (koniec kryzysu) wyniosła 0,269 (tab. 4). Jednocześnie w okresie przed kryzysem, czyli od kwietnia 2006 do września 2007 roku, średnia wartość wskaźnika integracji wyniosła 0,462 a w okresie kryzysu (szary obszar na rys. 2) 0,608. Podwyższona

wartość wskaźnika utrzymywała się w tej grupie zdecydowanie dłużej niż w przypadku pierwszej analizowanej grupy, bo aż do września 2011 roku. Od tego momentu widoczny jest w zasadzie trend spadkowy wskaźnika.



Rysunek 2. Wskaźniki integracji rynków CEE oraz rynku amerykańskiego

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4

Średni poziom wskaźnika integracji rynków CEE i rynku amerykańskiego

Okres	Średnia wartość wskaźnika integracji
(1) przed kryzysem IV 2006 – IX 2007	0,462
(2) okres kryzysu X 2007 – II 2009	0,608
Różnica (2) – (1)	0,146
„Skok” w okresie kryzysu	0,269

Źródło: opracowanie własne.

Uwagi końcowe

W pracy przedstawiono wyniki zastosowania analizy głównych składowych do badania poziomu integracji europejskich rynków finansowych i rynku amerykańskiego w okresie ostatnich 13 lat ze szczególnym uwzględnieniem okresu globalnego kryzysu finansowego 2007–2009. W ruchomym oknie 36-miesięcznym wyznaczono wskaźnik integracji – w postaci odsetka wariancji wyjaśnionej przez pierwszą główną składową – w grupie rynków największych oraz rynków wschodzących. Uzyskano w ten sposób dynamiczną

miarę integracji między rynkami, która, w przeciwieństwie do współczynnika korelacji, nie jest wrażliwa na niepożądaną własność szeregów danych. Przedstawione w części 4 wyniki empiryczne wskazują na zdecydowanie różny poziom integracji rynków w analizowanych grupach. W obu przypadkach dało się jednak zauważyć wzrost wskaźnika integracji w okresie kryzysu finansowego 2007–2009, co jest zgodne z wynikami znanymi z literatury przedmiotu.

W dalszych badaniach wskazana wydaje się analiza wskaźnika integracji również w kontekście kryzysu strefy euro, który rozpoczął się wiosną 2010 roku i dotknął w mniejszym lub większym stopniu uwzględnione w badaniach rynki europejskie.

Literatura

- Bekaert G., Harvey C.R., Ng A. (2005). Market integration and contagion. *Journal of Business*, 78 (1), 39–69.
- Bekaert G., Ehrmann M., Fratzscher M., Mehl A. (2014). The global crisis and equity market contagion. *Working Paper DIW Berlin*, 1352.
- Bordo M.D., Murshid A.P. (2006). Globalization and Changing Patterns in the International Transmission in Financial Markets. *Journal of International Money and Finance*, 25, 655–674.
- Briere M., Chapelle A., Szafarz A. (2012). No contagion, only globalization and flight to quality. *Journal of International Money and Finance*, 31 (6), 1729–1744.
- Dalkir M. (2009). Revisiting stock market index correlations. *Finance Research Letters*, 6 (1), 23–33.
- Donadelli M., Paradiso A. (2014). Is there heterogeneity in financial integration dynamics? Evidence from country and industry emerging market equity indexes. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 32, 184–218.
- Gagnon J.E., Unferth M.D. (1995). Is There a World Interest Rate? *Journal of International Money and Finance*, 14, 846–855.
- Goetzmann W.N., Li L., Rouwenhorst K.G. (2005). Long-term global market correlation. *Journal of Business*, 78 (1), 1–38.
- Jennrich R.I. (1970). An asymptotic chi-square test for the equality of two correlation matrices. *Journal of the American Statistical Association*, 65 (330), 904–912.
- Jolliffe I.T. (2002). *Principal component analysis series*. Springer Series in Statistics. 2nd ed. New York: Springer.
- Larntz K., Perlman M.D. (1985). *A simple test for the equality of correlation matrices*. Technical Report No. 63. Department of Statistics, University of Washington.
- Longin F., Solnik B. (1995). Is the correlation in international equity returns constant: 1960–1990? *Journal of International Money and Finance*, 14 (1), 3–26.
- Majewska E. (2015). Testy integracji rynków giełdowych w okresie kryzysu a częstotliwość danych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego*, 855, *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 74 (1), 115–125.
- Mauro P., Sussman N., Yafeh Y. (2002). Emerging market spreads: then versus now. *Quarterly Journal of Economics*, 117, 695–733.
- Merler S., Pisani-Ferry J. (2012). Sudden stops in the euro area. *Breugel Policy Contribution*, 06, 1–16.
- Nellis J.G. (1982). A Principal Components Analysis of International Financial Integration Under Fixed and Floating Exchange Rate Regimes. *Applied Economics*, 14, 339–354.
- Olbrys J., Majewska E. (2014a). Identyfikacja okresu kryzysu z wykorzystaniem procedury diagnozowania stanów rynku. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 65, 699–710.
- Olbrys J., Majewska E. (2014b). Quantitative identification of crisis periods on the CEE stock markets: the influence of the 2007 U.S. subprime crisis. *Procedia Economics and Finance*, 14, 461–470.
- Olbrys J., Majewska E. (2014c). Quantitative identification of crisis periods on the major European stock markets. *Pensee Journal*, 76 (1), 254–260.
- Olbrys J., Majewska E. (2014d). The 2007–2009 financial crisis on emerging markets: quantitative identification of crisis in continent-based regions. *Chinese Business Review*, 13 (7), 411–426.
- Olbrys J., Majewska E. (2015a). Bear market periods during the 2007–2009 financial crisis: direct evidence from the Visegrad countries. *Acta Oeconomica*, 65 (4), 547–565.

- Olbrys J., Majewska E. (2015b). Testing integration effects between the CEE and U.S. stock markets during the 2007–2009 Global Financial Crisis. *Folia Oeconomica Stetinensia*, 15 (1), 101–113.
- Pagan A.R., Sossounov K.A. (2003). A simple framework for analyzing bull and bear markets. *Journal of Applied Econometrics*, 18 (1), 23–46.
- Quinn D.P., Voth H.-J. (2008). A century of global equity market correlations. *American Economic Review*, 98, 535–540.
- Volosovych V. (2011). Measuring financial market integration over the long run: is there a U-shape? *Journal of International Money and Finance*, 30, 1535–1561.
- Volosovych V. (2013). Learning about financial market integration from principal components analysis. *CESifo Economic Studies*, 59 (2), 360–391.

THE APPLICATION OF THE PRINCIPLE COMPONENTS METHOD TO THE FINANCIAL MARKETS INTEGRATION ANALYSIS

Abstract: *Purpose* – The aim of the paper is to present results of the use of the principal component analysis to examine the degree of the European and American financial markets integration considering the global financial crisis 2007–2009.

Design/methodology/approach – We have extracted the first principal component as index of financial integration. We used the monthly logarithmic returns of the major indexes of the largest European markets, the Central and Eastern European emerging markets and the American market in the period March 2003–February 2016.

Findings – Our results show the usefulness of the principal components method to the analysis of the financial market integration. The index of integration allows to assess the level of market integration and observe its changes during the bear and bull market.

Originality/value – The number of papers using the principal components to measure financial integration is limited. To the best of author’s knowledge, index of financial integration in proposed markets group has not been measured.

Keywords: market integration, principal components analysis, global financial crisis

Cytowanie

- Majewska E. (2016). Zastosowanie metody głównych składowych do analizy integracji rynków finansowych. *Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia*, 4 (82/2), 227–236. DOI: 10.18276/frfu.2016.4.82/2-18.