

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 365

Zarządzanie finansami firm – teoria i praktyka

Redaktorzy naukowi
Adam Kopiński
Tomasz Słoński



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2014

Redakcja wydawnicza: Barbara Majewska
Redakcja techniczna i korekta: Barbara Łopusiewicz
Łamanie: Małgorzata Czupryńska
Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:
www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,
w Dolnośląskiej Bibliotece Cyfrowej www.dbc.wroc.pl,
The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,
a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon
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

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie
wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2014

ISSN 1899-3192
ISBN 978-83-7695-407-3

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk i oprawa:
EXPOL, P. Rybiński, J. Dąbek, sp.j.
ul. Brzeska 4, 87-800 Włocławek

Spis treści

Wstęp	9
Krystyna Brzozowska: Rozwój partnerstwa publiczno-prywatnego w Europie: przeszłość, stan obecny, przyszłość	11
Dorota Ciesielska, Maciej Fraszcak: Polish Foreign Direct Investments in the light of the Investment Development Path Paradigm	21
Piotr Figura: Wartości wskaźników płynności finansowej ponadprzeciętnie rentownych przedsiębiorstw z sektora MSP	41
Tamara Galbarczyk, Bożena Oleszko-Kurzyna: Finansowanie inwestycji ekologicznych w Polsce	54
Jan Kaczmarzyk: Testowanie reakcji przedsiębiorstwa na ryzyko kursowe z wykorzystaniem metod Monte Carlo	65
Arkadiusz Kijek: Analiza zmienności indeksów branżowych GPW w Warszawie przy zastosowaniu modelu GARCH BEKK	80
Jerzy Kitowski: Metodyczne aspekty ujęcia płynności finansowej w metodach oceny kondycji finansowej przedsiębiorstwa	90
Marita Koszarek: Supporting the development of clusters in Poland – dilemmas faced by public policy	103
Waldemar Kozłowski: Ocena inwestycji infrastrukturalnych w aspekcie zrównoważonego rozwoju	113
Marzena Krawczyk: Współmierność systemów: rachunkowości zarządczej i audytu wewnętrznego w usprawnianiu procesu zarządzania ryzykiem strategicznym	124
Justyna Kujawska: Struktura wydatków publicznych na opiekę zdrowotną w Polsce w latach 1991-2012	134
Bogdan Ludwiczak: Ilościowa ocena ryzyka operacyjnego w praktyce bankowej	144
Jarosław Mielcarek: Analiza projektu farmy wiatrowej za pomocą rachunku kosztów docelowych	155
Grzegorz Mikołajewicz: Determinanty siły fundamentalnej przedsiębiorstwa	173
Jerzy Różański: Foreign direct investment and the world economic crisis....	186
Elżbieta Rychłowska-Musiał: Optymalny udział menedżera we własności spółki i koszt długu. Perspektywa teorii agencji	196
Vitaliy Rysin, Yurii Kozlovskiy: Resource policy of Ukrainian banks in relationships with non-financial corporation: practical aspects	207

Dariusz Siudak: Ocena wpływu rodzaju sektora gospodarczego na proces migracji wartości przedsiębiorstw	219
Magdalena Sobocińska-Maciejewska: Partnerstwo publiczno-prywatne jako źródło finansowania innowacji realizowanych w systemie zamówień publicznych	234
Katarzyna Sokółowska, Aldona Uziębło: Statyczne mierniki płynności finansowej – przydatność i ograniczenia	245
Anna Spoz: A look at e-invoices from enterprises' and government's perspective	254
Wacława Starzyńska: Projekty hybrydowe w Polsce realizowane w formule PPP przy zastosowaniu trybów zamówień publicznych	265
Aleksandra Szpulak: Inwestycje w operacyjny kapitał obrotowy netto w rachunku przepływów pieniężnych	276
Joanna Świdarska: Wykup lewarowany – możliwości i ograniczenia finansowania	293
Grzegorz Wesółowski: Subwencja ogólna jako źródło dochodów powiatów województwa lubelskiego	302

Summaries

Krystyna Brzozowska: PPP development in Europe: past, current state and future	20
Dorota Ciesielska, Maciej Frąszczak: Polskie zagraniczne inwestycje bezpośrednie w świetle paradygmatu rozwoju inwestycji	40
Piotr Figura: Values of financial liquidity ratios for small and medium enterprises with above-average profitability	53
Tamara Galbarczyk, Bożena Oleszko-Kurzyna: Financing of environmental investments in Poland	64
Jan Kaczmarzyk: Testing enterprise reaction to currency risk using Monte Carlo methods	79
Arkadiusz Kijek: Analysis of volatility linkages among sector indices of Warsaw Stock Exchange by GARCH BEKK model	89
Jerzy Kitowski: Methodological aspects of approach to liquidity in methods for assessing financial standing of an enterprise	102
Marita Koszarek: Wspieranie rozwoju klastrów w Polsce – dylematy polityki publicznej	112
Waldemar Kozłowski: Evaluation of infrastructure investment in view of sustainable development	123
Marzena Krawczyk: Adequacy of managerial accounting and internal auditing systems in the improvement of the process of strategic risk management	133

Justyna Kujawska: The structure of public expenditures on healthcare in Poland in the years 1991-2012	143
Bogdan Ludwiczak: A quantitative approach for the measurement of operational risk in banking practice	154
Jarosław Mielcarek: Analysis of wind farm project with target costing	172
Grzegorz Mikołajewicz: The determinants of the fundamental strength of the company	185
Jerzy Różański: Bezpośrednie inwestycje zagraniczne a światowy kryzys gospodarczy	195
Elżbieta Rychłowska-Musiał: The optimal level of managerial ownership and debt cost. An agency theory perspective	206
Vitaliy Rysin, Yurii Kozlovskiy: Polityka kapitałowa banków ukraińskich realizowana przy współpracy z korporacjami niefinansowymi: aspekty praktyczne	218
Dariusz Siudak: The assessment of the industrial sector impact on the process of firms value migration	233
Magdalena Sobocińska-Maciejewska: Public-private partnership as a source of financing innovation realized in the system of public procurement	244
Katarzyna Sokółowska, Aldona Uziębło: Static gauges of the financial liquidity – usefulness and restrictions	253
Anna Spoz: E-faktury – spojrzenie z perspektywy mikro i makro	264
Wacława Starzyńska: Hybrid projects realized within the framework of PPP and public procurement systems in Poland	275
Aleksandra Szpulak: Net investments in the operating working capital within the cash flows workshop	292
Joanna Świdorska: Leveraged buyout – financing possibilities and limitations	301
Grzegorz Wesółowski: General subsidy as a source of incomes for counties of Lublin Voivodeship	312

Arkadiusz Kijek

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

e-mail: akijek@poczta.umcs.lublin.pl

ANALIZA ZMIENNOŚCI INDEKSÓW BRANŻOWYCH GPW W WARSZAWIE PRZY ZASTOSOWANIU MODELU GARCH BEKK

Streszczenie: Zmienność stóp zwrotu z instrumentów finansowych określa poziom ryzyka inwestycyjnego z nimi związanego. Badania prowadzone na rynku finansowym potwierdzają, że wariancja stóp zwrotu z akcji na danym rynku zależy nie tylko od zmian na tym rynku, ale również od sytuacji na innych rynkach. Dlatego w artykule podjęto się analizy powiązań między zmiennością indeksów branżowych GPW w Warszawie przy wykorzystaniu wielowymiarowych modeli GARCH. W tym celu posłużono się modelem GARCH BEKK, który ze względu na jego uproszczoną specyfikację jest wygodnym narzędziem do badania zależności między zmiennością w systemie zmiennych. Oszacowanie parametrów modelu pozwoliło na ustalenie mechanizmów transmisji impulsów między sektorami gospodarczymi. Otrzymane wyniki potwierdzają ciągle zmiany w czasie warunkowych wariancji i kowariancji między rozpatrywanymi indeksami branżowymi.

Słowa kluczowe: wielowymiarowy model GARCH, model BEKK, indeksy branżowe, warunkowa macierz kowariancji.

DOI: 10.15611/pn.2014.365.06

1. Wstęp

Podmioty funkcjonujące na rynku prowadzą działalność w różnych sektorach gospodarczych. Specyfika sektorów przejawia się w odmienności uwarunkowań podejmowania decyzji przez przedsiębiorstwa, zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych. Znajduje to odzwierciedlenie w osiągniętych przez nie wynikach finansowych i ich kondycji ekonomicznej. W przypadku spółek notowanych na giełdzie papierów wartościowych obrazem sytuacji ekonomiczno-finansowej spółek są poziomy ich kursów oraz wskaźników rynkowych.

Globalne rynki finansowe podlegają ciągłym procesom integracyjnym [Baillie, Bollerslev 1995]. Powoduje to, że rynki finansowe, a także ich segmenty wykazują się różnokierunkowymi powiązaniem, co skutkuje oddziaływaniem zmian kursów

akcji na jednym rynku na pozostałe rynki [Minovic 2009]. Ważnymi informacjami dla uczestników rynków finansowych zaangażowanych w przedsięwzięcia w różnych sektorach przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych są powiązania między indeksami branżowymi. Wiedza na temat powiązań pomiędzy zmiennością indeksów branżowych umożliwia inwestorom indywidualnym i instytucjonalnym osiągnięcie dodatkowych korzyści dzięki dywersyfikacji ryzyka.

Celem artykułu jest zbadanie powiązań pomiędzy zmiennością indeksów branżowych spółek notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. Ze względu na ciągłe fluktuacje w czasie poziomu indeksów branżowych analiza zależności między ich zmiennością może zostać przeprowadzona przy zastosowaniu wielowymiarowych modeli GARCH. W pracy do badania powiązań pomiędzy zmiennością indeksów branżowych wykorzystano model GARCH BEKK. Otrzymane rezultaty pozwoliły na wskazanie kierunków transmisji szoków w poszczególnych sektorach gospodarczych na inne sektory. Wyniki pomiaru zależności między indeksami branżowymi mogą zostać wykorzystane przez inwestorów do dywersyfikacji ryzyka portfela w układzie sektorowym.

2. Indeksy giełdowe GPW w Warszawie

Indeks giełdowy jest miernikiem obliczanym na podstawie cen akcji wszystkich notowanych na giełdzie spółek lub określonej ich grupy. Poziom indeksów oraz ich zmiany są źródłem informacji o panującej koniunkturze giełdowej i są traktowane jako wskaźniki kondycji rynku kapitałowego. Długookresowe analizy historycznych wartości indeksów umożliwiają określenie tendencji zachodzących na rynkach oraz ich segmentach, dzięki czemu są ważnymi instrumentami wspomagającymi decyzje podejmowane przez inwestorów. Ze względu na różnorodność instrumentów finansowych oraz ich klasyfikacji istnieje potrzeba stosowania różnych grup indeksów.

Pierwszy indeks giełdowy został opublikowany w 1896 r. przez Charlesa Dowa i Edwarda Jonesa. Opierał się on na kursach akcji odpowiednio dobranych 12 spółek notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Nowym Jorku, tak aby odzwierciedlał aktualną sytuację na giełdzie. Od tamtej pory indeksy giełdowe stały się popularnym narzędziem stosowanym do zobrazowania kondycji wyselekcjonowanych grupy spółek i kierunków jej zmian. Wraz z rozwojem giełd papierów wartościowych na świecie oraz postępującym technologicznym liczbą funkcjonujących indeksów zaczęła szybko rosnąć i obecnie funkcjonuje dziesiątki indeksów opisujących zachowanie określonych rynków i ich segmentów. Indeks powinien dostarczać wiarygodnych informacji o sytuacji na rynku lub w sektorze, dlatego musi być oparty na reprezentatywnej grupie papierów wartościowych.

Indeks giełdowy spełnia wiele funkcji, przy czym najważniejsze z nich to:

- syntetyczna informacja o sytuacji na rynku lub wybranych jego segmentach,
- instrument bazowy dla instrumentów pochodnych (opcji, kontraktów futures, kontraktów forward),

- punkt odniesienia dla oceny efektywności inwestowania,
- specjalistyczne narzędzie służące inwestorom do budowy własnych wskaźników giełdowych,
- substytut portfela rynkowego, co ma znaczenie w teorii portfelowej i modelach rynku kapitałowego.

Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie publikuje indeksy od 1991 r. Najwcześniej zastosowany został Warszawski Indeks Giełdowy (WIG), który obejmuje akcje spółek notowanych na rynku podstawowym. Rozwój polskiego rynku kapitałowego powodował, że liczba indeksów stale rosła, a ich obecna liczba wynosi 26 [GPW 2013]. Wśród 26 indeksów 3 to indeksy narodowe, a 11 to indeksy sektorowe. W celu utrzymania wiarygodności indeksów giełdowych GPW stworzyła kryteria bazowe, które muszą spełniać spółki wchodzące w ich skład, określające przede wszystkim liczbę i wartość akcji w wolnym obrocie.

Zmiany poziomu indeksów wskazują tendencje panujące na rynku lub w jego segmentach. Wahania poszczególnych indeksów są ze sobą ściśle powiązane, co wynika nie tylko z podobnego składu spółek wchodzących w ich skład. Dotyczy to również indeksów branżowych, których wartości zależne są od kondycji sektorów gospodarczych. Sytuacja ekonomiczno-finansowa sektorów i poziom ryzyka branżowego odznacza się wielokierunkowymi powiązaniem, co potwierdzają badania prowadzone przez naukowców [Gradzewicz i in. 2010; Kijek 2013]. Dlatego ważne jest, by analiza indeksów, w tym indeksów sektorowych, była prowadzona również w ujęciu wielowymiarowym.

3. Wielowymiarowe modele GARCH

Wielowymiarowe modele GARCH (MGARCH) stanowią ważny krok w rozwoju metod analizy wielowymiarowych finansowych szeregów czasowych. Zastosowanie różnorodnych specyfikacji sprawia, że modele tej klasy odznaczają się dużą elastycznością i umożliwiają ich wykorzystanie do opisu różnorodnych zjawisk na rynkach finansowych.

Pierwszymi propozycjami modelowania heteroskedastyczności w szeregach czasowych były przedstawiony przez Engle [1982] model ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*) oraz uogólniona w późniejszym okresie przez Bollersleva [1986] jego wersja, czyli model GARCH (*Generalized ARCH*). Obydwa modele są najczęściej stosowanymi narzędziami do analizy zmienności jednowymiarowych finansowych szeregów czasowych.

Badanie powiązań pomiędzy zmiennością większej liczby szeregów wymaga zastosowania wielowymiarowych modeli GARCH – MGARCH (*Multivariate GARCH*). Umożliwiają one prognozowanie zmienności oraz analizę łącznych wahań (*comovement*) wielowymiarowych szeregów czasowych [Zivot, Wang 2006].

Specyfikacja modelu MGARCH powinna uwzględniać strukturę analizowanego wielowymiarowego szeregu czasowego oraz właściwości rozważanego modelu.

Z jednej strony model powinien możliwie najpełniej opisywać wahania warunkowej wariancji i kowariancji zmiennych, natomiast z drugiej strony nie powinien być zbyt rozbudowany, tak aby możliwa była estymacja i interpretacja jego parametrów (liczba parametrów modelu szybko rośnie wraz ze wzrostem liczby zmiennych). Dlatego budowa modelu MGARCH wymaga ustalenia liczby parametrów na poziomie, który pozwoli zachować równowagę między prostotą a elastycznością. Innym ważnym warunkiem, który musi spełniać model MGARCH, jest dodatkowo określona macierz kowariancji, co wymaga nałożenia dodatkowych restrykcji.

W ogólnej postaci model MGARCH można zapisać następująco:

$$r_t = \mu_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2} v_t, \quad (2)$$

gdzie r_t jest wielowymiarowym wektorem losowym, μ_t jest warunkową wartością oczekiwaną procesu, która może być stałą lub modelem VAR, ε_t jest wektorem składników losowych, H_t jest macierzą warunkowych kowariancji, v_t jest procesem niezależnych zmiennych losowych o zerowej średniej i jednostkowej macierzy kowariancji.

W pierwszym zaprezentowanym modelu MGARCH, określanym mianem modelu VEC, wprowadzonym przez Bollersleva, Engle'a i Wooldridge'a [1988], H_t przybiera poniższą formę:

$$\text{vech}(H_t) = c + \sum_{i=1}^q A_i \text{vech}(\varepsilon_{t-i} \varepsilon_{t-i}') + \sum_{j=1}^p B_j \text{vech}(H_{t-j}), \quad (3)$$

gdzie operator $\text{vech}(\cdot)$ oznacza wektor złożony z elementów macierzy kwadratowej, znajdujących się na głównej przekątnej i poniżej przekątnej, c jest wektorem stałych, A_i i B_j są macierzami parametrów. W powyższej postaci model posiada dużą liczbę parametrów, co stwarza poważne problemy z estymacją jego parametrów. Dlatego stosuje się modele MGARCH z restrykcjami nałożonymi na parametry, tak aby zmniejszyć ich liczbę oraz zapewnić dodatnią określoność macierzy H_t .

Jedną z propozycji ograniczonej wersji modelu VEC przedstawili Baba, Engle, Kraft i Kroner, który znany jest pod nazwą modelu BEKK [Engle, Kroner 1995]. Dzięki odpowiedniej specyfikacji zmienna w czasie macierz kowariancji spełnia warunek dodatniej określoności. Macierz warunkowych kowariancji w modelu BEKK(p, q) wyrażona jest następująco:

$$H_t = CC' + \sum_{i=1}^q A_i' \varepsilon_{t-i} \varepsilon_{t-i}' A_i + \sum_{j=1}^p B_j' H_{t-j} B_j, \quad (4)$$

gdzie C , A_i oraz B_j są macierzami parametrów, przy czym C jest macierzą dolno-trójkątną. Taka dekompozycja stałej w modelu gwarantuje dodatnią półokreśloność

macierzy kowariancji, jak również stosunkowo najmniej skomplikowaną numerycznie procedurę estymacji parametrów.

Zastosowany w niniejszej pracy do analiz zależności pomiędzy indeksami branżowymi model BEKK(1,1) przyjmuje poniższą postać:

$$H_t = CC' + A' \varepsilon_{t-1} \varepsilon_{t-1}' A + B' H_{t-1} B. \quad (5)$$

Diagonalne elementy w macierzach A i B mierzą wpływ impulsów i zmienności z poprzedniego okresu na zmienność bieżącego okresu dla poszczególnych indeksów branżowych. Natomiast elementy pozadiagonalne tych macierzy określają zależności między zmiennością rozważanych indeksów branżowych.

Estymację parametrów modelu BEKK przeprowadza się za pomocą metody quasi-największej wiarygodności. Przy szacowaniu wektora parametrów θ maksymalizowany jest logarytm funkcji wiarygodności postaci:

$$\log L_T(\theta) = -\frac{N \cdot T}{2} \log(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \log |H_t| - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \varepsilon_i' H_t^{-1} \varepsilon_i. \quad (6)$$

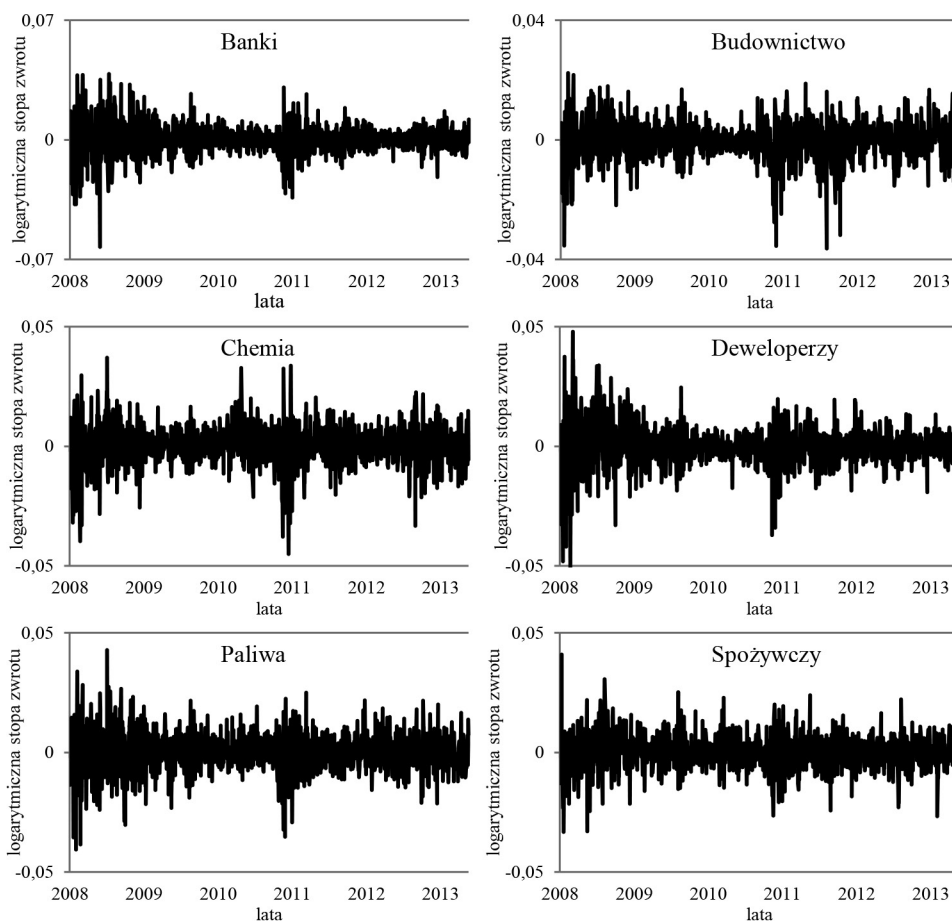
Maksymalizacja logarytmu funkcji wiarygodności odbywa się przy założeniu normalności rozkładu składników losowych. Brak normalności rozkładu składników losowych nie ma jednak istotnego wpływu na jakość oszacowań parametrów modelu, gdyż jak dowodzą Comte i Lieberman [2003], niezależnie od faktycznego rozkładu innowacji estymatory metody quasi-największej wiarygodności dla modeli MGARCH są zgodne i mają asymptotyczny rozkład normalny. Dlatego w pracy przy estymacji parametrów dodatkowo zastosowano wielowymiarowy rozkład t -Studenta.

4. Charakterystyka danych

W przeprowadzonych w pracy analizach wykorzystano notowania indeksów branżowych Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie. Do badania wybranych zostało sześć indeksów branżowych, które funkcjonują na GPW co najmniej od 2008 r. Są to następujące indeksy:

- indeks WIG-banki – w skład wchodzi spółki (obecnie 13) sektora „banki”,
- indeks WIG-budownictwo – w skład wchodzi spółki (obecnie 24) sektora „budownictwo”,
- indeks WIG-chemia – w skład wchodzi spółki (obecnie 5) sektora „przemysł chemiczny”,
- indeks WIG-deweloperzy – w skład wchodzi spółki (obecnie 25) sektora „deweloperzy”,
- indeks WIG-paliwa – w skład wchodzi spółki (obecnie 8) sektora „przemysł paliwowy”,
- indeks WIG-spożywczy – w skład wchodzi spółki (obecnie 26) sektora „przemysł spożywczy”.

Do badania przyjęto dzienne logarytmiczne stopy zwrotu z indeksów od 22 września 2008 r. do 7 lutego 2014 r. (1346 obserwacji). Rozkład logarytmicznych stóp zwrotu w rozważanym okresie zaprezentowano na rysunku 1.



Rys. 1. Logarytmiczne stopy zwrotów indeksów branżowych GPW w Warszawie

Źródło: opracowanie własne.

Wzrokowa ocena wykresów logarytmicznych stóp zwrotów badanych indeksów branżowych wskazuje, że ich średnia jest stała, natomiast wariancja zmienia się w czasie. Można zaobserwować efekt skupiania wariancji, co przejawia się występowaniem okresów wysokiej i niskiej zmienności. Okresami wyraźnie większej zmienności indeksów branżowych są lata 2008-2009 oraz 2011 rok. Takie zachowanie indeksów branżowych przemawia za wykorzystaniem do opisu ich zmienności oraz zależności pomiędzy szeregami wielowymiarowych modeli GARCH.

5. Wyniki badania

Badanie zależności pomiędzy zmiennością indeksów branżowych GPW w Warszawie przeprowadzono przy wykorzystaniu modelu GARCH BEKK. Oszacowano parametry modelu BEKK (1,1), przyjmując wielowymiarowy rozkład normalny oraz wielowymiarowy rozkład t -Studenta dla innowacji procesu. Najwyższą wartość logarytmu funkcji wiarygodności osiągnięto dla modelu z wielowymiarowym rozkładem t -Studenta, dlatego też parametry tego modelu poddano ocenie i interpretacji. Oszacowania parametrów macierzy A i B modelu BEKK (1,1) oraz ich istotność dla sześciu indeksów branżowych WIG: banki, budownictwo, chemia, deweloperzy, paliwa i spożywczy zaprezentowano w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Oceny i istotność parametrów macierzy A w modelu BEKK (1,1) dla indeksów branżowych WIG

Parametr $A(\downarrow, \rightarrow)$	BANK	BUD	CHE	DEW	PAL	SPO
BANK	0,134***	0,017	-0,036*	0,043*	-0,013	0,092***
BUD	0,036**	0,133***	-0,020***	0,056***	-0,032**	0,032**
CHE	-0,012	-0,030	0,312***	0,105***	0,057	-0,035
DEW	0,109***	0,000	-0,015	0,201***	-0,064***	0,001
PAL	0,063**	0,017	0,010	0,101***	-0,054**	0,075***
SPO	-0,045	0,097***	-0,077**	0,014	0,075**	0,032*

BANK – banki, BUD – budownictwo, CHE – chemia, DEW – deweloperzy, PAL – paliwa, SPO – spożywczy, * – istotność na poziomie 0,1, ** – istotność na poziomie 0,05, *** – istotność na poziomie 0,01.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Oceny i istotność parametrów macierzy B w modelu BEKK (1,1) dla indeksów branżowych WIG

Parametr $B(\downarrow, \rightarrow)$	BANK	BUD	CHE	DEW	PAL	SPO
BANK	0,974***	-0,011***	0,064***	-0,001	-0,006	-0,057***
BUD	-0,006*	0,986***	0,027***	-0,015***	-0,003	-0,022***
CHE	0,045***	0,039***	0,711***	-0,063***	-0,021	0,307***
DEW	-0,024***	-0,004	0,022	0,960***	0,015**	-0,004
PAL	0,004*	-0,006	0,039**	-0,049***	0,987***	-0,003
SPO	-0,032**	-0,040***	0,235***	0,030**	-0,005	0,708***

BANK – banki, BUD – budownictwo, CHE – chemia, DEW – deweloperzy, PAL – paliwa, SPO – spożywczy; * – istotność na poziomie 0,1, ** – istotność na poziomie 0,05, *** – istotność na poziomie 0,01.

Źródło: opracowanie własne.

Parametry w macierzy A i B mierzą zależności pomiędzy zmiennością indeksów branżowych. Diagonalne elementy macierzy A określają efekty ARCH występujące w poszczególnych szeregach logarytmicznych stóp zwrotu, natomiast diagonalne elementy macierzy B wyznaczają występujące w nich efekty GARCH. Wszystkie parametry znajdujące się na głównych przekątnych obydwu macierzy okazują się istotne statystycznie (tylko dla parametrów $A(6,6)$ i $A(5,5)$ p -value wynosi poniżej 0,01). Oznacza to, że zarówno innowacje i zmienność z poprzednich okresów determinują warunkowe wariancje indeksów branżowych. Dodatkowo znacznie wyższe wartości parametrów na głównych przekątnych macierzy w porównaniu z elementami pozadiagonalnymi, świadczą o silniejszej reakcji na informacje pochodzące z własnego rynku i ich większej trwałości niż w przypadku informacji z innych rynków.

Elementy pozadiagonalne w macierzach A i B wskazują na powiązania pomiędzy zmiennością indeksów branżowych. Wartości parametrów w macierzy A określają, jak impulsy w sektorach wpływają na zmienność pozostałych indeksów branżowych. Charakterystyczna sytuacja występuje w przypadku sektora „budownictwo”. Szoki występujące w tym sektorze przenoszą się na wszystkie pozostałe sektory (wszystkie parametry $A(2,\cdot)$ są istotne statystycznie), natomiast zmienność jego indeksu reaguje tylko na innowacje z sektora „przemysł spożywczy”. Z kolei innowacje w „przemysle chemicznym” mają najmniejsze oddziaływanie na zmienność innych indeksów sektorowych (istotnie oddziałują tylko na zmienność sektora „deweloperzy”). Zmienność indeksu tego ostatniego sektora („deweloperzy”) jest w największym stopniu podatna na szoki z pozostałych branż (tylko szoki w „przemysle spożywcym” nie mają istotnego wpływu).

W macierzy B większość parametrów jest istotna statystycznie, co oznacza silne zależności pomiędzy zmiennością indeksów sektorowych. Najmniejsze powiązania z wahaniami pozostałych indeksów sektorowych wykazuje indeks „przemysłu paliwowego”, który jest podatny tylko na fluktuacje w sektorze „deweloperzy”. Natomiast ostatni z wymienionych sektorów odznacza się najmniejszym oddziaływaniem na zmienność pozostałych indeksów branżowych (wpływa tylko na „banki” i „przemysł paliwowy”). W przypadku pozostałych sektorów (poza „przemysłem paliwowym” i „deweloperami”) wszystkie pary indeksów odznaczają się istotnymi zależnościami dwukierunkowymi. Potwierdza to występowanie wielokierunkowych powiązań pomiędzy ryzykiem występującym w systemie sektorów gospodarczych.

Wyniki pomiaru parametrów wielowymiarowego rozkładu indeksów branżowych mogą zostać wykorzystane przez inwestorów przy konstrukcji portfela. Zgodnie z klasyczną teorią Markowitza [1952, 1959] przy obliczaniu wariancji portfela uwzględniane są kowariancje stóp zwrotu z aktywów. Zatem zastosowanie analogicznego podejścia do optymalizacji struktury branżowej portfela inwestycyjnego [por. Kijek 2012], opartego na wielowymiarowym rozkładzie indeksów branżowych, pozwoli na dywersyfikację ryzyka.

6. Zakończenie

W artykule zbadano powiązania pomiędzy zmiennością sześciu indeksów sektorowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie. W tym celu wykorzystano model BEKK, który należy do klasy wielowymiarowych modeli GARCH. Ze względu na jego uproszczoną specyfikację jest on wygodnym narzędziem do badania zależności między zmiennością w systemie zmiennych. Zastosowanie modelu BEKK pozwoliło na zidentyfikowanie sektorów, w przypadku których impulsy i zmienność ich indeksów branżowych oddziałuje na zmienność pozostałych indeksów sektorowych.

Wyniki badań wyraźnie wskazują na wielokierunkowe zależności pomiędzy zmiennością indeksów sektorowych GPW w Warszawie. Zdecydowanie największe oddziaływanie na ryzyko pozostałych sektorów mają fluktuacje w sektorze „budownictwo” i w mniejszym stopniu w „przemysle spożywczym”. Z kolei sektorami cechującymi się największą podatnością na wahania w pozostałych branżach są „banki” oraz „deweloperzy”. Zmiany w ostatnim z wymienionych sektorów jednocześnie mają najmniejszy wpływ na ryzyko w innych branżach.

Zaprezentowane wyniki mogą zostać wykorzystane przez inwestorów przy kompozycji portfeli inwestycyjnych. Dostarczają one informacji na temat transmisji szoków w sektorach gospodarczych na inne branże gospodarki. Wiedza taka umożliwia precyzyjniejszą ocenę ryzyka inwestycyjnego i dzięki temu pozwala na efektywniejszą alokację środków finansowych.

Literatura

- Bollerslev T., 1986, *Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*, „Journal of Econometrics” 31, s. 307-327.
- Baillie R.T., Bollerslev T., 1995, *On the interdependence of international asset markets*, [w:] *Global Portfolio Diversification*, red. R. Aggarwal, D.C. Schrim, Academic Press, San Diego, CA 1995, s. 19-27.
- Bollerslev T., Engle R.F., Wooldridge J.M., 1988, *A capital asset pricing model with time varying covariances*, „Journal of Political Economy” 96, s. 116-131.
- Comte F., Lieberman O., 2003, *Asymptotic theory for multivariate GARCH processes*, „Journal of Multivariate Analysis”, January, s. 61-84.
- Engle R.F., 1982, *Autoregressive conditional heteroskedasticity with estimates of the variance of the United Kingdom inflation*, „Econometrica” 50, s. 987-1007.
- Engle R.F., Kroner F.K., 1995, *Multivariate simultaneous generalized ARCH*, „Econometric Theory”, 11, s. 122-150.
- Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie, 2013, *Indeksy Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie*, Warszawa.
- Gradzewicz M., Growiec J., Hagemeyer J., Popowski P., 2010, *Cykl koniunkturalny w Polsce – wnioski z analizy spektralnej*, „Bank i Kredyt”, nr 5, s. 41-76.
- Kijek A., 2012, *Optymalizacja struktury branżowej portfela inwestycyjnego na przykładzie gałęzi polskiego przemysłu przetwórczego*, „Bank i Kredyt”, nr 1, s. 79-102.

- Kijek A., 2013, *Ryzyko sektorowe przemysłu przetwórczego. Modelowanie i ocena*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Markowitz H., 1952, *Portfolio Selection*, „Journal of Finance” 7(1), March, s. 77-91.
- Markowitz H., 1959, *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment*, Yale University Press, New Haven.
- Minovic J.Z., 2009, *Modeling Multivariate Volatility Processes: Theory and Evidence*, „Theoretical and Applied Economics” 5(534), s. 21-44.
- Zivot E., Wang J., 2006, *Modeling Financial Time Series with S-Plus*, Springer Science and Business Media, New York.

ANALYSIS OF VOLATILITY LINKAGES AMONG SECTOR INDICES OF WARSAW STOCK EXCHANGE BY GARCH BEKK MODEL

Summary: The level of investment risk associated with financial instruments is measured by volatility of their returns. The studies of financial market confirm the dependence of variance of stock return from the changes on the company's market as well as the situation on other markets. That is the main reason for conducting the analysis of linkages among the volatility of sector indices of Warsaw Stock Exchange by multivariate GARCH model. The estimation of parameters of BEKK model for sector indices enables the author to establish the mechanism of shock transmissions among economic sectors. The results of study confirm that the conditional variances and covariances among sector indices exhibit constant changes over time.

Keywords: multivariate GARCH model, BEKK model, sectoral indices, conditional covariance matrix.