

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

323

Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a rynek polski



Redaktorzy naukowi

Krzysztof Jajuga

Wanda Ronka-Chmielowiec



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2013

Redaktor Wydawnictwa: Agnieszka Flasińska

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

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 2013

ISSN 1899-3192

ISBN 978-83-7695-351-9

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp	11
Adam Adamczyk: Poziom wewnętrznych źródeł finansowania jako determinanta inwestycji w działalność B + R przedsiębiorstw	13
Roman Asyngier: Ekonomiczne i prawne aspekty nieprawidłowości funkcjonowania rynku NewConnect. Ocena i propozycje zmian.....	23
Jacek Bialek: Zastosowanie autorskiego indeksu wydajności pracy do analizy dynamiki cen jednostek rozrachunkowych OFE	34
Magdalena Chmielowiec-Lewczuk: Zrównoważona Karta Wyników w zakładzie ubezpieczeń.....	43
Dawid Dawidowicz: Ocena efektywności nowych i pozostałych funduszy inwestycyjnych akcji polskich w latach 2000–2012.....	53
Ewa Dziwok: Weryfikacja modeli krzywej dochodowości na podstawie metod dynamicznych.....	66
Krzysztof Echaust: Zwroty dzienne a zwroty nocne – porównanie wybranych własności na przykładzie kontraktów <i>futures</i> notowanych na GPW w Warszawie.....	75
Urszula Gierałtowska: Inwestowanie w metale szlachetne jako alternatywna forma lokowania kapitału	88
Paweł Kliber: Spread WIBOR-OIS jako miara ryzyka kredytowego i premii płynnościowej	101
Karol Marek Klimczak: Struktura autoregresyjna zysku rezydualnego spółek z Polski, Niemiec i Francji.....	112
Anna Korzeniowska: Wybrane problemy rynku finansowego wynikające z sytuacji na rynku oszczędności gospodarstw domowych.....	120
Mieczysław Kowerski: Cateringowa teoria dywidend.....	128
Marzena Krawczyk: Adekwatność oferty instytucji rynku finansowego do potrzeb kapitałowych MŚP.....	142
Paweł Kufel, Magdalena Mosionek-Schweda: Wpływ doświadczenia giełdowego na koszt pozyskiwania kapitału na rynku Catalyst	151
Robert Kurek: Ewolucja konwergencji regulacji i sposobów nadzorowania na rynku ubezpieczeniowym UE.....	161
Sebastian Majewski, Mariusz Doszyń: Efekty wpływu czynników behawioralnych na stopy zwrotu z akcji spółek sektora budowlanego notowanych na GPW w Warszawie.....	170

Sebastian Majewski: Behawioralny portfel według Maslowa – analiza symulacyjna.....	180
Marta Malecka: Metody oceny jakości prognoz ryzyka rynkowego – analiza porównawcza	192
Aleksander R. Mercik: Wykorzystanie rozkładu t -Studenta do szacowania wartości zagrożonej	202
Artur Mikulec: Znormalizowany względem czasu τ wskaźnik Calmara i jego zastosowanie w analizie efektywności inwestycji portfelowych.....	212
Wojciech Misterek: Bariery w zakresie pozyskania zewnętrznych źródeł finansowania na realizację projektów innowacyjnych przedsiębiorstw	223
Paweł Niszczota: Wpływ języka raportowania na płynność spółek zagranicznych notowanych na GPW	232
Dorota Pekasiewicz: Wyznaczanie współczynnika bezpieczeństwa na podstawie kwantyla rozkładu sumy roszczeń w portfelu ubezpieczeń komunikacyjnych.....	241
Agnieszka Perepeczo: Reakcja akcjonariuszy na decyzje o wypłacie dywidendy w spółkach publicznych – wyniki badań empirycznych.....	253
Tomasz Pisula: Metodyczne aspekty zastosowania modeli skoringowych do oceny zdolności kredytowej z wykorzystaniem metod ilościowych.....	265
Paweł Porcenaluk: Analiza wybranych miar ryzyka płynności dla akcji notowanych na GPW w Warszawie w latach 2001–2011	289
Marcin Salamaga: Zastosowanie metody średniej kroczącej do badania zyskowności inwestycji na polskim rynku kapitałowym	298
Rafał Siedlecki: Prognozowanie trudności finansowych przedsiębiorstw z wykorzystaniem miary rozwoju Hellwiga	308
Anna Sroczyńska-Baron: Możliwości aplikacyjne gier mniejszościowych na Gieldzie Papierów Wartościowych	319
Michał Stachura, Barbara Wodecka: Asymetria w ujęciu Boshnakova – propozycja metody szacowania miar asymetrii z próby.....	328
Piotr Staszkiwicz: Verification of the disclosure lemma applied to the model for reputation risk for subsidiaries of non-public group with reciprocal shareholding on the Polish broker-dealers market.....	337
Anna Szymańska: Bayesowskie szacowanie stawek składki w ubezpieczeniach komunikacyjnych z wybranymi funkcjami straty	347
Jacek Welc: Prognozowana dynamika zysków spółek a obciążenie błędów prognoz – doświadczenia polskie	357
Jerzy Węclawski: Pożyczki hybrydowe jako alternatywna forma finansowania przedsiębiorstw	366
Ryszard Węgrzyn: Analiza wrażliwości zmienności implikowanej względem instrumentu podstawowego opcji – podejście dynamiczne	375
Stanisław Wieteska: Obciążenia obiektów budowlanych śniegiem jako element ryzyka w ubezpieczeniach majątkowo-osobowych w Polskim obszarze klimatycznym	385

Zuzanna Woško: Odporność sektora bankowego w Polsce na szoki zewnętrzne w kontekście ryzyka kredytowego. Badanie zależności między zmiennymi makroekonomicznymi	397
Anna Zamojska: Wskaźnik Sharpe'a w teorii i w praktyce.....	406
Aneta Zglińska-Pietrzak: Bootstrapowe prognozy zmienności stóp zwrotu na podstawie modelu GARCH	415
Monika Zielińska-Sitkiewicz: Ocena kondycji rynku nieruchomości mieszkaniowych na podstawie badania danych z raportów finansowych firm deweloperskich	423

Summaries

Adam Adamczyk: The level of internal sources of finance as a determinant of investment in R & D of enterprises	22
Roman Asyngier: Economic and legal aspects of irregularities in the functioning of the NewConnect market. Assessment and suggestions for changes	33
Jacek Bialek: Application of the original index of labour productivity in the analysis of open pension funds' units dynamics	42
Magdalena Chmielowiec-Lewczuk: Balanced Scorecard in insurance company.....	52
Dawid Dawidowicz: Evaluation of efficiency of new Polish equity investment funds in comparison to the other investment funds in the period 2000–2012	65
Ewa Dziwok: Yield curve verification based on the correlation surface method	74
Krzysztof Echaust: Traded period returns and non-traded period returns – comparison of selected properties on the basis of futures contracts quoted on Warsaw Stock Exchange.....	87
Urszula Gieraltowska: Investing in precious metals as an alternative form of capital investment	100
Paweł Kliber: WIBOR-OIS spread as a measure of liquidity and default risk	111
Karol Marek Klimczak: Autoregressive structure of residual income of Polish, French and German firms.....	119
Anna Korzeniowska: Selected problems of financial market resulting from the situation on household savings market	127
Mieczysław Kowerski: Catering theory of dividends	141
Marzena Krawczyk: Adequacy of the offer given by financial market institution to capital needs of SMEs	150
Paweł Kufel, Magdalena Mosionek-Schweda: The impact of the stock-market experience on the cost of capital gained on the Catalyst market.....	160

Robert Kurek: The evolution in convergence of supervision regulations and methods on the European Union insurance market	169
Sebastian Majewski, Mariusz Doszyń: The effects of impact of behavioural factors on the rate of return of construction companies stocks listed on the Warsaw Stock Exchange.....	179
Sebastian Majewski: Behavioural portfolio according to Maslov – simulation analysis	191
Marta Malecka: Methods for evaluating Value-at-Risk forecasts – comparative analysis	201
Aleksander R. Mercik: Using the Student's t distribution in Value-at-Risk estimation.....	211
Artur Mikulec: Tau-normalized-Calmar ratio and its application in the analysis of portfolio investment efficiency	222
Wojciech Misterek: Barriers in obtaining external funding to the realization of innovative projects in companies	231
Paweł Niszczota: The language used in filings and the trading activity of foreign companies listed on the Warsaw Stock Exchange	240
Dorota Pekasiewicz: Determination of the safety factor based on quantile of the sum of claims distribution in the portfolio of automobile insurance....	252
Agnieszka Perepeczo: Market reactions to dividend announcements in public companies – empirical evidence.....	264
Tomasz Pisula: Methodological aspects of the application of credit scoring models to assess the creditworthiness with the use of quantitative methods	288
Paweł Porcenaluk: The analysis of the selected liquidity risk measures for stocks listed on the Warsaw Stock Exchange in 2001–2011 period.....	297
Marcin Salamaga: An application of moving average rules for testing the profitability of Polish stock market.....	307
Rafał Siedlecki: Forecasting financial problems of companies based on Hellwig measurement of development	318
Anna Sroczyńska-Baron: The application of the minority games and gambling on the stock exchange.....	327
Michał Stachura, Barbara Wodecka: Boshnakov's approach to asymmetry – proposal of estimation of sample asymmetry measures	336
Piotr Staszkiwicz: Weryfikacja lematu ujawnienia dla modelu ryzyka reputacji niepublicznych grup kapitałowych z powiązaniem wzajemnymi na polskim rynku firm inwestycyjnych	346
Anna Szymańska: Bayesian estimation of premium rates in motor insurance with selected loss functions	356
Jacek Welc: Forecasted earnings growth of companies and earnings forecast bias – Polish experience.....	365
Jerzy Węclawski: Hybrid loans as an alternative form of corporate finance ..	374

Ryszard Węgrzyn: Analysis of the sensitivity of implied volatility to the underlying instrument of option – a dynamic approach.....	384
Stanisław Wieteska: Overload of roofs of buildings with snow as an element of risk in property insurance in the Polish climate area.....	396
Zuzanna Wośko: Resilience of the Polish banking sector to external shocks in the context of credit risk. Analysis of the relationship between macro-economic variables	405
Anna Zamojska: Sharpe ratio – theory and practice.....	414
Aneta Zglińska-Pietrzak: Bootstrap predictions of returns for GARCH processes	422
Monika Zielińska-Sitkiewicz: Assessment of the condition of the Polish real estate market based on the data analysis from the financial statements of developers	437

Ryszard Węgrzyn

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

ANALIZA WRAŻLIWOŚCI ZMIENNOŚCI IMPLIKOWANEJ WZGLĘDEM INSTRUMENTU PODSTAWOWEGO OPCJI – PODEJŚCIE DYNAMICZNE

Streszczenie: Artykuł przedstawia procedurę i rezultaty zastosowania trzech podejść w analizie wrażliwości rynkowej zmienności implikowanej względem instrumentu podstawowego. Uzyskane wyniki empiryczne dotyczą zastosowania wygładzania wykładniczego; modelu regresji, w którym wariancja warunkowa została opisana za pomocą modelu GARCH(1,1); oraz modelu dynamicznych korelacji warunkowych (DCC, *Dynamic Conditional Correlation*). Wyniki te wskazują na znaczne zróżnicowanie dynamiki kształtowania się współczynników regresji w zależności od zastosowanego podejścia.

Słowa kluczowe: opcja, zmienność implikowana, hedging.

1. Wstęp

Rynkowa zmienność implikowana jest najczęściej rozumiana jako zmienność instrumentu podstawowego wyliczana na podstawie rynkowej ceny opcji z zastosowaniem modelu Blacka-Scholesa-Mertona (zob. [Natenberg 1994; Alexander 2008]). Zgodnie z tym modelem odchylenie standardowe będące miarą zmienności jest stałe. W rzeczywistości można jednak obserwować istotne różnice w implikowanym odchyleniu standardowym. Należą do nich: tzw. uśmiech zmienności (*volatility smile*), struktura terminowa (*term structure*) zmienności implikowanej oraz zmiany w czasie powyższych (zob. [Chance 2004; Bittman 2009]). Zmienność implikowana wykazuje poza tym dużą wrażliwość na zmiany ceny instrumentu podstawowego. Sytuacja taka występuje także w przypadku opcji na WIG20, będących przedmiotem obrotu na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie (więcej na ten temat [Węgrzyn 2010]).

Celem opracowania jest zaprezentowanie różnych podejść w analizie wrażliwości rynkowej zmienności implikowanej względem instrumentu podstawowego oraz ocena uzyskanych wyników. Wrażliwość ta została przeanalizowana na trzy sposoby: z zastosowaniem wygładzania wykładniczego, z zastosowaniem modelu regresji,

w którym wariancja warunkowa została opisana za pomocą modelu GARCH(1,1), oraz z zastosowaniem modelu dynamicznych korelacji warunkowych (DCC, *Dynamic Conditional Correlation*).

Przedstawione wyniki badań stanowią przy tym część szerszych badań nad skutecznością hedgingu dynamicznego z zastosowaniem koncepcji delty rynkowej. Koncepcja ta, zaproponowana przez C. Alexander [2008], pozwala na zastosowanie wrażliwości rynkowej zmienności implikowanej względem ceny instrumentu podstawowego w hedgingu opcyjnym.

Odpowiednich analiz dokonano na podstawie danych z Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie dotyczących kształtowania się indeksu WIG20 oraz zmienności implikowanych będących w obrocie giełdowym opcji na indeks WIG20. Analiza objęła okres 2.01.2008 – 31.12.2009, co zapewniło uwzględnienie danych z okresu początków kryzysu finansowego oraz okres względnej stabilizacji w drugiej połowie 2009 r.

2. Określanie wrażliwości rynkowej zmienności implikowanej względem instrumentu podstawowego – metoda wygładzania wykładniczego

W celu określenia wpływu instrumentu podstawowego na zmienność implikowaną opcji ATM¹ można zastosować model o podstawowej postaci (zob. [Alexander 2008]):

$$Y_t = \alpha_t + \beta_t R_t + \varepsilon_t,$$

gdzie:

$$Y_t = \Delta\theta(S)_t = \theta(S)_t - \theta(S)_{t-1},$$

$$R_t = \frac{S_t - S_{t-1}}{S_{t-1}},$$

$\theta(S)_t$ – zmienność implikowana opcji ATM w czasie t ,

S_t – poziom ceny instrumentu podstawowego w czasie t .

Aby rozpocząć właściwe analizy, należało najpierw obliczyć odpowiednie szeregi czasowe zmienności implikowanych. W celu uzyskania szeregów czasowych zmienności implikowanych opcji różniących się tylko kursem wykonania, a nie terminem wygasania, dokonano na podstawie zmienności opcji o różnych terminach wygasania oszacowania zmienności dla teoretycznych opcji z takim samym okresem do wygaśnięcia (w tym wypadku wybrano liczbę 44 sesji, co odpowiada w przybliżeniu 2 miesiącom do terminu wygaśnięcia opcji). Tylko opcje o dwóch najbliższych terminach wygasania wykazują akceptowane minimum płynności, dla-

¹ Opcja ATM (*at-the-money*) oznacza opcję, której cena wykonania jest równa cenie instrumentu podstawowego.

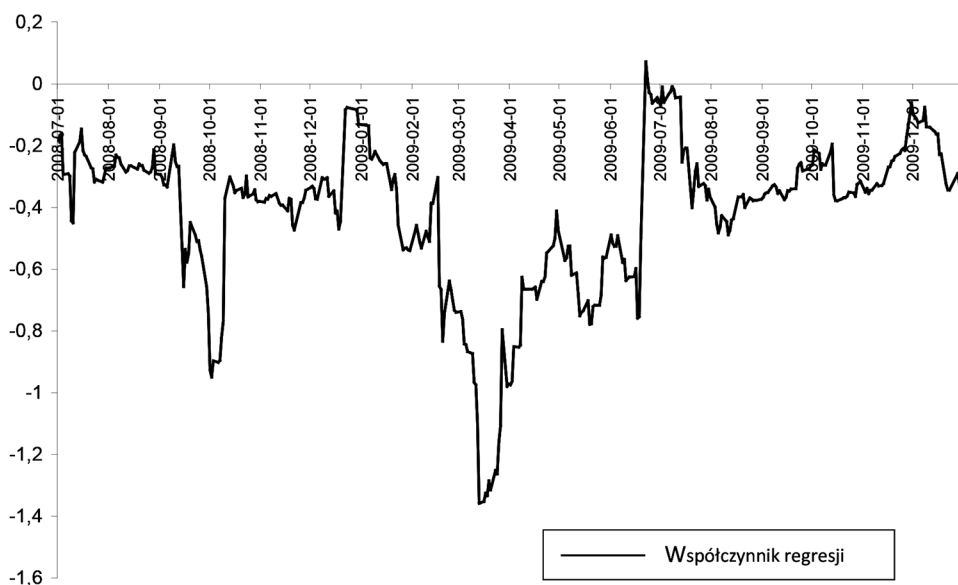
tego na podstawie zmienności implikowanej tych opcji oszacowano zmienność dla opcji z wybranym okresem do wygaśnięcia, stosując interpolację (ekstrapolację) liniową.

Na podstawie uzyskanych szeregów czasowych zmienności implikowanej obliczono zmienność dla opcji będącej cały czas ATM. Zmienność implikowaną opcji ATM wyliczano za każdym razem na podstawie zmienności trzech opcji o kursach wykonania najbliższych indeksowi WIG20, a do wyliczeń zastosowano w tym wypadku interpolację kwadratową.

W dalszej kolejności, zgodnie z przedstawionym wcześniej modelem, określono wpływ zwrotów indeksu WIG20 na zmienność implikowaną opcji kupna ATM. Do oszacowania parametru β_t zastosowano w pierwszej kolejności metodę średniej ruchomej ważonej wykładniczo:

$$\hat{\beta}_t^\lambda = \frac{\text{Cov}_\lambda(Y_t, R_t)}{\text{Var}_\lambda(R_t)},$$

gdzie kowariancja (Cov_λ) i wariancja (Var_λ) były estymowane za pomocą średniej ruchomej ważonej wykładniczo przy takiej samej stałej wygładzania $\lambda = 0,95$.



Rys. 1. Współczynniki regresji z zastosowaniem wygładzania wykładniczego w okresie od 1.07.2008 do 31.12.2009 r.

Źródło: obliczenia własne.

Oszacowane za pomocą wygładzania wykładniczego współczynniki regresji β_t zostały przedstawione na rys. 1. Na rysunku tym można zaobserwować kształtowa-

nie się współczynników w okresie od 1.07.2008 do 31.12.2009 r. Współczynniki te były zwykle ujemne i kształtowały się w granicach do ok. $-1,3$ do $0,1$. Najsilniejszy ujemny wpływ można zaobserwować na początku października 2008 r., kiedy odnotowano znaczne spadki indeksu WIG20, oraz w marcu 2009 r., gdy indeks zaczął wzrastać po długiej tendencji spadkowej. W tym okresie doszło do odwrócenia trendu spadkowego na wielu giełdach światowych.

3. Zastosowanie modelu regresji z wariancją warunkową opisaną za pomocą modelu GARCH(1, 1)

W drugim z zastosowanych podejść do określania wpływu zwrotów indeksu WIG20 na zmienność implikowaną opcji kupna ATM wykorzystano model regresji o następującej postaci:

$$Y_t = c + \beta_1 R_t + \beta_2 Y_{t-1} + \varepsilon_t,$$

gdzie Y_t oraz R_t oznaczają jak poprzednio, natomiast wariancja warunkowa ε_t została opisana za pomocą modelu GARCH(1,1).

Model GARCH(p, q) (*generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*) został po raz pierwszy zaproponowany przez T. Bollersleva [1986] i S.J. Taylora [1986] i jest uogólnionym modelem autoregresyjnej heteroskedastyczności warunkowej, który można zapisać jako:

$$\sigma_t^2 = \alpha + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \varepsilon_{t-p}^2 + \gamma_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \gamma_q \sigma_{t-q}^2,$$

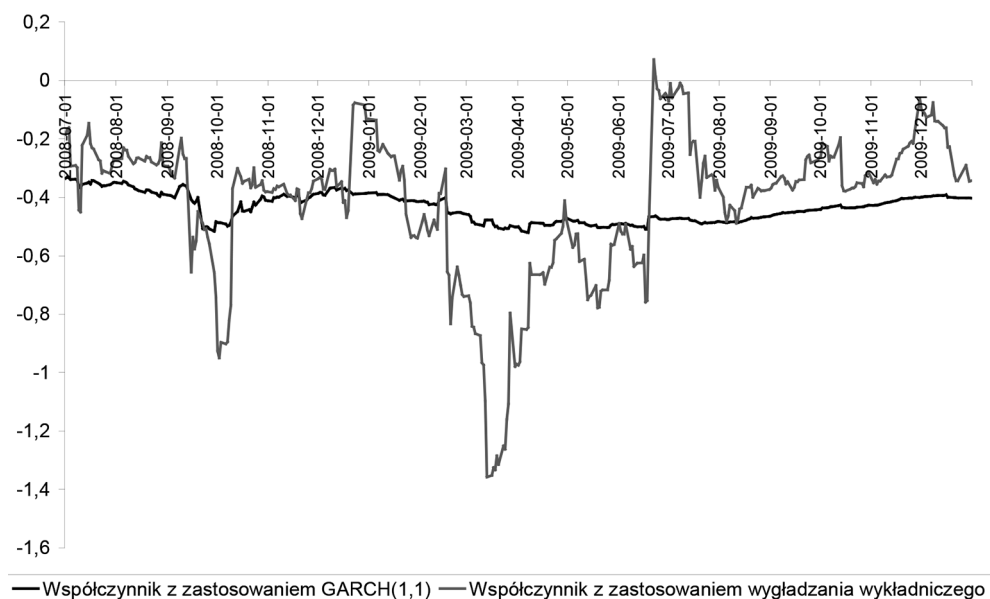
gdzie: $\alpha > 0$, $\beta_i \geq 0$, $\gamma_i \geq 0$ (więcej na ten temat: [Doman, Doman 2009; Osińska 2006; Pipień 2006]).

Oszacowania parametrów modelu dokonywano dla każdego kolejnego terminu za pomocą metody największej wiarygodności z rozkładem normalnym z zastosowaniem programu komputerowego Time Series Modelling v4.31 (zob. [Davidson 2011]). Dla przykładu w tab. 1 zostały przedstawione wyniki oszacowań na dzień 31.12.2009 r. (500 obserwacji).

Tabela 1. Przykładowe wyniki oszacowania parametrów modelu

Parametry	Oceny parametrów	Błędy standardowe	Poziomy t	Poziomy p
c	0,0005	0,00128	0,389	0,697
β_1	-0,43608	0,07909	-5,514	0,000
β_2	-0,4081	0,05796	-7,041	0,000
Parametry równania wariancji				
α	0,01437	0,0053	–	–
β	0,43722	0,15181	2,88	0,004
γ	0,55769	0,1718	3,246	0,001

Źródło: obliczenia własne za pomocą programu Time Series Modelling 4.31.



Rys. 2. Kształtowanie się współczynników regresji z zastosowaniem GARCH(1,1) oraz z zastosowaniem wykładniczego w okresie od 1.07.2008 do 31.12.2009 r.

Źródło: obliczenia własne.

Jak wskazują parametry modelu regresji, wpływ zwrotów indeksu WIG20 na zmiany implikowanego odchylenia standardowego był ujemny i istotny statystycznie, podobnie jak wpływ opóźnionych zmian implikowanego odchylenia standardowego. W wypadku parametrów modelu GARCH(1,1) istotne jest, że parametry β oraz γ są dodatnie i ich suma jest mniejsza od jedności, co świadczy o stacjonarności procesu. W tym wypadku poziom p był bardzo niski, ogólnie jednak poziomy p wzrastały przy mniejszej liczbie obserwacji. Na rysunku 2 przedstawiono współczynniki regresji w okresie od 1.07.2008 do 31.12.2009 r. Na podstawie rysunku można stwierdzić, że przy tym podejściu współczynniki regresji kształtowały się w przedziale od ok. $-0,5$ do $-0,3$. Najsilniejszy ujemny wpływ indeksu na zmienność implikowaną można zaobserwować na przełomie września i października 2008 r. oraz w marcu 2009 r. Aby ułatwić porównanie współczynników regresji uzyskanych w wyniku tych dwóch zaprezentowanych podejść, na rys. 2 przedstawiono także kształtowanie się współczynników z zastosowaniem wykładniczego. Na tej podstawie można zaobserwować, że współczynniki oszacowane za pomocą drugiego podejścia są zdecydowanie bardziej stabilne.

4. Zastosowanie modelu dynamicznych korelacji warunkowych DCC

Bardziej zaawansowane podejście do szacowania współczynników regresji może polegać na estymowaniu zmieniających się w czasie kowariancji za pomocą wielowymiarowych modeli GARCH, takich jak model dynamicznych korelacji warunkowych DCC (*Dynamic Conditional Correlation*) (zob. [Engle 2002]) lub bardziej złożony model BEKK (zob. [Baba i in. 1991; Engle, Kroner 1995]).

W 1990 r. T. Bollerslev [1990] przedstawił model stałych korelacji warunkowych (CCC, *Constant Conditional Correlation*), w którym zakłada się stałą korelację warunkową w przestrzeni wielowymiarowej. R.F. Engle [2002] zaproponował nowy model, który zachowuje łatwość estymowania parametrów modelu stałej korelacji Bollersleva, ale uwzględnia dynamiczne korelacje. Modele dynamicznych korelacji warunkowych (DCC) zachowują oszczędność jednowymiarowych modeli zmienności GARCH dla poszczególnych zmiennych z prostą, zmienną w czasie podobnie do procesu GARCH korelacją. Te wielowymiarowe modele GARCH różnią się tym od innych specyfikacji, że parametry jednowymiarowych modeli GARCH są estymowane dla każdej ze zmiennych, a następnie, z wykorzystaniem reszt standaryzowanych wynikających z pierwszego etapu, szacowana jest zmieniająca się w czasie macierz korelacji (więcej na ten temat [Doman, Doman 2009; Osińska 2006]).

Zaproponowana przez R.F. Engle'a [2002] struktura korelacji dynamicznej jest następująca:

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1}$$

$$Q_t = \left(1 - \sum_{m=1}^M a_m - \sum_{n=1}^N b_n \right) \bar{Q} + \sum_{m=1}^M a_m (\xi_{t-m} \xi_{t-m}') + \sum_{n=1}^N b_n Q_{t-n},$$

- gdzie: R_t – zmienna w czasie macierz korelacji,
 Q_t^* – macierz diagonalna składająca się z pierwiastków kwadratowych elementów diagonalnych Q_t ,
 \bar{Q} – bezwarunkowa macierz kowariancji reszt standaryzowanych wynikających z pierwszego etapu estymacji,
 $\xi_t \sim N(0, R_t)$ – reszty standaryzowane przez ich warunkowe odchylenia standardowe,
 a_m, b_n – parametry skalarne modelu podlegające następującym ograniczeniom: $a_m \geq 0$ dla $m = 1, \dots, M$; $b_n \geq 0$ dla $n = 1, \dots, N$;
 $\sum_{m=1}^M a_m + \sum_{n=1}^N b_n < 1$.

Zasadniczo wymogi dla dodatniej określoności warunkowej kowariancji są takie same dla modelu DCC jak dla jednowymiarowego procesu GARCH. Ograniczenia

parametrów nie są konieczne, tylko wystarczające do zagwarantowania dodatniej określoności macierzy kowariancji warunkowej [Engle, Sheppard 2001].

W przypadku prowadzonych badań został zastosowany model DCC(1,1) w odniesieniu do okresu 2.01.2008 – 31.12.2009 r., w którym liczba dostępnych obserwacji wyniosła 500. W pierwszym etapie zostały oszacowane za pomocą programu Time Series Modelling parametry jednowymiarowych modeli GARCH(1, 1) dla zmiennej objaśnianej Y_t i zmiennej objaśniającej R_t . Wyniki estymacji zostały przedstawione w tab. 2. Oszacowane parametry β oraz γ dla tych modeli wykazują istotność statystyczną (p bliskie zera) i spełniają warunek nieujemności oraz ich sumy są w obydwu przypadkach mniejsze od jeden, co świadczy o stacjonarności procesów.

Tabela 2. Wyniki oszacowania parametrów modeli

Parametry	Oceny parametrów	Błędy standardowe	Poziomy t	Poziomy p
Parametry równania wariancji dla zmiennej objaśnianej Y_t				
α	0,0181	0,0053	–	–
β	0,37033	0,12271	3,018	0,003
γ	0,56704	0,14095	4,023	0,000
Parametry równania wariancji dla zmiennej objaśniającej R_t				
α	0,00977	0,0023	–	–
β	0,08861	0,02714	3,265	0,001
γ	0,8904	0,02376	37,475	0,000
Parametry modelu DCC				
a	0,06366	59 812,6	0,000	0,999
b	2,055719e-15	8,58782e+8	0,000	0,999

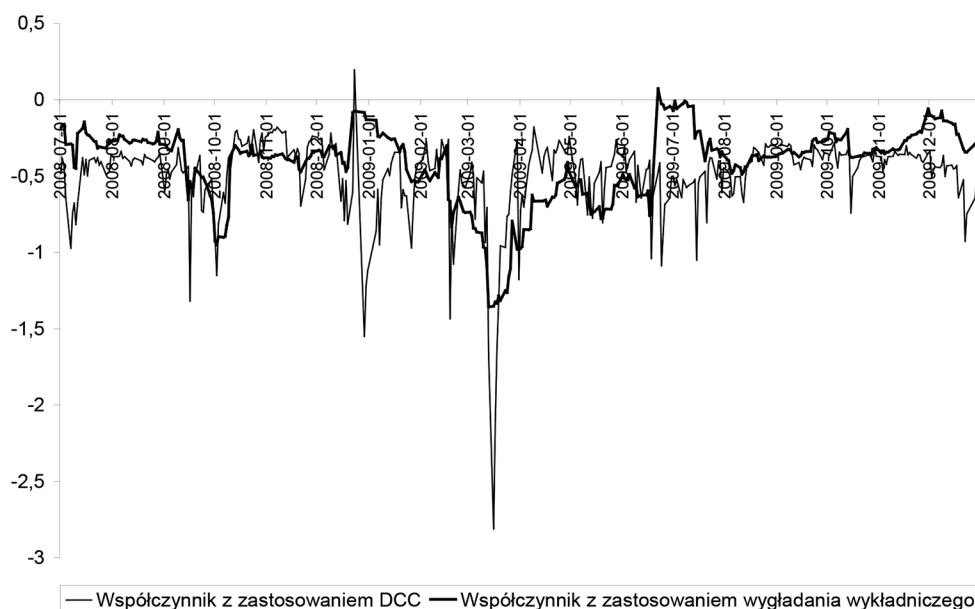
Źródło: obliczenia własne za pomocą programu Time Series Modelling 4.31.

Następnie zostały oszacowane parametry dla modelu DCC. Wyniki estymacji tych parametrów zostały również podane w tab. 2. Zarówno parametr a , jak i b są w tym wypadku nieistotne statystycznie, co wynika z nałożenia na te parametry ograniczeń wynikających z założeń. W pierwszej próbie (bez restrykcji) parametry były istotne statystycznie, ale parametr b osiągnął wartość ujemną, co nie gwarantuje dodatniej określoności macierzy kowariancji. Przy zastosowaniu ograniczeń oszacowanie parametru jest na dodatnim poziomie bardzo zbliżonym do zera.

Model DCC pozwala określić dynamiczne kowariancje warunkowe pomiędzy zmiennymi Y_t oraz R_t , a model GARCH(1,1) dla zmiennej R_t określa jej wariancję warunkową, dlatego współczynnik regresji może zostać oszacowany jako iloraz kowariancji warunkowej i wariancji warunkowej.

W wyniku zastosowania tego podejścia na podstawie oszacowanych modeli (tab. 2) wyznaczono dynamiczne współczynniki regresji. Kształtowanie się tych współczynników przedstawiono na rys. 3 wraz ze współczynnikami wynikającymi

z zastosowania wykładniczego. Na podstawie rysunku można zauważyć, że współczynniki z zastosowaniem modelu DCC mają znacznie większą dynamikę niż współczynniki wynikające z wykładniczego. Kształtują się one w przedziale od około $-2,8$ do $0,2$, podczas gdy współczynniki z zastosowaniem wykładniczego w przedziale od ok. $-1,3$ do $0,1$.



Rys. 3. Kształtowanie się współczynników regresji z zastosowaniem modelu DCC oraz zastosowaniem wykładniczego w okresie od 1.07.2008 do 31.12.2009 r.

Źródło: obliczenia własne.

Podobny wniosek można wyciągnąć na podstawie porównania modelu $DCC(1,1)$ z przedstawionym wcześniej modelem z zastosowaniem $GARCH(1,1)$, w przypadku którego współczynniki regresji kształtowały się stosunkowo stabilnie. Wyniki zastosowania modelu $DCC(1,1)$ wskazują zatem na największą dynamikę kształtowania się współczynników regresji, w przeciwieństwie do modelu z zastosowaniem $GARCH(1,1)$, który wykazał z kolei najmniejszą dynamikę spośród zaprezentowanych podejść.

5. Zakończenie

Głównym celem opracowania były prezentacja i ocena różnych podejść do określania wrażliwości rynkowej zmienności implikowanej względem instrumentu podstawowego. Przeprowadzona analiza pozwoliła tylko na wstępną ocenę zastosowanych

podejść. Aby w pełni porównać praktyczną skuteczność tych podejść, należałoby przeprowadzić dalszą analizę ich zastosowania w hedgingu opcyjnym. Zastosowanie w tym celu modelu DCC wymaga jednak większej liczby obserwacji. Większa liczba obserwacji pozwoliłaby także na zastosowanie bardziej złożonych modeli.

W analizie wrażliwości rynkowej zmienności implikowanej względem instrumentu podstawowego warto, jak się wydaje, zwrócić w szczególności uwagę na problem asymetrii. W tym względzie na przykład L. Cappiello, R.F. Engle i K. Sheppard [2006], zajmując się ograniczeniami oryginalnego modelu DCC-MV-GARCH w zakresie efektów asymetrycznych, wprowadzili asymetrię do samego modelu DCC. G.A. Vargas [2006] polecił z kolei nowszy model do skuteczniejszego radzenia sobie z efektami asymetrycznymi. Ten nowy model jest rozwinięciem modelu blokowej dynamicznej korelacji warunkowej (BDCC, *Block Dynamic Conditional Correlation*) opracowanego przez M. Billio, M. Caporina i M. Gobbo [2006]. Rozwój samych tylko modeli DCC daje zatem nowe możliwości analizy współzależności w zakresie nie tylko dwóch, ale wielu zmiennych.

Literatura

- Alexander C., 2008, *Market Risk Analysis. Pricing, Hedging and Trading Financial Instruments*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Baba Y., Engle R.F., Kraft D.F., Kroner K.F., 1991, *Multivariate Simultaneous Generalized ARCH*, Department of Economics, University of California, San Diego.
- Billio M., Caporin M., Gobbo M., 2006, *Flexible Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH for Asset Allocation*, Applied Financial Economics Letters, vol. 2, no. 2, s. 123–130.
- Bittman J.B., 2009, *Trading Options as a Professional. Techniques for Market Makers and Experienced Traders*, McGraw-Hill, New York.
- Bollerslev T., 1986, *Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*, Journal of Econometrics, vol. 31, no. 3, s. 307–327.
- Bollerslev T., 1990, *Modeling the coherence in short-run nominal exchange rates. A multivariate generalized ARCH model*, Review of Economics and Statistics, vol. 72, no. 3, s. 498–505.
- Cappiello L., Engle R.F., K. Sheppard K., 2006, *Asymmetric dynamics in the correlations of global equity and bond returns*, Journal of Financial Econometrics, vol. 4, no. 4, s. 537–572.
- Chance D.M., 2004, *An Introduction to Derivatives & Risk Management*, Thomson South-Western, Mason.
- Davidson J., 2011, *Time Series Modelling*, University of Exeter, Exeter.
- Doman M., Doman R., 2009, *Modelowanie zmienności i ryzyka. Metody ekonometrii finansowej*, Wolters Kluwer, Kraków.
- Engle R.F., 2002, *Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate GARCH models*, Journal of Business and Economic Statistics, vol. 20, no. 3, s. 339–350.
- Engle R.F., Kroner K.F., 1995, *Multivariate simultaneous generalized ARCH*, Econometric Theory, vol. 11, s. 122–150.
- Engle R.F., Sheppard K., 2001, *Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH*, Discussion paper, 2001-15, University of California, San Diego.
- Natenberg S., 1994, *Option Volatility & Pricing. Advanced Trading Strategies and Techniques*, McGraw-Hill, New York.

- Osińska M., 2006, *Ekonometria finansowa*, PWE, Warszawa.
- Piپیء M., 2006, *Wnioskowanie bayesowskie w ekonometrii finansowej*, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków.
- Taylor S.J., 1986, *Modelling Financial Time Series*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Vargas G.A., 2006, *An asymmetric block dynamic conditional correlation multivariate GARCH model*, *The Philippine Statistician*, vol. 55, no. 1–2, s. 83–102.
- Węgrzyn R., 2010, *Analiza zmienności implikowanej opcji na WIG20 w latach 2008–2009*, [w:] W. Tarczyński (red.), *Rynek kapitałowy. Skuteczne inwestowanie*, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.

ANALYSIS OF THE SENSITIVITY OF IMPLIED VOLATILITY TO THE UNDERLYING INSTRUMENT OF OPTION – A DYNAMIC APPROACH

Summary: This paper presents the procedure and results of the application of three approaches in the analysis of the sensitivity of market implied volatility to the underlying instrument. The empirical results relate to the application of exponential smoothing; regression model, in which the conditional variance is explained by the GARCH(1,1) model; and the dynamic conditional correlation (DCC) model. These results show significant differences in the dynamics of shaping the regression coefficients depending on the applied approach.

Keywords: Option, implied volatility, hedging.