

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

Nr 371

**Inwestycje finansowe i ubezpieczenia –
tendencje światowe a rynek polski**

Redaktorzy naukowci

Krzysztof Jajuga

Wanda Ronka-Chmielowiec



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2014

Redakcja wydawnicza: Jadwiga Marcinek
Redakcja techniczna: Barbara Łopusiewicz
Korekta: Barbara Cibis
Łamanie: Małgorzata Czupryńska
Projekt okładki: Beata Dębska

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania
znajdują się na stronie internetowej Wydawnictwa
www.pracnaukowe.ue.wroc.pl
www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons
Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 3.0 Polska
(CC BY-NC-ND 3.0 PL)



© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2014

ISSN 1899-3192
ISBN 978-83-7695-411-0

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Zamówienia na opublikowane prace należy składać na adres:
Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
tel./fax 71 36 80 602; e-mail: econbook@ue.wroc.pl
www.ksiegarnia.ue.wroc.pl

Druk i oprawa: TOTEM

Spis treści

Wstęp	9
Waldemar Aspadarec: Wyniki inwestycyjne funduszy hedge po doświadczeniach kryzysu finansowego	11
Aleksandra Baszczyńska: Metoda jądrowa w analizie finansowych szeregów czasowych.....	23
Katarzyna Byrka-Kita, Mateusz Czerwiński, Agnieszka Perepeczo: Reakcja akcjonariuszy na sprzedaż znaczących pakietów akcji.....	32
Katarzyna Byrka-Kita, Dominik Rozkrut: Ryzyko jako determinanta premii z tytułu kontroli – empiryczna weryfikacja.....	43
Iwona Chomiak-Orsa, Piotr Staszkiwicz: Reduced form of the standard approach for operational risk for economic capital assessment	54
Tadeusz Czernik: Efekt histerezy – wycena opcji i implikowana zmienność	65
Tadeusz Czernik, Daniel Iskra: Modyfikacja geometrycznego ruchu Browna oparta na czasie przebywania. Wycena instrumentów pochodnych, implikowana zmienność – badania symulacyjne.....	75
Magdalena Frasyniuk-Pietrzyk, Radosław Pietrzyk: Efektywność inwestycji funduszy emerytalnych w Polsce – wybrane problemy.....	88
Monika Hadaś-Dyduch: Produkty strukturyzowane – ujęcie algorytmiczne zysku z uwzględnieniem oddziaływania wskaźników rynku finansowego	101
Magdalena Homa: Wpływ strategii inwestycyjnej ubezpieczonego na rozkład wartości portfela ubezpieczeniowego w UFK.....	112
Marietta Janowicz-Lomott, Krzysztof Łyskawa: Kształtowanie indeksowych ubezpieczeń upraw oparte na indywidualizmie w postrzeganiu ryzyka przez gospodarstwa rolne w Polsce	123
Łukasz Jasiński: Innowacje produktowe w ubezpieczeniach zdrowotnych w Polsce.....	137
Lidia Karbownik: Determinanty zagrożenia finansowego przedsiębiorstw sektora TSL w Polsce.....	149
Tomasz Karczyński, Edward Radośniński: Ocena relacji pomiędzy trendami giełd światowych a trendami giełd Europy Środkowowschodniej na przykładzie warszawskiej Giełdy Papierów Wartościowych	165
Krzysztof Kowalke: Efektywność informacyjna Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie	177
Mieczysław Kowerski: Uwagi dotyczące sposobu liczenia stopy wypłaty dywidendy.....	188

Robert Kurek: Systemy informacyjne nadzoru ubezpieczeniowego.....	203
Agnieszka Majewska: Porównanie strategii zabezpieczających portfel akcji z wykorzystaniem kontraktów <i>futures</i> na WIG20 w okresach spadków i wzrostów cen	213
Tomasz Miziołek: Ocena efektywności zarządzania funduszami ETF posiadającymi ekspozycję na polski rynek akcji	224
Joanna Olbryś: Efekt przedziałowy parametru ryzyka systematycznego na GPW w Warszawie SA	236
Andrzej Paliński: Wykorzystanie wartości likwidacyjnej aktywów kredytobiorcy i metody Monte Carlo do wyznaczenia oprocentowania kredytu bankowego.....	245
Jarosław Pawłowski: Zarządzanie ryzykiem pogodowym – przykład wykorzystania pogodowego instrumentu pochodnego przez producenta piwa w Polsce.....	255
Dorota Pekasiewicz: Wybrane testy zgodności dotyczące rozkładów statystyk ekstremalnych i ich zastosowanie w analizach finansowych.....	268
Marcin Salamaga: Efektywność krótkoterminowych inwestycji w złoto	278
Anna Sroczyńska-Baron: Analiza wysokości progu oferty obowiązkowej przy przejściach spółek w oparciu o teorię gier kooperacyjnych	289
Waldemar Tarczyński: Ocena różnych wariantów fundamentalnego portfela papierów wartościowych	298
Magdalena Ulrichs: Zmiany strukturalne na polskim rynku finansowym a sfera realna gospodarki – analiza empiryczna	310
Stanisław Wanat: Efekt dywersyfikacji ryzyka w Solvency II w świetle wyników ilościowego badania wpływu QIS5	320
Ryszard Węgrzyn: Ocena trafności prognoz zmienności indeksu WIG20 konstruowanych na podstawie wybranych modeli klasy GARCH oraz rynkowej zmienności implikowanej.....	331
Stanisław Wieteska: Wybuch jako element ryzyka w ubezpieczeniach od ognia i innych zdarzeń losowych.....	344
Marcelina Więckowska: Obligacje w zarządzaniu ryzykiem katastroficznym	359
Piotr Wybieralski: Zastosowanie wybranych instrumentów pochodnych w warunkach ograniczonej dostępności limitów skarbowych na walutowym rynku pozagieldowym	371
Dariusz Zarzecki: Koszt kapitału, płynność i ryzyko – analiza sektorowa na rynku amerykańskim	383

Summaries

Waldemar Aspadarec: Investment performance of hedge funds after the financial crisis	22
Aleksandra Baszczyńska: Kernel method in the analysis of financial time series	31
Katarzyna Byrka-Kita, Mateusz Czerwiński, Agnieszka Perepeczo: Market reactions to transfer of control within block trades in public companies – empirical evidence	42
Katarzyna Byrka-Kita, Dominik Rozkrut: Risk as a determinant of control premium – empirical evidence.....	53
Iwona Chomiak-Orsa, Piotr Staszkiwicz: Zredukowana forma metody standardowej do oceny kapitału ekonomicznego	64
Tadeusz Czernik: Hysteretic-like effect – derivative pricing and implied volatility	74
Tadeusz Czernik, Daniel Iskra: Modified geometric Brownian motion – occupation time approach. Derivative pricing, implied volatility – simulations.....	87
Magdalena Frasyniuk-Pietrzyk, Radosław Pietrzyk: Pension funds performance in Poland – selected problems	100
Monika Hadaś-Dyduch: Valuation of structured product according to algorithmic interaction with regard to the financial market	110
Magdalena Homa: Effect of investment strategy for the distribution of the portfolio value in unit-linked insurance.....	121
Marietta Janowicz-Lomott, Krzysztof Łyskawa: Individualism in risk perception by farms in Poland and in the development of insurance products	136
Łukasz Jasiński: Product innovations in health insurances in Poland.....	148
Lidia Karbownik: Determinants of financial threat of the enterprises from transport, forwarding and logistic sector in Poland	164
Tomasz Karczyński, Edward Radościński: Assessment of relation between global and Central Europe stock market trends on the example of the Warsaw Stock Exchange	176
Krzysztof Kowalke: Effectiveness of information on the Warsaw Stock Exchange	187
Mieczysław Kowerski: Some remarks on the calculation of the dividend payout ratio	202
Robert Kurek: Information systems of insurance supervision	212
Agnieszka Majewska: Comparison of hedging using futures on WIG20 in periods of price increases and decreases	223
Tomasz Miziolek: Evaluation of the effectiveness of management exchange-traded funds having exposure on the Polish equity market	235

Joanna Olbryś: Intervalling effect bias in beta: empirical results in the Warsaw Stock Exchange	244
Andrzej Paliński: Bank loan pricing with use the of the Monte Carlo method and the liquidation value of borrower's assets.....	254
Jarosław Pawłowski: Weather risk management – example of using weather derivative by a producer of beer in Poland	267
Dorota Pekasiewicz: Selected tests of goodness of extreme distributions and their application in financial analyses.....	277
Marcin Salamaga: The effectiveness of short-term investment in gold	288
Anna Sroczyńska-Baron: The analysis of the limit of obligatory offer based on the theory of cooperative games	297
Waldemar Tarczyński: Assessment of different variants of fundamental portfolio of securities.....	309
Magdalena Ulrichs: Structural changes on the Polish financial market and the real economy – an empirical analysis	319
Stanisław Wanat: The diversification effect in Solvency II in the light of the fifth quantitative impact study	330
Ryszard Węgrzyn: Assessment of the forecasts accuracy of the WIG20 index volatility constructed on the basis of selected models of the GARCH class and market implied volatility.....	343
Stanisław Wieteska: Explosion as an element of risk in insurance from fire and other random events.....	358
Marcelina Więckowska: Bonds for catastrophe risk management.....	370
Piotr Wybieralski: The application of selected currency derivatives in terms of constrained amounts of treasury limits in the OTC market.....	382
Dariusz Zarzecki: Cost of capital, liquidity and risk – sectoral analysis on the American capital market.....	411

Ryszard Węgrzyn

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

e-mail: wegrzynr@uek.krakow.pl

OCENA TRAFNOŚCI PROGNOZ ZMIENNOŚCI INDEKSU WIG20 KONSTRUOWANYCH NA PODSTAWIE WYBRANYCH MODELI KLASY GARCH ORAZ RYNKOWEJ ZMIENNOŚCI IMPLIKOWANEJ

Streszczenie: Artykuł przedstawia wyniki analizy porównawczej trafności prognoz opartych na wybranych postaciach modeli typu GARCH oraz na implikowanym odchyleniu standardowym opcji na WIG20. Uzyskane rezultaty empiryczne nie wskazały na jednoznaczną przewagę któregośkolwiek z zaprezentowanych podejść. Wyniki różniły się w zależności od badanego okresu i horyzontu prognozy. Oznacza to, że podejście polegające na zastosowaniu implikowanego odchylenia standardowego ma pewną wartość i problem ten powinien być przedmiotem dalszych badań.

Słowa kluczowe: trafność prognozy, zmienność implikowana, modele GARCH.

DOI: 10.15611/pn.2014.371.29

1. Wstęp

Najbardziej zaawansowane podejście związane z szacowaniem zmienności polega na dopasowaniu parametrycznych modeli statystycznych (np. GARCH, SV) do szeregu zaobserwowanych stóp zwrotów. W innym podejściu przyjmuje się, że dobrym oszacowaniem zmienności jest tzw. zmienność implikowana. Rynkowa zmienność implikowana jest zmiennością instrumentu podstawowego wyliczaną na podstawie rynkowej ceny opcji przy zastosowaniu modelu Blacka–Scholesa–Mertona. Zgodnie z założeniami tego modelu zmienność jest stała (zob. [Natenberg 1994; Alexander 2008]). Zmienność implikowana jest postrzegana jako oczekiwanie rynkowe przyszłej zmienności, a zatem stanowi opartą na rynku prognozę zmienności. Powszechnie uważa się, że zmienność ta zawiera bogatą informację o przyszłej zmienności. Wiele wyników badań wskazuje, że opcyjne implikowane odchylenie standardowe daje „pierwszorzędną” trafność prognoz w zakresie różnych instrumentów.

Celem opracowania jest zaprezentowanie oceny porównawczej trafności prognoz konstruowanych na podstawie wybranych modeli zmienności klasy GARCH oraz na rynkowej zmienności implikowanej w odniesieniu do rynku polskiego. Przedmiotem analizy była zmienność indeksu giełdowego WIG20, prognozowana za pomocą wybranych postaci modeli GARCH i APARCH oraz na podstawie implikowanego odchylenia standardowego będących w obrocie giełdowym opcji na WIG20. Analizę trafności prognoz zmienności indeksu WIG20 przeprowadzono dla okresu obejmującego opcje na WIG20 wygasające w marcu i czerwcu 2013 r. Do szacowania modeli klasy GARCH zastosowano dane od 3.10.1994 r.

Uzyskane rezultaty empiryczne nie wskazały na jednoznaczną przewagę którejkolwiek z zaprezentowanych podejść. Wyniki różniły się w zależności od badanego okresu i horyzontu prognozy. Oznacza to, że podejście polegające na zastosowaniu implikowanego odchylenia standardowego ma pewną wartość i problem ten powinien być przedmiotem dalszych badań.

Praca składa się z dwóch zasadniczych części oraz wstępu i zakończenia. W pierwszej części zaprezentowano zastosowane modele klasy GARCH wraz z wynikami ich estymacji i kryteriami porównawczymi. W drugiej natomiast przedstawiono procedurę i wyniki szczegółowych obliczeń dotyczących trafności prognoz oraz wnioski wynikające z porównania analizowanych podejść.

2. Zastosowane modele klasy GARCH

Na podstawie przeprowadzonych wcześniej badań (zob. [Węgrzyn 2013]) w oparciu o wyniki estymacji i kryteria informacyjne (zob. tab. 1) do analizy trafności prognoz wybrano określone postaci modeli GARCH i APARCH. Ogólnie model GARCH(p,q) (*generalized autoregressive conditional heteroscedasticity*) – uogólniony model autoregresyjnej heteroskedastyczności warunkowej – opisywany jest równaniami:

$$\varepsilon_t = \sigma_t z_t,$$

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

gdzie: $\alpha > 0$, $\beta_i \geq 0$, $\gamma_i \geq 0$, ε_t oznacza innowację stopy zwrotu z instrumentu finansowego, określaną jako ciąg niezależnych i o tym samym rozkładzie (iid, *independent and identically distributed*) zmiennych losowych z_t ze średnią zero i wariancją jeden, pomnożonych przez odchylenie standardowe σ_t (szerzej: [Doman, Doman 2009, s. 76 i n.]). Warunki nałożone na parametry α , β_i i γ_i gwarantują dodatniość wariancji warunkowej, mogą jednak zostać złagodzone (zob. [Nelson, Cao 1992; He, Teräsvirta 1999]). Model ten został po raz pierwszy zaproponowany przez T. Bollersleva [1986] i S.J. Taylora [1986].

Z kolei Z. Ding, C.W.J. Granger i R. Engle [1993] zaproponowali model APARCH (*Asymmetric Power ARCH*) o postaci:

$$\sigma_t^\eta = \alpha + \sum_{i=1}^q \beta_i (|\varepsilon_{t-i}| - \mu_i \varepsilon_{t-i})^\eta + \sum_{j=1}^p \gamma_j \sigma_{t-j}^\eta,$$

gdzie $\eta > 0$, $-1 < \mu_i < 1$.

W modelu tym istnieje możliwość dopasowania wykładnika η różnego od 2 oraz uwzględnienia asymetrii poprzez współczynniki asymetrii μ_i . Przy $\eta = 2$ i $\mu_i = 0$ model ten sprowadza się do standardowego modelu GARCH.

Model APARCH(p,q) zaproponowany przez J. Davidsona [2011] i zastosowany w tym badaniu ma nieco inną postać:

$$\sigma_t^\eta = \alpha + \sum_{i=1}^q \beta_i (1 + \mu I(\varepsilon_{t-i} < 0)) \varepsilon_{t-i}^\eta + \sum_{j=1}^p \gamma_j \sigma_{t-j}^\eta,$$

gdzie $\eta > 0$, $I(\varepsilon_{t-i} < 0) = 1$ dla $\varepsilon_{t-i} < 0$, w innym wypadku $I(\varepsilon_{t-i} < 0) = 0$.

Parametr μ jest to tzw. parametr „dźwigni” (asymetrii), który powoduje, że dodatnie i ujemne innowacje wpływają inaczej na warunkową wariancję. Jeśli parametr $\mu > 0$, to innowacja ma większy udział w wariancji, gdy $\varepsilon_{t-i} < 0$ niż w innym wypadku. Asymetria w reakcji na informację jest potencjalnie przydatna, ponieważ wariancja może wówczas reagować szybciej na spadki na rynku niż na odpowiednie wzrosty.

Wyniki estymacji i kryteria porównawcze dla różnych postaci modeli oraz różnych rzędów opóźnień w modelach GARCH i APARCH wskazały na najlepsze dopasowanie w przypadku modelu AR(1)-APARCH(1,1) z rozkładem błędu t -Studenta oraz AR(1)-GARCH(1,1) z takim samym rozkładem (szerzej na ten temat: [Węgrzyn 2013]); (zob. tab. 1). Kryteria wyboru modelu: logarytm wartości funkcji wiarygodności (logarytm wiarygodności) LL , kryterium Schwarza BIC (Bayesian Information Criterion), kryterium Hannana-Quinna HQC (Hannan-Quinn Criterion), kryterium informacyjne Akaike AIC (Akaike Information Criterion) zostały w tym wypadku określone w sposób zaproponowany przez J. Davidsona [2011]. Większa wartość kryterium oznacza, że model jest lepiej dopasowany.

Wyniki podane w tabeli 1. dowodzą, że w przypadku modeli ze skośnym rozkładem t Studenta parametr skośności okazał się nieistotny statystycznie. Kryteria informacyjne we wszystkich przypadkach są do siebie zbliżone, jednak określają model AR(1)-APARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta jako najlepiej dopasowany. W każdym przypadku statystyka Ljunga-Boxa wskazuje na wyeliminowanie autokorelacji oraz na brak wyeliminowania efektu ARCH.

Ogólnie zatem na szczególną uwagę zasługują modele AR(1)-APARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta oraz AR(1)-GARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta. Kryteria informacyjne w ich przypadkach są bardzo zbliżone (kryterium Schwarza dla pierwszego z nich wynosi: -8660.65, dla drugiego: -8661.55), natomiast w modelu AR(1)-APARCH(1,1) estymacji podlegają o 2 parametry więcej. Fakt ten może skłaniać do wyboru prostszego modelu AR(1)-GARCH(1,1). Wybór taki byłby zgodny z wyni-

kami badań spotykanymi w literaturze (zob. [Doman, Doman 2009, s. 98-103; Osiewalski et al. 2004, s. 17-39]).

Tabela 1. Wyniki estymacji i kryteria porównawcze modeli AR(1)-GARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta i skośnym t -Studenta oraz AR(1)-APARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta i skośnym t Studenta dla szeregu stóp zwrotów indeksu WIG20

Parametry	AR(1)- GARCH(1,1)	AR(1)- GARCH(1,1)	AR(1)- APARCH(1,1)	AR(1)- APARCH(1,1)
Rozkład błędu	t -Studenta	t -Studenta skośny	t -Studenta	t -Studenta skośny
Liczba stopni swobody d.f. [^] (1/2)	2.97536	2.97333	3.01108	3.00908
Logarytm skośności (ln(ksi))		0.01074 {0.579}		0.0197 {0.317}
AR a_1	0.04129 {0.006}	0.04189 {0.006}	0.04188 {0.006}	0.04264 {0,005}
$\sqrt{\alpha}$	0.63735	0.63742	0.63157	0.63107
APARCH μ (asymetria)			0.76842 {0.003}	0.78656 {0.003}
APARCH η			1.61197	1.59999
β_1	0.07524 {0,000}	0.07555 {0,000}	0.05921 {0,000}	0.05944 {0,000}
γ_1	0.91599 {0,000}	0.91563 (0,000)	0.91702 {0,000}	0.91633 {0,000}
Logarytm wiarygodności	-8640.5	-8640.36	-8631.19	-8630.72
Kryterium Schwarza	-8661.55	-8665.61	-8660.65	-8664.39
Kryterium Hannana-Quinna	-8651.15	-8653.14	-8646.1	-8647.76
Kryterium Akaike	-8645.5	-8646.36	-8638.19	-8638.72
Statystyka Ljunga-Boxa (autokorelacja)	7.3093 {0.397}	7.1919 {0.409}	7.0651 {0.422}	6.9168 {0.438}
Statystyka Ljunga-Boxa (efekt ARCH)	24.6365 {0.002}	24.2693 {0.002}	20.6603 {0.008}	20.1217 {0.01}

{ } – wartość p

Źródło: obliczenia własne na podstawie programu komputerowego Time Series Modelling v.4.31.

3. Wyniki porównania trafności prognoz

Aby ostatecznie zdecydować, który ze wskazanych modeli lepiej sprawdza się w prognozowaniu zmienności indeksu WIG20, w pierwszej kolejności dokonano porównania trafności prognoz tych modeli. Do oceny trafności zastosowano następujące błędy prognoz [Doman, Doman 2009, s. 94-95]:

- błąd średni (*mean error*, ME) o postaci:

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{T+i} - \hat{y}_{T+i}),$$

- średni błąd bezwzględny (*mean absolute error*, MAE):

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_{T+i} - \hat{y}_{T+i}|,$$

- pierwiastek błędu średniokwadratowego (*root mean square error*, RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{T+i} - \hat{y}_{T+i})^2},$$

- skorygowany średni bezwzględny błąd procentowy (*adjusted mean absolute percentage error*, AMAPE):

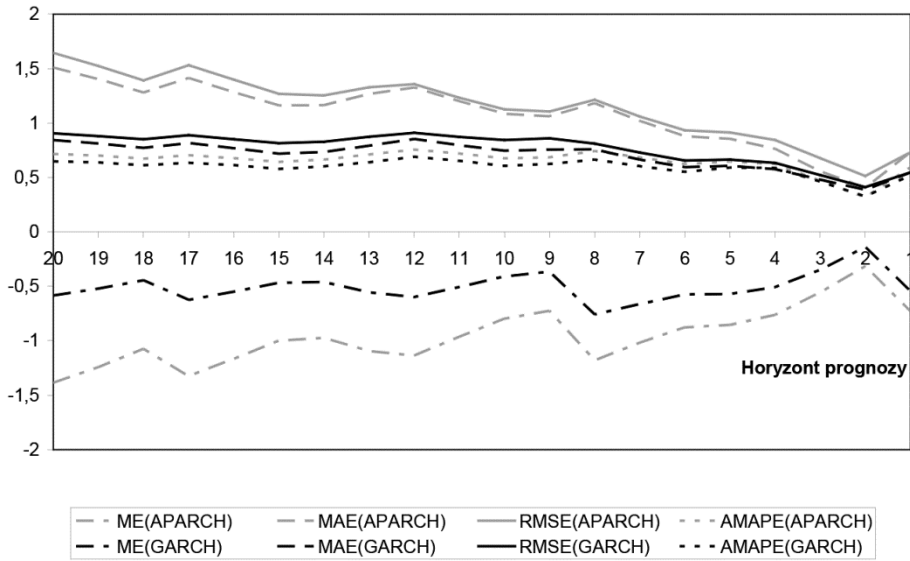
$$AMAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_{T+i} - \hat{y}_{T+i}}{y_{T+i} + \hat{y}_{T+i}} \right|,$$

gdzie: y_{T+i} – wielkość zaobserwowana (kwadrat dziennej stopy zwrotu), \hat{y}_{T+i} – prognoza.

Porównanie błędów prognoz o zróżnicowanym horyzoncie wskazało wyraźnie na model AR(1)-GARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta, jako model o lepszej jakości prognoz. Na rysunku 1. zaprezentowano kształtowanie się błędów prognoz w zależności od horyzontu prognozy. Na jego podstawie można zauważyć, że przy horyzoncie prognozy do 20 w każdym wypadku błędy modelu GARCH były mniejsze od błędów modelu APARCH. Przy dłuższym horyzoncie prognoz różnice błędów stawały się coraz większe na niekorzyść modelu APARCH.

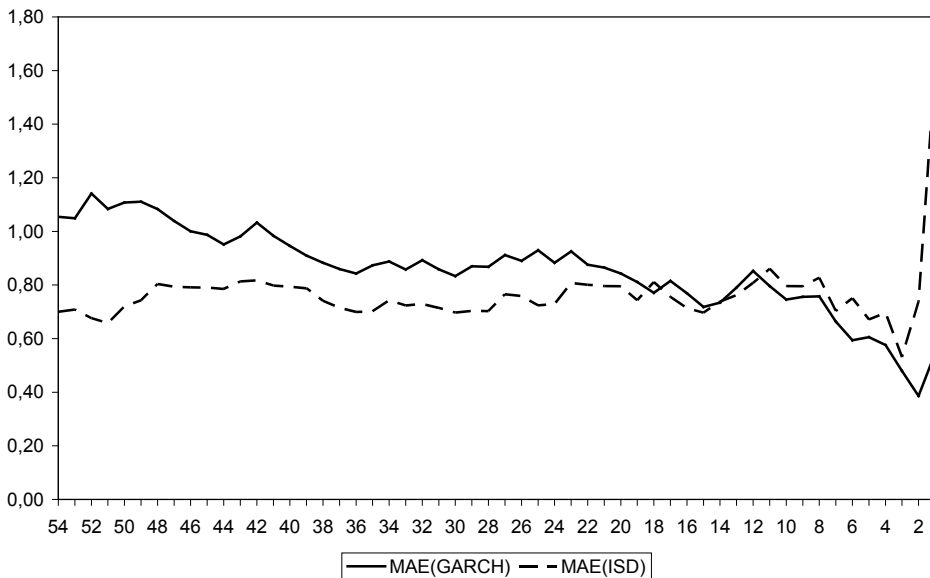
Do dalszych porównań jakości prognoz wybrano zatem model AR(1)-GARCH(1,1) z rozkładem t -Studenta. Aby porównać prognozy z tego modelu z prognozami opartymi na implikowanym odchyleniu standardowym (*implied standard deviation*, ISD) opcji na indeks WIG20, za każdym razem wybierano opcję „najbliższą ceny” (*nearest-the-money*, NTM), tzn. opcję z ceną wykonania najbliższą aktualnemu poziomowi instrumentu podstawowego (indeksu WIG20). W każdym też przypadku horyzont prognozy kończył się wraz z terminem wykonania opcji. W odniesieniu do opcji wygasających w marcu 2013 r. analizę trafności prognoz zmienności przeprowadzono dla okresu 27.12.2012–5.03.2013 r., natomiast w wypadku opcji wygasających w czerwcu 2013 r. dla okresu 18.03.–21.06. 2013 r. W ten sposób do analizy zastosowano opcje o największej płynności.

W celu porównania błędów prognoz opartych na modelu GARCH oraz na implikowanym odchyleniu standardowym (ISD) na rysunkach 2-5 zaprezentowano kształtowanie się poziomów błędów prognoz w zależności od horyzontu prognoz. Wyniki te dotyczą opcji marcowych, a więc okresu 27.12.2012–15.03.2013 r. Na ich pod-



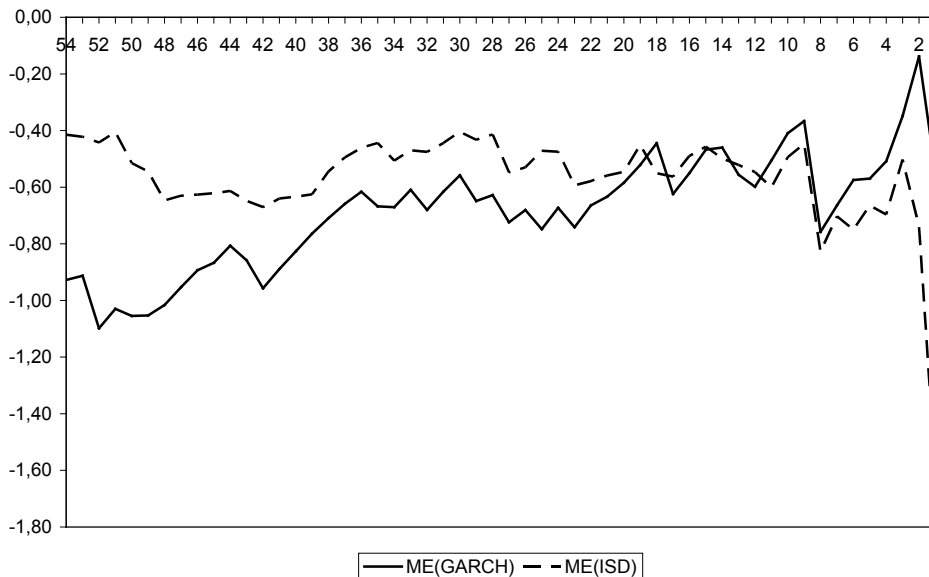
Rys. 1. Błędy prognoz dla modeli GARCH i APARCH

Źródło: opracowanie własne.



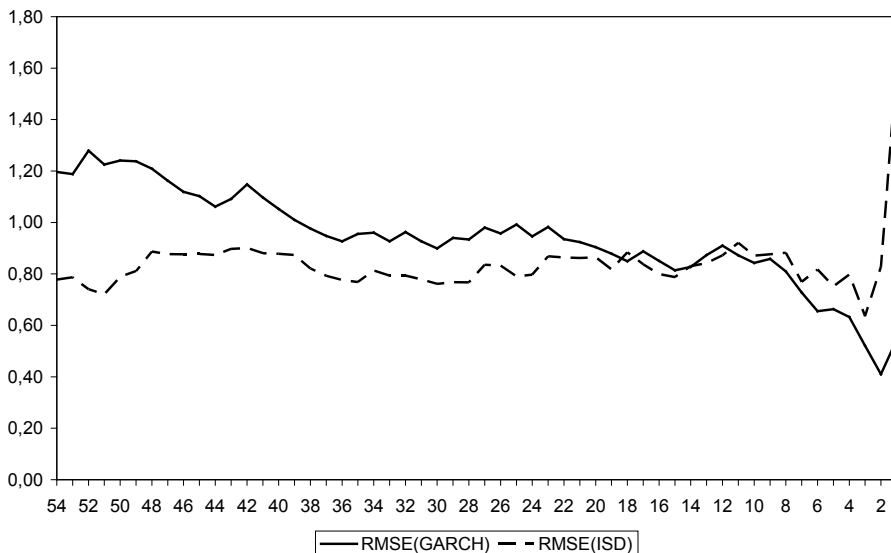
Rys. 2. Porównanie średnich błędów bezwzględnych (MAE) – opcje marcowe

Źródło: opracowanie własne.



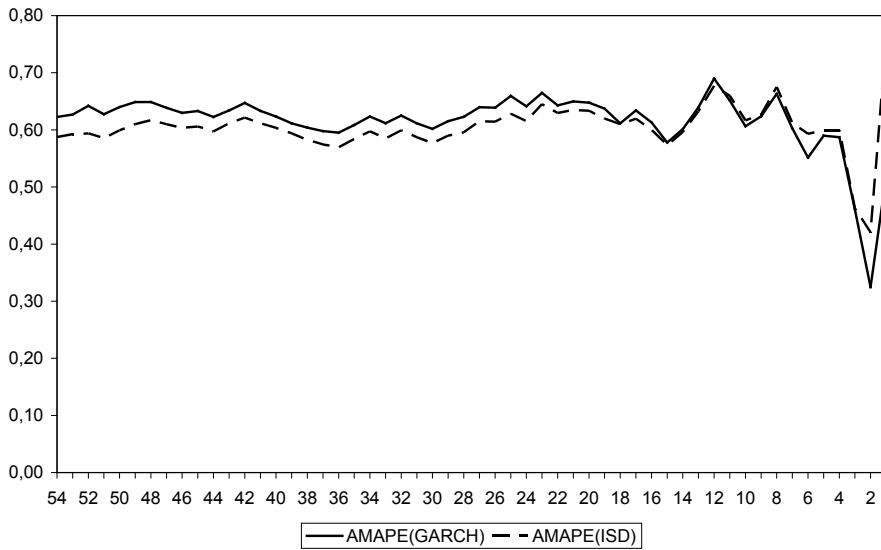
Rys. 3. Porównanie błędów średnich (ME) – opcje marcowe

Źródło: opracowanie własne.



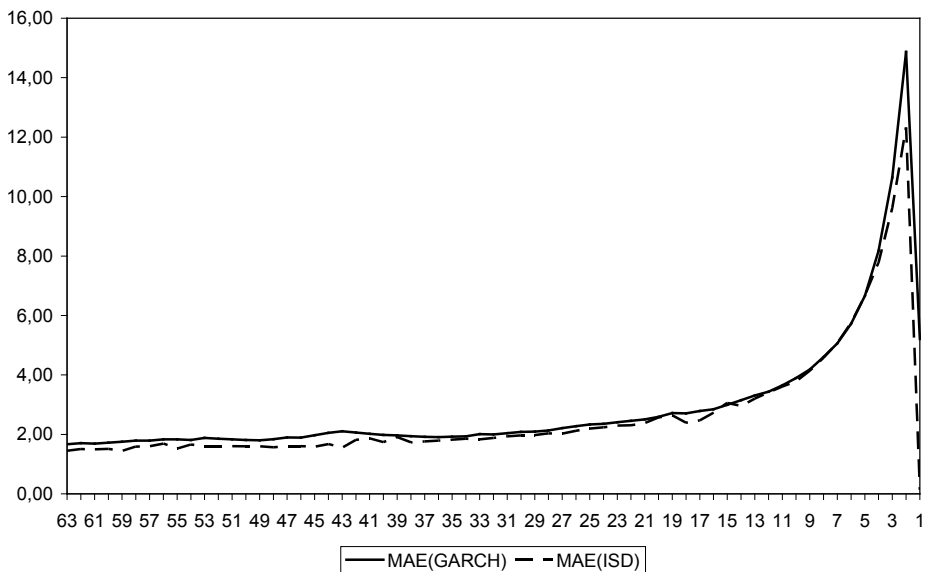
Rys. 4. Porównanie pierwiastków błędów średniokwadratowych (RMSE) – opcje marcowe

Źródło: opracowanie własne.



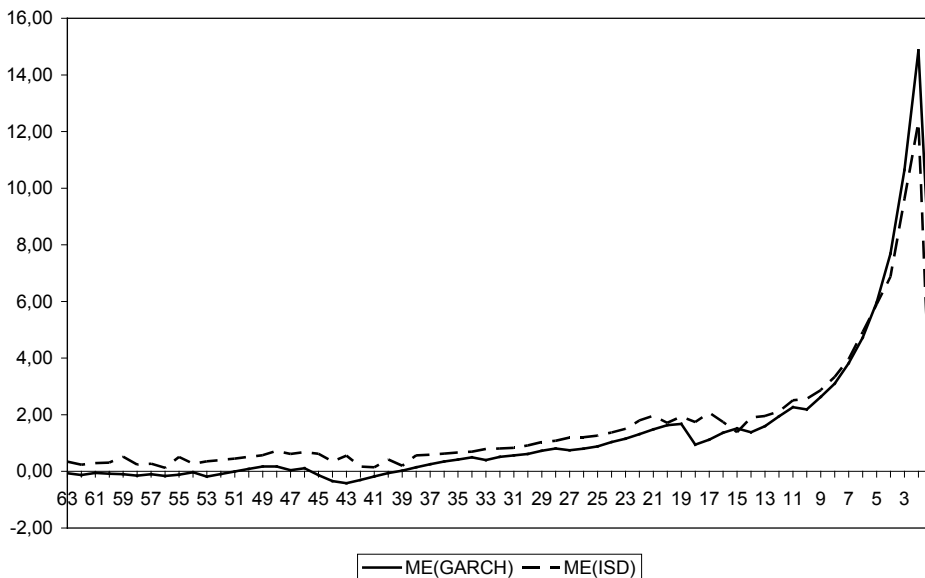
Rys. 5. Porównanie skorygowanych średnich bezwzględnych błędów procentowych (AMAPE) – opcje marcowe

Źródło: opracowanie własne.



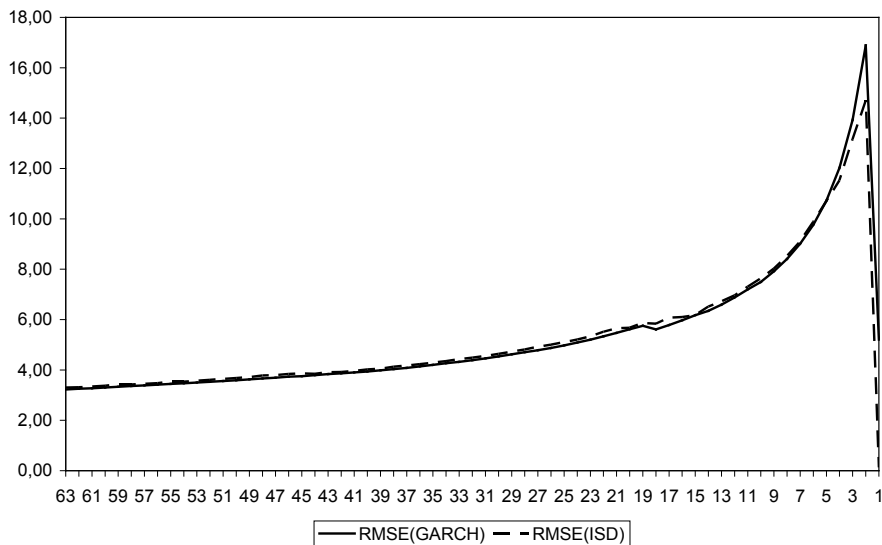
Rys. 6. Porównanie średnich błędów bezwzględnych (MAE) – opcje czerwcowe

Źródło: opracowanie własne.



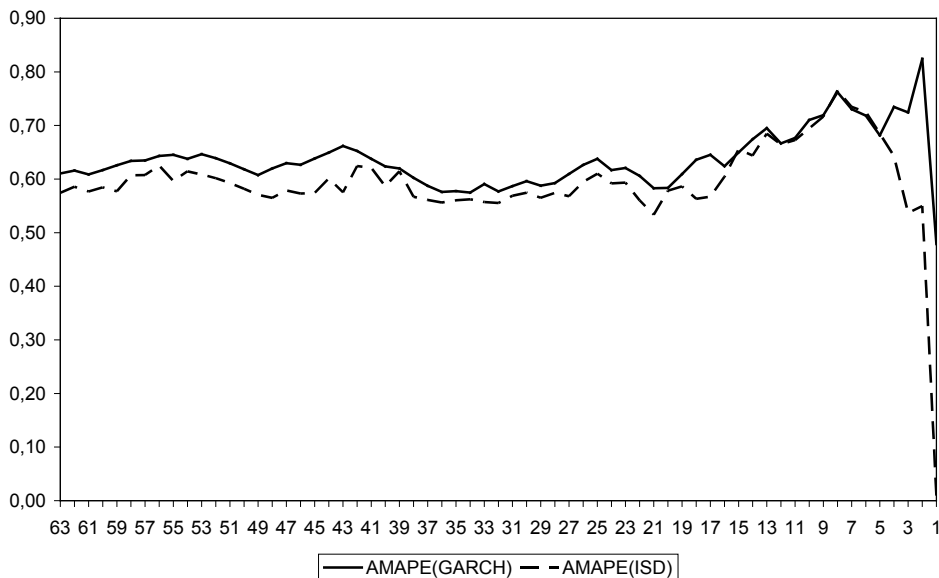
Rys. 7. Porównanie błędów średnich (ME) – opcje czerwcowe

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 8. Porównanie pierwiastków błędów średniokwadratowych (RMSE) – opcje czerwcowe

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9. Porównanie skorygowanych średnich bezwzględnych błędów procentowych (AMAPE) – opcje czerwcowe

Źródło: opracowanie własne.

stawie można zauważyć, że przy większym horyzoncie prognoz (>12) mniejsze błędy prognoz wykazuje zastosowanie ISD opcji NTM. Przy krótszym horyzoncie prognoz mniejsze błędy prognoz wykazuje natomiast zastosowanie modelu GARCH.

Prawidłowość ta nie została jednak potwierdzona wynikami analizy dla opcji czerwcowych (18.03–21.06. 2013). Kształtowanie się błędów prognoz w zależności od horyzontu przedstawiono w tym wypadku na rysunkach 6-9. Na ich podstawie można stwierdzić, że błędy MAE i AMAPE okazały się ogólnie mniejsze przy zastosowaniu ISD, natomiast błędy ME i RAMSE – mniejsze przy zastosowaniu ISD dla krótkiego horyzontu (1-5). Dla krótkiego horyzontu tym razem zastosowanie ISD okazało się zatem lepszym rozwiązaniem.

Ogólnie trudno byłoby więc dopatrywać się jednoznacznych prawidłowości w kształtowaniu się błędów prognoz, chociaż należy stwierdzić, że w wielu przypadkach zastosowanie ISD okazało się lepszym rozwiązaniem. Wskazuje to na pewną wartość tego podejścia, którego dużą zaletą jest prostota.

Warto zwrócić uwagę, że zmienność implikowana mimo często niejednoznacznych lub sprzecznych wyników badań jest traktowana jako „pierwszorzędne” podejście w zakresie prognozowania zmienności. Szczegółowego przeglądu wyników badań w zakresie prognozowania zmienności dokonali S. Poon i C.W.J. Granger [2003]. Przeanalizowali oni metodologie i empiryczne wyniki z ponad 90 opraco-

wań, które dotyczyły badań mocy prognostycznej różnych modeli zmienności. Znaczna część badań dotyczyła indeksów rynku akcji, zwłaszcza indeksów S&P100 oraz S&P500. J. Fleming, B. Ostdiek i R.E. Whaley [1995], B.J. Christensen i N.R. Prabhala [1998], J. Fleming [1998], B. Blair, S.-H. Poon i S.J. Taylor [2001], E.U. Hol i S.J. Koopman [2001] oraz A. Szakmary, E. Ors, J.K. Kim i W.D. Davidson [2002] faworyzowali w nich zmienność implikowaną. Niemal we wszystkich tych badaniach wyciągano wnioski, że zmienność implikowana zawiera przydatne informacje o przyszłej zmienności. Z drugiej strony np. L. Canina i S. Figlewski [1993] badali indeks S&P100 i nie stwierdzili korelacji pomiędzy zmiennością implikowaną a przyszłą zmiennością.

Z kolei H.H.W. Bluhm i J. Yu [2000] oraz E.U. Hol i S.J. Koopman [2001] uznali, że prognozy dla indeksu akcyjnego oparte na zmienności implikowanej są trafniejsze od prognoz opartych na SV, a C.L. Dunis, J. Laws i S. Chauvin [2000], porównując SV i GARCH z prognozami opartymi na zmienności implikowanej dla kursów walutowych, stwierdzili, że połączone prognozy są najlepsze. C.G. Lamoureux i W.D. Lastrapes [1993] badali natomiast opcje na akcje 10 spółek niepłacących dywidendy i w swoim rankingu umieścili ISD jako najlepszą prognozę. G.A. Vasilelilis i N. Meade [1996] również skupili się na akcjach pojedynczych spółek i stwierdzili, że kombinacja zmienności implikowanej i GARCH działa najlepiej.

Biorąc pod uwagę olbrzymią różnorodność modeli zmienności (zob. np. [Osińska 2006; Doman, Doman 2009; Fiszeder 2009; Bauwens et al. 2012]), a także możliwość stosowania różnych kombinacji podejść i metod prognozowania jednoznaczne określenie metody najtrafniejszej wydaje się zadaniem bardzo trudnym, o ile w ogóle możliwym.

Na gruncie polskim obszerne badania empiryczne w zakresie prognozowania zmienności przeprowadził P. Fiszeder [2009, s. 143-210]. Dotyczyły one m.in. zmienności indeksu WIG20 w latach 2001-2006. Autor dokonał oceny trafności prognoz zmienności (na jedną oraz pięć sesji) konstruowanych na podstawie 17 specyfikacji modelu GARCH oraz 10 innych metod, w tym opartych na zmienności implikowanej. Parametry zastosowanych modeli były estymowane na podstawie danych dziennych, natomiast do oceny trafności prognoz przyjęto sumy kwadratów 5-minutowych stóp zwrotu. Najlepiej w rankingach trafności prognoz wypadł model GARCH szacowany na podstawie przeskalowanego prawdziwego zakresu zmiany, wyliczanego na podstawie dziennych cen minimalnych, maksymalnych oraz cen zamknięcia. Bardzo słabo w rankingach wypadły natomiast prognozy konstruowane na podstawie zmienności implikowanych. Autor zwrócił jednak uwagę, że mogło to być wynikiem różnic pomiędzy horyzontem prognozy a okresem ważności opcji [Fiszeder 2009, s. 185]. W kontekście tych badań warto zauważyć, że w niniejszym opracowaniu horyzont prognozy odpowiada ściśle okresowi do wykonania opcji i wynosi od jednej do kilkudziesięciu sesji.

4. Podsumowanie

Celem opracowania było dokonanie oceny porównawczej trafności prognoz opartych na wybranych modelach typu GARCH oraz na ISD. Ocena ta nie może być jednak jednoznaczna ze względu na duże zróżnicowanie wyników obliczeń. Różnią się one w zależności od badanego okresu, a także w zależności od horyzontu prognozy, jak i zastosowanego błędu prognozy. Przeanalizowanie większej liczby przypadków szczególnie dla krótkich horyzontów prognozy mogłoby dać lepszy obraz sytuacji w tym względzie, chociaż niekoniecznie pozwolić na określenie jakiegokolwiek prawidłowości. Należy zwrócić przy tym także uwagę, że poziomy indeksu WIG20 tuż przed terminem wykonania opcji zmieniają się często w nietypowy sposób, co zostało uwidocznione na rysunkach w postaci nagłych skoków poziomów błędów prognoz. Niektórzy postulują nawet wyeliminowanie tego okresu z analizy.

Na wyniki porównań znaczący wpływ może mieć także zastosowanie innego estymatora zmienności zrealizowanej, np. opartego na zwrotach śróddziennych, jak również zastosowanie ISD opcji ATM lub innych oszacowań ISD. Problemy te powinny być przedmiotem dalszych badań.

Literatura

- Alexander C., 2008, *Market Risk Analysis. Pricing, Hedging and Trading Financial Instruments*, J. Wiley, Chichester.
- Bauwens L., Hafner Ch., Laurent S., 2012, *Handbook of Volatility Models and Their Applications*, J. Wiley & Sons, Hoboken.
- Blair B., Poon S.-H., Taylor S.J., 2001, *Forecasting S&P 100 Volatility: the Incremental Information Content of Implied Volatilities and High Frequency Index Returns*, *Journal of Econometrics*, vol. 105.
- Bluhm H.H.W., Yu J., 2000, *Forecasting Volatility: Evidence from the German Stock Market*, University of Auckland, Working Paper.
- Bollerslev T., *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*, *Journal of Econometrics* 1986, vol. 31.
- Canina L., Figlewski S., 1993, *The Informational Content of Implied Volatility*, *Review of Financial Studies*, vol. 6 (3).
- Christensen B.J., Prabhala N.R., 1998, *The Relation Between Implied and Realized Volatility*, *Journal of Financial Econometrics*, vol. 50 (2).
- Davidson J., 2011, *Time Series Modelling*, University of Exeter, Exeter.
- Ding Z., Granger C.W.J., Engle R.F., 1993, *A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model*, *Journal of Empirical Finance*, vol. 1.
- Doman M., Doman R., 2009, *Modelowanie zmienności i ryzyka. Metody ekonometrii finansowej*, Wolters Kluwer, Kraków.
- Dunis C.L., Laws J., Chauvin S., 2000, *The Use of Market Data and Model Combination to Improve Forecast Accuracy*, Liverpool Business School, Working Paper.
- Engle R.F., 1982, *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of Variance of UK Inflation*, *Econometrica*, vol. 50.
- Fiszeder P., 2009, *Modele klasy GARCH w empirycznych badaniach finansowych*, Wydawnictwo Naukowe UMK w Toruniu, Toruń.

- Fleming J., 1998, *The Quality of Market Volatility Forecasts Implied by S&P 100 Index Option Prices*, Journal of Empirical Finance, vol. 5.
- Fleming J., Ostdiek B., Whaley R.E., 1995, *Predicting Stock Market Volatility: a New Measure*, Journal of Futures Markets, vol. 15 (3).
- He C., Teräsvirta T., 1999, *Properties of the Autocorrelation Function of Squared Observations for Second-order GARCH Processes Under Two Sets of Parameter Constrains*, Journal of Time Series Analysis, vol. 20 (1).
- Hol E.U., Koopman S.J., 2001, *Forecasting the Variability of Stock Index Returns with Stochastic Volatility Models and Implied Volatility*, Free University, Amsterdam, Working Paper.
- Lamoureux C.G., Lastrapes W.D., 1993, *Forecasting Stock-Return Variance: Toward an Understanding of Stochastic Implied Volatilities*, Review of Financial Studies, vol. 6 (2).
- Natenberg S., 1994, *Option Volatility & Pricing. Advanced Trading Strategies and Techniques*, McGraw-Hill, New York.
- Nelson D.B., Cao C.Q., 1992, *Inequality Constrains in the Univariate GARCH Model*, Journal of Business Economic Statistics, vol. 10.
- Osiewalski J., Pajor A., Pipień M., 2004, *Bayesowskie modelowanie i prognozowanie indeksu WIG z wykorzystaniem procesów GARCH i SV*, [w:] A. Zeliaś (red.), *XX Seminarium Ekonometryczne im. Prof. Zbigniewa Pawłowskiego*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków.
- Osińska M., 2006, *Ekonometria finansowa*, PWE, Warszawa.
- Poon S., Granger C.W.J., 2003, *Forecasting Volatility in Financial Markets: a Review*, Journal of Economic Literature, vol. XLI.
- Szakmary A., Ors E., Kim J.K., Davidson W.D., 2002, *The Predictive Power of Implied Volatility: Evidence from 35 Futures Markets*, Southern Illinois University, Working Paper.
- Taylor S.J., *Modelling Financial Time Series*, J. Wiley, Chichester 1986.
- Vasilellis G.A., Meade N., 1996, *Forecasting Volatility for Portfolio Selection*, Journal of Business and Finance Accounting, vol. 23 (1).
- Węgrzyn R., 2013, *Zastosowanie wybranych modeli zmienności w analizie ryzyka cen akcji*, [w:] Zarzecki D. (red.), *Zarządzanie finansami. Wycena przedsiębiorstw, zarządzanie wartością, zarządzanie ryzykiem*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia, nr 761 (60).

ASSESSMENT OF THE FORECASTS ACCURACY OF THE WIG20 INDEX VOLATILITY CONSTRUCTED ON THE BASIS OF SELECTED MODELS OF THE GARCH CLASS AND MARKET IMPLIED VOLATILITY

Summary: This article presents the results of a comparative analysis of the accuracy of forecasts based on the chosen forms of the GARCH-type models and on the implied standard deviation of the option on WIG20. The obtained empirical results did not indicate the explicit advantage of any of the presented approaches. The results differed depending on the examined period and the horizon of the forecast. It means that the approach consisting in applying the implied standard deviation has certain value and this problem should be an object of further research.

Keywords: accuracy of forecasts, implied volatility, GARCH models.