

Agnieszka Majewska, Sebastian Majewski

Uniwersytet Szczeciński

BADANIE EFEKTYWNOŚCI RYNKU OPCJI NA GIEŁDZIE PAPIERÓW WARTOŚCIOWYCH W WARSZAWIE

1. Wstęp

Efektywność rynków papierów wartościowych w Polsce i na świecie jest zagadnieniem szeroko opisywanym w literaturze. Cieszy się niezmiennym zainteresowaniem analityków giełdowych. Klasyczne modele rynku kapitałowego wymagają realizacji wielu, często czysto teoretycznych, założeń wynikających po części z hipotez rynku efektywnego. Brak efektywności rynku przyczynił się do krytyki modeli rynku kapitałowego, np. modelu wyceny opcji Blacka-Scholesa.

Z powodu sporów o poprawność stosowania modeli autorzy tego artykułu większą wagę przyłożyli do badania zależności między implikowanymi parametrami zmienności a zmiennością historyczną, która również świadczy o efektywności rynku.

Rynek opcji na giełdzie papierów wartościowych w Polsce jest bardzo młody, choć już wyraźnie widać, że jego powstanie i rozwój spowodowały istotne zmniejszenie zainteresowania inwestorów warrantami notowanymi na giełdzie.

Artykuł ma na celu zbadanie efektywności giełdowego rynku opcji w Polsce na przykładzie opcji indeksowych.

2. Efektywność rynku opcji

Podjęcie decyzji na giełdach papierów wartościowych wiąże się z przyjmowaniem różnorodnych strategii na rynku papierów wartościowych, co z kolei łączy się z pojęciem efektywności rynku (*market efficiency*) [Jajuga, Jajuga 1996, s. 88-89].

Efektywność rynku papierów wartościowych może być rozpatrywana co najmniej pod kilkoma względami. Dlatego też ze względu na przedmiot badania wyróżnia się różnorodne typy efektywności [Samuels i in. 1995]. Zalicza się do nich:

a) efektywność operacyjną: szybkość zawierania transakcji, dokładność, bezpieczeństwo i obsługę maklerską; taki rodzaj efektywności jest niemierzalny i określa jedynie stronę jakościową zjawiska;

b) efektywność alokacyjną: rynkowe oferty kupna i sprzedaży oraz związane z nimi rynkowe stopy zwrotu z oferowanych walorów, czyli inaczej możliwości alokacji papierów wartościowych; takie ujęcie pozwala na zmierzenie stopnia efektywności w tradycyjny sposób, tzn. poprzez stosunek zysków do nakładów (stopa zwrotu z inwestycji), i porównanie z konkurencyjnymi możliwościami lokowania środków;

c) efektywność cenową: najpowszechniejsze w literaturze przedmiotu pojęcie efektywności (właściwie należałoby określić ją jako informacyjną); takim ujęciem zajmuje się hipoteza rynku efektywnego.

Pojęcie hipotezy rynku efektywnego zostało wprowadzone w 1965 r. przez Rolla, jej szczegółowego opisu zaś dokonał E.F. Fama [Fama 1970, s. 383-417] w roku 1970. Według niego rynek jest efektywny wtedy, gdy cała informacja o instrumencie finansowym jest dostępna i odzwierciedlona w jego cenie. W praktyce oznacza to, że informacja błyskawicznie trafia do wszystkich inwestorów giełdowych na rynku, co, dzięki ich decyzji, powoduje zmiany w cenie papieru wartościowego.

Testowanie efektywności rynku opcji może przybrać następującą postać:

1) porównania cen teoretycznych wynikających z modelu wyceny opcji z cenami rynkowymi,

2) badania relacji między implikowanym parametrem zmienności a zmiennością historyczną,

3) badania zakłóceń w nie arbitrażowych relacjach między cenami opcji [Cappelle-Blancard, Chaudhury 2001].

Przedmiotem badań będą dwa pierwsze podejścia.

Porównanie cen teoretycznych z cenami rynkowymi wymaga zastosowania modelu wyceny opcji. W tym celu wykorzystuje się formułę Blacka-Scholesa, według której cena opcji *call* w momencie *t* wynosi:

$$c = S \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r(T-t)} N(d_2), \quad (1)$$

gdzie:

$$d_1 = \frac{\ln(S/X) + (r + \sigma^2/2) \cdot (T-t)}{\sigma \sqrt{(T-t)}}, \quad (2)$$

$$d_2 = \frac{\ln(S/X) + (r - \sigma^2/2) \cdot (T-t)}{\sigma \sqrt{(T-t)}} = d_1 - \sigma \sqrt{(T-t)}, \quad (3)$$

S – wartość waloru bazowego w momencie *t*,

X – cena wykonania opcji,

r – stopa wolna od ryzyka,

T – czas do wygaśnięcia opcji,

σ – zmienność waloru bazowego,

$N(d)$ – wartość dystrybuanty rozkładu normalnego dla d_1 lub d_2 .

Przy wykorzystaniu parytetu kupna-sprzedaży cenę opcji *put* opisuje równanie:

$$p = X \cdot e^{-r(T-t)} N(-d_2) - S \cdot N(-d_1). \quad (4)$$

Występowanie niewielkich różnic między wartościami wyznaczanymi na podstawie modelu a cenami rzeczywistymi świadczy o efektywności rynku.

Zakłada się, że rynek charakteryzuje się słabą efektywnością, gdy zależność między implikowanym parametrem zmienności a zmiennością historyczną można opisać za pomocą modelu:

$$H_t = \alpha + \beta \cdot I_{t-i} + \varepsilon_t, \quad (5)$$

gdzie: H_t – zmienność historyczna w okresie t ,

I_{t-i} – zmienność implikowana w okresie $t - i$ a $i = 1, 2, \dots, n$.

Jeżeli prawdziwa jest hipoteza: $H_0: \alpha = 0$ a $\beta = 1$ i nie występuje autokorelacja składnika losowego, to mamy do czynienia ze słabą efektywnością. Dla rynków wykazujących słabą efektywność przeprowadza się test mocnej efektywności, w którym weryfikacji podlega następujący model:

$$H_t = \alpha + \beta \cdot I_{t-i} + \gamma \cdot I_{t-i-1} + \varepsilon_t. \quad (6)$$

Pozytywna weryfikacja hipotezy $H_0: \alpha = 0$ oraz $\beta = 1$, a także $\gamma = 0$ prowadzi do stwierdzenia występowania mocnej efektywności rynku opcji.

3. Opcje indeksowe

Opcje indeksowe są instrumentem finansowym, w którym aktywem bazowym jest indeks rynku. Różnią się one od pozostałych wymienionych rodzajów opcji tym, że w momencie ich realizacji nie następuje fizyczna dostawa instrumentu pierwotnego, czyli indeksu rynku, lecz ma miejsce gotówkowe rozliczenie kontraktu. Oznacza to, że posiadacz opcji kupna w chwili jej wykonania otrzyma sumę pieniężną równą $S-X$, a wystawiający opcję sumę tę będzie musiał zapłacić (S – wartość indeksu, X – cena wykonania). Opcja zostanie zatem wykonana, gdy wartość indeksu będzie wyższa niż cena wykonania. Z kolei gdy posiadacz opcji sprzedaży otrzyma sumę równą $X-S$, a wystawiający opcję sumę tę wypłaci, opcja zostanie zrealizowana, gdy wartość indeksu będzie niższa niż cena wykonania.

Opcje indeksowe – jako forma ubezpieczenia – mogą być szczególnie przydatne inwestorom zarządzającym portfelem, pozwalają bowiem na ustalenie limitu ponoszonego ryzyka.

Na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie opcje na indeks WIG20 są kwotowane od 22 września 2003 r. Wszystkie kwotowane opcje są tej samej klasy i tego samego typu, o tym samym terminie wygaśnięcia i kursie wykonania. Opcje mogą być wykonane tylko w dniu wygaśnięcia.

4. Badanie empiryczne

Badanie efektywności rynku opcji indeksowych na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie przeprowadzono w następujących etapach:

1) porównanie cen rzeczywistych opcji z cenami ustalonymi na podstawie modelu Blacka-Scholesa (zmiennosc w modelu ustalana dwoma sposobami: przez odchylenie standardowe oraz modele EWMA dla λ : 0,5 i 0,7 oraz 0,9 i 0,95 (por. [Risk... 1996]),

2) badanie zaleznosci między implikowanym parametrem zmiennosci a zmiennoscia historyczna.

Tabela 1. Średnie procentowe odchylenia cen modelowych od rzeczywistych z uwzględnieniem różnych typów zmiennosci

Symbol kontraktu	S	$\lambda = 0,5$	$\lambda = 0,7$	$\lambda = 0,9$	$\lambda = 0,95$
<i>Opcje typu call</i>					
OW20L4150	8,7	7,0	6,9	7,0	7,0
OW20L4160	15,5	9,6	9,7	10,1	10,2
OW20L4170	14,8	12,4	10,1	9,6	9,7
OW20L4180	23,2	29,5	26,3	26,4	27,2
OW20L4190	34,3	60,9	56,0	56,3	58,3
OW20L4200	35,7	94,3	83,8	87,5	93,0
OW20C5230	97,9	56,3	26,3	46	47,4
OW20F5180	12,1	17,3	16,6	15,2	14,8
OW20F5190	19,4	30,5	30,3	28,7	28,8
OW20F5200	24,7	50,8	50,0	48,0	50,1
OW20F5210	38,5	91,9	89,0	84,1	86,3
OW20F5220	60,3	190,6	187,4	166,6	158,9
OW20F5230	29,1	315,5	236,2	146,4	121,3
<i>Opcje typu put</i>					
OW20X4140	80,6	95,0	92,6	93,4	93,6
OW20X4150	71,0	93,6	92,0	92,7	93,3
OW20X4160	59,7	89,0	86,3	84,3	84,9
OW20X4170	41,1	71,4	68,4	68,8	69,7
OW20X4180	23,2	50,9	47,7	49,0	49,9
OW20X4190	10,6	24,6	23,0	23,3	23,9
OW20O5160	78,3	90,4	86,8	90,5	92,0
OW20O5170	64,0	87,4	76,9	78,8	80,9
OW20O5180	46,0	67,0	59,7	60,3	62,4
OW20O5190	33,5	46,7	40,3	40,2	42,0
OW20O5200	21,2	26,4	22,4	23,5	25,0
OW20O5210	24,2	21,2	16,8	18,8	20,3
OW20O5220	15,6	9,1	10,2	12,4	12,8
OW20R5170	68,3	91,7	75,7	72,5	75,7
OW20R5180	53,7	74,6	61,6	60,2	61,7
OW20R5190	43,2	52,4	44,3	45,2	46,6
OW20R5200	31,7	34,2	28,0	30,3	31,5
OW20R5210	31,9	26,0	17,9	20,0	23,1
OW20R5220	16,8	30,9	15,6	4,0	8,8

Źródło: obliczenia własne,

Na podstawie tab. 1 można stwierdzić, że najlepszym estymatorem zmienności do modelu Blacka-Scholesa dla opcji indeksowych na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie, w okresie od czerwca 2004 r. do marca 2005 r., było odchylenie standardowe obliczane na podstawie 180 dziennych stóp zwrotu. Należy również dodać, że im cena wykonania była wyższa, tym lepsze okazywały się modele adaptacyjne. Najczęściej stosowany był model EWMA dla $\lambda = 0,7$. Niestety rozpiętość średnich procentowych różnic między wartościami teoretycznymi (wynikającymi z modelu BS) była tak duża, że wnioskowanie o efektywności rynku w tym wypadku było bardzo utrudnione.

Nie można jednoznacznie powiedzieć, że rynek opcji jest nieefektywny, ponieważ nie ma pewności co do zasadności stosowania modelu Blacka-Scholesa do wyceny opcji na polskiej giełdzie. Dlatego też, w celu stwierdzenia choćby słabej efektywności rynku, przeprowadzono drugi test, oparty na teoretycznych własnościach zmienności implikowanej. Wyniki przeprowadzonego badania zawiera tab. 2. W badaniu posłużono się zmiennością historyczną, ustaloną na podstawie odchylenia standardowego, dla którego uzyskano najlepsze wyniki w wycenie opcji.

Tabela 2. Testowanie słabej efektywności dla historycznej zmienności wyznaczonej na podstawie odchylenia standardowego

Opóźnienie	Model	R^2	Statystyka DW	Uwagi
<i>Opcje typu call</i>				
1	$H_t = 0,115 + 0,376 I_{t-1}$	0,338	0,26	oba parametry statystycznie istotne
2	$H_t = 0,115 + 0,372 I_{t-2}$	0,341	0,26	oba parametry statystycznie istotne
3	$H_t = 0,115 + 0,370 I_{t-3}$	0,348	0,28	oba parametry statystycznie istotne
4	$H_t = 0,116 + 0,363 I_{t-4}$	0,347	0,28	oba parametry statystycznie istotne
5	$H_t = 0,117 + 0,357 I_{t-5}$	0,338	0,27	oba parametry statystycznie istotne
<i>Średnie tygodniowe volatility dla opcji call</i>				
1	$H_t = 0,107 + 0,422 I_{t-1}$	0,400	0,31	oba parametry statystycznie istotne
<i>Opcje typu put</i>				
1	$H_t = 0,021 + 0,660 I_{t-1}$	0,674	0,40	oba parametry statystycznie istotne
2	$H_t = 0,022 + 0,654 I_{t-2}$	0,677	0,36	oba parametry statystycznie istotne
3	$H_t = 0,022 + 0,653 I_{t-3}$	0,695	0,38	oba parametry statystycznie istotne
4	$H_t = 0,023 + 0,647 I_{t-4}$	0,705	0,40	oba parametry statystycznie istotne
5	$H_t = 0,024 + 0,643 I_{t-5}$	0,713	0,42	oba parametry statystycznie istotne
<i>Średnie tygodniowe volatility dla opcji call</i>				
1	$H_t = 0,102 + 0,453 I_{t-1}$	0,421	0,37	oba parametry statystycznie istotne

Źródło: obliczenia własne.

Niestety również to badanie, mające na celu ustalenie, czy istnieją relacje o charakterze przyczynowym pomiędzy zmiennością implikowaną a zmiennością historyczną, nie wykazało nawet słabej efektywności rynku. Może to oznaczać, że zmienność implikowana nie nadaje się do prognozowania zmienności rzeczywistej, a mówiąc dokładniej, nie wyznacza jej (w okresach na 1, 2, 3, 4 i 5 sesji w przód). Co więcej parametr wolny okazał się istotnie różny od zera, a parametr funkcji regresji istotnie różnił się od 1. We wszystkich badanych przypadkach występowa-

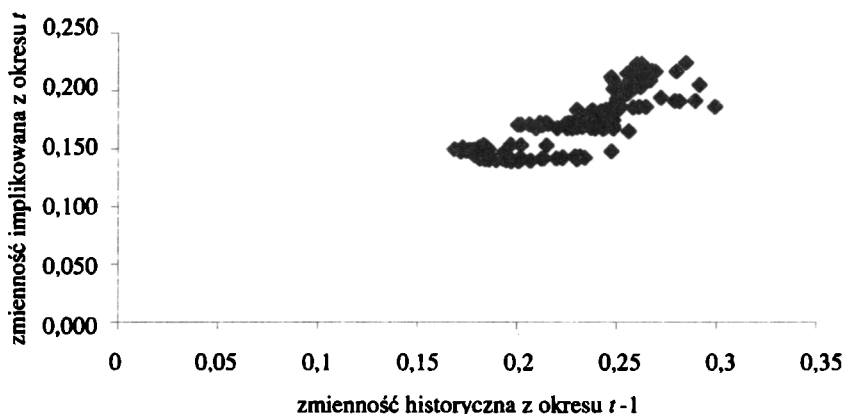
ła autokorelacja składnika losowego, a współczynnik determinacji nie był zadowalający, choć dla opcji *put* przybierał wartości prawie dwukrotnie wyższe niż dla opcji *call*. Również badanie polegające na wyeliminowaniu autokorelacji za pomocą uśrednienia informacji dziennych w poszczególnych tygodniach nie przyniosło zadowalającego rezultatu. W tych wypadkach nie wykazano nawet słabej efektywności rynku.

Z powodu braku nawet słabej efektywności rynku opcji testów silnej efektywności nie przeprowadzono w ogóle. Należy jednak dodać, że badając korelacje między zmiennością historyczną a zmiennością implikowaną, można zauważyć związki, których siłę przedstawiają współczynniki korelacji zawarte w tab. 3 oraz przykładowy korelogram dla opcji *put*.

Tabela 3. Współczynniki korelacji między zmiennością historyczną a implikowanym parametrem zmienności

Opcje typu <i>call</i>					
	H_{t-1}	H_{t-2}	H_{t-3}	H_{t-4}	H_{t-5}
I	0,582	0,584	0,589	0,589	0,581
Opcje typu <i>put</i>					
I	0,821	0,823	0,834	0,840	0,844

Źródło: obliczenia własne.



Rys. 1. Korelogram zmienności historycznej i implikowanej dla opcji *put*
Źródło: obliczenia własne.

W związku z próbami określenia, czy istnieje współzależność między implikowanym parametrem zmienności a przyszłymi wartościami zmienności rzeczywistej, należy podkreślić, że wystąpiły silne związki w przypadku opcji *put* oraz nieco słabsze w przypadku opcji *call*. Najwyższe wartości współczynnik korelacji przybierał w związku między implikowanym parametrem zmienności a zmiennością rzeczywistą, która powinna wystąpić za 3 lub 4 sesje giełdowe (w przypadku

opcji *call*) oraz za 5 sesji (w przypadku opcji *put*). Należy zaznaczyć, że w miarę wydłużania opóźnienia w badaniu współzależności powyżej 5 dnia sesyjnego współczynnik korelacji przybierał coraz niższe wartości.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań nad efektywnością polskiego rynku opcji giełdowych można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Rynek opcji indeksowych notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie w badanym okresie nie wykazywał cech rynku efektywnego. Można tak twierdzić jedynie na podstawie drugiego badania, gdyż nie ma całkowitej pewności co do słuszności wykorzystania do wyceny opcji modelu Blacka-Scholesa.

2. Istnieje silny związek między implikowaną zmiennością a zmiennością historyczną, nie pozwala on jednak na prognozowanie zmienności rzeczywistej. Nie można twierdzić, że zmienność implikowana dzisiaj będzie zmiennością rzeczywistą za kilka dni.

3. Okazuje się, że odchylenie standardowe w badanym okresie dla niskich i średnich cen wykonania było najlepszym estymatorem zmienności do modelu Blacka-Scholesa.

4. W świetle klasycznych teorii finansów, przeprowadzone badanie wykazało nieefektywność rynku opcji. Potwierdzają to również najnowsze badania stosowane w finansach behawioralnych. Świadczy to o silnym wpływie czynników pozatekonicznych na zmienność walorów bazowych czy cenę opcji.

Literatura

- Capelle-Blancard G., Chaudhury M., *Efficiency Test of the French Index (CAC 40) Option Market*, wrzesień 2001.
- Fama E.F., *Efficient Capital Markets*, „Journal of Finance”, maj 1970.
- Jajuga K., Jajuga T., *Inwestycje*, PWN, Warszawa 1996.
- Majewska A., Majewski S., *Testing of Warrants Market Efficiency on the Warsaw Stock Exchange – Classical Approach*, Studies in Classification, Data Science and Information Systems, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 2004.
- Risk MetricsTM – Technical Document*, J.P. Morgan/Reuters, New York, 1996.
- Samuels J.M., Brayshaw R.E., Craner J.M., *Financial Statement Analysis in Europe*, Chapman & Hall, London 1995.

THE RESEARCHES IN EFFICIENCY OF OPTIONS MARKET ON THE WARSAW STOCK EXCHANGE

Summary

The efficiency of different markets was a subject of researches by plenty of analysts. Most market researches on the derivatives market were concentrated on the valuation, but only a little part of them was concentrated on the market efficiency. The goal of this article is providing an empirical test of efficiency of options quoted on the Warsaw Stock Exchange. The one of approaches of the derivatives' market efficiency testing is researching a relationships between implied and historical volatility. The efficient market hypothesis assumes that volatility prediction, which is build on the sign from market, its named implied volatility, could be estimator of empirical volatility in the future, named historical volatility. Using standard procedures for estimating regression line by the OLS and for verification of econometric models, researcher could conclude about rejection or the lack of bases' disallowable the hypotheses' about market efficiency.

The second approach consists in compression the actual warrants prices and the estimated prices generated from Black-Scholes pricing model.