

Ryszard Węgrzyn

Skuteczność DELTA HEDGINGU w ograniczaniu ryzyka kursów akcji : analiza empiryczna

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 10, 227-238

2008

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

RYSZARD WĘGRZYN

SKUTECZNOŚĆ DELTA HEDGINGU W OGRANICZANIU RYZYKA KURSÓW AKCJI. ANALIZA EMPIRYCZNA

Wprowadzenie

Ryzyko kursów akcji jest jednym z podstawowych rodzajów ryzyka branowego pod uwagę przez inwestorów giełdowych. Do ograniczania tego ryzyka wykorzystują oni pochodne instrumenty finansowe. W szczególności w tym względzie są użyteczne opcje, jako instrumenty bardzo elastyczne w sensie dopasowania określonych pozycji do potrzeb zabezpieczającego.

Zabezpieczenie przed ryzykiem kursów akcji z wykorzystaniem opcji może polegać na dwóch rozwiązaniach: *hedgingu* statycznym oraz *hedgingu* dynamicznym. *Hedging* statyczny to stosunkowo prosty sposób zabezpieczenia, polegający na przyjęciu i utrzymywaniu odpowiednich pozycji zabezpieczających do terminu wykonania opcji. W *hedgingu* statycznym inwestor może z góry określić obraz jego ewentualnych strat i zysków w terminie wykonania opcji. Z tego powodu *hedging* statyczny jest dobrym rozwiązaniem szczególnie dla mniejszych inwestorów nie analizujących na bieżąco sytuacji rynkowej.¹

Hedging dynamiczny natomiast polega na zabezpieczeniu przed bieżącymi zmianami kursów. W *hedgingu* tym chodzi o takie skonstruowanie portfela akcji i opcji, aby zmiany kursów akcji były rekompensowane zmianami cen opcji.

¹ Szerzej na ten temat: R. Węgrzyn, *Zastosowanie opcji w ograniczaniu ryzyka kursów akcji*, [w:] Fatuła D. [red.], *Finansowe uwarunkowania decyzji ekonomicznych*, KTE, Kraków 2007.

Do właściwego skonstruowania portfela wykorzystuje się tzw. wskaźniki greckie (*greeks*).²

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie możliwości oraz skuteczności zastosowania dynamicznych operacji zabezpieczających *delta hedging* do ograniczania ryzyka kursów akcji na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie. W szczególności została zwrócona uwaga na codzienne odchylenia wartości portfela zabezpieczonego opcjami i modyfikowanego z końcem kolejnych sesji.

Do zabezpieczania portfeli akcji przed ryzykiem zmiany kursu wykorzystywane są zwykle opcje indeksowe. Na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie opcje takie są przedmiotem obrotu od 22 września 2003 r. W dniu tym miał miejsce giełdowy debiut opcji na indeks WIG20. Do obrotu wprowadzone zostały europejskie opcje kupna i sprzedaży o zróżnicowanych cenach wykonania wygasające w trzeci piątek miesiąca z cyklu kwartalnego: marzec, czerwiec, wrzesień, grudzień. Skuteczność zastosowania tych właśnie opcji została zaprezentowana w dalszej części opracowania.

Przykład teoretyczny *delta hedgingu*

Hedging dynamiczny oparty jest na wskaźnikach greckich, do których należą: *delta*, *gamma*, *vega*, *rho* oraz *theta*. Wskaźniki te są miarami wrażliwości ceny opcji względem zmian wartości takich parametrów jak: cena instrumentu bazowego, zmienność, stopa procentowa, czas do terminu wygaśnięcia opcji. Do szacowania tych wskaźników w przypadku opcji opiewających na indeksy kursów akcji stosuje się najczęściej zmodyfikowany model Blacka-Scholesa uwzględniający wypłacane dywidendy.³

W przypadku *delta hedgingu* wykorzystuje się wskaźnik *delta*, który oznacza zmianę ceny opcji przypadającą na jednostkową zmianę ceny instrumentu

² Zagadnienia *hedgingu* zostały przedstawione m. in. w: Z. Bodie, A. Kane, A.J. Marcus, *Investments*, IRWIN Inc., USA 1993; R.M. Bookstaber, *Option Replication Technology*, [w:] *Advanced Strategies in Financial Risk Management*, ed. R.J. Schwartz, C.W. Smith, New York Institute of Finance, New York 1998, D.M. Chance, *An Introduction to Derivatives & Risk Management*, Thomson South-Western, Ohio 2004, R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative Securities*, South-Western College Publishing, Cincinnati 2000, R.W. Kolb, *Financial Derivatives*, New York Institute of Finance, New York 1993.

³ Szerzej na ten temat: R.M. Bookstaber, *Option Replication...*, *op. cit.*, s. 180., R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative...*, *op. cit.*, s. 364.

bazowego. Dla opcji kupna wskaźnik ten przyjmuje wartości dodatnie z przedziału (0, 1), natomiast dla opcji sprzedaży wartości ujemne z przedziału (-1, 0).

W celu ilustracji problemów wiążących się z *delta hedgingiem* w tej części zaprezentowany zostanie przykład teoretyczny oparty na wielkościach wyliczanych na podstawie modelu Blacka-Scholesa.⁴

W przykłdzie tym inwestor dokonuje sprzedaży 10 europejskich opcji kupna na akcje i chce zabezpieczyć taką pozycję przed małymi zmianami ceny akcji. Chodzi zatem o stworzenie portfela o *delcie* równej zero, przy czym będzie to portfel samofinansujący się. Aby wartość początkowa portfela była równa zero, dochód ze sprzedaży opcji przeznaczony jest na zakup m_s akcji oraz inwestycję B jednostek pieniężnych w krótkoterminowe aktywa wolne od ryzyka.

W celu skonstruowania zabezpieczonego portfela wyliczono wskaźnik *delta*, posługując się modelem Blacka-Scholesa. Dane dotyczące kalkulacji zostały zawarte w tabeli 1.

Tabela 1. Dane dotyczące opcji kupna.

Dane wejściowe		Wyniki	
Cena akcji	50	Cena opcji	2,3740
Cena wykonania	50	Delta	0,5620
Czas do wygaśnięcia	65 dni		
Zmienność	25%		
Stopa procentowa	6%		

Źródło: na podstawie R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative...*, *op. cit.*, s. 273.

Opcja kupna opiewa na 100 akcji, stąd dochód ze sprzedaży 10 opcji wyniesie $10 \times (100 \times 2,3740) = 2374$, przy cenie opcji równej 2,3740. Aby wartość początkowa portfela była równa zero, powinno być:

$$0 = -2374 + m_s 50 + B.$$

Z kolei, aby delta portfela była równa zero, suma delty z pozycji w zakresie opcji oraz delty m_s akcji powinna być równa zero. To oznacza:

$$-10 \times (100 \times 0,5620) + m_s = 0.$$

Powstaje zatem układ dwóch równań z dwiema niewiadomymi, który po rozwiązaniu daje: $m_s = 562$ oraz $B = -25726$. Oznacza to, że inwestor powinien sprzedać 10 opcji o wartości 2.374, zakupić 562 akcje po 50 o łącznej wartości

⁴ Przykład został zaczerpnięty z: R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative...*, *op. cit.*, s. 272-276.

28.100 oraz pożyczyć 25.726 (28.100 – 2.374), finansując zakup akcji. W ten sposób stworzy portfel o wartości początkowej oraz *delcie* równych zeru.

Aby określić skuteczność takiego zabezpieczenia wyliczone zostały wartości portfela w dniu następnym przy określonych poziomach ceny akcji. Do tego celu wykorzystano model Blacka-Scholesa, przy czym założono, że pozostałe wielkości mające wpływ na cenę opcji pozostały na takim samym poziomie. Wyniki zostały zaprezentowane w tabeli 2.

Jak wynika z tabeli 2, jeżeli nawet cena akcji pozostanie na tym samym poziomie wartość portfela się zmienia. Wynika to z faktu obniżenia ceny opcji w związku z upływem jednego dnia oraz narosłych odsetek od pożyczonej kwoty.

Tabela 2. Wartości zabezpieczonego portfela w dniu następnym.

Cena akcji	Cena opcji	Wartość opcji	Wartość akcji	Wartość portfela
48,00	1,3844	-1384,40	26976,00	-138,69
49,00	1,8303	-1830,30	27538,00	-22,59
49,50	2,0824	-2082,40	27819,00	6,31
50,00	2,3536	-2353,60	28100,00	16,11
50,50	2,6437	-2643,70	28381,00	7,01
51,00	2,9521	-2952,10	28662,00	-20,39
52,00	3,6208	-3620,80	29224,00	-127,09

Źródło: na podstawie R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative...*, *op. cit.*, s. 275.

Przy cenie akcji na poziomie 50 wartość portfela wyniesie:

$$-10 \times (100 \times 2,3536) + (562 \times 50) - 25730,29 = 16,11.$$

Również w pozostałych przypadkach wartość portfela nie jest równa zeru, a przy zmianach ceny akcji o 2 jednostki spada o ponad 100 jednostek pieniężnych.

Dzieje się tak dlatego, że w *hedgingu* opartym na ciągłym modelu Blacka-Scholesa zakłada się ciągle korygowanie struktury portfela. W praktyce jest to niemożliwe, jak również ze względu na koszty transakcji niewskazane. Poza tym portfel inwestora w drugim dniu zabezpieczenia nie może być już dłużej w pełni samofinansującym się, gdyż odchylenie wartości portfela po pierwszym

dniu oznacza dodatkowy dochód albo stratę. To oznacza, że wielkość B będzie w rzeczywistości inna niż wynikająca z konstrukcji portfela.⁵

Na bazie zaprezentowanego przykładu dokonano dalszej analizy, przyjmując, że inwestor nie zaciąga pożyczki w wysokości 25.726 jednostek pieniężnych, ale sam taką kwotę inwestuje w akcje. Oznacza to, że jego portfel składa się z 562 akcji oraz 10 pozycji sprzedaży opcji kupna. Jest to zatem portfel akcji zabezpieczony przed niewielkimi zmianami ceny akcji pozycjami sprzedaży opcji kupna, który powinien przynosić inwestorowi dochód na poziomie stopy wolnej od ryzyka. Inwestor, zastępując niejako w tym przypadku pożyczkodawcę, powinien osiągać dochód w wysokości 6% w skali roku (zob. tab. 1). Oznacza to, że średni dzienny wzrost wartości jego portfela powinien wynieść około 0,016%.

W tabeli 3 zostały przedstawione procentowe odchylenia wartości takiego portfela inwestora przy określonych zmianach ceny akcji. Na jej podstawie można stwierdzić, że przy zmianie ceny do 1% wartość portfela wzrasta o ponad 0,04%, natomiast zmiana ceny o 2% i 4% powoduje spadek wartości portfela nawet o 0,5%. To pokazuje, że takie zabezpieczenie portfela przy większych zmianach ceny akcji jest już mało skuteczne.

Tabela 3. Odchylenia wartości portfela bez pożyczki.

Cena akcji	Odchylenia ceny akcji	Wartość portfela	Odchylenia wartości
48,00	-4,00%	25591,60	-0,5224%
49,00	-2,00%	25707,70	-0,0711%
49,50	-1,00%	25736,60	0,0412%
50,00	0,00%	25746,40	0,0793%
50,50	1,00%	25737,30	0,0439%
51,00	2,00%	25709,90	-0,0626%
52,00	4,00%	25603,20	-0,4773%

Źródło: opracowanie własne.

Przeanalizowany przykład dotyczył zabezpieczenia zakupu akcji jednej spółki za pomocą opcji kupna na te akcje. Zabezpieczenie portfela akcji wielu spółek przed ryzykiem kursowym wiąże się natomiast zwykle z wykorzystaniem odpowiednich opcji indeksowych. W przypadku portfeli akcji różniących

⁵ Zob.: R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative...*, *op. cit.*, s. 276.

się składem od składu danego indeksu pojawia się konieczność określenia tzw. skorygowanej wartości portfela, którą wylicza się na podstawie wskaźników β dla poszczególnych akcji. Zadanie to nie jest proste, ponieważ powstaje problem właściwego oszacowania tego wskaźnika. Istotne jest również, aby wskaźniki te określały relację zmian kursów akcji do zmian indeksu giełdowego, na który opiewają wykorzystywane do zabezpieczenia opcje indeksowe.

Aby uzyskać skorygowaną wartość portfela należy pomnożyć ilość akcji każdej spółki przez ich cenę, a następnie przez wskaźnik β . Otrzymane w ten sposób skorygowane wartości akcji poszczególnych spółek po ich zsumowaniu stanowią skorygowaną wartość portfela, będącą przedmiotem zabezpieczenia.

Analiza skuteczności *delta hedgingu* na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie

Przedmiotem szczegółowej analizy na Gieldzie Warszawskiej został indeks WIG20, w skład którego wchodzi 20 największych spółek giełdowych o największej płynności, oraz opcje kupna na ten indeks. Okres analizy obejmuje 2.07.2007 – 31.01.2008 r.

Przyjmując, że inwestor zabezpiecza portfel akcji odpowiadający indeksowi WIG20 w całym tym okresie, na wstępie został określony skład portfela, który podlegał modyfikacjom z końcem każdej sesji.

Delta hedging polegał na zastosowaniu indeksowej opcji kupna o określonych cenach wykonania oraz terminach wygasania. Przyjęto zasadę, że do zabezpieczenia są wykorzystywane opcje kupna o cenie wykonania najbliższej aktualnemu poziomowi indeksu WIG20 (gdy są dwie opcje spełniające ten warunek wybierana jest opcja o niższej cenie wykonania) oraz o najbliższym terminie wykonania.

Do zabezpieczenia portfela zostały zastosowane następujące opcje na indeks WIG20 notowane w okresie 2.07.2007 – 31.01.2008 r.:

- opcje kupna z ceną wykonania 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900 wygasające 21.09.2007 r. (OW20I7340, OW20I7350, OW20I7360, OW20I7370, OW20I7380, OW20I7390),
- opcje kupna z ceną wykonania 3400, 3500, 3600, 3700, 3800, 3900 wygasające 21.12.2007 r. (OW20L7340, OW20L7350, OW20L7360, OW20L7370, OW20L7380, OW20L7390),

- opcje kupna z ceną wykonania 2800, 2900, 3000, 3100, 3200, 3300, 3400, 3500 wygasające 20.03.2008 r. (OW20C8280, OW20C8290, OW20C8300, OW20C8310, OW20C8320, OW20C8330, OW20C8340, OW20C8350).

Z dniem wygasania opcji o najbliższym terminie wykonania do zabezpieczenia przyjmowano kolejne opcje o najbliższym terminie wykonania.

Do określania udziału indeksu i danej opcji w portfelu posłużyły wskaźniki *delta*. W tym przypadku na początku przyjęto, że udział indeksu (akcji) w portfelu się nie zmienia i wynosi 1, natomiast udział opcji został określony jako odwrotność wskaźnika *delta*. Nie można jednak sprzedać czy kupić części opcji. Stąd odwrotność wskaźnika *delta* została pomnożona przez 10 oraz zaokrąglana do liczb całkowitych. Taka operacja nie spowodowała istotnych zmian w osiągniętych wynikach zabezpieczenia. Aby zachować odpowiednią proporcję indeksu do opcji, ostatecznie przyjęto, że inwestor posiada 10 indeksów w portfelu. Należy tutaj pamiętać o mnożniku występującym przy indeksie oraz kursach opcji na poziomie 10 zł/pkt.

Do szczegółowych obliczeń wykorzystano dane z Giełdy dotyczące kursów opcji i poziomów indeksu WIG20, jak również szacowane przez Giełdę wskaźniki *delta* dla poszczególnych opcji. Wskaźniki te szacowane są na podstawie przywołanego wcześniej modelu Blacka-Scholesa. Stopa wolna od ryzyka jest wyznaczana dla każdego terminu wygasania opcji oddzielnie poprzez interpolację liniową dostępnych średnich ze stawek WIBOR i WIBID dla terminów – 1 tydzień, 2 tygodnie, 1 miesiąc, 3 miesiące, 6 miesięcy, 9 miesięcy. Stawki te uprzednio przeliczane są z kapitalizacji rocznej na kapitalizację ciągłą. Zmienność uwzględniana w modelu jest wyliczoną wcześniej zmiennością implikowaną dla danej serii opcji wynikającą z poziomu ceny opcji. Stopa dywidendy natomiast jest kalkulowana na każdy z terminów wygaśnięcia opcji na podstawie danych dotyczących wielkości i terminów wypłaty dywidend ustalanych na Walnych Zgromadzeniach Akcjonariuszy w bieżącym roku albo danych dotyczących wypłat w poprzednim roku, jeżeli w bieżącym jeszcze nie podjęto decyzji.

Wskaźniki greckie szacowane przez Giełdę udostępniane są dopiero po zakończeniu sesji. Dlatego też przyjęto, że inwestor sam wyliczał wskaźniki w sposób odpowiadający metodzie przyjętej przez Giełdę oraz modyfikował portfel z końcem sesji.

Skuteczność tak stosowanego *delta hedgingu* była określana na podstawie zmian wartości portfela na następnej sesji. Zmiany te określano kwotowo oraz procentowo. Dla przykładu w tablicach 4-5 zaprezentowano szczegółowe wyniki dotyczące dwóch wybranych miesięcy – października 2007 i stycznia 2008 r.

Tabela 4. Wyniki zastosowania *delta hedgingu* z wykorzystaniem opcji kupna – październik 2007 r.

Data	Delta opcji	Udz.o pcji	Poziom WIG20	Kurs opcji	Wartość tworzonego portfela			Wartość końcowa	Zm. wartości	
					Indeks	Opcja	Razem		zł	%
07.10.01	0,5740	-17,00	3617,70	206,83	361770,00	-35161,10	326608,90	332880,50	-1068,50	-0,32
07.10.02	0,5221	-19,00	3754,98	187,28	375498,00	-35583,20	339914,80	325614,90	-994,00	-0,30
07.10.03	0,5774	-17,00	3722,36	204,33	372236,00	-34736,10	337499,90	344290,80	4376,00	1,29
07.10.04	0,5845	-17,00	3730,90	213,88	373090,00	-36359,60	336730,40	336730,40	-769,50	-0,23
07.10.05	0,5997	-17,00	3750,00	232,18	375000,00	-39470,60	335529,40	335529,40	-1201,00	-0,36
07.10.08	0,5854	-17,00	3733,66	216,72	373366,00	-36842,40	336523,60	336523,60	994,20	0,30
07.10.09	0,5173	-19,00	3855,06	175,94	385506,00	-33428,60	352077,40	338310,60	1787,00	0,53
07.10.10	0,5303	-19,00	3870,20	182,42	387020,00	-34659,80	352360,20	352360,20	282,80	0,08
07.10.11	0,5502	-18,00	3893,43	194,02	389343,00	-34923,60	354419,40	352479,20	119,00	0,03
07.10.12	0,5369	-19,00	3879,00	187,25	387900,00	-35577,50	352322,50	354195,00	-224,40	-0,06
07.10.15	0,5614	-18,00	3908,36	202,42	390836,00	-36435,60	354400,40	352376,20	53,70	0,02
07.10.16	0,5904	-17,00	3842,41	222,51	384241,00	-37826,70	346414,30	354794,80	394,40	0,11
07.10.17	0,5959	-17,00	3848,66	225,58	384866,00	-38348,60	346517,40	346517,40	103,10	0,03
07.10.18	0,5245	-19,00	3770,12	177,04	377012,00	-33637,60	343374,40	346915,20	397,80	0,11
07.10.19	0,5536	-18,00	3801,19	187,95	380119,00	-33831,00	346288,00	344408,50	1034,10	0,30
07.10.22	0,5223	-19,00	3769,54	173,79	376954,00	-33020,10	343933,90	345671,80	-616,20	-0,18
07.10.23	0,5423	-18,00	3890,81	166,50	389081,00	-29970,00	359111,00	341677,90	-2256,00	-0,66
07.10.24	0,5090	-20,00	3856,54	160,16	385654,00	-32032,00	353622,00	356825,20	-2285,80	-0,64
07.10.25	0,5337	-19,00	3882,36	176,50	388236,00	-33535,00	354701,00	352936,00	-686,00	-0,19
07.10.26	0,5485	-18,00	3898,85	179,61	389885,00	-32329,80	357555,20	355759,10	1058,10	0,30
07.10.29	0,5734	-17,00	3927,29	193,24	392729,00	-32850,80	359878,20	357945,80	390,60	0,11
07.10.30	0,5247	-19,00	3877,01	160,51	387701,00	-30496,90	357204,10	360414,30	536,10	0,15
07.10.31	0,5274	-19,00	3880,13	164,73	388013,00	-31298,70	356714,30	356714,30	-489,80	-0,14

Źródło: opracowanie własne.

Należy jednak zwrócić uwagę, że do ogólnej oceny skuteczności *hedgingu* właściwszą miarą są zmiany procentowe. Kwotowe zmiany wartości portfela zależą bowiem od wartości tworzonych na danej sesji portfeli i ich zmian procentowych. Jeżeli wartości portfeli będą wyższe w przypadku ujemnych odchylenia procentowych, a stosunkowo niższe przy odchyleniach dodatnich, wówczas łączne kwotowe odchylenie wartości może być znaczne i ujemne.

W celu uogólnienia wyników badań na podstawie procentowych zmian wartości portfela obliczono dla poszczególnych miesięcy oraz dla całego analizowanego okresu średnie arytmetyczne zmian procentowych, odchylenia standardowe tych zmian oraz wartości najmniejsze i największe. Rezultaty tych obliczeń zostały zaprezentowane w tablicy 6.

Na podstawie tej tablicy można stwierdzić, że średnie zmiany wartości portfela w poszczególnych miesiącach znacznie się od siebie różnią. Dla przykładu w grudniu 2007 r. średnia wynosiła 0,23%, a w sierpniu 2007 r. -0,15%, natomiast w najbardziej nietypowym miesiącu styczniu 2008 r. -0,40%. Średnie dla okresów lipiec – grudzień 2007 r. oraz lipiec 2007 r. – styczeń 2008 r. są jednak na znacznie lepszych poziomach. Zwłaszcza dla pierwszego z tych okresów średnia 0,04% oznacza, że zabezpieczenie dla całego okresu było stosunkowo skuteczne, chociaż inwestor osiągnąłby w tym przypadku dochód znacznie większy niż wynikałoby to ze stopy wolnej od ryzyka.

Tabela 5. Wyniki zastosowania *delta hedgingu* z wykorzystaniem opcji kupna – styczeń 2008 r.

Data	Delta opcji	Udz.op cji	Poziom WIG20	Kurs opcji	Wartość tworzonoego portfela			Wartość końcowa	Zm. wartości	
					Indeks	Opcja	Razem		zł	%
08.01.02	0,5375	-19,00	3472,83	177,82	347283,00	-33785,80	313497,20	315275,40	2510,20	0,80
08.01.03	0,5909	-17,00	3432,59	191,95	343259,00	-32631,50	310627,50	316883,20	3386,00	1,08
08.01.04	0,5522	-18,00	3390,67	186,06	339067,00	-33490,80	305576,20	307436,80	-3190,70	-1,03
08.01.07	0,5181	-19,00	3355,07	163,93	335507,00	-31146,70	304360,30	305999,60	423,40	0,14
08.01.08	0,5205	-19,00	3357,24	172,79	335724,00	-32830,10	302893,90	302893,90	-1466,40	-0,48
08.01.09	0,5478	-18,00	3288,67	181,57	328867,00	-32682,60	296184,40	302719,20	-174,70	-0,06
08.01.10	0,5826	-17,00	3228,39	213,20	322839,00	-36244,00	286595,00	294525,00	-1659,40	-0,56
08.01.11	0,5844	-17,00	3230,28	209,47	323028,00	-35609,90	287418,10	287418,10	823,10	0,29
08.01.14	0,5385	-19,00	3180,69	195,14	318069,00	-37076,60	280992,40	284895,20	-2522,90	-0,88
08.01.15	0,5480	-18,00	3091,99	182,65	309199,00	-32877,00	276322,00	282942,90	1950,50	0,69
08.01.16	0,5352	-19,00	2979,36	166,03	297936,00	-31545,70	266390,30	275095,80	-1226,20	-0,44
08.01.17	0,5995	-17,00	2947,63	202,89	294763,00	-34491,30	260271,70	265831,70	-558,60	-0,21
08.01.18	0,5462	-18,00	2991,03	177,43	299103,00	-31937,40	267165,60	259459,00	-812,70	-0,31
08.01.21	0,5148	-19,00	2859,87	155,00	285987,00	-29450,00	256537,00	264118,80	-3046,80	-1,14
08.01.22	0,5697	-18,00	2818,58	197,51	281858,00	-35551,80	246306,20	249020,30	-7516,70	-2,93
08.01.23	0,5393	-19,00	2779,69	236,65	277969,00	-44963,50	233005,50	235372,00	-10934,20	-4,44
08.01.24	0,5920	-17,00	2945,99	211,90	294599,00	-36023,00	258576,00	231465,80	-1539,70	-0,66
08.01.25	0,5308	-19,00	2973,57	167,83	297357,00	-31887,70	265469,30	259013,50	437,50	0,17
08.01.28	0,5652	-18,00	2916,44	182,35	291644,00	-32823,00	258821,00	266187,80	718,50	0,27
08.01.29	0,5319	-19,00	2978,92	169,93	297892,00	-32286,70	265605,30	260585,20	1764,20	0,68
08.01.30	0,5324	-19,00	2981,13	171,55	298113,00	-32594,50	265518,50	265518,50	-86,80	-0,03
08.01.31	0,5765	-17,00	2928,57	176,36	292857,00	-29981,20	262875,80	266251,30	732,80	0,28

Źródło: opracowanie własne.

Istotną miarą w tym przypadku jest również odchylenie standardowe zmian procentowych, które wskazuje na ryzyko związane z *hedgingiem* wynikające z możliwości odchylenia od wyliczonych średnich, jako wartości oczekiwanych. Pod tym względem najmniej ryzykownym okresem zabezpieczenia był październik 2007 r.

Na ryzyko związane z jednodniowym zabezpieczeniem zwracają z kolei uwagę najmniejsze i największe zmiany wartości portfeli. W styczniu 2008 r., miesiącu głębokich spadków indeksu giełdowego, największy spadek wartości portfela zabezpieczonego wyniósł -4,44%. W lipcu, sierpniu i wrześniu 2007 r. największe dzienne spadki były większe od 2%, natomiast w październiku, listopadzie i grudniu 2007 r. nie przekroczyły 1%. To pokazuje, że jednodniowe zabezpieczenie portfela wiąże się z większym ryzykiem poniesienia straty, chociaż zależy to przede wszystkim od sytuacji na rynku.

Tabela. 6. Syntetyczne wyniki zastosowania *delta hedgingu*

Okres	Średnia zmiana wartości portfela	Odchylenie standardowe średniej zmiany	Najmniejsza zmiana	Największa zmiana
VII 2007	0,16%	1,08%	-2,33%	2,27%
VIII 2007	-0,15%	1,03%	-2,23%	1,67%
IX 2007	0,01%	1,20%	-2,11%	2,18%
X 2007	0,01%	0,40%	-0,66%	1,29%
XI 2007	0,06%	0,49%	-0,97%	1,08%
XII 2007	0,23%	0,52%	-0,65%	1,68%
I 2008	-0,40%	1,24%	-4,44%	1,08%
VII-XII 2007	0,04%	0,84%	-2,33%	2,27%
VII 2007 - I 2008	-0,02%	0,92%	-4,44%	2,27%

Źródło: opracowanie własne.

Zakończenie

Należy zwrócić uwagę, iż zmiany wartości tak zabezpieczonego portfela wynikają z wielu różnych przyczyn. Wykorzystany tutaj model Blacka-Scholesa, jak wskazano wcześniej, jest modelem ciągłym, co oznacza, że korygowanie struktury portfela powinno odbywać się w sposób ciągły. W zaprezentowanej analizie korekty portfela dokonywano z końcem każdej kolejnej sesji.

W modelu tym zakłada się stałą zmienność instrumentu bazowego do wygaśnięcia opcji, stałą stopę procentową do wygaśnięcia opcji oraz lognormalny rozkład cen akcji w terminie wykonania. Założenia te stanowią jednak tylko aproksymację rzeczywistości. Jeżeli zatem do *hedgingu* zostaną zastosowane

wskaźniki greckie wyliczone na podstawie tego modelu, niewielkie zmiany wartości portfela będą nadal występowały.⁶

Z drugiej strony w przeanalizowanym przypadku zastosowano *delta hedging* jako podstawowy rodzaj *hedgingu*, pomijający wpływ na wartość portfela pozostałych czynników uwzględnianych w modelu Blacka-Scholesa. Dalsze badania powinny zatem zmierzać do określenia skuteczności *hedgingu* z zastosowaniem również innych wskaźników greckich.

Literatura

1. Bodie Z., Kane A., Marcus A.J., *Investments*, IRWIN Inc., USA 1993.
2. Bookstaber R.M., *Option Replication Technology*, [w:] *Advanced Strategies in Financial Risk Management*, ed. R.J. Schwartz, C.W. Smith, New York Institute of Finance, New York 1998.
3. Chance D.M., *An Introduction to Derivatives & Risk Management*, Thomson South-Western, Ohio 2004.
4. Haugen R.A., *Teoria nowoczesnego inwestowania*, WIG-Press, Warszawa 1996.
5. Hull J., *Kontrakty terminowe i opcje. Wprowadzenie*, WIG-Press, Warszawa 1997.
6. Jajuga K., Jajuga T., *Inwestycje. Instrumenty finansowe, aktywa niefinansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*, PWN, Warszawa 2006.
7. Jarrow R., Turnbull S., *Derivative Securities*, South-Western College Publishing, Cincinnati 2000.
8. Kolb R.W., *Financial Derivatives*, New York Institute of Finance, New York 1993.
9. McMillan L.G., *Options as a Strategic Investment*, New York Institute of Finance, New York 1993.
10. Smithson Ch.W., Smith C.W., Wilford D.S., *Zarządzanie ryzykiem finansowym. Instrumenty pochodne, inżynieria finansowa i maksymalizacja wartości*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2000.
11. Tarczyński W., *Instrumenty pochodne na rynku kapitałowym*, PWE, Warszawa 2003.
12. Weron A., Weron R., *Inżynieria finansowa. Wycena instrumentów pochodnych, symulacje komputerowe, statystyka rynku*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.

⁶ R. Jarrow, S. Turnbull, *Derivative...*, *op. cit.*, s. 294.

STRESZCZENIE

Podstawowym rodzajem *hedgingu* dynamicznego jest *delta hedging*, wykorzystujący wskaźnik *delta* jako miarę wrażliwości ceny opcji względem zmian instrumentu bazowego. Celem tego opracowania jest zwrócenie uwagi na możliwości oraz skuteczność *delta hedgingu* w ograniczaniu ryzyka kursów akcji na Gieldzie Papierów Wartościowych w Warszawie.

Zaprezentowane wyniki badań empirycznych dotyczą zastosowania opcji na WIG20 w okresie lipiec 2007 – styczeń 2008. Autor dokonał syntetycznej oceny skuteczności *hedgingu* na podstawie średnich arytmetycznych, odchyłeń standardowych oraz minimów i maksimów zmian procentowych wartości zabezpieczonego portfela.

EFFECTIVENESS OF DELTA HEDGING IN REDUCING THE RISK OF STOCK PRICES. EMPIRICAL ANALYSIS

SUMMARY

Delta hedging is a basic kind of dynamic hedging, using delta as a measure of option price sensitivity to the changes of a base instrument. The aim of this paper is to pay attention to the opportunity and effectiveness of delta hedging in reducing the risk of stock prices on the Warsaw Stock Exchange .

Presented results of the empirical research refer to the application of the option on WIG20 in the period July 2007 – January 2008. The author made the synthetic assessment of the hedging effectiveness on the basis of arithmetic means, standard deviations, maxima and minima of the percentage changes of the hedged portfolio value.

Translated by R. Węgrzyn

Dr Ryszard Węgrzyn
Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie
wegrzynr@ae.krakow.pl