

PRACE NAUKOWE

Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

252

Instrumenty zarządzania kosztami i dokonaniem

Redaktorzy naukowi

Edward Nowak

Maria Nieplowicz



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2012

Recenzenci: Jolanta Chluska, Ksenia Czubakowska, Mieczysław Dobija, Wojciech Fliegner,
Wiktor Krawczyk, Dorota Kuchta, Henryk Ronek, Elżbieta Skrzypek

Redaktorzy Wydawnictwa: Agnieszka Flasińska, Aleksandra Śliwka

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Małgorzata Czupryńska, Beata Mazur

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna na stronie www.ibuk.pl

Streszczenia opublikowanych artykułów są dostępne w międzynarodowej bazie danych
The Central European Journal of Social Sciences and Humanities <http://cejsh.icm.edu.pl>
oraz w 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](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 2012

ISSN 1899-3192

ISBN 978-83-7695-245-1

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp	9
Jacek Barbarski , Rola czynnika ludzkiego w rozwoju sektora bankowego w Polsce	11
Agnieszka Bieńkowska, Zygmunt Kral, Anna Zablocka-Kluczka , Strategiczna karta wyników jako narzędzie realizacji idei zrównoważonego rozwoju organizacji	26
Leszek Borowiec , Koncepcja kosztu netto usług komunalnych w Polsce.....	42
Halina Buk , Kreowanie wyniku finansowego ze sprzedaży długoterminowych usług budowlanych	54
Magdalena Chmielowiec-Lewczuk , Kalkulacja kosztów ubezpieczeń dla przedsiębiorstw na potrzeby rachunków decyzyjnych.....	66
Małgorzata Cieciora, Hanna Ewa Czaja-Cieszyńska , Konstrukcja systematycznego rachunku kosztów logistyki w kontekście tworzenia wartości przedsiębiorstwa.....	76
Alina Dyduch , Budżetowanie kosztów w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe	88
Joanna Dynowska , Metody racjonalizacji kosztów w ośrodkach odpowiedzialności w przedsiębiorstwach województwa warmińsko-mazurskiego	104
Waldemar Piotr Gil , Dylemat koncepcji kosztu kapitału własnego	115
Renata Gmińska , Rachunek kosztów logistyki jako narzędzie zarządzania kosztami	126
Joanna Habelman , Pomiar i ocena dokonań w Zarządzie Morskich Portów Szczecin i Świnoujście S.A.	136
Arkadiusz Januszewski, Justyna Śpiewak , Identyfikacja zasobów i rachunek kosztów zasobów w koncepcji rachunku kosztów działań na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego	149
Arkadiusz Januszewski, Justyna Śpiewak , Identyfikacja procesów i rozliczenie kosztów w koncepcji rachunku kosztów działań na przykładzie przedsiębiorstwa produkcyjnego	163
Elżbieta Jaworska , Społeczna odpowiedzialności przedsiębiorstw jako źródło szans i przewagi konkurencyjnej	180
Marcin Kaczmarek , Aspekty wdrożeniowe zarządzania przez zadania w Policji.....	193
Ilona Kędzierska-Bujak , Możliwość połączenia kompleksowej karty wyników i zarządzania przez otwarte księgi – wybrane zagadnienia	213
Konrad Kochański , Nowoczesne koncepcje rachunku kosztów i ich przydatność w podejmowaniu decyzji w obszarze logistyki przedsiębiorstwa.....	223

Marcin Kowalewski , Mapy strategii w procesie implementacji w przedsiębiorstwie systemu pomiaru dokonań	237
Michał Jerzy Kowalski, Marcin Krzysztof Świdorski , Wpływ wzrostu sprzedaży na wartość przedsiębiorstwa	248
Jarosław Kujawski , Przychody i marża w rozszerzonym <i>Earned Value Management</i>	263
Grzegorz Lew , „Zrównoważony” rachunek kosztów	280
Agnieszka Lew , Zarządca walory tradycyjnego rachunku kosztów	290
Sebastian Lotz , Target costing w zarządzaniu kosztami w branży motoryzacyjnej .	300
Monika Łada , Analiza rentowności strumieni wartości	312
Anna Łapińska , Specyfika rachunku kosztów w rolnictwie	324
Jarosław Mielcarek , Zarządzanie wynikami za pomocą optymalizacji wielkości serii produkcyjnej	334
Daria Moskwa-Bęczkowska , Zarządzanie kosztami w publicznych szkołach wyższych jako instrument poprawy ich efektywności	349
Przemysław Mućko , Studium przypadku zastosowania rachunku kosztów działań w policji angielskiej	365
Bożena Nadolna , Metody badawcze rachunkowości zarządczej a ich podstawy filozoficzne	377
Agnieszka Nóżka , Rachunek kosztów w instytucie badawczym jako instrument kontroli i oceny ośrodków odpowiedzialności	393
Andrzej Parzonko , Koszty normatywne jako ważny instrument wspomagający zarządzanie gospodarstwem mlecznym – rozwiązania KTBL	403
Michał Pietrzak , <i>Balanced scorecard</i> a kreowanie wartości z zasobów ludzkich poprzez zaangażowanie pracowników	415
Michał Poszwa , Identyfikacja i wycena przychodów z nieodpłatnych świadczeń	432
Sabina Rokita , Wykorzystanie wybranych narzędzi rachunku kosztów w ocenie <i>ex ante</i> i <i>ex post</i> opłacalności innowacji produktowych	440
Anna Stronczek , Kontrola zarządcza w znowelizowanej ustawie o finansach publicznych	448
Piotr Szczypa , Koszty jakości procesów logistycznych przedsiębiorstwa	458
Alfred Szydelko , Wpływ procesów integracyjnych rachunku kosztów zmiennych na jakość informacji kosztowych	467
Lukasz Szydelko , Wykorzystanie informacji z rachunku kosztów docelowych w zarządzaniu ośrodkami odpowiedzialności za koszty	478
Piotr Urbanek , Rachunkowość odpowiedzialności. Teoria a praktyka biznesowa	489
Małgorzata Wasilewska , Wycena przedsięwzięcia inwestycyjnego „Pole Stefanów” kopalni Bogdanka SA z wykorzystaniem opcji realnych	502
Elżbieta Wawrzyniak , Niewykorzystana zdolność produkcyjna a analiza punktu progu rentowności w szpitalu	520
Edward Wiszniewski , Koncepcja skorygowanej ceny nabycia i jej wpływ na pozycje sumy bilansowej	531

Paweł Wroński , Wstępna analiza wyników inwestycyjnych wybranych otwartych funduszy emerytalnych.....	545
Adam Zawadzki , Rachunek ekonomiczny w outsourcingu.....	560

Summaries

Jacek Barburski , The role of human factor in the development of banking sector in Poland.....	25
Agnieszka Bieńkowska, Zygmunt Kral, Anna Zabłocka-Kluczka , Balanced scorecard as a tool for implementing sustainable development idea to an organization.....	41
Leszek Borowiec , The concept of net cost of municipal services in Poland.....	53
Halina Buk , Creation of financial result from the long-time construction contract sales.....	65
Magdalena Chmielowiec-Lewczuk , Cost calculation of business insurance in decision accounts.....	75
Małgorzata Cieciora, Hanna Ewa Czaja-Cieszyńska , The construction of conventional cost accounting in logistics in the context of generating the company value.....	87
Alina Dyduch , Cost budgeting in the State Forests National Forest Holding.....	103
Joanna Dynowska , Methods of cost rationalization in responsibility centers in the enterprises in Warmia and Mazury voivodeship.....	114
Waldemar Piotr Gil , Dilemma of the concept of the cost of equity capital.....	125
Renata Gmińska , Logistics costing as a tool of cost management.....	135
Joanna Habelman , Measurement and evaluation of achievements of Szczecin and Świnoujście Seaports Authority.....	148
Arkadiusz Januszewski, Justyna Śpiewak , Identification of resources and resources consumption accounting in the activity-based costing concept on the example of a large manufacturing company.....	162
Arkadiusz Januszewski, Justyna Śpiewak , Identification of processes and cost accounting in the activity-based costing concept on the example of a large manufacturing company.....	179
Elżbieta Jaworska , Corporate social responsibility as a source of opportunities and competitive advantage.....	192
Marcin Kaczmarek , Aspects of implementing performance management in the Police.....	212
Iłona Kędzierska-Bujak , Possibility of combining the total performance scorecard and open book management – selected problems.....	222
Konrad Kochoński , Modern costing concepts and their usefulness in taking decisions in the area of logistics.....	236
Marcin Kowalewski , Strategy maps in performance measurement system.....	247
Michał Jerzy Kowalski, Marcin Krzysztof Świdorski , The influence of sales growth rate on business valuation.....	262

Jarosław Kujawski , Revenue and margin in extended earned value management	279
Grzegorz Lew , „Balanced” cost accounting	289
Agnieszka Lew , Managing values of traditional bill of costs	299
Sebastian Lotz , Target costing in automotive industry costs management processes	311
Monika Łada , Value streams profitability analysis	323
Anna Łapińska , Specificity of cost accounting in agriculture	333
Jarosław Mielcarek , Performance management with optimum batch size	348
Daria Moskwa-Bęczkowska , Costs management in public higher education institutes as a tool of their efficiency improvement	364
Przemysław Mućko , Case study of activity based costing implementation in English police forces	376
Bożena Nadolna , Management accounting research methods and their philosophical foundations	392
Agnieszka Nózka , Cost accounting in research institute as a control and evaluation tool of responsibility centers	402
Andrzej Parzonko , Normative costs as an important instrument to assist dairy farm management – KTBL solutions	414
Michał Pietrzak , Balanced Scorecard and value creation from human resources through employees’ engagement	431
Michał Poszwa , Identification and measurement of free of charge benefits revenue	439
Sabina Rokita , Using selected instruments of cost accounting in ex ante and ex post assessment of profitability of product innovations	447
Anna Stronczek , Management control of the new public finance act	457
Piotr Szczypa , Quality costs of corporation’s logistic processes	466
Alfred Szydelko , The effect of direct costing integration processes for the quality of cost information	477
Łukasz Szydelko , Using of information from target costing in cost responsibility centers management	488
Piotr Urbanek , Responsibility accounting. business theory and practice	501
Małgorzata Wasilewska , Real Options Valuation of “Pole Stefanów” investment project by Bogdanka joint stock company	519
Elżbieta Wawrzyniak , Unused capacity and the analysis of hospital break-even point	530
Edward Wiszniowski , The concept of amortized cost and its impact on balance sheet items of the sum of input	544
Paweł Wroński , Preliminary analysis of selected investment open pension funds	559
Adam Zawadzki , Outsourcing cost-effectiveness evaluation	571

Małgorzata Wasilewska

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

WYCENA PRZEDSIĘWZIĘCIA INWESTYCYJNEGO „POLE STEFANÓW” KOPALNI BOGDANKA SA Z WYKORZYSTANIEM OPCJI REALNYCH

Streszczenie: W artykule przedstawiono wycenę przedsięwzięcia inwestycyjnego „Pole Stefanów” realizowanego przez spółkę akcyjną Bogdanka. Na początku przedstawiono definicję opcji realnych. Następnie omówione zostały podstawowe metody wyceny opcji realnych, tj. model Blacka-Scholesa oraz model drzew dwumianowych. Przedstawienie metodologii obliczeń umożliwiło dokonanie wyceny opcji opóźnienia i rozszerzenia przedsięwzięcia inwestycyjnego oraz porównanie uzyskanych wyników z wartością bieżącą netto (NPV).

Słowa kluczowe: opcje realne (rzeczowe), model Blacka-Scholesa, model drzew dwumianowych Coxa-Rossa-Rubinsteina.

1. Wstęp

Celem niniejszego artykułu jest prezentacja metodologii oraz wyników wyceny opcji realnych oraz porównanie ich z tradycyjną metodą szacowania wartości przedsięwzięć inwestycyjnych, jaką jest wartość zaktualizowana netto (NPV). Artykuł ma również na celu ukazanie, że wycena projektów inwestycyjnych powinna uwzględniać elastyczność w podejmowaniu decyzji, możliwość wyboru różnych scenariuszy rozwojowych (rozszerzenie, skrócenie czasu trwania, porzucenie projektu), które mogą zostać realizowane dopiero po uzyskaniu wystarczających informacji rynkowych dotyczących np. poziomu cen, zachowań konkurencji. Ze względu na to, że elastyczność decyzyjna daje większe szanse na powodzenie przedsięwzięcia inwestycyjnego, powinna również zostać wyceniona. Taką możliwość oferuje koncepcja opcji realnych. W artykule została zaprezentowana wycena „Pola Stefanów”, przedsięwzięcia inwestycyjnego realizowanego w latach 2010-2011 przez kopalnię Bogdanka SA.

2. Definicja opcji realnych

Definicja opcji realnych została sformułowana w 1977 r. przez S.C. Myersa, który uznał, że opcje realne wyrażają „możliwość, okazję do zakupu rzeczowych aktywów na przyszłych, bardziej sprzyjających niż obecnie warunkach”. W definiowaniu

pojęcia opcji realnych G. Sick zwrócił uwagę na elastyczność w podejmowaniu decyzji dotyczących aktywów materiałowych, które to decyzje mogą być różne, np. zamiana istniejącego aktywa na inne, porzucenie, rozszerzenie działalności przez kolejne inwestycje [Brosch 2008, s. 7]. Korzystając z tradycyjnej definicji opcji finansowych, można określić, że z opcjami realnymi wiąże się prawo, a nie obowiązek podejmowania decyzji. Owo prawo do podejmowania decyzji oznacza elastyczność, swobodę decyzyjną w wyborze różnych scenariuszy rozwojowych. Najbardziej adekwatna wydaje się definicja zaproponowana przez K. Jajugę, która określa, że opcje realne stanowią prawo (ale nie obowiązek) do zmiany decyzji w zakresie projektu inwestycyjnego w sytuacji, gdy pojawią się nowe informacje [Jajuga 1999, s. 366]. Niemożność podjęcia decyzji jest brakiem elastyczności. Możliwość zmiany decyzji jest elastycznością, która ma pewną wartość dla przedsiębiorstwa, dlatego powinna zostać wyceniona. Brak analizy różnych scenariuszy rozwojowych w wycenie projektu inwestycyjnego może pociągnąć za sobą duże straty. Obecnie często można spotkać się z sytuacją, że wartość zaktualizowana netto (NPV) w sposób systematyczny zaniża wartość projektów. Wycena ich za pomocą opcji realnych stanowi ciekawą alternatywę, będącą pomocną w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Wartość opcji ujmuje możliwość modyfikacji danego przedsięwzięcia w przyszłości, co oznacza, że wartość projektu obliczonego za pomocą podejścia opcyjnego uwzględnia w wycenie elastyczność podejmowania decyzji i jest przez to wyższa od wyceny za pomocą metody DCF czy NPV. Tym samym koncepcja opcji realnych nieodłącznie jest związana z zarządzaniem strategicznym w przedsiębiorstwie. Strategia może być określana jako portfel opcji generowanych przez inwestycję ze względów strategicznych. Opcje jako narzędzie zarządzania niepewnością i elastycznością pozwalają na takie zarządzanie przedsiębiorstwem, które zmaksymalizuje jego wartość. Wykorzystanie opcji realnych w szacowaniu wartości przedsięwzięcia inwestycyjnego pozwala również odpowiedzieć na pytanie, kiedy jest najlepszy moment na podjęcie inwestycji.

W związku z tym, że możliwość podejmowania decyzji implikującej określone skutki występuje w sytuacjach biznesowych od zawsze, w każdej sytuacji, w której przedsiębiorcy spotykają się z wyborem, powstają opcje realne [Capiński 2011, s. 7]. Wycena ich jest w związku z tym bardzo pomocna w zarządzaniu przedsiębiorstwem, które realizuje nowe projekty, przedsięwzięcia. Jednak powszechnie uważa się, że przedsiębiorstwo chcące wykorzystywać w podejmowaniu decyzji opcje realne powinno charakteryzować się określonymi cechami. Najważniejszy jest kompetentny zarząd, który rozumie podejście opcyjne w zarządzaniu, tzn. umie identyfikować, kreować opcje i we właściwym czasie je wykorzystać. Od takiego posiadającego dostęp do źródeł finansowania zarządu wymaga się przyjęcia perspektywy długoterminowej w zarządzaniu. Kolejna cecha to przywództwo rynkowe – firmy z pozycją lidera mają najwięcej informacji i największe możliwości rozwojowe, chociażby ze względu na możliwość wykorzystania efektów ekonomiki

skali i zasięgu [Urbanek 2008, s. 138]. Opcje realne są szczególnie przydatne na rynkach, gdzie niepewność jest największa, np. w branżach high-tech, kapitałochłonnych.

3. Metody wyceny opcji realnych

U podstaw metodologii wyceny opcji realnych leży koncepcja wyceny opcji finansowych opracowana przez F. Blacka, M. Scholesa i R.C. Mertona w 1973 r. W 1976 r. J.C. Cox, S.A. Ross i M. Rubinstein zaproponowali metodę wyceny opcji z wykorzystaniem drzew dwumianowych w warunkach neutralności wobec ryzyka. W modelu Blacka-Scholesa wycena dokonywana jest w czasie ciągłym, podczas gdy model drzewa dwumianowego to model czasu dyskretnego. Aplikacja metodologii wyceny opcji finansowych do wyceny opcji realnych została zainicjowana przez S. Myersa oraz W. Kestera. Zarówno model Blacka-Scholesa, jak i drzewa dwumianowe bazują na koncepcji portfela replikującego, który replikuje (zwraca) wypłatę z opcji bez względu na zmianę ceny aktywa bazowego. Portfel replikujący to para liczb $\varphi = (\beta_0, \alpha_0)$, gdzie α_0 oznacza liczbę posiadanych akcji w chwili $t = 0$, a β_0 jest wysokością pożyczki, kredytu (wkładu bankowego) w chwili $t = 0$. Jego wartość, określaną również jako bogactwo inwestora, można zapisać jako [Jakubowski 2011, s. 10-11]:

$$\begin{aligned} V_0(\varphi) &= \alpha_0 S_0 + \beta_0; \\ V_T(\varphi) &= \alpha_0 S_T + \beta_0(1+r), \end{aligned} \quad (1)$$

gdzie r to stopa procentowa wolna od ryzyka.

Tak zbudowany portfel generuje dokładnie taki sam strumień pieniężny co wyceniana opcja w każdym scenariuszu rozwoju sytuacji. Portfel replikujący jest w ten sposób doskonałym zabezpieczeniem wypłaty z opcji, gdyż eliminuje całkowicie ryzyko związane z niepewnością, który scenariusz się zrealizuje. Jeżeli przyszłe przepływy z opcji i portfela replikującego są identyczne, a stopy dyskontowe są równe, to portfel i opcję charakteryzuje taka sama wypłata na końcu okresu inwestycji [Mielcarz 2007 s. 90-91]. Dlatego w sytuacji braku arbitrażu na rynku (rynek zupełny) opcja i portfel replikujący zwrot z tej opcji muszą być sprzedane po jednokowej cenie. W związku z tym na podstawie kosztu utworzenia portfela replikującego możliwa jest wycena wartości opcji [Rogowski 2008, s. 55]. Oparcie się w wycenie opcji realnych na portfelu replikującym oznacza to samo co wykorzystanie do niej miary martyngałowej, będącej pewną miarą probabilistyczną, wyznaczoną przez cenę aktywa oraz stopę procentową wolną od ryzyka [Jakubowski 2011, s. 15]. Należy dodać, że zaprezentowane metody wyceny opcji realnych zakładają, że rynek jest doskonały, co między innymi oznacza: brak kosztów transakcyjnych, prowizji, podatków, brak ograniczeń w dostępie do kredytów, płynność rynku oraz to, że oprocentowanie kredytów i depozytów jest jednakowe.

3.1. Model Blacka-Scholesa

Głównym założeniem koncepcji modelu Blacka-Scholesa jest możliwość użycia w procesie szacowania wartości opcji instrumentu bazowego, który jest wyceniany przez rynek. Według założeń F. Blacka i M. Scholesa zmiany cen aktywa bazowego przebiegają według geometrycznego ruchu Browna, który zakłada, że wartość aktywa bazowego zmienia się w sposób ciągły i że rozkład tych zmian w dowolnym przedziale czasu jest rozkładem normalnym. W zaproponowanym przez nich równaniu do wyceny opcji kupna (call) pierwsza część równania $SN(d_1)$ wycenia wartość aktywa, natomiast druga część $Xe^{-r_f T} N(d_2)$ określa, ile na ten cel należałoby pozyczyć środków pieniężnych [Kodukula 2006, s. 86]. W związku z tym można stwierdzić, że jego konstrukcja przypomina portfel replikujący wartość z opcji. Wzór Blacka-Scholesa dla europejskiej opcji kupna:

$$C = SN(d_1) - Xe^{-r_f T} N(d_2), \quad (2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + T\left(r_f + \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + T\left(r_f - \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_1 = d_2 + \sigma\sqrt{T},$$

gdzie: C – wartość opcji kupna (call),

S – cena instrumentu,

X – cena wykonania,

T – czas do wygaśnięcia opcji,

σ – zmienność cen instrumentu,

r_f – stopa procentowa wolna od ryzyka,

$N(d_1), N(d_2)$ – wartość dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego dla zmiennych d_1, d_2 ,

$e^{-r_f T}$ – współczynnik dyskonta.

Równanie na wartość opcji sprzedaży (put) może być wyprowadzone z parytetu (formuły zgodności) dla cen opcji kupna i sprzedaży [Francis 1991, s. 693]:

$$S - C + P = \frac{X}{(1+r_f)^T}, \quad (3)$$

gdzie: P – wartość opcji sprzedaży (put),

C – wartość opcji kupna (call),

X – cena wykonania,

S – cena instrumentu,

r_f – stopa procentowa wolna od ryzyka,

T – czas do wygaśnięcia opcji.

Wzór Blacka-Scholesa na wartość opcji sprzedaży (put) jest następujący:

$$P = Xe^{-r_f T} N(-d_2) - SN(-d_1), \quad (4)$$

gdzie: P – wartość opcji sprzedaży (put),
 C – wartość opcji kupna (call),
 X – cena wykonania,
 S – cena instrumentu,
 r_f – stopa procentowa wolna od ryzyka,
 T – czas do wygaśnięcia opcji.

Duży wpływ na wartość opcji ma to, czy z aktywa, na które jest wystawiona opcja, wypłacane są dywidendy. W celu obliczenia wartości opcji dla aktywa bazowego wypłacającego dywidendę model Blacka-Scholesa został zmodyfikowany przez R. Mertona. Równanie Blacka Scholesa uwzględniające stałe wypłaty dywidendy ma następującą postać:

$$C = Se^{-\delta T} N(d_1) - Xe^{-r_f T} N(d_2), \quad (5)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{X}\right) + T\left(r_f - \delta + \frac{\sigma^2}{2}\right)}{\sigma\sqrt{T}},$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T},$$

gdzie: δ – stała stopa dywidendy,
 C – wartość opcji kupna (call),
 S – cena instrumentu,
 X – cena wykonania,
 T – czas do wygaśnięcia opcji,
 σ – zmienność cen instrumentu,
 r_f – stopa procentowa wolna od ryzyka,
 $N(d_1), N(d_2)$ – wartość dystrybuanty standaryzowanego rozkładu normalnego dla zmiennych d_1, d_2 ,
 $e^{-r_f T}$ – współczynnik dyskonta.

W celu stosowania modelu Blacka-Scholesa do wyceny opcji realnych muszą być spełnione założenia obowiązujące przy wycenie opcji finansowych. W modelu Blacka-Scholesa zakłada się brak arbitrażu na rynku, co oznacza, że nie jest możliwe osiągnięcie zysku bez ponoszenia ryzyka. Brak arbitrażu na rynku oznacza zupełność rynku. Arbitraż jest sposobem postępowania, który nigdy nie przyniesie straty oraz równocześnie daje możliwość osiągnięcia zysku w sprzyjających okolicznościach. W związku z tym istnienie arbitrażu jest przejawem braku równowagi na rynku. Model Blacka-Scholesa zakłada ponadto normalny rozkład zwrotów cen akcji. Bardzo istotne jest również założenie, że istnieje walor notowany na rynku, który jest doskonale skorelowany z aktywem bazowym, na który jest wystawiona opcja.

Innym warunkami, które muszą być spełnione, są na przykład: założenie, że stopa wolna od ryzyka nie zmienia się w całym okresie trwania opcji, pożyczane i inwestowane środki są oprocentowane stopą wolną do ryzyka, a posiadaczom akcji nie są wypłacane dywidendy w czasie trwania opcji [Jakubowski 2011, s. 8].

Założenia modelu Blacka-Scholesa, który pierwotnie powstał do wyceny opcji finansowych, zakładają pewne ograniczenia w wykorzystaniu go do wyceny opcji realnych. Pierwszym z nich jest to, że model zakłada wycenę opcji o charakterze opcji europejskich, które mogą być jedynie zrealizowane w dniu wygaśnięcia. Jednak opcje realne mają często charakter opcji amerykańskich, co powoduje problemy w ich wycenie. Model zakłada istnienie tylko jednego źródła niepewności wpływającego na cenę aktywa bazowego, a z reguły źródeł niepewności w przypadku realizowanych inwestycji jest wiele. Wartość nakładów inwestycyjnych nie zawsze jest znana na etapie planowania przedsięwzięcia inwestycyjnego, jednak model Blacka-Scholesa zakłada, że ta wartość (ceny wykonania opcji X) jest stała i niezmienna przez cały czas trwania projektu. Ponadto dla inwestycji złożonych ciężko jest określić nakłady początkowe, ponieważ dalsze etapy są uzależnione od powodzenia etapów wcześniejszych [Żarczyński 2008, s. 364]. Model zaproponowany przez Blacka i Scholesa nie jest odpowiedni w przypadku oceny inwestycji z opcjami złożonymi lub wzajemnie wykluczającymi się [Rogowski 2008, s. 58]. Pomimo wspomnianych ograniczeń istnieją rozwiązania ułatwiające aplikację teorii wyceny opcji finansowych do wyceny opcji realnych oraz do rzeczywistych procesów decyzyjnych. Niektóre z nich zostaną przedstawione w dalszej części niniejszego artykułu, w podpunkcie traktującym o alternatywnych metodach wyceny opcji realnych.

3.2. Drzewo dwumianowe (dwustanowe)

Powszechnie uważa się, że metoda drzew dwumianowych jest uproszczeniem modelu Blacka-Scholesa, który stanowi dla niej podstawę teoretyczną. Metoda ta została zaproponowana przez Coksa, Rossa i Rubinsteina i stanowi dyskretne przybliżenie logarymiczno-normalnego procesu dyfuzji opisującego zmiany cen akcji. Model ten należy do grupy modeli kratownicowych (*lattice models*) [Saługa 2011, s. 104]. Metoda dwumianowa opiera się na takich samych jak model Blacka-Scholesa założeniach o braku arbitrażu i możliwości utworzenia portfela replikującego. Uwzględnienie w analizie drzew decyzyjnych (*decision tree analysis*) większej liczby etapów cząstkowych powoduje, że wynik obliczony przy użyciu tej metody przybliży się do wyniku uzyskanego z równania Blacka-Scholesa [Rogowski 2008, s. 63].

Metoda drzewa dwumianowego jako metoda dyskretna, w której czas do wygaśnięcia opcji podzielony jest na okresy, zakłada, że w każdym z okresów aktualna wartość aktywa bazowego zmienia się skokowo w procesie dwumianowym, tzn. od wartości początkowej S rośnie do uS z prawdopodobieństwem p lub spada do poziomu dS z prawdopodobieństwem $1 - p$ [Cox, Ross, Rubinstein, s. 4]. Wartości u i d są czynnikami wzrostu i spadku wartości aktywa bazowego. W przypadku gdy iloczyn

$ud = 1$, oznacza to, że drzewo dwumianowe jest drzewem symetrycznym, rekombinującym się, multiplikatywnym. Sposób określania wartości w drzewie multiplikatywnym odpowiada geometrycznemu ruchowi Browna [Żarczyński 2008, s. 364]. Aby na rynku nie było arbitrażu, zawsze musi zachodzić zależność, że $d > 1 + r_f > u$. Gdyby na rynku zaistniała sytuacja, w której $r_f + 1 < d < u$, to inwestor mógłby, pożyczając pieniądze z banku, kupić opcje bez ponoszenia ryzyka, ponieważ w każdym możliwym scenariuszu rozwoju uzyskałby zysk większy od r_f [Kodukula 2006, s. 70].

$$S \begin{cases} uS = S(1 + r_u) \text{ z prawdopodobieństwem } p \\ dS = S(1 + r_d) \text{ z prawdopodobieństwem } 1-p \end{cases}$$

Rys. 1. Model dwumianowy jednookresowy

Źródło: opracowanie własne.

Możliwe scenariusze rozwoju sytuacji dla drzewa jednookresowego ograniczają się do wzrostu lub spadku wartości instrumentu bazowego. Zmiana wartości początkowej instrumentu bazowego (u i d) jest kalkulowana za pomocą następujących wzorów:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}, \quad (6)$$

gdzie: u, d – zmiana wartości instrumentu bazowego,

σ – odchylenie standardowe stopy zwrotu z instrumentu bazowego z rocznych pomiarów,

Δt – czas (w latach) upływający pomiędzy poszczególnymi etapami modelowanymi za pomocą drzew zdarzeń.

Opcja realna może być również wyceniona z wykorzystaniem prawdopodobieństwa neutralnego względem ryzyka. Metoda drzew decyzyjnych przy neutralności wobec ryzyka zakłada wyznaczenie prawdopodobieństwa arbitrażowego na podstawie wzorów:

$$q = \frac{e^{(r_f - \delta)\Delta t} - d}{u - d}, \quad (7)$$

$$1 - q = \frac{u - e^{(r_f - \delta)\Delta t}}{u - d},$$

gdzie: q – prawdopodobieństwo arbitrażowe wzrostu,

$1 - q$ – prawdopodobieństwo arbitrażowe spadku,

r_f – stopa „wolna od ryzyka”,

u – wskaźnik wzrostu instrumentu bazowego,

d – wskaźnik spadku instrumentu bazowego,

δ – koszt utraconych możliwości.

Obliczone parametry oznaczają prawdopodobieństwo wzrostu lub spadku wartości instrumentu bazowego oraz wartości opcji, przy założeniu braku arbitrażu na

rynku (zupełności rynku). W dalszej części zostały zaprezentowane formuły wyceny opcji realnej dla opcji opóźniania, będącej opcją kupna. Oszacowanie wewnętrznej wartości w poszczególnych węzłach drzewa dokonywane jest za pomocą formuły:

$$C(S) = \max(S - X; 0), \quad (8)$$

gdzie: S – cena instrumentu,

X – cena wykonania,

C – wewnętrzna wartość opcji na poszczególnych węzłach drzewa.

Kalkulacja wartości wewnętrznej daje możliwość obliczenia całkowitej opcji inwestowania w każdym z węzłów drzewa od momentu n do 0, co jest obliczane w następujący sposób [Rogowski 2008, s. 65-66]:

- dla węzłów końcowych wartość całkowita jest równa wartości wewnętrznej opcji,
- w pozostałych przypadkach wartość opcji w momentach następujących przed jej wygaśnięciem wyznacza się jako maksymalną z dwóch wartości, tj. średniej ważonej (prawdopodobieństwami arbitrażowymi) wartości opcji w kolejnym okresie oraz wewnętrznej wartości opcji:

$$c(S)_{i,n-t} = \max([c(S)_{i,n-t+1,wzrost}q + c(S)_{i,n-t+1,spadek}(1-q)]e^{-r_f}; c(S)_{w,i,n-t}), \quad (9)$$

gdzie: S – cena instrumentu,

X – cena wykonania,

C – wewnętrzna wartość opcji na poszczególnych węzłach drzewa,

q – prawdopodobieństwo arbitrażowe wzrostu,

$1-q$ – prawdopodobieństwo arbitrażowe spadku,

r_f – stopa „wolna od ryzyka”.

Oszacowanie wewnętrznej i całkowitej wartości opcji daje możliwość wyboru optymalnego momentu inwestycji. Opcja nie powinna być wykonana, dopóki całkowita wartość opcji przewyższa jej wartość wewnętrzną.

Biorąc pod uwagę procesy decyzyjne w przedsiębiorstwie, należy stwierdzić, że metoda drzew dwumianowych w porównaniu z metodą Blacka-Scholesa jest lepiej dostosowaną metodą wyceny opcji realnych w wycenie przedsięwzięć inwestycyjnych, ponieważ odpowiada na pytanie, kiedy opcja może być wykonana przed terminem wygaśnięcia.

3.3. Alternatywne metody wyceny opcji realnych

Wykorzystanie modelu Blacka-Scholesa napotyka poważne problemy głównie ze względu na brak powszechności idei opcji realnych oraz ze względu na to, że model ten nie ma charakteru intuicyjnego. Ponadto z przedstawionych metodologii wyceny

opcji realnych wynika, że poprawna wycena opcji rzeczowych jest możliwa, gdy na rynku występuje instrument finansowy, który jest doskonale skorelowany z wycenianym przedsięwzięciem (walor bliźniaczy). Identyfikacja waloru bliźniaczego umożliwia budowę portfela replikującego wypłaty z danego projektu, co daje możliwość wyceny w warunkach braku arbitrażu i neutralności względem ryzyka. W rzeczywistości jednak znalezienie instrumentów finansowych doskonale skorelowanych z wycenianym przedsięwzięciem jest bardzo trudne bądź niemożliwe. Borison twierdzi, że samo założenie, że dane przedsięwzięcie inwestycyjne może być doskonale skorelowane z jakimś instrumentem finansowym, jest nieracjonalne [Saługa 2011, s. 103]. W związku z tym rzetelna wycena przedsięwzięcia inwestycyjnego z wykorzystaniem metodologii stosowanej dla opcji finansowych nie jest możliwa. Dlatego powstały alternatywne metody wyceny opcji realnych. Jedną z nich jest MAD (*Market Asset Dissclaimer*). W tym podejściu odrzuca się założenie o istnieniu waloru bliźniaczego w obrocie rynkowym i stosuje się metodę Zaprzeczenia Aktywa Rynkowego, która zakłada, że instrumentem bliźniaczym jest wartość zaktualizowana netto (NPV) wycenianego projektu [Mielcarz 2007, s. 96-97]. Stosowanie tej metody wiąże się z błędem szacunku wartości opcji, ponieważ sama wartość NPV zależy od subiektywnie zakładanych przepływów pieniężnych oraz poziomu stopy wolnej od ryzyka.

Tabela 1. Porównanie metod wyceny opcji realnych

Kryterium	Klasyczna (<i>Classic Approach</i>)	Subiektywna (<i>Subjective Approach</i>)	<i>Market Asset Disclaimer</i> (MAD)	Zrewidowana klasyczna (<i>Revised Classic Approach</i>)	Zintegrowana (<i>Integrated Approach</i>)
Przedstawiciele	M. Amran, N. Kulatilata, M.J. Brennan, E.S. Schwartz	Howell, Luehrman	T. Copeland, V. Antikarov, Brealey, S. Myers	A. Dixit, R. Pindyck, M. Amran, N. Kulatilaka	J.E. Smith, R.F. Nau, K.F. McCardle
Instrument bliźniaczy	Instrument występujący na rynku	Pomija identyfikację waloru bliźniaczego, subiektywne szacowanie danych do modelu	NPV projektu jest instrumentem bliźniaczym	NPV projektu jest instrumentem bliźniaczym	Instrument bliźniaczy identyfikowany dla ryzyka publicznego, w sytuacji, gdy nie jest to możliwe, korzysta się z NPV projektu
Model wyceny	Model Blacka-Scholesa, drzewa dwumianowe	Model Blacka-Scholesa	Model Blacka-Scholesa, drzewa dwumianowe	Gdy dominuje ryzyko rynkowe, stosowanie podejścia klasycznego, gdy indywidualne – drzewa dwumianowe	Drzewa dwumianowe w warunkach prawdopodobieństwa neutralnego; zakłada podział ryzyka na publiczne i prywatne, subiektywny dobór prawdopodobieństw do ryzyka prywatnego

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Rogowski 2008, s. 45-52].

4. Przykład zastosowania metod wyceny przedsięwzięć inwestycyjnych za pomocą opcji realnych

W celu przedstawienia metodologii obliczeń wartości projektu przy wykorzystaniu koncepcji opcji realnych założono dwie strategie rozwojowe dla „Pola Stefanów”, przedsięwzięcia inwestycyjnego mającego na celu zwiększenie mocy wytwórczych przedsiębiorstwa Bogdanka SA. Przedstawione założenia mają charakter wyłącznie hipotetyczny i ich celem jest zaprezentowanie sposobu wyceny opcji realnych przy zastosowaniu modelu Blacka-Scholesa oraz drzew dwumianowych. Aby przeprowadzić wycenę przedstawionych strategii inwestycyjnych, zostało przyjętych wiele założeń, które zostały szczegółowo przedstawione w opisie każdej ze strategii. Wyceny opcji realnych dokonano za pomocą metody Zaprzeczenia Aktywa Rynkowego (MAD).

Przedsiębiorstwo Bogdanka SA zakłada wzrost wydobywania węgla w kopalni Stefanów na Lubelszczyźnie. Z analizy komunikatów prasowych wynika, że przedsiębiorstwo poświęciło w 2011 r. na ten cel 1,73 mld zł. Efektem tych inwestycji ma być zwiększenie rocznego wydobywania węgla z obecnych 6 mln ton do ok. 8 mln ton w przyszłym roku i ponad 11 mln ton węgla rocznie z końcem 2013 r. [Internet 1]. Zakłada się, że przedsiębiorstwo w związku z podpisanymi wieloletnimi umowami ze swoimi odbiorcami nie będzie miało problemów z ograniczeniami ze strony popytu.

Pierwszym etapem w wycenie opcji realnych jest określenie wolnych przepływów pieniężnych netto (FCF – *Free Cash Flow*), które zostały obliczone na podstawie wzoru [Panfil, Szablewski 2006, s. 69]:

$$FCF = [(EBIT + A) \cdot (1 - TR)] + \Delta NWC - \Delta FCI, \quad (10)$$

gdzie: *FCF* – wolne przepływy pieniężne (*Free Cash Flow*),

EBIT – zysk operacyjny przed opodatkowaniem (*Earnings Before Interest and Tax*),

A – amortyzacja,

TR – stopa podatkowa (*Tax Rate*),

NWC – kapitał obrotowy netto (*Net Working Capital*),

FCI – inwestycje w majątek trwały (*Fixed Capital Investments*).

FCF (*Free Cash Flow*), czyli wolny przepływ gotówki, uwzględnia korzyści finansowe inwestorów po pomniejszeniu o inwestycje (FCI), które są potrzebne do normalnego funkcjonowania przedsiębiorstwa, a także podatki. W celu uzyskania FCF zysk operacyjny, czyli EBIT, został skorygowany o amortyzację (A), gdyż amortyzacja jest kosztem, lecz nie stanowi wydatku. Założono 15-letni okres amortyzacji; w związku z tym roczna amortyzacja obliczona metodą liniową wyniosła 115,3 mln zł. Zysk operacyjny powiększony o amortyzację został następnie skorygowany o stopę podatkową, która została przyjęta na poziomie 18%.

Aby obliczyć zysk uzyskany ze sprzedaży węgla, jaki będzie osiągniany przez „Pole Stefanów”, obliczone zostały przychody generowane ze sprzedaży 2 mln ton węgla, ponieważ jak wynika z komunikatów prasowych, tyle ton węgla będzie wydobywane w kopalni Stefanów w 2012 r. Od 2013 r. wielkość wydobycia z „Pola Stefanów” wyniosła 5 mln ton. Średnia cena tony węgla w roku 2010 została przyjęta na poziomie 253,33 zł [Internet 2]. Zakłada się 5-procentowy wzrost cen spowodowany wzrostem cen indeksów węgla na światowych giełdach, np. ARA, RB lub NEWC.

W celu obliczenia EBIT przychody zostały skorygowane o koszty operacyjne i amortyzację od poniesionej na początku okresu inwestycji. Zakłada się, że koszty operacyjne będą stanowiły 80% przychodów ze sprzedaży, co zostało obliczone na podstawie analizy stosunku kosztów do przychodów na przełomie kilku poprzednich lat. Zmiana kapitału obrotowego netto (ΔNWC), który jest różnicą między aktywami obrotowymi a zobowiązaniami krótkoterminowymi, została określona jako odsetek przychodów, który przyjęty został na stałym poziomie przez cały analizowany okres. Stosunek wartości kapitału pracującego netto do wielkości przychodów został określony jako średnia arytmetyczna tego stosunku dla danych w latach 2007-2010. W związku z tym wartość NWC w każdym z badanych lat przyjęto na poziomie 20% przychodów w danym roku. Z analizy komunikatów prasowych wynika, że na inwestycję w majątek trwały na rozbudowę „Pola Stefanów” w roku 2012 przedsiębiorstwo Bogdanka SA przeznaczy 173,8 mln zł, a w 2013 r. 16,4 mln zł [Internet 3]. Środki te będą stanowiły ΔFCI , odpowiednio w latach 2012 i 2013.

W ustaleniu wartości NPV przyjęto stopę dyskontową na poziomie średniego ważonego kosztu kapitału ($WACC$), który został obliczony za pomocą wzoru:

$$WACC = \frac{E}{E+D} \cdot r_e + \frac{D}{E+D} \cdot r_d \cdot (1 - T), \quad (11)$$

gdzie: $WACC$ – średnioważony koszt kapitału,

E – wartość kapitału własnego,

D – wartość długu oprocentowanego (zobowiązania finansowe),

r_e – koszt kapitału własnego,

r_d – koszt kapitału obcego oprocentowanego,

T – stopa podatkowa.

Koszt kapitału własnego oszacowano dzięki wykorzystaniu modelu wyceny aktywów kapitałowych (CAMP – *Capital Assets Pricing Model*), w którym wyraża się on następującym wzorem:

$$r_e = r_f + \beta_e (r_m - r_f), \quad (12)$$

gdzie: r_e – koszt kapitału własnego,

r_f – stopa zwrotu z inwestycji wolnej od ryzyka,

β_e – wskaźnik beta dla danego przedsiębiorstwa,

$(r_m - r_f)$ – premia za ryzyko rynkowe.

Stopa wolna od ryzyka została przyjęta na poziomie oprocentowania obligacji skarbowych 10-letnich [Makroskop...]. Rynkową premię za ryzyko ($r_m - r_f$) przyjęto na poziomie 6% dla wszystkich lat analizy. Wysoka premia za ryzyko wiąże się z dużą nieprzewidywalnością rozwoju inwestycji. Współczynnik β_E dla Bogdanki SA został określony na poziomie 1,2. Stopa podatkowa została przyjęta na poziomie 18%. Wartość średniego ważonego kosztu kapitału dla Bogdanki SA została przyjęta na poziomie mediany WACC uzyskanych dla lat 2007-2010, czyli 12,6% (zob. tab. 2).

Tabela 2. Wartości średniego kosztu kapitału (WACC) dla przedsiębiorstwa Bogdanka SA w latach 2007-2010

Zmienna	2010	2009	2008	2007
Kapitał własny w tys. zł [E]	1 969 019	1 738 897	1 115 748	965 627
Kapitał obcy oprocentowany w tys. zł [D]	200 000	250 000	100 000	59 000
% kapitału obcego w finansowaniu [$\frac{D}{D+E}$]	9,2%	12,6%	8,2%	5,8%
Stopa wolna od ryzyka [r_d]	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
β	1,2	1,2	1,2	1,2
Premia rynkowa ($r_m - r_f$)	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
Koszt kapitału własnego [r_e]	13,2%	13,2%	13,2%	13,2%
Koszt kapitału obcego (skorygowany o stopę podatkową) [$r_d(1 - T)$]	7,0%	4,9%	6,3%	5,3%
Średni ważony koszt kapitału [WACC]	12,6%	12,2%	12,6%	12,7%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych finansowych spółki Bogdanka SA.

Wartość NPV, czyli suma zdyskontowanych wpływów i wydatków dla „Pola Stefanów”, wyniosła ok. –292 mln zł. Oznacza to, że w przypadku natychmiastowej decyzji o podjęciu przedsięwzięcia projekt przyniósłby stratę wynoszącą 292 mln zł. W związku z tym, posługując się wyłącznie kryterium NPV, projekt należałoby odrzucić.

W celu wykorzystania metodologii wyceny opcji realnych przyjęte zostało założenie, że spółka Bogdanka SA ma możliwość odroczenia decyzji o inwestowaniu o 10 lat [T]. Przedsiębiorstwo może przykładowo zdecydować się na realizację inwestycji w sytuacji, gdy ryzyko spadku ceny węgla będzie niższe. W związku z tym pierwszą wycenianą opcją będzie opcja przesunięcia inwestycji w czasie. W celu jej wyceny za pomocą wzoru (7) zostały oszacowane prawdopodobieństwa arbitrażowe przy założeniu równości stopy wolnej od ryzyka z oczekiwaną stopą zwrotu z aktywów, na które opiewa opcja (metoda obojętności na ryzyko). Prawdopodobieństwa arbitrażowe wyniosły: $p = 0,64$ i $q = 0,36$. Zostały one obliczone na podstawie określonych zmian instrumentu bazowego $u = 1,65$ oraz $d = 0,60$. W przykładzie uwzględniono koszty utraconych korzyści (δ) wynoszące 10%. Wewnętrzna wartość opcji

Tabela 3. Metodologia obliczenia wartości NPV dla inwestycji „Pole Stefanów”

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Inwestycja początkowa [tys. zł]	-1 730 000										
Sprzedaż ilościowa [tys. ton]		2 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
Cena węgla [zł/tonę]		279,30	293,26	307,92	323,32	339,49	356,46	374,28	393,00	412,65	433,28
Przychody [tys. zł]		558 593	1 466 306	1 539 621	1 616 602	1 697 432	1 782 304	1 871 419	1 964 990	2 063 239	2 166 401
Koszty operacyjne (80% przychodów) [tys. zł]		446 874	1 173 045	1 231 697	1 293 282	1 357 946	1 425 843	1 497 135	1 571 992	1 650 592	1 733 121
Amortyzacja [A] [tys. zł]		115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333
EBIT [tys. zł]		-3 615	177 928	192 591	207 987	224 153	241 127	258 950	277 665	297 315	317 947
Amortyzacja [A] [tys. zł]		115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333	115 333
EBITDAAT [tys. zł]		91 609	240 474	252 498	265 123	278 379	292 298	306 913	322 258	338 371	355 290
NWC (20% przychodów)		111 719	293 261	307 924	323 320	339 486	356 461	374 284	392 998	412 648	433 280
Δ NWC [tys. zł]		5 320	181 543	14 663	15 396	16 166	16 974	17 823	18 714	19 650	20 632
Nakłady inwestycyjne [ΔFCI] [tys. zł]		-173 000	-16 400	0	0	0	0	0	0	0	0
FCF [tys. zł]		-76 071	405 617	267 161	280 519	294 545	309 272	324 736	340 973	358 021	375 922
Współczynnik dyskonta		1,13	1,27	1,43	1,61	1,81	2,04	2,30	2,59	2,92	3,28
DCF [tys. zł]	-17 300 000	-67 543	319 773	187 009	174 347	162 542	151 537	141 277	131 712	122 794	114 480

Źródło: opracowanie własne.

drzewa oszacowana została zgodnie z formułą (8), która wybiera maksymalną wartość z następujących dwóch: różnicy wartości korzyści z przedsiębiorstwa i wielkości poniesionych nakładów lub zera. Wartość całkowita opcji została obliczona zgodnie z formułą (9) (zob. rys. 3). Wartość opcji opóźnienia wyliczona z modelu drzew dwumianowych wyniosła ok. 103 mln zł. Natomiast jeżeli po 10 latach zrealizuje się najlepszy scenariusz, przedsiębiorstwo wygeneruje 27,2 mld zł (zob. rys. 3). Wartość ta jest większa od wyliczonej wcześniej wartości RNPV, ponieważ wartość opcji realnej uwzględnia elastyczność w podejmowaniu decyzji. Warto zwrócić uwagę na fakt, że wartość całkowita opcji dla najlepszego scenariusza wyceny rośnie z biegiem lat, ponieważ z roku na rok wzrasta niepewność zrealizowania inwestycji. Analogicznie dla roku dziewiątego, gdy w tym roku zostanie zrealizowany najbardziej optymistyczny scenariusz, to wartość przedsięwzięcia inwestycyjnego „Pole Stefanów” wyniesie 19,6 mld zł. W wyniku zastosowania rekurencji wstecznej otrzymano dzisiejszą wartość projektu inwestycyjnego, która wyniosła 103 mln zł.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										28882
									21396	
								15851		15851
							11742		11742	
						8699		8699		8699
					6444		6444		6444	
				4774		4774		4774		4774
			3537		3537		3537		3537	
		2620		2620		2620		2620		2620
	1941		1941		1941		1941		1941	
1438		1438		1438		1438		1438		1438
	1065		1065		1065		1065		1065	
		789		789		789		789		789
			585		585		585		585	
				433		433		433		433
					321		321		321	
						238		238		238
							176		176	
								130		130
									97	
										72

Rys. 2. Drzewo dwumianowe wartości przedsięwzięcia inwestycyjnego „Pole Stefanów” [mln zł]

Źródło: opracowanie własne.

Parametry do wyceny modelem Blacka-Scholesa zostały podane w tab. 4. Zmienność instrumentu bazowego (za którą przyjęto zmienność cen węgla) została określona na podstawie historycznej zmienności ceny detalicznej węgla kamiennego [Internet 4]. Ze względu na zakładane wysokie ryzyko inwestycji zmienność obliczona na poziomie 21% została zwiększona do poziomu 30%. Wartość opcji opóźnienia wyliczona metodą Blacka-Scholesa wyniosła 103,87 mln zł.

skorygowana wartość NPV (RNPV) będąca sumą NPV oraz wartości elastyczności wyniosła –189 mln zł. Możliwość odłożenia projektu w czasie, czyli skorzystania z opcji opóźnienia, zwiększa jego wartość, jednak projekt nawet przy możliwości przesunięcia go w czasie nadal nie jest opłacalny, ponieważ skorygowana wartość RNPV jest ujemna. Opóźnienie przedsięwzięcia budowy „Pola Stefanów” nie jest więc opłacalne.

Druga przykładowa strategia rozwojowa zakłada, że Bogdanka SA w ramach realizowania przedsięwzięcia „Pole Stefanów” może zdecydować się na poszerzenie skali tej działalności. W tym celu należy wycenić opcję rozszerzenia (ekspansji) będącą opcją kupna. Wydatki konieczne na rozszerzenie działalności oszacowane zostały na poziomie 550 mln zł. Zakłada się, że ekspansja ma generować 90 mln rocznie w ciągu 10 lat. Zmienność przyjęta jako 50% została oszacowana na wyższym poziomie niż w przypadku opcji opóźnienia. Stopa wolna od ryzyka tak jak poprzednio została przyjęta na poziomie 5,68%. Wartości do obliczenia opcji ekspansji zostały podane w tab. 5.

Tabela 5. Parametry modelu Blacka-Scholesa i modelu dwumianowego dla opcji rozszerzenia (ekspansji) przedsięwzięcia „Pole Stefanów”

Oznaczenie	Opis	Wartość
S	Suma zdyskontowanych przepływów pieniężnych przedsięwzięcia (DCF) [mln zł]	495,8
X	Nakład inwestycyjny [mln zł]	550
t	Krok czasowy [w latach]	1
r_f	Stopa wolna od ryzyka [%]	5,68
σ	Zmienność [%]	50
T	Okres analizy [lata]	10

Źródło: opracowanie własne.

Wycena opcji realnej umożliwiła odpowiedź na pytanie, na ile opłacalne jest rozszerzenie skali działania projektu. Suma zdyskontowanych przepływów pieniężnych dodatkowego przedsięwzięcia została określona na ok. 496 mln zł. Omawiana strategia ekspansji ma być zrealizowana wtedy, gdy warunki rynkowe okażą się korzystne i przedsiębiorstwo osiągnie pewny zysk. Wartość opcji ekspansji z modelu Blacka-Scholesa wyniosła 333 mln zł. Oznacza to, że RNPV projektu inwestycyjnego „Pole Stefanów” jest równe ok. 41 mln zł. Wartość ta została obliczona jako suma wartości opcji oraz wartości NPV projektu inwestycyjnego „Pole Stefanów”, które wyniosło –292 mln zł. W związku z tym, że możliwość ekspansji inwestycji została ujęta w wartości przedsięwzięcia inwestycyjnego, rozszerzona wartość zaktualizowana netto (RNPV) jest dodatnia. Oznacza to, że przedsięwzięcie „Pole Stefanów” ma potencjał rozwojowy i powinno zostać zrealizowane. Te wyniki zostały również potwierdzone w wycenie opcji realnej metodą drzewa dwumianowego.

Podsumowując zaprezentowane przykłady wyceny opcji realnych, można stwierdzić, że zarządzający nie powinni opierać swoich decyzji inwestycyjnych, uwzględniając jedynie obraz wartości inwestycji uzyskany na podstawie analizy wartości bieżącej netto. NPV wycenia przedsięwzięcie inwestycyjne na dany moment i w sposób statyczny. Warto przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych skupić się na strategicznych metodach oceny opłacalności strategii inwestycyjnych, które jeżeli zostaną zidentyfikowane, stają się opcjami realnymi.

5. Zakończenie

W obecnych czasach można zauważyć rosnącą lukę między wartością rynkową przedsiębiorstw a ich wartością liczoną standardowymi metodami, np. metodą zdyskontowanych przepływów pieniężnych (DCF) lub wartością zaktualizowaną netto (NPV). Metody wyceny oparte na opcjach realnych mają przewagę nad wyceną inwestycji przy wykorzystaniu tradycyjnej metody NPV, ponieważ ujmują w sobie możliwość zaistnienia różnych scenariuszy rozwojowych, możliwość podjęcia innej, alternatywnej decyzji (elastyczność decyzyjną). Zaprezentowana wycena przedsięwzięcia inwestycyjnego „Pole Stefanów” realizowanego przez spółkę akcyjną Bogdanka pozwoliła przedstawić metodologię obliczeń opcji realnych oraz ich przydatność w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych.

Literatura

- Brosch R., *Portfolios of Real Options*, Springer, Leipzig 2008.
- Capiński M., *Definicja i wycena opcji realnych*, home.agh.edu.pl/~dzieza/real_options/materialy_szkoleniowe.pdf (stan na październik 2011).
- Ceny w gospodarce narodowej*, dane GUS, http://www.stat.gov.pl/gus/5840_1671_PLK_HTML.htm.
- Cox J.C., Ross S.A., Rubinstein M., *Option Pricing: a Simplified Approach*, http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=cox%20ross%20rubinstein&source=web&cd=3&sqi=2&ved=0CD8QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.er.ethz.ch%2Fteaching%2FCoxRossRubinstein_JFE1979.pdf&ei=A193T7SiOoSPswb9s7irBA&usg=AFQjCNGgRa-KVQtTxqHJg-fLZPnfFGSqtg (stan na marzec 2012).
- Informacja o funkcjonowaniu górnictwa węgla kamiennego we wrześniu oraz w okresie styczeń – wrzesień 2011r. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, listopad 2011, <http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=o%20funkcjonowaniu%20g%C3%B3rnictwa%20w%C4%99gla%20kamiennego&source=web&cd=3&ved=0CC4QFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.mg.gov.pl%2Ffiles%2Fupload%2F8155%2Ftekst%2520wrzesniowy%25202011.pdf&ei=xB9ZT-XdG4rAtAaInpmjDA&usg=AFQjCNEvxROA6iCxzrysdFhVwxMqWquEnA> (stan na grudzień 2011).
- Jakubowski J., *Modele matematyczne rynków instrumentów pochodnych*, Uniwersytet Warszawski, 2001, mst.mimuw.edu.pl/wyklady/ip1/wyklad.pdf, (stan na październik 2011).
- Jajuga J., *Projekt inwestycyjny jako opcja*, [w:] *Zarządzanie finansami w transformacji przedsiębiorstw*, red. T. Jajuga, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 837, Wydawnictwo AE, Wrocław 1999.
- Kodukula P., Papudesu C., *Project Valuation Using Real Options, A Practitioner's Guide*, J.J. Ross Publishing, Florida 2006.

- Makroskop*, <http://skarb.bzwbk.pl/serwis-ekonomiczny/makroskop-pl/makroskop-pl.html> (stan na styczeń 2012)
- Mielcarz P., *Metodologiczne i aplikacyjne problemy wyceny opcji realnych za pomocą algorytmów wyceny opcji finansowych*, „Współczesna Ekonomia” 2007, we.vizja.pl/en/download-pdf/volume/1/issue/1/id/7 (stan na luty 2012).
- Opcje realne – dylematy i sugestie w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w górnictwie*, http://www.teberia.pl/index_txt.php?id=1451, dr inż. Jerzy Dzieża, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie.
- Panfil M., Szablewski A. (red.), *Metody wyceny spółki – perspektywa klienta i inwestora*, Poltext, Warszawa 2006.
- Rogowski W. (red.), *Opcje realne w przedsięwzięciach inwestycyjnych*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2008.
- Saluga P., *Wycena projektu górniczego z opcjami równoległymi*, *Gospodarka surowcami mineralnymi*, Tom 27, Zeszyt 1, 2011, <http://www.wnp.pl/artykuly/wycena-projektu-gorniczego-z-opcjami-rownoleglymi,7578.html> (stan na marzec 2012).
- PAP Lubelskie: *Bogdanka zwiększy wydobycie węgla w 2012 roku*, <http://www.bankier.pl/wiadomosc/Lubelskie-Bogdanka-zwiekszy-wydobycie-wegla-w-2012-roku-2462924.html> (stan na styczeń 2012).
- Urbanek G., *Wycena aktywów niematerialnych przedsiębiorstwa*, PWE, Warszawa 2008.
- Żarczyński P., *Metodyka wyceny i możliwości aplikacji opcji rzeczowych w przemyśle koksowniczym*, [w:] *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* 2008, http://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=%C5%BCarczycy%C5%84ski%20p.%2C%20metodyka%20wyceny%20i%20mo%C5%BCliwo%C5%9Bci%20aplikacji%20opcji%20rzeczowych%20w%20przemysle%20koksowniczym&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.profuturo.agh.edu.pl%2Fplik%2Fpliki_III_KKMU%2FGospodarka%2Fzarczyński.pdf&ei=qXt3T6uNJY3Ysga-ih82aBA&usq=AFQjCNHmOjTHX3z9oqljPghC9bhNHpEmjQ (stan na luty 2012).

Źródła internetowe

- [1] <http://www.bankier.pl/wiadomosc/Lubelskie-Bogdanka-zwiekszy-wydobycie-wegla-w-2012-roku-2462924.html>.
- [2] <http://www.lw.com.pl/pl,2,start,s119.htm>.
- [3] <http://www.sercezewegla.pl/printview.php?t=166&start=0&sid=983b9b8d22b5a7791792164b5ff71158>.
- [4] http://www.stat.gov.pl/gus/5840_1671_PLK_HTML.htm.

REAL OPTIONS VALUATION OF “POLE STEFANÓW” INVESTMENT PROJECT BY BOGDANKA JOINT STOCK COMPANY

Summary: The article presents the Real Option Valuation of “Pole Stefanów” investment by Bogdanka joint stock company. First of all, the definition of the real options was presented. Second, methods of Real Option Analysis i.e. Black-Scholes Model and binomial tree analysis were explained. After the methodology was presented, the value of “Pole Stefanów” investment was calculated. The value of extension or deferral option was included in the calculations.

Keywords: real options, Black-Scholes model, Cox-Ross-Rubinstein binomial tree model.