

Tomasz Wiśniewski

Uniwersytet Szczeciński

SYMULACYJNA METODA WYCENY WIELOCZYNNIKOWYCH OPCJI RZECZYWISTYCH

1. Wstęp

Opcje realne¹ są szczególnym zastosowaniem koncepcji opcji, w którym aktywem bazowym jest projekt inwestycyjny. Możliwość elastycznej reakcji na zmienność otoczenia i możliwości zmniejszenia niepewności poprzez podejmowanie etapowego działania o różnej skali powodują, że praktycznie każdy projekt inwestycyjny ma większą wartość, niż wynikałoby to ze statycznej analizy² prowadzonej metodami dyskontowymi [Trigeorgis 1996, s. 121-124]. Wycena opcji rzeczywistych jest zadaniem złożonym i natrafia na wiele trudności o charakterze zarówno metodologicznym, jak i praktycznym.

Podstawową trudnością praktyczną jest umiejętność poprawnego zidentyfikowania opcji zawartych w projekcie inwestycyjnym [Wiśniewski 2004b, s. 369-371]. Ponadto od strony metodologicznej istnieje wiele różnic pomiędzy opcjami finansowymi i rzeczywistymi, które w znaczny sposób utrudniają poprawne użycie metod wyceny opcji finansowych do wyceny opcji realnych. Z pojedynczym projektem inwestycyjnym związanych jest zazwyczaj wiele opcji. Pierwszym problemem merytorycznym jest zatem wyliczenie ich sumarycznej wartości, która nie musi być – i zazwyczaj nie jest – taka, jak zwykła suma wartości opcji prostych

¹ W artykule przyjęto polskie terminy opcje rzeczywiste lub realne jako tłumaczenie angielskiego terminu *real options*.

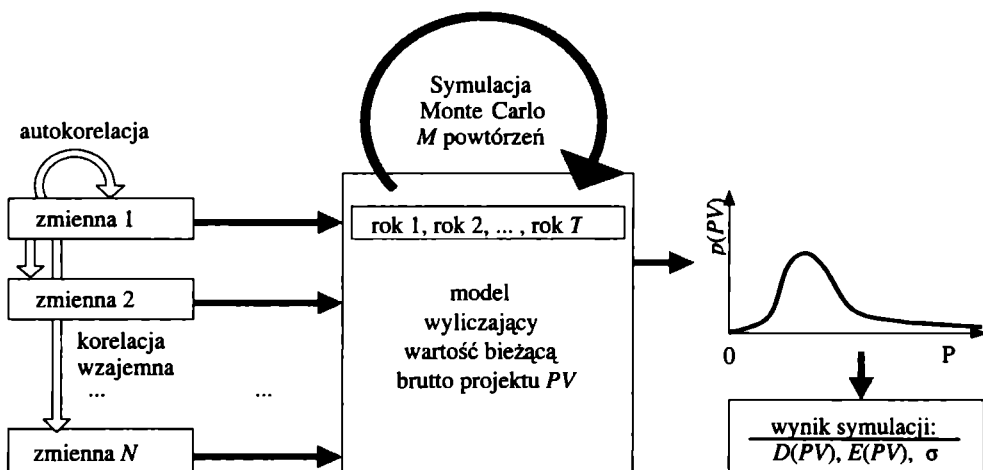
² Należy odchodzić od częstego w latach dziewięćdziesiątych określenia miar oceny efektywności inwestycji opartych na dyskontowaniu jako miary dynamiczne. Jak pokazuje analiza opcyjna, miary te nie uwzględniają dynamiki rozwoju sytuacji, a tylko rozkład w czasie nadwyżek operacyjnych i ryzyko systematyczne. Dynamika reakcji kierownictwa firmy na zmienne warunki otoczenia rozpatrywana jest w analizie opcyjnej. Z tej perspektywy metody oceny efektywności inwestycji zarówno tradycyjne, jak i dyskontowe są metodami statycznymi.

(przykład złożenia opcji w [Wiśniewski 2004a]). Drugim problemem metodologicznym jest uwzględnienie wpływu wielu czynników ryzyka na wartość opcji. Opcje zależne od wielu czynników ryzyka nazywane są opcjami wieloczynnikowymi, a do ich wyceny stosuje się wiele podejść wykorzystujących dość skomplikowane metody wyceny. Główne z nich to metoda konsolidacji, metoda zintegrowana i metoda drzew czteromianowych (dokładniejszy opis tych metod oraz porównanie ich charakterystyki w [Wiśniewski 2005, s. 147-156]).

Artykuł prezentuje koncepcję wyceny opcji wieloczynnikowych, będącej połączeniem metody konsolidacji czynników ryzyka i symulacyjnej metody wyceny opcji. Obydwie metody wykorzystują technikę Monte Carlo i dają się połączyć w celu równoczesnego uwzględnienia wielu czynników ryzyka i określenia wartości opcji. Artykuł prezentuje w kolejności: metodę konsolidacji składników ryzyka, symulacyjną metodę wyceny opcji, koncepcję wyceny opcji realnych za pomocą dwukrotnej symulacji Monte Carlo, przykład wykorzystania tej metody i zwiążą analizę jej podstawowych zalet oraz trudności wynikające z jej użycia.

2. Metoda konsolidacji w wycenie opcji wieloczynnikowych

Metoda konsolidacji składników ryzyka, zaproponowana przez Copelanda i Antikarova [2001, s. 244-253], polega na zastosowaniu symulacji Monte Carlo do wyliczenia skonsolidowanej miary zmienności zwrotów w oparciu na modelu służącym do obliczenia wartości brutto projektu (por. rys. 1). Metodą tą można uwzględniać więcej niż dwa źródła ryzyka, przy czym ryzyko to powinno mieć charakter rynkowy. Przykładowymi czynnikami ryzyka uwzględnianymi tą metodą mogą być cena, popyt lub koszty zmienne.

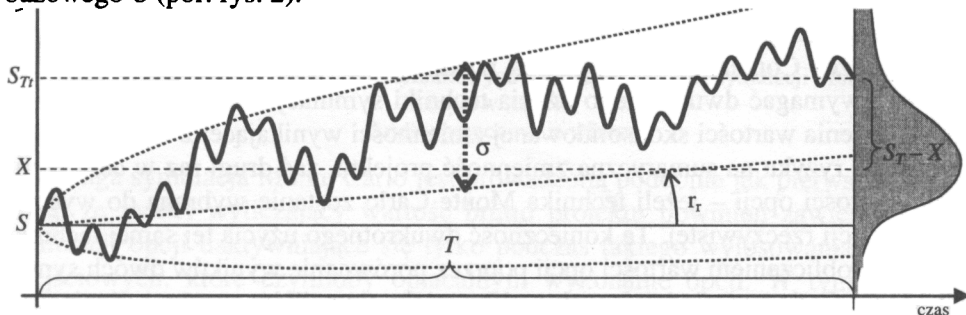


Rys. 1. Użycie symulacji Monte Carlo do konsolidacji zmienności
Źródło: opracowanie własne.

Do oceny skumulowanego ryzyka niezbędne jest ustalenie rozkładów zmiennych wejściowych obciążonych ryzykiem rynkowym. Zmienne te mogą być niezależne lub też podlegać autokorelacji oraz wzajemnej korelacji. Charakterystyki te można uwzględnić w czasie losowania kolejnych scenariuszy w procedurze symulacji Monte Carlo (por. rys. 1). Otrzymany metodą symulacji Monte Carlo rozkład zmiennej wyjściowej (wartości brutto projektu) pozwala na oszacowanie różnych parametrów tego rozkładu. Odchylenie standardowe zwrotów, otrzymane jako wynik symulacji, może być użyte w dalszych wyliczeniach wartości opcji wieloczynnikowej jako skonsolidowana wartość zmienności wszystkich czynników ryzyka rynkowego. W następnym etapie tej metody stosuje się tradycyjne techniki wyceny opcji z wykorzystaniem jednego odchylenia standardowego, które zawiera w sobie skonsolidowany wpływ wszystkich czynników ryzyka.

3. Wycena opcji metodą Monte Carlo

Technika symulacji Monte Carlo używana jest również do wyceny opcji (por. [Boyle 1977]). Może ona być, oczywiście, stosowana w wycenie opcji rzeczywistych. Metoda ta polega na symulowaniu zmian cen w czasie życia opcji, z wykorzystaniem parametrów opisujących geometryczny ruch Browna – stopy dyskontowej wolnej od ryzyka r_f oraz parametru określającego zmienność instrumentu bazowego σ (por. rys. 2).



S – wartość instrumentu bazowego w momencie $t = 0$ (w opcji rzeczowej najczęściej jest to wartość brutto projektu inwestycyjnego),

S_T – wartość instrumentu bazowego w momencie $t = T$,

X – cena wykonania opcji (w opcji rzeczowej nakłady inwestycyjne na wykonanie opcji),

T – czas trwania opcji,

r_f – stopa dyskontowa wolna od ryzyka,

C_0 – wartość opcji w momencie $t = 0$,

C_T – wartość opcji w momencie $t = T$,

p – prawdopodobieństwo zajścia scenariusza ($p = 1/M$, gdzie M to liczba wykonanych iteracji w metodzie Monte Carlo).

Rys. 2. Pojedyncza ścieżka zmian wartości instrumentu bazowego i idea wyceny opcji metodą Monte Carlo

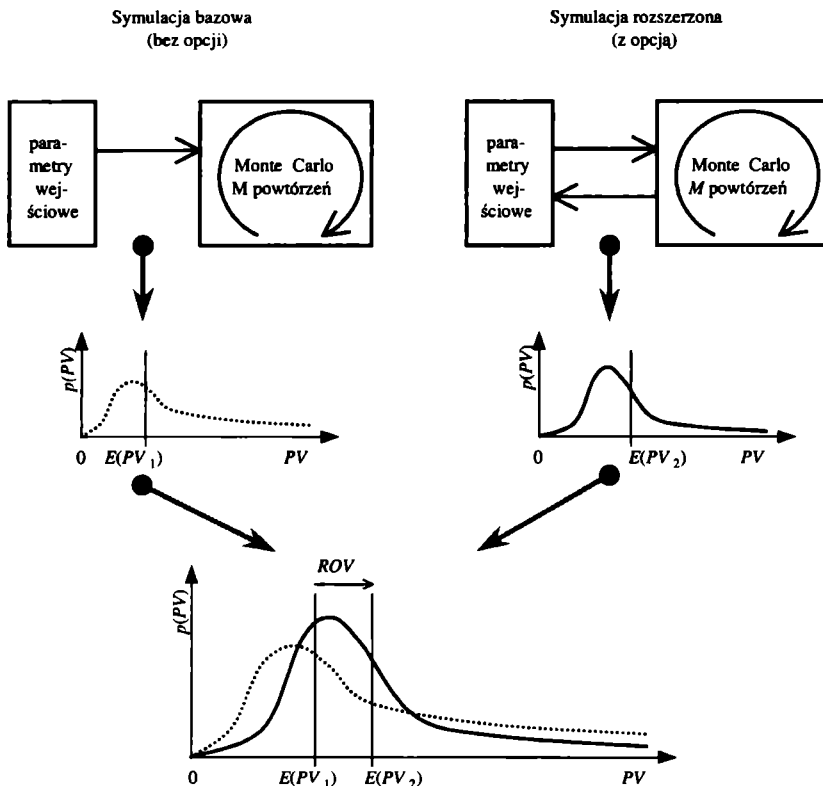
Źródło: opracowanie własne.

Pojedyncza ścieżka zmiany wartości zbudowana zgodnie z równaniem geometrycznego ruchu Browna umożliwiła poznanie wartości końcowej instrumentu bazowego i na jej podstawie ustalenie opłacalności realizacji opcji. Ścieżka taka przedstawia jeden hipotetyczny scenariusz rozwoju sytuacji. W przypadku opcji kupna opcja w każdym scenariuszu będzie warta $S_T - X$ jeżeli $S_T > X$, natomiast w przeciwnym przypadku wartość opcji będzie równa zero. Symulując wielokrotnie takie losowe ścieżki zmiany wartości aktywa bazowego (niezależne scenariusze rozwoju sytuacji), otrzymuje się wiele hipotetycznych wartości opcji. Obliczając średnią wartość opcji ważoną prawdopodobieństwem zajścia poszczególnych scenariuszy, otrzymujemy wartość opcji w momencie T . Po zdyskontowaniu tej wartości stopą wolną od ryzyka uzyskujemy wartość opcji w momencie $t = 0$ (por. rys. 2).

Jak wynika z przedstawionego opisu metody, jest ona stosunkowo prosta w sytuacji obliczania wartości europejskiej opcji kupna. W przypadku prób ustalenia wartości opcji amerykańskich metoda Monte Carlo wymaga zastosowania specjalnych technik, które umożliwiają poznanie wartości opcji o dowolnym momencie wykonania [Charnes 2000, s. 155-156].

4. Koncepcja wyceny opcji wieloczynnikowych metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo

Bardziej szczegółowa analiza metody konsolidacji składników ryzyka zaproponowanej przez Copelanda i Antikarova wykazuje, że w szczególnym przypadku może ona wymagać dwukrotnego użycia techniki symulacji Monte Carlo – raz w celu wyliczenia wartości skonsolidowanej zmienności wynikającej z wpływu wielu składników ryzyka na sumaryczną zmienność projektu, zaś drugi raz w celu wyliczenia wartości opcji – jeżeli technika Monte Carlo zostanie wybrana do wyceny wartości opcji rzeczywistej. Ta konieczność dwukrotnego użycia tej samej techniki wiąże się z obliczeniem wartości opcji poprzez porównanie wyników dwóch symulacji Monte Carlo uwzględniających wpływ wielu czynników ryzyka i różniących się zachowaniem firmy wobec opcji. Pierwsza symulacja byłaby realizowana przy założeniu braku wykonania opcji pomimo zmienności parametrów wejściowych. Symulacja ta jest zatem identyczna z symulacją stosowaną przez Copelanda i Antikarova w celu obliczenia skonsolidowanej zmienności. Tym razem jednak poszukiwanym parametrem nie jest zmienność zwrotów σ , lecz oczekiwana wartość brutto projektu $E(PV_1)$. Ta wartość projektu bez realizacji opcji stanowi bazę porównawczą do wyliczenia wartości opcji (por. rys. 3).



Rys. 3. Idea wyceny opcji wieloczynnikowych metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo (opis w tekście)

Źródło: opracowanie własne.

Druga symulacja Monte Carlo jest prowadzona podobnie jak pierwsza, z tą różnicą, że model wyliczający wartość brutto projektu powinien zawierać formuły realizacji opcji uaktywniające się tylko podczas takiego wylosowania zmiennych wejściowych, które czyniłoby opłacalnym wykonanie opcji. W tym przypadku wartości zmiennych wejściowych po wykonaniu opcji musiałyby mieć większą lub mniejszą wartość, w zależności od rodzaju wykonywanej opcji rzeczywistej (opcja kupna lub sprzedaży). Przykładowo opcja rozszerzenia działalności przy korzystnym splocie czynników decyzyjnych powinna powiększać wartość takiej zmiennej wejściowej jak sprzedaż, co musiałyby mieć swoje odzwierciedlenie w większych zarówno przychodach, jak i kosztach. W przypadku wykonania tej opcji model powinien uwzględnić również poniesienie kosztu wykonania opcji. Jeżeli jednak wygenerowany w symulacji Monte Carlo scenariusz wskazywałby na nieopłacalność realizacji opcji, to model zachowywałby się identycznie jak model użyty w symulacji bazowej. Otrzymana w wyniku takiej symulacji oczekiwana wartość projektu brutto $E(PV_2)$ jest wartością projektu wraz z opcją, czyli odpowiada war-

tości rozszerzonej projektu inwestycyjnego w terminologii przyjętej przy opisie opcji rzeczywistych [Trigeorgis 1996, s. 124].

Odejmując średnią wartość brutto projektu inwestycyjnego z opcją $E(PV_2)$ od wartości brutto projektu inwestycyjnego bez opcji $E(PV_1)$, poznać można wartość samej opcji rzeczywistej z uwzględnieniem wielu składników ryzyka.

5. Przykład wyceny opcji realnej metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo

Załóżmy, że realizowany jest prosty projekt inwestycyjny. Model oceny efektywności tej inwestycji zaprezentowano w tab. 1. Ze względu na uproszczony charakter modelu związku pomiędzy zmiennymi są na tyle proste i oczywiste, iż zrezygnowano z dokładnego opisu zależności pomiędzy zmiennymi. Jedyną istotną uwagą jest zdefiniowanie amortyzacji na poziomie 1/7 wartości nakładów inwestycyjnych oraz brak możliwości odzyskania całości kapitału pracującego na zakończenie projektu (240 tys. zł kapitału pracującego nie będzie odzyskane).

Tabela 1. Przykładowy model oceny efektywności inwestycji (w tys. zł)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Cena/szt.		10,0	10,0	9,5	9,0	8,0	7,0	6,0
Ilość (szt.)		100	120	139	154	173	189	200
Koszty zmienne / szt.		6,0	6,0	5,7	5,4	4,8	4,2	3,6
Przychody		1000	1200	1321	1386	1384	1323	1200
Przychody ze sprzed. śr. trw.								0
- koszty zmienne		-600	-720	-792	-832	-830	-794	-720
- koszty stałe		-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
- amortyzacja		-243	-243	-243	-243	-243	-243	-243
EBIT		137	217	265	292	291	266	217
- podatek dochodowy (19%)		-26	-41	-50	-55	-55	-51	-41
+ amortyzacja		243	243	243	243	243	243	243
- nakłady inwestycyjne	-1700	0	0	0	0	0	0	0
- wzrost kapitału pracującego		-200	-40	-24	-13	0	13	24
Wolne przepływy pieniężne (FCF)		154	379	434	466	478	472	443

WACC	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%	12,0%
Czynnik dyskontowy		0,8929	0,7972	0,7118	0,6355	0,5674	0,5066	0,4523
PV(FCF)		137	302	309	296	271	239	200

Wartość projektu brutto	1755
Nakłady inwestycyjne	-1700
NPV projektu	55

Źródło: opracowanie własne na podstawie przykładu z tab. 9.3 w: [Copeland, Antikarov 2001, s. 247].

Jak wynika ze statystycznej analizy wartości projektu, jest on efektywny, gdyż NPV projektu przy przyjętych założeniach i WACC równym 12% wynosi 55. W

modelu tym zdefiniowano cenę jako zmienną stochastyczną o rozkładzie normalnym z wartością oczekiwaną równą wartości z tabeli i odchyleniu standardowym równym 10% wartości oczekiwanej (np. odchylenie standardowe ceny w roku 2012 wyniesie 0,6). Każda z następujących cen jest skorelowana z siłą opisaną współczynnikiem korelacji wynoszącym 0,9. Z tak przygotowanym modelem przeprowadzono symulację Monte Carlo projektu, która potwierdziła wartość oczekiwaną modelu równą 55.

Założmy, że możliwe jest dwukrotne zwiększenie wielkości sprzedaży od roku 2008 pod warunkiem wydatkowania dodatkowych nakładów inwestycyjnych w wysokości 1,7 mln zł w roku 2007. Decyzję o wykonaniu opcji podjąć należy w 2007 r. Wykonanie takiej opcji rozszerzenia projektu spowoduje od roku 2008 dwukrotny wzrost sprzedaży, a także wzrost kosztów stałych, amortyzacji i kapitału pracującego w porównaniu z bazowym wariantem projektu (por. tab. 2). Należy również wspomnieć o założeniu, że projekt po rozszerzeniu będzie realizowany zgodnie z oryginalnym harmonogramem i nie zostanie przedłużony. Zakładając, że zakupione maszyny i urządzenia będą traciły na wartości rynkowej zgodnie z odpisami amortyzacyjnymi, zaplanowano sprzedaż środków trwałych na zakończenie projektu po ich wartości rynkowej. W wariantcie bazowym wartość końcowa środków trwałych wyniesie 0 zł, natomiast w wariantcie wykonania opcji 486 tys. zł.

Tabela 2. Opis wariantów (w tys. zł)

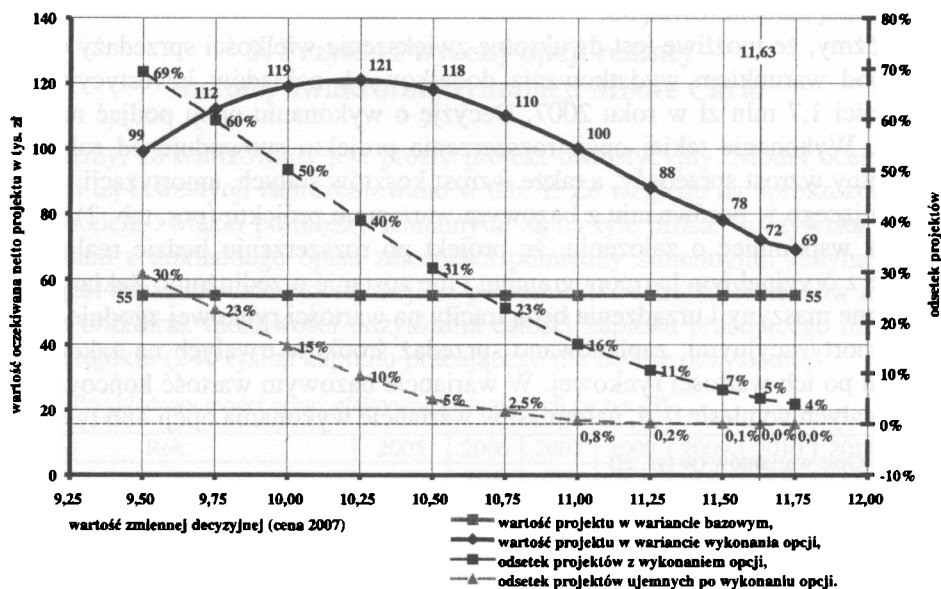
Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ilość (szt.) (wariant bazowy)		100	120	139	154	173	189	200
Ilość (szt.) (wariant wyk. opcji)		100	120	278	308	346	378	400
- koszty stałe (bazowy)		-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
- koszty stałe (wyk. opcji)		-20	-20	-40	-40	-40	-40	-40
- nakłady inwestycyjne (bazowy)	-1700							
- nakłady inwestycyjne (wyk. opcji)	-1700		-1700					
- amortyzacja (bazowy)		-243	-243	-243	-243	-243	-243	-243
- amortyzacja (wyk. opcji)		-243	-243	-486	-486	-486	-486	-486
- wzrost kapitału pracującego (bazowy)		-200	-40	-24	-13	0	13	24
- wzrost kapitału pracującego (wyk. opcji)		-200	-240	-64	-37	0	13	61

Źródło: opracowanie własne.

Zmienną, na bazie której podejmowana jest decyzja o wykonaniu opcji, jest cena w 2007 r. Założmy, że wartość zmiennej decyzyjnej wynosi 10,25. Jeżeli w konkretnej iteracji cena w 2007 r. (symulowana zgodnie z rozkładem normalnym $N(10,1)$ i współczynnikiem autokorelacji 0,9 do ceny w 2006 r.) będzie wyższa niż 10,25 lub równa tej wartości, to opcja rozszerzenia będzie w tej iteracji wykonana, czyli do modelu zostaną podstawione dane z wariantu wykonania opcji (por. tab. 2). W przeciwnym wypadku w danej iteracji podstawione zostaną dane z wariantu bazowego.

Optymalny poziom zmiennej decyzyjnej nie jest znany, więc symulację Monte Carlo dla wariantu z realizacją opcji wykonano kilkakrotnie, zmieniając za każdym razem wartość zmiennej decyzyjnej. Przeprowadzono zatem analizę wrażliwości

wartości projektu na poziom zmiennej decyzyjnej (por. rys. 4). W celu wyliczenia wartości opcji wykonano 100 000 iteracji wariantu modelu z wykonaniem opcji dla każdej wartości zmiennej decyzyjnej. Posłużono się w tym celu pakietem Crystal Ball rozszerzającym funkcje Excela o możliwość realizacji symulacji Monte Carlo. Czas realizacji pojedynczej symulacji (100 000 iteracji) wyniósł ok. 90 sekund na standardowym komputerze klasy PC.



Rys. 4. Wykres wartości oczekiwanej netto projektu inwestycyjnego bez opcji i z opcją (lewa skala) na tle odsetka projektów z wykonaniem opcji i o wartościach ujemnych po wykonaniu opcji (prawa skala)

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane wyniki z kilkunastu symulacji Monte Carlo zaprezentowano na wykresie (por. rys. 4). Porównano na nim oczekiwaną wartość projektu netto w wariantle bazowym z oczekiwaną wartością projektu w wariantle wykonania opcji przy różnych poziomach zmiennej decyzyjnej. Przykładowo oczekiwana wartość netto projektu w wariantle wykonania opcji przy zmiennej decyzyjnej na poziomie 10,25 jest największa i wynosi 121, co w porównaniu z wartością projektu w wariantle bazowym wynoszącą 55 daje wartość opcji realnej równą 66 – a więc większą niż wartość projektu bazowego. Dalsza analiza wskazuje, że przy tym poziomie zmiennej decyzyjnej w ok. 40% przypadków z symulowanych 100 000 wykonana będzie opcja rozszerzenia. Z kolei z tych 40% przypadków ok. 10% (czyli ok. 4% wszystkich przypadków) zakończonych zostanie z ujemną wartością NPV. Należy zatem tak ustalić wartość zmiennej decyzyjnej, aby po wykonaniu opcji wartość netto projektu nigdy nie była niższa niż 0. Jak wynika z analizy wrażliwości, wartość ta wynosi 11,63. Przy tej wartości zmiennej decyzyjnej oczekiwana wartość

netto projektu w wariancie wykonania opcji wyniesie 72, co oznacza, że wartość samej opcji realnej wynosi 17.

Interesująca jest rozszerzona analiza wrażliwości wartości opcji realnej od poziomu zmiennej decyzyjnej. Akceptując prawdopodobieństwo niepowodzenia realizacji wykonania opcji równe 2,5%, można zwiększyć wartość opcji do $55 = 110 - 55$ (por. rys. 4). Prawdopodobieństwo niepowodzenia w momencie oceny projektu wyniesie przy tym mniej niż 1% ($0,574\% = 2,5\% * 23\%$).

6. Zakończenie

W artykule zaprezentowano koncepcję dwukrotnej symulacji wartości projektu techniką Monte Carlo w celu poznania różnicy pomiędzy wartością projektu inwestycyjnego z opcją rzeczywistą i bez niej. Podstawowe zalety przedstawionej koncepcji metody dwukrotnej symulacji Monte Carlo to:

1. Możliwość uwzględniania wielu czynników wpływających na wartość opcji rzeczywistej dzięki bezpośredniemu wykorzystaniu w wycenie koncepcji składania czynników ryzyka.

2. Możliwość uwzględniania wpływu wielu opcji realnych na wartość projektu inwestycyjnego. W artykule odwołano się do przykładu z jednym scenariuszem wykonania opcji. Jeżeli przygotowane są co najmniej dwa scenariusze reakcji firmy na parametry otoczenia, to możliwe jest wprowadzanie do symulacji wielu scenariuszy opcji realnej, których wpływ na wartość projektu będzie rozpatrywany łącznie. Uzyskuje się w ten sposób możliwość składania wartości opcji.

3. Możliwość bardziej szczegółowej analizy zależności wartości opcji od parametrów wejściowych. Dotychczasowa analiza opcji rzeczywistych opierała się na analizie skokowego wpływu opcji na wartość projektu – przykładowo przy opcji rozszerzenia projektu uwzględniano stały współczynnik wzrostu wartości projektu w przypadku wykonania opcji rozszerzenia. W proponowanej metodzie uwzględnić można nieliniowość wpływu wykonania opcji na wartość projektu. Na przykład rozszerzenie projektu może mieć różną skalę i różny wpływ na przychody i koszty w zależności od skali przekroczenia parametru decyzyjnego lub momentu, w którym parametr ten jest przekroczony. Ponadto przychody mogą rosnąć szybciej niż koszty lub odwrotnie. Spowoduje to nieliniowy wzrost wartości projektu po wykonaniu opcji. W związku z tym opcja rzeczywista może mieć inną wartość, niż to wynika ze sztywnych założeń wzrostu wartości projektu z opcją o stały współczynnik występujący w klasycznej analizie opcji realnych.

4. Możliwość analizy większej liczby parametrów statystycznych opisujących rozkład wartości projektu z opcją realną. Tak jak stosuje się to w przypadku tradycyjnej symulacji Monte Carlo, można analizować wszystkie parametry statystycznego rozkładu wartości projektu, a nie tylko wyliczyć wartość oczekiwaną.

Zaproponowana metoda sprawia jednak pewne trudności w jej praktycznym użyciu, wynikające z:

- potrzeby zastosowania bardziej skomplikowanych metod symulacji, które pozwalałyby na analizę i wycenę opcji amerykańskich lub bermudzkich, a nie tylko europejskich,
- potrzeby określenia związku pomiędzy realizacją opcji a kształtowaniem się parametrów wejściowych,
- potrzeby szczegółowej analizy związków między poszczególnymi parametrami wejściowymi, takimi jak: wielkość produkcji lub sprzedaży, ceny produktów, koszty produkcji.

Wydaje się, że można z łatwością zmodyfikować model wyceny projektu w sposób uwzględniający takie charakterystyki opcji, jak: wiele punktów decyzyjnych (momentów, w których podejmuje się decyzje o wykonaniu opcji) oraz opcje bermudzkie. W każdym przypadku jednak, podobnie jak w najprostszej opcji europejskiej, kluczowym problemem pozostaje określenie optymalnej (właściwej) wartości parametru decyzyjnego, po przekroczeniu której opcja zostaje wykonana. Posługiwanie się niewłaściwymi parametrami decyzyjnymi inicjującymi wykonanie opcji będzie powodowało zwiększenie ryzyka wystąpienia projektów o ujemnej wartości. Wykorzystując analizę wrażliwości wartości opcji na poziom parametru decyzyjnego, można odszukać jego właściwą wartość.

Wykonanie opcji zmienia szereg parametrów wejściowych, w tym najczęściej realizowaną wielkość sprzedaży. Model symulacyjny używany w drugim kroku proponowanej metody powinien uwzględnić wpływ tych zmian na wielkość (i być może rozkłady statystyczne) takich parametrów, jak: ceny produktów i koszty produkcji używanych z kolei w samej symulacji jako zmienne wejściowe. Konieczność uwzględnienia takich wzajemnych relacji może przysparzać wiele kłopotów praktycznych w stosowaniu tej metody.

W podejściu Copelanda i Antikarova związki między poszczególnymi parametrami wejściowymi do symulacji opisane są przez proste współczynniki korelacji i, w aspekcie czasu, autokorelacji. Związki te można analizować dokładniej i opisać za pomocą bardziej skomplikowanych, szczegółowych modeli ekonometrycznych.

Przedstawione w artykule trudności w stosowaniu zaprezentowanej metody i oczekiwania wobec niej nie pomniejszają korzyści, jakie może przynieść jej użycie. Dlatego należałoby zweryfikować, czy proponowana metoda jest spójna z innymi klasycznymi metodami wyceny opcji i czy może ona być alternatywą dla metod klasycznych w przypadku złożenia opcji wieloczynnikowych przy jednym źródle i wielu źródłach ryzyka.

Literatura

- Boyle P., *Options: A Monte Carlo Approach*, „Journal of Financial Economics” 1977, nr 4, s. 323-338.
- Charnes J.M., *Using Simulation for Option Pricing*, proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang, P.A. Fishwick (red.), Orlando 2000, s. 151-157 (<http://www.cc.ku.edu/~charnes/>, <http://www.wintersim.org/>).
- Copeland T., Antikarov V., *Real Options: A Practitioner's Guide*, Texere, 2001.
- Trigeorgis L., *Real Options: Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation*, The MIT Press 1996.
- Wiśniewski T., *Czynniki ryzyka a wartość opcji rzeczywistych*, [w:] W. Janasz (red.), *Innowacje, ryzyko, zarządzanie wiedzą, strategie przedsiębiorstw*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 397, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2005, s. 147-156.
- Wiśniewski T., *Inwestycje kapitałowe z opcjami wykluczającymi się*, „Przegląd Organizacji” 2004a, nr 7-8.
- Wiśniewski T., *Podstawowe trudności zastosowania metod wyceny opcji finansowych w wycenie opcji rzeczywistych*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu nr 1037, AE, Wrocław 2004b, s. 367-373.

SIMULATION METHOD IN VALUATION OF MULTI UNCERTAINTY REAL OPTIONS

Summary

Paper examines concept of specific method of real option valuation based on simulation approach. Monte Carlo simulation is proposed by Copeland and Antikarov to resolve the problem of many uncertainty factors influencing the project. In the next step typical option valuation techniques could be used – Monte Carlo simulation being one of them. The proposal of the author is to simulate the expected value of the project in two steps. In the first step Monte Carlo simulation will calculate the base value of the project without option and the second simulation will calculate the expected value of the project with option. To achieve this the valuation model used for the second simulation have to imitate response of the company to changing environment in that way as the real option is actually exercised. The example of calculation is included and the basic advantages and difficulties are analysed.