

Tomasz Wiśniewski

Uniwersytet Szczeciński

WYCENA OPCJI ROZSZERZENIA PROJEKTU INWESTYCYJNEGO METODĄ DWUKROTNEJ SYMULACJI MONTE CARLO

1. Wstęp

Opcja rzeczywista¹ rozszerzenia projektu inwestycyjnego polega na możliwości zwiększenia skali działalności poprzez poniesienie dodatkowych nakładów inwestycyjnych, gdy warunki otoczenia gospodarczego będą atrakcyjne. Aktywem bazowym w opcji realnej jest projekt inwestycyjny. Możliwość modyfikacji oryginalnie przyjętego scenariusza bazowego projektu inwestycyjnego powoduje, że ma on większą wartość niż wynikałoby to ze statycznej analizy² prowadzonej tylko tradycyjnymi metodami dyskontowymi (por. [Trigeorgis 1996, s. 121-124]). Wycena wartości opcji rzeczywistych jest zadaniem złożonym i napotyka wiele trudności o charakterze zarówno metodologicznym, jak i praktycznym (por. [Wiśniewski 2003]).

Podstawową trudnością praktyczną jest umiejętność prawidłowego zidentyfikowania opcji zawartych w projekcie inwestycyjnym. Od strony metodologicznej, pomimo pewnych analogii zachodzących między opcjami realnymi a finansowymi, istnieje między nimi także wiele istotnych różnic. W znaczny sposób utrudniają one poprawne użycie metod wyceny opcji finansowych do wyceny opcji realnych. Jedną z metod stanowiących nowe podejście do wyceny opcji rzeczywistych jest wycena opcji rzeczywistych metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo³. Jest ona połącze-

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

² Należy odchodzić od częstego w latach dziewięćdziesiątych klasyfikowania miar oceny efektywności inwestycji opartych na dyskontowaniu jako miar dynamicznych. Jak pokazuje analiza opcyjna, miary te nie uwzględniają dynamiki rozwoju sytuacji. Natomiast aktywna reakcja kierownictwa firmy na zmienne warunki realizacji projektu brana jest pod uwagę w analizie opcyjnej oraz w bardziej tradycyjnych metodach scenariuszy jakościowych i drzew decyzyjnych. Z tej perspektywy zarówno tradycyjne, jak i dyskontowe metody oceny efektywności inwestycji są metodami statycznymi.

³ Opis metody autor przedstawił w [Wiśniewski 2006, s. 694-703; 2005, s. 357-367].

niem metody konsolidacji czynników ryzyka Copelanda i Antikarova, opartej na symulacji Monte Carlo (por. [Copeland, Antikarov 2001, s. 244-253]) i wycenie opcji finansowych metodą symulacji Monte Carlo (por. [Boyle 1977, s. 323-338]).

Artykuł niniejszy prezentuje koncepcję wyceny opcji rzeczywistych metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo oraz przedstawia przykład wyceny opcji rozszerzenia projektu inwestycyjnego tą metodą. Opracowanie prezentuje w kolejności: metodę wyceny opcji rzeczywistych dwukrotną symulacją Monte Carlo, omówienie przykładu wykorzystania tej metody, zwięźle omówieniu otrzymanych wyników oraz podsumowanie z analizą zalet metody.

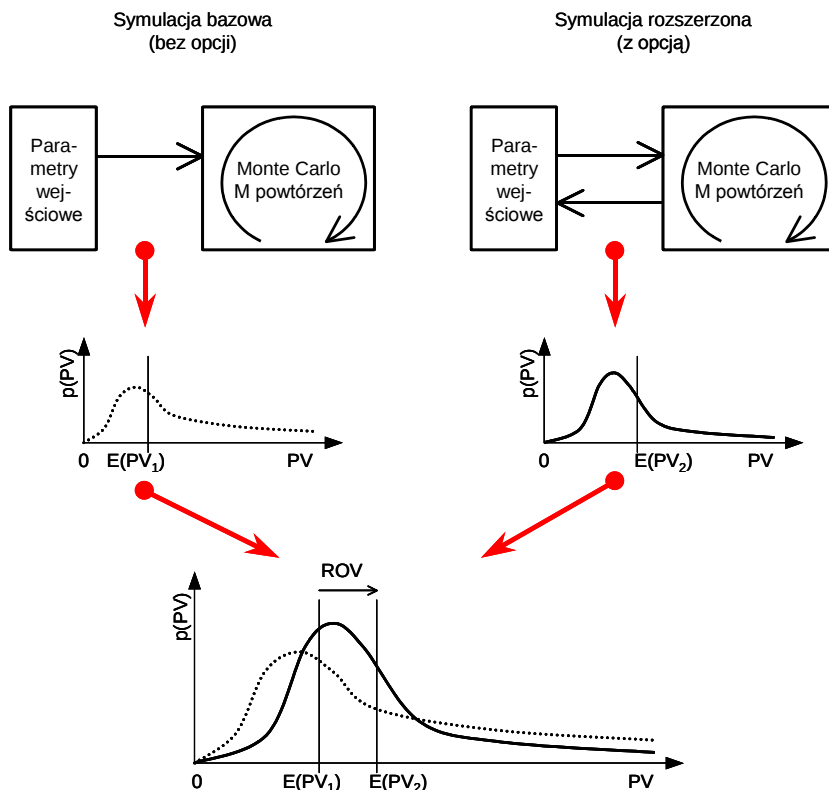
2. Wyceny opcji rzeczywistych metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo

Szczegółowa analiza metody konsolidacji składników ryzyka zaproponowanej przez Copelanda i Antikarova wykazuje, że w szczególnym przypadku może wymagać ona dwukrotnego użycia techniki symulacji Monte Carlo: raz w celu wyliczenia wartości skonsolidowanej zmienności wynikającej z wpływu wielu składników ryzyka na sumaryczną zmienność projektu, drugi raz – w celu wyliczenia wartości opcji, jeżeli technika Monte Carlo zostanie wybrana do wyceny wartości opcji rzeczywistej⁴. Ta konieczność dwukrotnego użycia tej samej techniki nasuwa pomysł obliczenia wartości opcji przez porównanie wyników dwóch symulacji Monte Carlo, uwzględniających wpływ wielu czynników ryzyka i różniących się zachowaniem firmy wobec opcji. Pierwsza symulacja realizowana jest przy założeniu braku wykonania opcji pomimo pełnego zakresu zmienności parametrów wejściowych. Symulacja ta jest identyczna z symulacją stosowaną przez Copelanda i Antikarova w celu obliczenia skonsolidowanej zmienności. W tym przypadku poszukiwanym parametrem nie jest zmienność zwrotów, a oczekiwana wartość brutto projektu $E(PV_1)$. Ta wartość projektu bez realizacji opcji stanowi bazę porównawczą do wyliczenia wartości opcji (por. rys. 1).

Druga symulacja Monte Carlo prowadzona jest podobnie jak pierwsza, z tą różnicą, że model wyliczający wartość brutto projektu powinien zawierać formuły realizacji opcji, które uaktywniałyby się tylko w przypadku takiego wylosowania zmiennych wejściowych, które czyniłoby opłacalnym wykonanie opcji. Symbolizuje to dwukierunkowa relacja pomiędzy parametrami wejściowymi a modelem w symulacji rozszerzonej (por. rys. 1). W tym przypadku wartości zmiennych wejściowych po wykonaniu opcji musiałyby mieć wyższą lub niższą wartość, w zależności od rodzaju wykonywanej opcji rzeczywistej (opcja kupna lub sprzedaży). Na przykład opcja rozszerzenia działalności przy korzystnym splocie czynników decyzyjnych

⁴ Alternatywą jest wycena opcji metodami analitycznymi bądź metodą drzew dwumianowych lub wielomianowych.

powinna powiększać wartość takiej zmiennej wejściowej, jak sprzedaż, co musiałoby mieć swoje odzwierciedlenie zarówno w wyższych przychodach, jak i w wyższych kosztach. W konsekwencji tego wartość całego projektu uległaby zwiększeniu. Model powinien także uwzględnić poniesienie kosztu wykonania opcji, co można zinterpretować jako dodatkowe nakłady inwestycyjne. Jeżeli wygenerowany w symulacji Monte Carlo scenariusz wskazywałby na nieopłacalność realizacji opcji, model zachowywałby się identycznie jak model użyty w symulacji bazowej. Otrzymana w wyniku symulacji z realizacją opcji oczekiwana wartość projektu brutto $E(PV_2)$ jest wartością projektu wraz z opcją, czyli odpowiada wartości rozszerzonej projektu inwestycyjnego w terminologii przyjętej w opisie opcji rzeczywistych (por. [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 opcji rzeczywistej ($ROV = E(PV_2) - E(PV_1)$ – por. rys. 1).



Rys. 1. Idea wyceny opcji wieloczynnikowych metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo (opis w tekście)

Źródło: opracowanie własne.

3. 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 związki 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.

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
Liczba (szt.)		100	120	139	154	173	189	200
Koszty zmienne/szt.		5,0	5,0	4,7	4,4	3,8	3,2	3,2
Przychody		1 000	1 200	1 321	1 386	1 384	1 323	1 200
– koszty zmienne		-500	-600	-653	-678	-657	-605	-640
– koszty stałe		-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
– amortyzacja		-243	-243	-243	-243	-243	-243	-243
EBIT		237	337	404	446	464	455	297
– podatek dochodowy (19%)		-45	-64	-77	-85	-88	-87	-56
+ amortyzacja		243	243	243	243	243	243	243
– nakłady inwestycyjne	-1 700							
– wzrost kapitału pracującego	-200	-40	-24	-13	0	0	13	264
Wolne przepływy pieniężne (FCF)	-1 900	395	492	557	604	618	625	748

WACC		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)		353	392	397	384	351	316	338

Wartość projektu brutto	2 531
Nakłady inwestycyjne	-1 900
NPV projektu	631

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

Jak wynika ze statycznej analizy wartości projektu, jest on efektywny, gdyż NPV projektu przy przyjętych założeniach i WACC równym 12% wynosi 631. W modelu tym zdefiniowano cenę jako zmienną stochastyczną o rozkładzie normalnym z wartością oczekiwaną równą wartości z tabeli i współczynnikiem zmienności równym 10% (np. odchylenie standardowe ceny w roku 2010 wynosi 0,8). Każda z cen w kolejnych latach jest skorelowana ze swoim poprzednikiem i następcą z siłą opisaną współczynnikiem korelacji wynoszącym 0,9. Na tak określonym modelu przepro-

wadzano symulację Monte Carlo wartości bieżącej netto projektu, która potwierdziła wartość oczekiwaną modelu równą 631. Przedstawiony model odwzorowuje sytuację bazową, czyli projekt inwestycyjny bez możliwości aktywnej reakcji na sytuację różniącą się od przyjętych założeń. Założmy jednak, że możliwe jest dwukrotne zwiększenie wielkości sprzedaży od roku 2008, pod warunkiem wydatkowania dodatkowych nakładów inwestycyjnych w wysokości 1,5 mln zł w roku 2007. Decyzję o wykonaniu takiej opcji rzeczywistej (opcji rozszerzenia skali działania) podjąć należy w roku 2007. Wykonanie opcji rozszerzenia projektu spowoduje od 2008 r. dwukrotny wzrost sprzedaży w stosunku do wartości planowanych w scenariuszu bazowym. Ponadto pociągnie to za sobą wzrost kosztów stałych, amortyzacji i kapitału pracującego⁵. 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 według ich wartości rynkowej. W wariantcie bazowym wartość końcowa środków trwałych wyniesie 0 zł, a w wariantcie wykonania opcji 347 tys. zł, po uwzględnieniu podatku dochodowego (por. tab. 3).

Tabela 2. Opis wariantów (w tys. zł)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Liczba (szt.) (wariant bazowy)	0	100	120	139	154	173	189	200
Liczba (szt.) (wariant wyk. opcji)	0	100	120	278	308	346	378	400
– koszty stałe (bazowy)	0	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
– koszty stałe (wyk. opcji)	0	-20	-20	-40	-40	-40	-40	-40
– nakłady inwestycyjne (bazowy)	-1 700	0	0	0	0	0	0	0
– nakłady inwestycyjne (wyk. opcji)	-1 700	0	-1500	0	0	0	0	0
+ amortyzacja (bazowy)	0	-243	-243	-243	-243	-243	-243	-243
+ amortyzacja (wyk. opcji)	0	-243	-243	-457	-457	-457	-457	-457
– wzrost kapitału pracującego (bazowy)	-200	-40	-24	-13	0	0	13	264
– wzrost kapitału pracującego (wyk. opcji)	-200	-40	-224	-53	-24	-13	13	541

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 (kolejnym scenariuszu wygenerowanym w ramach symulacji Monte Carlo) cena w 2007 r. (symulowana zgodnie z rozkładem normalnym $N(10,1)$ i współczynnikiem autokorelacji 0,9 do ceny w 2006 r.) będzie wyższa lub równa 10,25, opcja rozszerzenia zostanie w tej iteracji wykonana. W takim przypadku do

⁵ Zmiany te opisane są w tab. 2. Można je również zaobserwować poprzez porównanie modelu w scenariuszu bez wykonania opcji (tab. 1) z modelem w scenariuszu z wykonaną opcją (tab. 3).

modelu zostaną podstawione dane z wariantu wykonania opcji (por. tab. 2). W przeciwnym razie w danej iteracji podstawione zostaną dane z wariantu bazowego. Jedną z przykładowych iteracji Monte Carlo, przedstawiającą wykonanie opcji po przekroczeniu przez cenę w roku 2007 progu decyzyjnego, wynoszącego 11,25, przedstawia tab. 3.

Tabela 3. Przykładowa iteracja modelu oceny efektywności inwestycji w scenariuszu wykonania opcji (w tys. zł)

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Cena/szt.		12,3	12,1	10,6	9,6	8,8	7,7	6,1
Liczba (szt.)		100	120	278	308	346	378	400
Koszty zmienne/szt.		5,0	5,0	4,7	4,4	3,8	3,2	3,2
Przychody		1 233	1 452	2 957	2 969	3 040	2 924	2 451
Przychody ze sprzed. śr. trw.								347
– koszty zmienne		-500	-600	-1 307	-1 355	-1 315	-1 210	-1 280
– koszty stałe		-20	-20	-40	-40	-40	-40	-40
– amortyzacja		-243	-243	-457	-457	-457	-457	-457
EBIT		470	590	1 153	1 117	1 228	1 217	1 021
– podatek dochodowy (19%)		-89	-112	-219	-212	-233	-231	-194
+ amortyzacja		243	243	457	457	457	457	457
– nakłady inwestycyjne	-1 700	0	-1 500	0	0	0	0	0
– wzrost kapitału pracującego	-200	-40	-224	-53	-24	-13	13	541
Wolne przepływy pieniężne (FCF)	-1 900	583	-1 004	1 338	1 338	1 439	1 456	1 825

WACC		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)		521	-800	953	850	817	738	826

Wartość projektu brutto	3 904
Nakłady inwestycyjne	-1 900
NPV projektu	2 004

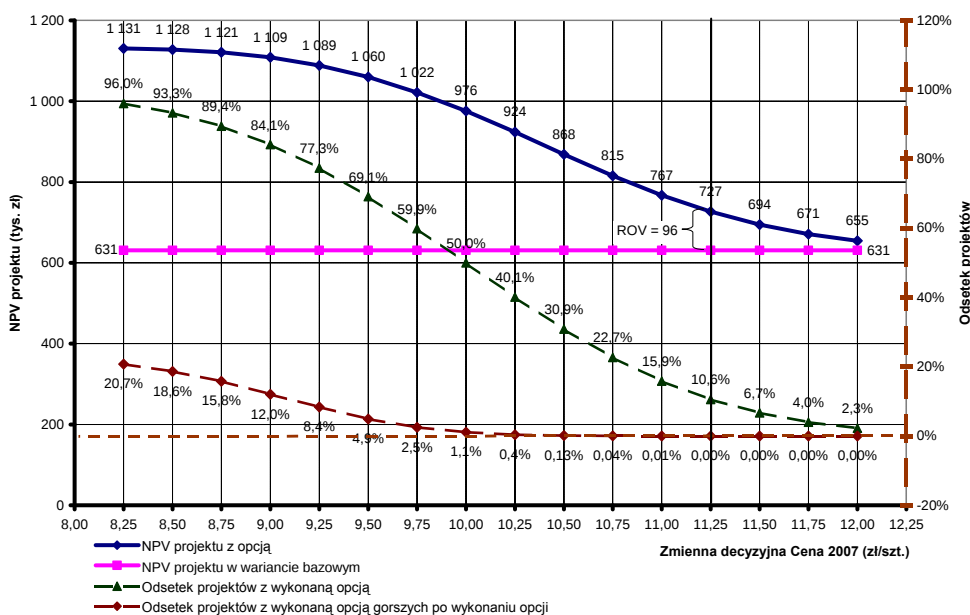
Źródło: opracowanie własne.

Ponieważ nieznany jest optymalny poziom zmiennej decyzyjnej, symulację Monte Carlo dla wariantu z realizacją opcji wykonano wielokrotnie, modyfikując za każdym razem wartość zmiennej decyzyjnej powodującej wykonanie opcji. Przeprowadzono zatem analizę wrażliwości wartości projektu na poziom zmiennej decyzyjnej (por. rys. 2). 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 ite-

racji) wyniósł ok. 10 sekund na standardowym komputerze klasy PC z procesorem Pentium 4.

4. Analiza wyników wyceny opcji rozszerzenia projektu inwestycyjnego metodą dwukrotnej symulacji Monte Carlo

Otrzymane wyniki kilkunastu symulacji Monte Carlo zaprezentowano na wykresie (por. rys. 2). Porównano na nim oczekiwaną wartość projektu netto w wariancie bazowym z oczekiwaną wartością projektu w wariancie wykonania opcji przy różnych poziomach zmiennej decyzyjnej (lewa skala – linie ciągłe).



Rys. 2. Wykres wartości oczekiwanej netto projektu inwestycyjnego bez i z opcją (lewa skala) na tle odsetka projektów z wykonaniem opcji i o wartościach ujemnych po wykonaniu opcji (prawa skala)

Źródło: opracowanie własne.

Na przykład oczekiwana wartość netto projektu w wariancie wykonania opcji przy zmiennej decyzyjnej na poziomie 8,25 jest największa i wynosi 1 131 tys. zł, co w porównaniu z wartością projektu w wariancie bazowym wynoszącą 631 tys. zł daje wartość opcji realnej równą 500 tys. zł. Dalsza analiza wskazuje jednak, że przy tym poziomie zmiennej decyzyjnej w 96% przypadków, z symulowanych 100 000, opcja rozszerzenia zostanie wykonana (por. rys. 2: prawa skala – linie przerywane). Z kolei spośród tych 96% przypadków 20,7% (czyli ok. 19,9% wszystkich przypadków) zakończonych zostanie z wartością NPV projektu po wykonaniu opcji mniejszą niż war-

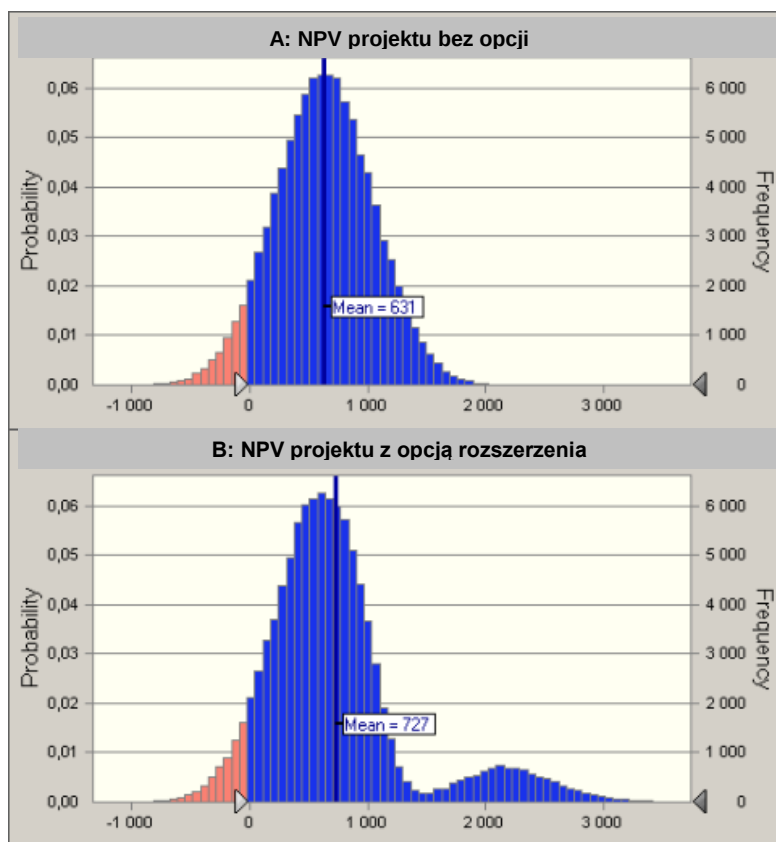
stwo niepowodzenia realizacji wykonania opcji równe 1,1%, można zwiększyć wartość opcji do $976 - 631 = 345$ tys. zł (por. rys 2). W tym celu wartość zmiennej decyzyjnej ustalić należy na poziomie 10,0 zł. Prawdopodobieństwo niepowodzenia projektu wyniesie w tym wypadku mniej niż jeden procent ($1,1\% \cdot 50\% = 0,55\%$). Jak można przypuszczać, wielu zarządzających zaakceptuje ryzyko minimalnie większe niż 0,0% w celu znacznego podniesienia oczekiwanej wartości opcji (z 96 tys. zł do 345 tys. zł). Ten aspekt wyceny opcji jest zupełnie pomijany przez klasyczne metody wyceny opcji rzeczywistych. Prezentowana metoda dwukrotnej symulacji Monte Carlo umożliwia racjonalne przeprowadzenie takiej analizy z uwzględnieniem prawdopodobieństw porażki.

Bardziej szczegółowa analiza rozkładów wynikowych wartości NPV pokazuje, że podobnie jak w oryginalnej koncepcji L. Trigeorgisa (por. [Trigeorgis 2001, s. 81]) wynikowy rozkład NPV projektu inwestycyjnego ulega modyfikacji z powodu wykonania opcji (por. rys. 3). Trigeorgis, co prawda, pokazywał modyfikację rozkładu w przypadku opcji zaniechania projektu, jednak jest to sytuacja porównywalna z prezentowaną opcją, z tą różnicą, że opcja rozszerzenia projektu jest opcją kupna, a nie opcją sprzedaży. Zatem modyfikacja rozkładu dotyczyć będzie wartości po prawej stronie od wartości oczekiwanej. Z analizy rozkładu wynika, że model w dwukrotnej symulacji Monte Carlo zachowuje się rzeczywiście tak, jak przewiduje teoria opcji rzeczywistych. Na rys. 3 na wykresie A rozkład wartości projektu jest rozkładem normalnym o średniej i pozostałych parametrach statystycznych wynikających ze zmienności parametrów wejściowych. Obrazuje on pasywny wpływ ryzyka na projekt inwestycyjny. Wykres B na rys. 3 pokazuje aktywny wpływ ryzyka na projekt inwestycyjny, czyli wpływ ryzyka wywołujący aktywną reakcję firmy. Na drugim wykresie (por. rys. 3 wykres B) część rozkładu po lewej stronie średniej scenariusza bazowego pozostaje niezmienniona – w tym zakresie wyników nawet w scenariuszu wykonania opcji zakładany jest pasywny wpływ ryzyka na projekt. Po prawej stronie rozkładu w niektórych iteracjach cena w 2007 r. przekracza założony poziom graniczny wynoszący 11,25, co powoduje wykonanie opcji i znaczne podwyższenie wartości projektu. W odróżnieniu od teoretycznego wykresu pokazywanego przez Trigeorgisa otrzymany rozkład jest mniej równomierny i wyraźnie dwumodalny, z jedną dominantą w identycznym miejscu jak rozkład wartości NPV projektu bez opcji oraz drugą dominantą w miejscu wynikającą z realizacji projektu z rozszerzeniem.

5. Zakończenie

W artykule zaprezentowano koncepcję dwukrotnej symulacji wartości projektu metodą Monte Carlo w celu wyceny opcji rzeczywistej rozszerzenia projektu inwestycyjnego. Zaprezentowana metoda jest interesującym sposobem podejścia do wyceny opcji rzeczywistych z kilku powodów:

tość oczekiwana projektu bazowego ($ENPV < NPV_{\text{baza}}$). Oznacza to, że wykonanie opcji spowodowało osiągnięcie rezultatu gorszego niż w przypadku niewykonania opcji. Jest to sytuacja niedopuszczalna, która podważa zasadność wykonania opcji. Należy zatem tak ustalić wartość zmiennej decyzyjnej, aby po wykonaniu opcji wartość netto projektu z opcją ($ENPV$) nigdy nie była niższa niż wartość projektu w wariancie bazowym (NPV_{baza}), gdyż w przeciwnym przypadku wykonanie opcji nie ma uzasadnienia. Jak wynika z analizy wrażliwości, wartość ta wynosi 11,25. Przy tej wartości zmiennej decyzyjnej oczekiwana wartość netto projektu w wariancie wykonania opcji to 727 tys. zł, co oznacza, że wartość samej opcji realnej wynosi 96 tys. zł.



Rys. 3. Porównanie wynikowych rozkładów NPV dla projektu bez wykonania opcji i z wykonaniem opcji

Źródło: opracowanie własne.

Interesujące wnioski można wyciągnąć z analizy wrażliwości wartości opcji realnej w zależności od poziomu zmiennej decyzyjnej. Akceptując prawdopodobień-

1. W wycenie opcji nie stosuje się żadnej formy procesów stochastycznych do opisu zmienności instrumentu bazowego. Zamiast tego wykorzystuje się opis zmienności danych wejściowych, które wpływają na zmienność wartości projektu. Możliwy jest także opis zmienności danych wejściowych jakąś formą procesów stochastycznych.

2. W procesie symulacji Monte Carlo można określić rozkłady wielu zmiennych, konsolidując przy tym wpływ ryzyka pochodzącego z wielu źródeł, tak jak ma to miejsce w przypadku konsolidacji czynników ryzyka w metodzie Copelanda i Antikarova.

3. Możliwe jest badanie wpływu poziomu granicznego zmiennej decyzyjnej na wartość opcji rzeczywistej i prawdopodobieństwo jej niepowodzenia. W klasycznym modelu wyceny opcji zakłada się, że opcja po wykonaniu zawsze kończy się sukcesem.

Podsumowując uzyskane wyniki, należy podkreślić, iż metoda dwukrotnej symulacji wymaga dalszych badań potwierdzających jej przydatność i poprawność.

Literatura

- Boyle P., *Options: A Monte Carlo Approach*, „Journal of Financial Economics” 1977, 4.
- Charnes J.M., *Using Simulation for Option Pricing. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*, red. J.A. Joines, R.R. Barton, K. Kang, P.A. Fishwick, Orlando, USA 2000 (<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.
- Trigeorgis L., *A Conceptual Options Framework for Capital Budgeting*, [w:] *Real Options and Investment under Uncertainty: Classical Readings and Recent Contributions*, red. E.S. Schwartz, L. Trigeorgis, MIT Press, 2001.
- Wiśniewski T., *Inwestycje kapitałowe w niepewnym otoczeniu*, „Przegląd Organizacji” 2003, nr 11.
- Wiśniewski T., *Koncepcja wyceny opcji rzeczywistych metodą symulacji Monte Carlo*, [w:] *Zarządzanie finansami firm – teoria i praktyka*, red. W. Pluta, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej nr 1109, AE, Wrocław 2006.
- Wiśniewski T., *Symulacyjna metoda wyceny wieloczynnikowych opcji rzeczywistych*, [w:] *Inwestycje finansowe i ubezpieczenia – tendencje światowe a polski rynek*, t. 2, red. W. Ronka-Chmielowiec, K. Jajuga, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej nr 1088, AE, Wrocław 2005.

VALUATION OF EXPANSION OPTION WITH DOUBLE MONTE CARLO METHOD

Summary

The paper examines concept of specific method of real option valuation based on simulation approach. Monte Carlo (MC) 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 – MC 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 MC simulation calculates the base value of the project without option and the second MC simulation calculates the expected value of the project with option. To achieve this valuation model used for the second simulation one has to imitate response of the company to changing environment in that way as the real option is actually exercised.