

Wycena opcji realnych – metody, wyzwania

Wiktor Patena i Aleksander Urbański

Katedra Finansów (<http://kf.wsb-nlu.edu.pl>)

Wyższa Szkoła Biznesu – National-Louis University

1. Wstęp

Pojęcie opcji realnych pojawiło się w literaturze w latach 70-tych [24, s.7] jako odpowiedź na klęskę tradycyjnych metod budżetowania takich jak DCF (ang. discounted cash flows). Powszechnie uznano, że metody oparte na DCF nie pozwalają na właściwą wycenę wartości płynących z aktywnego zarządzania firmą, szczególnie w kontekście dostosowywania działań firmy do zmieniających się warunków rynkowych.

Punktem wyjścia do wyceny opcji realnych były prace Blacka, Scholesa [3] i Mertona [22] dotyczące wyceny opcji finansowych. Następnie, Cox, Ross i Rubinstein [11] zaprezentowali podejście wyceny opcji oparte na drzewach dwumianowych. Od tego czasu obserwujemy mnogość literatury na temat wyceny opcji.

W latach 80-tych opcje realne zaczęły być stosowane w wielu firmach, głównie japońskich. Dzisiaj stają się standardowym narzędziem planowania strategicznego w dużych korporacjach na całym świecie¹. Równolegle doskonalone są metody numeryczne obliczania wartości opcji realnych².

Niniejsza praca poświęcona jest przeglądowi podstawowych faktów dotyczących opcji realnych, a w szczególności metod ich wyceny.

¹ Sztandarowymi przykładami firm stosujących opcje realne są Airbus i Enron. Upadek tej ostatniej kładzie się jednak cieniem na perspektywach dotyczących stosowania opcji realnych w biznesie, mimo że, jak powszechnie wiadomo, to nie użycie opcji realnych było przyczyną spektakularnego bankructwa firmy.

² Do tej pory opatentowano kilka takich metod, m.in.: ROC™ (por: <http://www.onwardinc.com/roc/>) i S-ROV™ (por. <http://www.rogroup.com>).

2. Klasyfikacja opcji realnych

Rozważmy inwestora otwierającego kawiarenkę internetową. Załóżmy, że wynajmuje on lokal większy niż potrzebuje w odniesieniu do pierwotnie zakładanej liczby stanowisk. Można ten fakt interpretować następująco: inwestor nabywa pewną opcję realną. Przypomina ona wyraźnie, znaną w świecie finansów od lat, opcję call. Jeśli popyt na usługi będzie mały, opcja nie przyda się. Jeśli jednak popyt przekroczy pewien próg, inwestor będzie mógł zrealizować opcję – łatwo i szybko rozwinąć działalność i wypracować dodatkowe zyski. Wypłata z tej opcji dana jest następującym wzorem: $\max(0, R-K)$, gdzie K to nakłady poniesione na zakup kolejnych stanowisk (wartość inwestycji), a R oznacza zyski związane z dodatkowym stanowiskiem komputerowym. Instrumentem bazowym jest tu wartość popytu – od niego zależy wypłata z naszej opcji. Ponieważ jednak popyt wprost przekłada się na przepływy pieniądza kawiarni, a zatem również na ich podstawie można wyliczyć wypłatę opcji, wielu autorów [24, 10] przyjmuje w tego typu sytuacjach właśnie pewne przepływy gotówki związane z projektem jako instrument bazowy opcji realnej. Wykorzystując tę konwencję, jako instrument bazowy rozważanej opcji realnej można by przyjąć zyski R z funkcjonowania dodatkowego stanowiska komputerowego, co wydaje się naturalne patrząc na wzór wypłaty opcji.

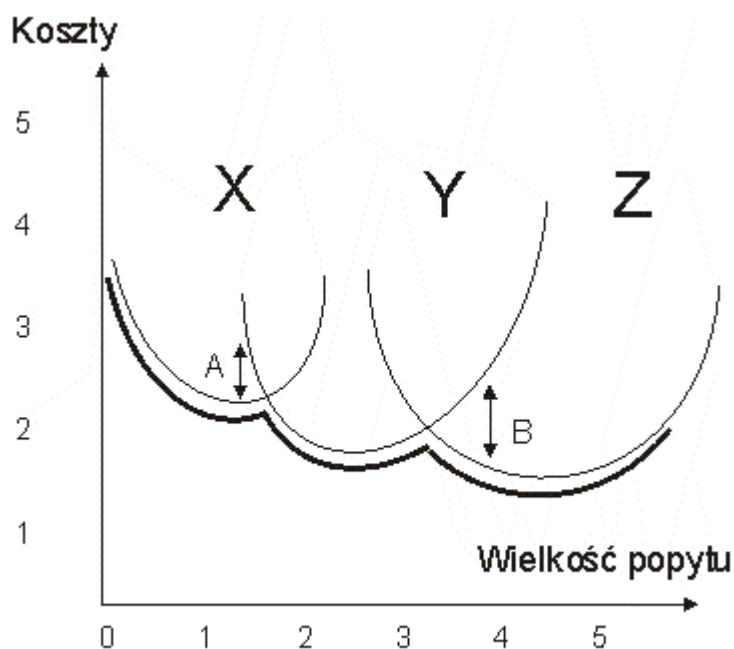
W wypadku gdy w naszej kawiarni jest też zaplecze kuchenne, to możemy mówić o kolejnej opcji. Jeśli bowiem popyt na Internet będzie mały, inwestor będzie mógł zredukować liczbę stanowisk, a zwolnione miejsce wynajmując jako bar. Tym razem opcja przypomina znaną w świecie finansów opcję put, jej wypłata dana jest wzorem $\max(0, K-R)$, gdzie K to przychód z najmu, a R to zyski z dalszego prowadzenia likwidowanych stanowisk.

Niezależnie od zaczerpniętej ze świata finansów klasyfikacji opcji na call i put, w literaturze [10] klasyfikuje się opcje realne zależnie od możliwości, jakie oferują. Najbardziej typowe opcje to: opcja odsunięcia projektu w czasie (ang. deferral option), opcja porzucenia (ang. abandon option), opcja zmniejszenia skali projektu (ang. contract option), opcja rozwoju (ang. growth option).

Typowe projekty są jednakże zbiorem bardzo wielu opcji, z których część jest wzajemnie od siebie zależna. Stąd kolejna kategoria tzw. opcji złożonych (ang. compound options), a także opcji uzależnionych od kilku źródeł ryzyka, tzw. opcji tęczy (ang. rainbow options).

3. Wymiar mikroekonomiczny

Zakładając kawiarenkę inwestor mógł wybrać różną wielkość swojej firmy. Każda ma inną krótkookresową funkcję średnich kosztów, przez co działa optymalnie przy innej wielkości popytu. Na poniższym wykresie przedstawiono funkcje kosztów dla trzech przykładowych wielkości firmy X, Y, Z. Załóżmy, że otwarta przez naszego inwestora kawiarnia internetowa jest wielkości Y. Łatwo zauważyć, że minimalizuje ona koszty (optymalizuje zysk) przy popycie około 2,5 jednostki. Przy popycie mniejszym lub większym koszty radykalnie rosną czyniąc działalność kawiarni nieopłacalną. Analizowane opcje realne umożliwiają jednak inwestorowi przeskoczenie w krótkim okresie na krzywe X lub Z. Dzięki opcjom realnym to obwiednia na wykresie 1 (podniesiona oczywiście o koszty uzyskania opcji) jest wobec tego rzeczywistą ilustracją krótkookresowej funkcji kosztów rozważanej kawiarni.



Wykres 1: Funkcje kosztów dla firm o różnej wielkości.

Opcje realne radykalnie zwiększyły więc możliwości reagowania na zmieniające się warunki rynkowe. To, co możliwe jest normalnie tylko w długim okresie czasu, stało się dla naszego

inwestora kwestią krótkookresowych decyzji. Standardowe metody wyceny projektów nie zauważają często tego typu efektów, wypaczając znacząco wartość inwestycji.

4. Problemy z wyceną

Mimo narzucającego się wrażenia, że opcje realne są właśnie tym, czego brakowało do precyzyjnej wyceny projektów, ich stosowanie w praktyce biznesowej spotyka się z oporem. Głównym powodem jest brak przekonania menadżerów co do poprawności metody. Sugerowane przez teoretyków rozwiązania wymagają często zaawansowanego aparatu matematycznego (stochastyczne równania różniczkowe), więc cała teoria traktowana jest przez większość menadżerów z nieufnością i poczuciem, że metodologia używana do obliczeń jest trudno weryfikowalna³.

Intuicyjnie przyjmowane przez menadżerów kryterium prostoty jako wyznacznika prawdziwości teorii wydaje się jednak sprawdzać w tym przypadku. Pomimo intensywnych badań teoretycznych nie udało się bowiem uzyskać jak dotąd jasnej, spójnej i dającej się łatwo zastosować w praktyce teorii wyceny opcji realnych. Głównym problemem pozostaje modelowanie i wycena ryzyka. Źródłami ryzyka pojawiającymi się w kontekście realnych instrumentów pochodnych są bowiem najczęściej procesy obserwowane w rzeczywistym świecie, jak np. pogoda w regionie czy zainteresowanie klientów produktem, przez co znalezienie ich związku z rynkiem finansowym, na którym dokonywana jest wycena, bywa zadaniem bardzo wymagającym.

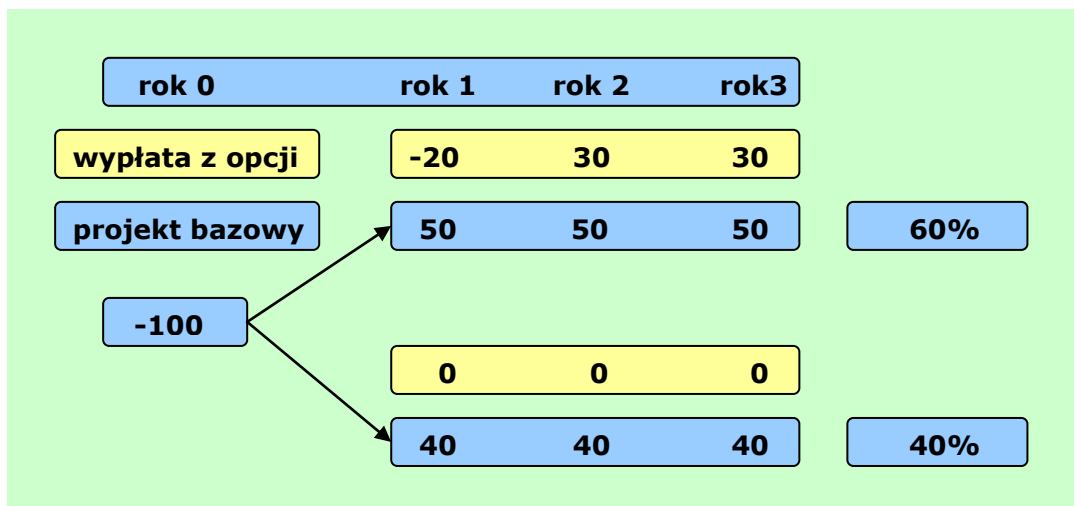
5. Drzewa decyzyjne a opcje realne

Najbliższą intuicji menadżerów metodą wyceny realnych instrumentów pochodnych jest rozwinięcie metody dyskontowanych przepływów w bardziej rozbudowane drzewo decyzyjne. W metodzie tej musimy wprost wskazać źródła ryzyka, podając możliwe wydarzenia i ich prawdopodobieństwa. Rozważmy ponownie przykład kawiarni internetowej, tym razem przyjmując konkretne założenia budżetowe i ograniczmy nasze rozważania do

³ Por. *Real Options and Corporate Practice*, "Journal of Applied Corporate Finance", Vol.15, No 2, Winter 2003, p.8

opcji zwiększenia rozmiaru działalności. Niech oczekiwane przepływy pieniężne dla początkowej liczby stanowisk w 3-letnim okresie trwania projektu wynoszą: -100, 40, 40, 40 w przypadku małego popytu, a -100, 50, 50, 50 w przypadku dużego popytu. Niech koszt kapitału wynosi 20%, a szacunkowe prawdopodobieństwo wystąpienia dużego popytu 60%. Bez uwzględnienia opcji realnej NPV projektu wynosi -3,1, co by oznaczało, że projekt nie nadaje się do realizacji. Jest to oczywiście błąd, ponieważ uwzględniliśmy wydatki związane z wynajmem dodatkowej powierzchni nie uwzględniając korzyści, jakie może to przynieść.

Jeśli zatem uwzględnimy wypłaty opcji realnej, która przy dobrej koniunkturze (po dodatkowej inwestycji 20) pozwoli zwiększyć przepływy w kolejnych latach do 80, to otrzymamy następujące drzewo (wykres 2).



Wykres 2: Drzewo decyzyjne z opcją realną.

Sumując teraz w każdym roku wypłaty z opcji i projektu bazowego otrzymujemy NPV projektu równe 9,8. Sama opcja została więc wyceniona metodą drzewa decyzyjnego na $9,8 - (-3,1) = 12,9$.

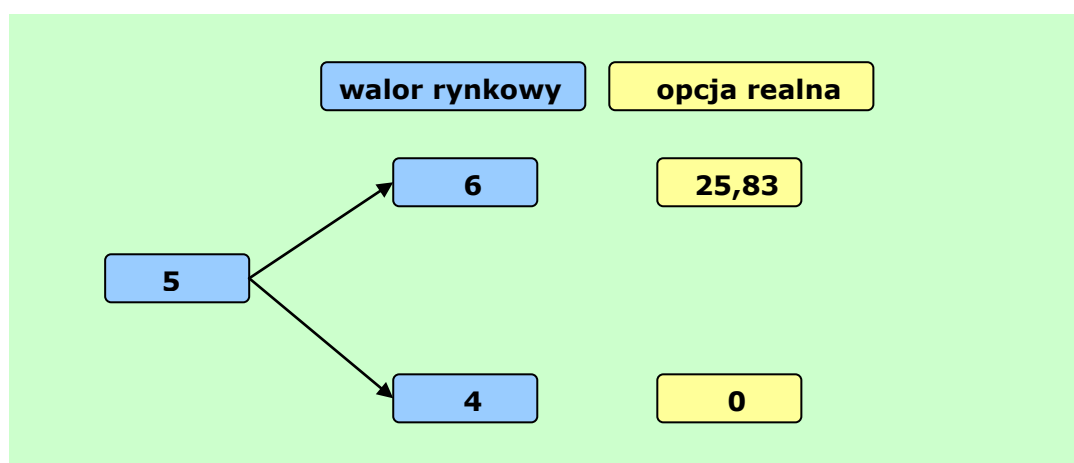
Pojawiają się jednak głosy krytyczne wobec tej metody:

1. Twierdzi się [24], że po dodaniu kilku kolejnych opcji drzewo decyzyjne zamienia się w skomplikowany i nieprzejrzysty „krzak decyzyjny”, co skutecznie utrudnia strategiczne planowanie dokonywane z jego użyciem.
2. Autorzy [10] kwestionują też możliwość wiarygodnego oszacowania fizycznych prawdopodobieństw, których znajomość jest warunkiem *sine qua non* tej metody.

3. Zwraca się też uwagę [10] na fakt, że przy takim zastosowaniu metody do dyskontowania wszystkich przepływów użyty został ten sam koszt kapitału, podczas gdy zmienność zwrotów z projektu oraz zwrotów samej opcji mogą być różne.
4. Warto tu też podkreślić, iż metoda drzew decyzyjnych ignoruje zupełnie istnienie rynku, na którym wiele z pojawiających się w projekcie wzorów przepływów gotówki może mieć już swoje ceny. Wiadomym zaś jest, że ich ponowna wycena według prawdopodobieństw fizycznych (jak to ma miejsce w metodzie drzew decyzyjnych) jest niepoprawna i z reguły otwiera możliwości arbitrażu.

6. Metodologia opcji finansowych

Podejmijmy jeszcze jedną próbę obliczenia wartości tej samej opcji, tym razem wykorzystując metodologię zaczerpniętą ze świata opcji finansowych. Ponieważ decyzja rozwinięcia bądź nie działalności kawiarni zostaje podjęta na początku pierwszego roku, a wszystkie kolejne przepływy są jej skutkiem, możemy uprościć sytuację rozważając zamiast trzech corocznych wypłat opcji ich sumę zdyskontowaną kosztem kapitału na pierwszy rok. Przy takiej interpretacji wypłata rozważanej opcji to 25,83 gdy popyt będzie duży, a 0 w przeciwnym wypadku. Musimy teraz znaleźć walor, który jest obiektem handlu giełdowego i którego wartość zależy, tak samo jak wypłata rozważanej opcji, od popytu na usługi rozważanej kawiarni internetowej. Niech przykładowo postulowany walor rynkowy kosztuje 5 i wypłaca po roku 6 gdy popyt będzie duży, lub 4 gdy popyt będzie mały. Zestawienie wypłat opcji realnej oraz waloru rynkowego przedstawia wykres 3.



Wykres 3: Wypłaty opcji realnej oraz waloru rynkowego

Niech dany też będzie instrument wolny od ryzyka kosztujący 10 i wypłacający po roku 11. Inwestując teraz 64,58 w rynkowy walor zależny od popytu oraz pożyczając 46,97 po stopie wolnej od ryzyka, otrzymamy portfel mający takie same wypłaty jak rozważana opcja realna, czyli replikujący wypłaty opcji realnej. Jeśli bowiem popyt okaże się duży, to wartość portfela będzie wynosić $64,58 \times \frac{6}{5} - 46,97 \times \frac{11}{10} = 25,83$, jeśli zaś mały, to wartość będzie wynosić $64,58 \times \frac{4}{5} - 46,97 \times \frac{11}{10} = 0$.

Posługując się teraz argumentem braku arbitrażu stwierdzamy, że początkowa wartość opcji to początkowa wartość portfela replikującego, czyli $64,58 - 46,97 = 17,61$. Nie przypadkiem otrzymany wynik jest różny od otrzymanego wcześniej. Użyta tu została bowiem informacja pochodząca z rynku, a nie (jak w przypadku drzewa decyzyjnego) dokonana przez menadżerów subiektywna ocena prawdopodobieństw.

Stosując tę metodę nie modelujemy bezpośrednio źródła ryzyka związanego z rozważaną opcją, ale wskazujemy inny walor rynkowy, którego wypłaty również zależą od tego źródła i wyceniamy opcje względem tego waloru. Niestety nadal musimy wskazać wszystkie scenariusze rozwoju kawiarni i możliwe ceny potrzebnego waloru, choć już nie ma konieczności szacowania prawdopodobieństw każdego z rozważanych scenariuszy.

Używając metodologii finansowej autorzy w literaturze posługują się częściej modelem Blacka-Scholesa [3]. Zakłada on pewną dynamikę zmian cen waloru, przez co zwalnia z konieczności ustalania scenariuszy i wycena realnego instrumentu pochodnego sprowadza się do znalezienia kilku podstawowych parametrów: aktualnej ceny waloru replikującego, wypłaty opcji realnej zależnie od przyszłej wartości tego waloru, zmienności zwrotów waloru oraz stopy wolnej od ryzyka. Obliczenie ceny instrumentu pochodnego sprowadza się wtedy do numerycznego obliczenia pewnej całki, a dla wypłat pewnej postaci, takich jak np. standardowe opcje call i put, cenę można znaleźć analitycznie.

Dla rozważanej wcześniej kawiarni internetowej taka wycena opcji rozszerzenia działalności mogłaby wyglądać następująco. Na rynku znajdujemy walor bliźniaczy idealnie skorelowany ze zdyskontowanymi na pierwszy rok przepływami generowanymi przez dodatkowe

stanowisko komputerowe (R). Po odpowiednim przeskalowaniu (por. prace Amrama i Kulatilaki [1]), tak by walor generował przepływy dokładnie równe R , znaleziony walor rynkowy możemy utożsamić z instrumentem bazowym opcji realnej. Jak już zostało wcześniej zaznaczone, wypłata z rozważanej opcji to $\max(0; R - K)$, gdzie K to koszt rozbudowy działalności (wcześniej założyliśmy, iż wynosi 20). Jest to więc wypłata z opcji call o cenie realizacji 20 na znaleziony instrument bazowy. Znając aktualną cenę instrumentu bazowego (30), zmienność zwrotów⁴ (30%), stopę wolną od ryzyka (10%) i czas realizacji (decyzję o rozszerzeniu podejmiemy za 1 rok⁵) możemy obliczyć wartość rozważanej opcji realnej rozszerzenia działalności kawiarni wg wzoru Blacka-Scholesa otrzymując 12,03.

Przedstawiona metoda wyceny opcji realnych (za Borisonem [4]) zwana jest metodą klasyczną. Warto tu jeszcze raz podkreślić najbardziej charakterystyczną cechę takiego podejścia. Konsekwentnie polega ono na mocnym i mało realistycznym założeniu, że potrafimy znaleźć na rynku walor, który możemy utożsamić z instrumentem bazowym opcji oraz skonstruować portfel replikujący wypłatę z opcji. Z tego powodu metoda ta stosowana jest najczęściej w odniesieniu do projektów związanych z przetwarzaniem surowców (ang. commodities), tj. ropy, miedzi, cynku itp, gdzie znalezienie portfela przynajmniej prawie dokładnie replikującego wypłatę opcji realnej wydaje się być możliwe, gdyż surowce te są w obrocie giełdowym.

Wątpliwości co do zasadności takiego zastosowania metody klasycznej w praktyce dostarcza praca Hubalka i Schachermayera [16]. Główna teza ich pracy brzmi, że (pod pewnymi założeniami) jeśli nie potrafimy znaleźć portfela umożliwiającego replikację wypłaty opcji realnej, a tylko portfel umożliwiający replikację z pewną dokładnością, to „każda liczba w przedziale $(0, \infty)$ może, bez złamania zasady braku arbitrażu, być możliwą ceną tej opcji”. Autorzy zaznaczają, że „przesłaniem ich artykułu nie jest twierdzenie, że używanie metodologii Blacka-Scholesa do wyceny opcji realnych jest błędne. Kiedy jednak stosujemy tę metodologię do opcji realnych, których instrument bazowy nie jest walorem znajdującym się w obrocie, to należy zachować ostrożność i zdawać sobie sprawę, że dochodzą wtedy do głosu subiektywne wybory i prawdopodobieństwa”. Na pocieszenie pozostaje fakt, że jeśli portfel prawie dokładnie replikuje wypłatę opcji, to po odrzuceniu już kilku procent najmniej

⁴ W praktyce posługujemy się tu najczęściej łatwą do znalezienia tzw. wolatylnością implikowaną (zakładamy, że w obrocie znajdują się opcje finansowe na walor bliźniaczy).

⁵ W praktyce większość opcji realnych to opcje amerykańskie, tzn. dające możliwość wcześniejszej realizacji. Dla prostoty pokazu dokonujemy jednak obliczeń dla opcji europejskich.

prawdopodobnych przypadków (tzn. cen, które dopuszczają arbitraż tylko z prawdopodobieństwem mniejszym od zadanego) przedział możliwych cen bardzo się kurczy.

7. Problem portfela replikacyjnego

Metody zapożyczone ze świata finansów bazują na możliwości replikacji. Ich użycie do wyceny opcji realnych jest więc uzasadnione tylko wtedy, jeśli na rynku istnieje walor, który mógłby być użyty do replikacji wypłaty z opcji realnej. W szczególności można postulować, jak to zostało przedstawione w poprzednim paragrafie, że na rynku istnieje walor bliźniaczy, który generuje przepływy idealnie skorelowane z instrumentem bazowym opcji. Nie przypadkiem w poprzednim paragrafie nie zostało jednak wyjaśnione, czym jest znaleziony walor rynkowy użyty do replikacji. Znalezienie go jest z reguły zadaniem trudnym.

Niektórzy autorzy zdają sobie sprawę, że koncepcja bliźniaczych walorów jest mocna i prawdopodobnie mało realistyczna. Szukają więc sposobów innego uzasadnienia użycia zaczerpniętych z rynków finansowych metod wyceny opcji realnych.

1. Trigeorgis [24] pisze, że „istnienie w obrocie na rynku zupełnym bliźniaczego waloru (albo portfela walorów), który jest idealnie skorelowany z instrumentem bazowym opcji realnej jest wystarczającym warunkiem do wyceny opcji realnej” (według metodologii opcji finansowych - (przypis autora)). Szeroką prezentację takiego podejścia zawierają prace Howella [15] i Luehrmana [20]. W oparciu o tę metodę opcje realne wyceniali m.in. Boer [5] i Kellog [18].

Przy braku wskazania na rynku waloru, którego używamy podczas replikacji, pojawia się jednak problem ustalenia niezbędnych do wyceny opcji parametrów. W praktyce zarówno dzisiejszą wartość instrumentu bazowego, jak i zmienność zwrotów ustala się subiektywnie, analizując przepływy generowane przez projekt. Nawet jeżeli zgodzimy się więc z głównym założeniem, iż istnieje na rynku walor, który mógłby zostać użyty do budowy portfela replikującego, co usprawiedliwia użycie metod zaczerpniętych ze świata finansów, to otrzymany tą metodą wynik będzie tylko na tyle wiarygodny, na ile dobrze odgadliśmy parametry tego waloru. Wątpliwości budzi też fakt, że wyceniliśmy opcję metodą zakładającą możliwość budowy portfela replikującego wypłatę opcji, podczas gdy nie posiadamy

wystarczających informacji by to zrobić (tzn. nie potrafimy wskazać odpowiedniego portfela), a ich zdobycie wiązałoby się z dodatkowymi kosztami.

2. Copeland [10] rozwija tę koncepcję. Zauważa, że „stosowanie podejścia z użyciem bliźniaczego waloru jest wysoce frustrujące, jako że znalezienie waloru będącego w obrocie giełdowym, a którego przepływy gotówki są idealnie skorelowane z przepływami generowanymi przez instrument bazowy opcji realnej przez cały okres trwania projektu, jest praktycznie niemożliwe” Jako rozwiązanie problemu Copeland wprowadza koncepcję pod nazwą MAD (ang. Marketed Asset Disclaimer), gdzie proponuje założyć, że instrument bazowy opcji realnej jest po prostu walorem finansowym i wycenić opcję realną na takim rozszerzonym o nowy instrument rynku. Często, podobnie jak w przypadku rozważanej kawiarni internetowej, instrument bazowy opcji można utożsamić z przepływami generowanymi przez fragment rozważanego projektu. Stosowanie koncepcji MAD w praktyce sprowadza się więc do próby oszacowania ceny rynkowej i zmienności zwrotów projektu, tak jakby był on przedmiotem obrotu. Copeland proponuje użycie tu bazowej (bez opcji) wartości NPV projektu⁶. Zakłada bowiem, iż owa wartość NPV jest najlepszym nieobciążonym szacunkiem ceny, jaką projekt uzyskałby na rynku, gdyby był w obrocie. Zmienność zwrotów wyznaczana jest natomiast [10] poprzez identyfikację czynników ryzyka i symulacje Monte Carlo.

Wartość opcji liczona jest więc względem wartości rynkowej bazowego projektu. Kluczowym zagadnieniem jest zatem poprawne obliczenie tej wartości. Ponieważ, podobnie jak w przypadku drzew decyzyjnych, takie podejście charakteryzuje brak bezpośredniego związku obliczanej wartości opcji z rynkiem, wynik będzie poprawny tylko wówczas, jeśli szacując właśnie wartość dzisiejszą projektu bazowego uwzględnimy wyceny rynkowe. Niestety wymaga to dokładnej analizy związku przepływów generowanych przez projekt z cenami walorów rynkowych i proste NPV może nie być tu wystarczającym narzędziem.

3. W roku 2001 Fernandez [13] zasugerował użycie podczas wyceny opcji realnych zmodyfikowanego wzoru Blacka-Scholesa, gdzie poza standardowymi czynnikami, wartość opcji zależy także od oczekiwanego zwrotu z instrumentu bazowego opcji i stopy dyskontowej właściwej dla danego projektu. Oznacza to jednak rezygnację z metodologii

⁶ Pogląd ten podzielają także Brealey i Myers [6].

replikacji. Ostatecznie liczona jest wartość oczekiwana zdyskontowanych przepływów według prawdopodobieństw fizycznych, które obliczane są na podstawie dodatkowych parametrów. Metoda ta nie jest więc niczym innym jak pewnym uogólnieniem drzew decyzyjnych, nie rozwiązującym jednak żadnego ze związanych z nimi problemów.

8. Metody zintegrowane

We wszystkich przedstawionych powyżej metodach (drzewa decyzyjne, metoda klasyczna, metoda MAD) mamy do czynienia z jednym z dwóch problemów: wyceniamy projekt w oderwaniu od rynku (drzewa decyzyjne), bądź nieco na siłę szukamy związków projektu z rynkiem (metody finansowe).

Jako rozwiązanie tego problemu Smith i McCradle [23] zaproponowali procedurę zintegrowanej wyceny opcji realnych, gdzie używa się metody opcji finansowych w odniesieniu do fragmentów projektu, które można zreplikować, i metodę drzew decyzyjnych w odniesieniu do innych kategorii ryzyka. Określają oni obie kategorie ryzyka odpowiednio jako *public* i *private*. Metoda polega na budowie drzewa decyzyjnego, identyfikacji źródeł ryzyka i przyporządkowaniu odpowiednich metod wyceny (replikacja, prawdopodobieństwa rzeczywiste) różnym elementom drzewa. Poprawność wyceny zależy tu więc od poprawności podziału drzewa na odpowiednie części. Poza oczywistymi przypadkami, gdy w drzewie pojawiają się np. opcje walutowe, nie jest to jednak zadanie proste. Przykładowo, dla rozważanej kawiarni internetowej zapewne część przepływów dałoby się zreplikować używając udziałów w wybranym portalu internetowym (większa wartość portalu zapewne wynika z większego zainteresowania Internetem), bądź spółce sprzedającej stałe łącza do Internetu (więcej prywatnych łączy zmniejsza zainteresowanie kawiarniami internetowymi), ale jakiegokolwiek precyzyjne oszacowania wydają się być niemożliwe. Metoda teoretycznie poprawna, w praktyce usuwa więc tylko znaczące sprzeczności między drzewem decyzyjnym a rynkiem, pozostawiając jednakże wiele mniej oczywistych.

Innym podejściem jest tzw. realistyczna wycena opcji realnych zaproponowana przez Capińskiego i Patenę [7, 8]. Odrzucają oni założenie o idealnej korelacji pomiędzy instrumentem bazowym opcji realnej a walorem finansowym. Szukają natomiast zależności

między stopniem tej korelacji a ceną opcji realnej. Rozważają dwa walory, realny i finansowy, modelując dynamikę wypłat i korelację za pomocą drzewa czteromianowego.

Przy założeniu korelacji 1 wycena opcji jest łatwa i może być oparta na założeniu dotyczącym istnienia portfela replikacyjnego (metoda klasyczna). Przy braku idealnej korelacji, autorzy szukają niezbędnej do wyceny ryzyka informacji w dotychczasowej działalności firmy – podstawą wyceny opcji realnej staje się założenie dotyczące niezmienności indeksu Sharpa dla konkretnej firmy. Skutkiem takiego podejścia jest wyznaczenie przedziału cen dla konkretnej opcji przy różnych wartościach korelacji pomiędzy walorem realnym i finansowym.

8. Podsumowanie

Powyższy przegląd prac dotyczących opcji realnych wskazuje na złożoność problemu wyceny opcji realnych. Nie udało się, jak w przypadku opcji finansowych, ustalić metody dającej – nawet pod pewnymi założeniami – obiektywną cenę. Problemem jest ustalenie prawdopodobieństw fizycznych, wskazanie waloru bliźniaczego, odgadnięcie parametrów waloru bliźniaczego bądź też wskazanie części projektu dających się zreplikować na rynku.

1. Użycie drzew decyzyjnych do wyceny opcji realnych nie wydaje się być możliwe poza ramowymi przykładami akademickimi. Subiektywność w ustalaniu prawdopodobieństw i stopień skomplikowania „decyzyjnych krzaków” czyni wyceny mało precyzyjnymi.
2. Metody finansowe bazują zaś na możliwości replikacji, a zidentyfikowanie fragmentów projektu mających swoje odpowiedniki na rynku wydaje się być, przy obecnej złożoności rynków i liczbie dostępnych walorów, nierealne.
3. Metody zintegrowane są na początkowym etapie badań. Ich użycie w odniesieniu do rzeczywistych inwestycji jest zatem bądź niemożliwe, bądź skomplikowane.

Ponieważ opcje realne mają bezpośrednie zastosowanie w biznesie to, jak pisze Borison [4], problemu nie można rozpatrywać jedynie w kontekście braku akademickiej precyzji. Konsekwencją są bowiem błędne decyzje inwestycyjne i straty finansowe.

Reasumując, przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych nie można ignorować pojawiających się opcji realnych. Radykalnie zwiększają one możliwości reagowania firmy na zmieniające się warunki rynkowe, a zatem ewidentnie mają pewną wartość. Trzeba być jednak świadomym, że wycena opcji realnych jest jak na razie sprawą subiektywnych wyborów, i to w dużo większym stopniu, niż dałoby się to wytłumaczyć tylko innym nastawieniem inwestorów do ryzyka.

Literatura

- [1] Amram M., Kulatilaka N., *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Harvard Business School Press, Boston , 1999
- [2] Amram M., Kulatilaka N., “Uncertainty: The New Rules for Strategy”, *The Journal of Business Strategy*, Vol. 20, Issue 3, May/June 1999
- [3] Black F., Scholes M., “The Pricing of Options and Corporate Liabilities”, *Journal of Political Economy*, Vol.81, pp.637-659, May-June 1973]
- [4] Borison A., “Real Options Analysis: Where are the Emperor’s Clothes?”, *Working Paper*, 2003, http://ardent.mit.edu/real_options/RO_current_lectures/borison.pdf [dostęp: 22.06.2004]
- [5] Boer F.P., *Valuation of Technology Using Real Options*, Research Technology Management, July/August 2000
- [6] Brealey R., Myers S., *Principles of Corporate Finance*, 6th Edition, Irwin MsGrow-Hill, Boston, 2000
- [7] Capiński M., Patena W., “Real Options – Realistic Valuation”, *Working Paper*, 2003, <http://papers.ssrn.com>
- [8] Capiński M., Patena W., „Model wyceny opcji realnych”, *Rynek Terminowy*, 2003/4, str. 109-112
- [9] Constantinides G., “Market Risk Adjustment in Project Valuation”, *Journal of Finance*, Vo. 33, No. 2, pp. 603-616, 1978
- [10] Copeland T., Antikarov V., *Real Options. A Practitioner’s Guide*, Texere, 2000
- [11] Cox J., Ross S., Rubinstein M., “Option Pricing: A Simplified Approach“, *Journal of Financial Economics*, vol.7, pp.229-263, 1979

- [12] Dixit A.K., Pindyck R.S., *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1994
- [13] Fernandez P., *Valuation methods and Shareholder Value Creation*, Academic Press, San Diego, 2002
- [14] Herath H.S.B., Park C.S., “Exploiting Uncertainty – Investment Opportunities as Real Options: A New Way of Thinking in Engineering Economics“, *The Engineering Economist*, Vol. 45 , No. 1, pp. 2-36 , 2001
- [15] Howell S., Stark A., Newton D., Paxson D., Cavus M., Pereira J., Patel K., *Real Options: Evaluating Corporate Investment Opportunities in a Dynamic World*, Prentice Hall, 2001
- [16] Hubalek F., Schachermayer W., “The Limitations of No-Arbitrage Arguments for Real Options”, *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, No. 4(2), pp. 361-373, 2001
- [17] Hull J.C., *Options, Futures and Other Derivatives*, Prentice Hall, 1989
- [18] Kellog D., Charnes J.M., “Real Options Valuation for a Biotechnology Company”, *Financial Analysts Journal*, May/ June 2000, pp. 76-84
- [19] Kemna A., “Case Studies on Real Options”, *Financial Management*, Autumn 1993
- [20] Luehrman T., “Investment Opportunities as Real Options: Getting Started on the Numbers”, *Harvard Business Review*, July-August 1998, pp. 3-15
- [21] Luenberger D., *Investment Science*, Oxford University Press, New York, 1998
- [22] Merton R.C., “Theory of Rational Option Pricing”, *Bell Journal of Economics and Management Sciences*, Vol. 4, No.1, pp. 141-183, 1973
- [23] Smith J., McCradle K., “Valuing Oil Properties: Integrating Option Pricing and Decision Analysis Approaches”, *Operations Research*, Vol. 46, No 2, 1998, pp.198-217
- [24] Trigeorgis L., *Real Options*, 4th Ed. The MIT Press, 1999