

ELŻBIETA RYCHŁOWSKA-MUSIAŁ*

Opcje realne na rynku konkurencyjnym – gry opcyjne

Wprowadzenie

Kiedy w latach 90. XX w. powstawały pierwsze prace wykorzystujące aparat opcji realnych (rzeczowych) w wycenie projektów inwestycyjnych, wrócono tej koncepcji szybki rozwój. Wydawała się być idealną odpowiedzią na potrzeby przedsiębiorstw (zwłaszcza dużych korporacji) w zakresie określania wartości projektów, których specyfika wymykała się sztywnym ramom klasycznych metod wyceny, pomijających potencjał możliwości związanych z projektem. Koncepcja ta pozwalała nadawać mierzalną wartość trudno kwantyfikowalnej wielkości, jaką jest elastyczność. Elastyczność w koncepcji opcji realnych to możliwość aktywnego reagowania na zmieniające się warunki otoczenia gospodarczego, dostosowywanie prowadzonych działań do zachodzących zmian technologicznych. Elastyczność może przyjmować różne formy opisywane poprzez różne rodzaje opcji realnych. Gdy decydent ma możliwość odłożenia rozpoczęcia realizacji w czasie, pojawia się opcja opóźnienia. Inne rodzaje opcji opisują możliwości rezygnacji z prowadzonej działalności, zmiany jej skali poprzez dopasowanie podaży do popytu rynkowego lub przełączanie działalności pomiędzy różnymi procesami lub produktami w prowadzonej działalności.

Wiele międzynarodowych korporacji korzystało z aparatu opcji realnych przy wycenie projektów (m.in. Merck, GlaxoSmithKline, Boeing, General Motors, Hewlett Packard, Morgan Stanley, KGHM Polska Miedź), jednak wykorzystanie opcji realnych w praktyce gospodarczej pozostaje cały czas poniżej oczekiwań środowisk akademickich. Z jednej strony mogą być to powody dotyczące spraw fundamentalnych, takich jak spełnienie założeń niezbędnych w konstrukcji modelu wyceny, z drugiej strony problemy z ustaleniem wiarygodnych wartości pa-

* Dr hab. Elżbieta Rychłowska-Musiał, Katedra Matematyki Stosowanej, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu; e-mail: elzbieta.musial@ue.poznan.pl

rametrów. Nie bez znaczenia jest także fakt, iż w koncepcji opcji realnych ryzyko związane z projektem jest postrzegane jako szansa, a nie zagrożenie. Może to budzić określone obawy u podejmujących decyzje menedżerów. Kolejnym czynnikiem ograniczającym wykorzystanie koncepcji opcji realnych w praktyce gospodarczej jest fakt, iż większość opcji identyfikowanych w projektach to nie są opcje wyłączne, dające posiadaczowi prawo podjęcia decyzji w optymalnym dla niego momencie, lecz opcje powszechne będące w posiadaniu kilku podmiotów, które mogą ze sobą konkurować o zajęcie najkorzystniejszej pozycji na rynku w związku z posiadaną opcją realną. W tego typu opcjach o ich wykonaniu decyduje już wiele dodatkowych czynników. Ten właśnie aspekt opcji powszechnych będzie przedmiotem rozważań w tym artykule. Rozważymy, w jaki sposób uwzględnienie obecności środowiska konkurencyjnego wpływa na wartość opcji realnej, na realizowane przez firmę strategie.

Z jednej strony, koncepcja opcji realnych wydaje się szczególnie użyteczna właśnie na rynkach konkurencyjnych, na których trudno określić w sposób sztywny długofalową koncepcję rozwoju, a gwarancją sukcesu firmy jest często umiejętność elastycznego reagowania na zachodzące zmiany rynkowe. Z drugiej strony, w klasycznej koncepcji opcji realnych nie ma wielu możliwości uwzględniania zachowań konkurencji w wycenie projektu lub budowie strategii. Może to być jednym z czynników ograniczających wykorzystanie koncepcji opcji realnych na rynkach konkurencyjnych.

1. Klasyczna koncepcja opcji realnych

W klasycznej koncepcji opcji realnych mają one zazwyczaj charakter opcji wyłącznych (*proprietary option*), które są własnością jednego podmiotu i decyzje innych uczestników rynku nie mają wpływu na wysokość wypłaty uzyskanej z realizacji opcji. Ma to uzasadnienie w przypadku monopolisty lub przedsiębiorstwa posiadającego licencję, patent lub koncesję. Znaczna część opcji realnych to jednak opcje powszechne (*shared options*), będące współwłasnością większej liczby przedsiębiorstw; wówczas liczba konkurentów i możliwe strategie wykonania inwestycji wpływają na wartość opcji (Smit, Trigeorgis 2004, s. 23).

Wpływ konkurencji w podejściu klasycznym ma charakter egzogeniczny i może być ujmowany w dwojaki sposób. Jeżeli przyjmiemy, że realizacja analogicznego projektu przez konkurenta pozbawia firmę części rynku/przychodów, to miarą tego ubytku wartości projektu może być parametr *convenience yield* (Smit, Trigeorgis 2004, s. 112). Wielkość ta (odpowiednik stopy dywidendy w opcjach finansowych) jest różnie interpretowana, w zależności od rodzaju problemu w opcjach realnych. Zawsze jednak jest odbiciem kosztów, rzeczywistych lub alternatywnych, ponoszonych przez posiadacza opcji. Można też wejście konkurencji na rynek modelować procesem stochastycznym. Zwykle jest to proces Poissona z parametrem $\lambda \geq 0$, przy czym oczekiwany czas realizacji tego zdarzenia jest równy odwrotności

parametru λ (Mauer, Ott 2000). Ponadto konkurencyjny charakter rynku może być ujęty w postaci funkcji popytu (Dixit, Pindyck 1994).

Wszystkie te rozważane podejścia do opisu wpływu konkurencji na wartość opcji były jednak uważane za dalece niewystarczające, ponieważ brakowało aparatu umożliwiającego uwzględnienie interakcji pomiędzy konkurującymi firmami. Narzędzi do opisu tych zależności dostarczyła teoria gier.

2. Gry opcyjne – związek opcji realnych i teorii gier

Zachowania przedsiębiorstw były opisywane za pomocą teorii gier praktycznie od samych narodzin tej teorii w latach 40. XX w. Generalnie teoria gier opisuje sytuacje, w których podmioty świadomie podejmują decyzje mogące wpłynąć (pozytywnie lub negatywnie) na ich położenie. Mogą to być sytuacje konfliktowe, ale także i takie, w których graczom trudno ustalić wspólną strategię postępowania, mimo zgodności interesów (Małowski, Wieczorek, Sosnowska 2004, s. 12). Podejście łączące teorię gier i koncepcję opcji realnych nazywano grami opcyjnymi (*option games*) (Smit, Trigeorgis 2004; Chevalier-Roignant, Trigeoris 2011). Podejście to uwzględnia zarówno interakcje zachodzące pomiędzy konkurentami, jak i korzyści z elastyczności tkwiącej w projekcie inwestycyjnym.

Rodzaje tych interakcji różnią się w zależności od przyjętych założeń o rozłożeniu w czasie decyzji inwestycyjnych. Pierwsze podejście zakłada, że decyzje graczy są podejmowane jednocześnie i niezależnie, drugie wykorzystuje koncepcję lidera i naśladowcy. Kolejnym czynnikiem decydującym o rodzaju interakcji między firmami jest typ współzależności strategicznej zachodzącej między nimi. W warunkach strategicznej komplementarności określone działania jednych graczy skłaniają innych do podjęcia podobnych działań, wywołując w ten sposób wzmocnienie efektu. Przy strategicznej substytucyjności drugi z graczy korzysta na efektach działania pioniera (Smit, Trigeorgis 2004, s. 200).

W artykule będziemy rozważać sytuację, w której firmy podejmują decyzje inwestycyjne jednocześnie w warunkach strategicznej komplementarności.

Celem artykułu jest wskazanie przesłanek, które mogą być przyczyną ograniczonego stosowania koncepcji opcji realnych do wyceny inwestycji obciążonych ryzykiem przez firmy działające na rynku konkurencyjnym. Rozważymy, w jakich warunkach opłaca się przedsiębiorstwu zachować opcję inwestycyjną, a kiedy inwestować natychmiast, porównamy wartości opcji inwestycyjnej, gdy ma ona charakter wyłączny (monopol) oraz powszechny (rynek konkurencyjny). Zbadamy wpływ kluczowego parametru, jakim jest ryzyko (zmiennosc) na optymalną strategię inwestycyjną firmy w warunkach monopolu i konkurencji. Przedstawimy podejmowanie decyzji inwestycyjnej jako grę pomiędzy dwoma konkurentami i zobaczymy, w jaki sposób uwzględnienie konkurencji na rynku wpływa na decyzję inwestycyjną firmy.

3. Model

Przyjmujemy, że na rynku działają dwie identyczne firmy, neutralne względem ryzyka. Dla obu powstaje nowa możliwość inwestycyjna, wymagająca poniesienia nakładów inwestycyjnych w wysokości I , ($I > 0$) nakłady dla każdej firmy są identyczne, czas życia projektu jest nieskończony. Firmy mogą inwestować natychmiast lub odłożyć inwestycję na czas T , zachowując opcję inwestycyjną, oczekując na napływ informacji z rynku. Jeżeli obie firmy zainwestują w tym samym momencie, strumień korzyści, jaki uzyska każda z nich jest zredukowany ze stopą γ ($\gamma \in (0, 1)$). Jeżeli w momencie początkowym $t = 0$ zainwestuje tylko jedna, „zagarnia” ona cały rynek; wypłata dla firmy, która odłożyła inwestycję, wynosi zero.

Korzyści z projektu (Y_t) są instrumentem bazowym w modelu wyceny opcji. Zakładamy, że jego zmiany opisuje proces stochastyczny – geometryczny ruch Browna, z parametrem dryfu μ ($\mu > 0$) i zmiennością (skonsolidowaną) σ ($\sigma > 0$). Zakładamy także, iż koszt utrzymania opcji δ ($\delta > 0$, *convenience yield*) jest stały, na rynku istnieje stopa procentowa wolna od ryzyka r , ($r > 0$) stała w czasie oraz możliwa jest konstrukcja portfela pozbawionego ryzyka i wycena opcji inwestycyjnej. Wartość opcji inwestycyjnej będziemy wyznaczać korzystając z modelu Blacka-Scholesa-Mertona.

3.1. Opcja wyłączna – monopol

Na rynku monopolistycznym decyzje firmy nie są zagrożone przez działania konkurencji (opcja wyłączna). W klasycznym, statycznym podejściu kryterium decyzyjnym jest analiza zaktualizowanej wartości netto projektu (NPV). Ujemna NPV skutkuje odrzuceniem projektu, dodatnia – akceptacją. Koncepcja opcji realnych rozluźnia tę sztywną regułę decyzyjną. Ujemna NPV nie musi teraz zawsze oznaczać rezygnacji z projektu. Jeżeli towarzyszy jej dodatnia wartość opcji inwestycyjnej, wówczas strategią optymalną jest zachowanie opcji i odłożenie decyzji na później w celu obserwacji rynku. Także dodatnia nie powinna zawsze oznaczać natychmiastowej realizacji inwestycji. Jeżeli wartość projektu uwzględniająca elastyczność przekracza statyczną NPV , wówczas warto odłożyć realizację projektu i poczekać na rozwój sytuacji na rynku. Odłożenie podjęcia decyzji w czasie ma bowiem większą wartość niż natychmiastowe podjęcie nieodwracalnych działań.

Każdy scenariusz działania skutkuje określonym wynikiem finansowym, który będziemy tu nazywali wypłatą.

Wypłata dla monopolisty:

- 1) gdy inwestuje w momencie t , to zaktualizowana wartość netto projektu:

$$NPV(Y_t) = V(Y_t) - I,$$

- 2) gdy zachowuje opcję inwestycyjną i czeka, wartość wypłaty to wartość opcji:

$$F(Y_t),$$

przy czym:

$V(Y_t)$ – skumulowana wartość korzyści z projektu, zaktualizowana na moment t , $V(Y_t) = \frac{Y_t}{\delta}$ (por. Dixit, Pindyck 1994, s. 181),

I – wartość nakładów inwestycyjnych ($I > 0$),

$F(Y_t)$ – wartość opcji w momencie t wyznaczona ze wzoru Blacka-Scholesa-Mertona.

Decyzja inwestycyjna zależy od stanu otoczenia gospodarczego (reprezentowanego przez zestaw parametrów) oraz od sytuacji wewnętrznej firmy, w tym relacji między NPV a wartością opcji inwestycyjnej, które zależą od wartości strumienia korzyści z projektu Y_t . Decyzję o wykonaniu lub zachowaniu opcji inwestycyjnej firma podejmuje w momencie $t = 0$. Przyjmiemy zatem upraszczające oznaczenia:

$$\begin{aligned} V_0 &:= V(Y_t) \big|_{t=0}, \\ F_0 &:= F(Y_t) \big|_{t=0}, \\ NPV_0 &:= NPV(Y_t) \big|_{t=0}. \end{aligned}$$

W klasycznej koncepcji opcji realnych (ROA) o rozpoczęciu realizacji projektu, odłożeniu decyzji w czasie lub rezygnacji z przedsięwzięcia decyduje relacja pomiędzy wartością opcji inwestycyjnej a bieżącą wartością netto projektu. Tabela 1 przedstawia zestawienie decyzji inwestycyjnych, jakie powinna podjąć firma dysponująca opcją wyłączną, w zależności od relacji pomiędzy korzyściami z natychmiastowej realizacji inwestycji a wartością opcji inwestycyjnej. Pojawiają się trzy zakresy (przedziały) bieżących wartości korzyści z projektu, przy których firma powinna podjąć różne decyzje.

Tabela 1

Strategie inwestycyjne w warunkach monopolu – opcja wyłączna (ROA)

Zakres wartości bieżących korzyści z projektu	Relacja między korzyściami z natychmiastowej inwestycji a wartością opcji	Decyzja/strategia	Wypłata
I	$NPV_0 < F_0, F_0 = 0$	Odrzuć projekt/ rezygnacja z projektu	0
II	$NPV_0 < F_0, F_0 > 0$	Zachowaj opcję inwestycyjną/ odłóż realizację projektu	F_0
	$0 < F_0 = NPV_0$	Zachowaj opcję lub inwestuj natychmiast	$F_0 = NPV_0$
III	$0 < F_0 < NPV_0$	Inwestuj natychmiast	NPV_0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Dixit, Pindyck 1994.

Przyjmijmy pewien zestaw parametrów bazowych: nakłady inwestycyjne wynoszą $I = 6,5$ (wyrażone w umownych jednostkach pieniężnych), czas wykonania opcji to $T = 2$ lata, zmienność korzyści z projektu $\sigma = 30\%$ lub $\sigma = 80\%$, koszt utraconych korzyści $\delta = 4\%$, stopa wolna od ryzyka $r = 5\%$. Wartości parametrów zostały ustalone tak, aby zachować zależności występujące w realnych przedsiębiorstwach (podobne podejście stosują autorzy cytowanych w tekście prac).

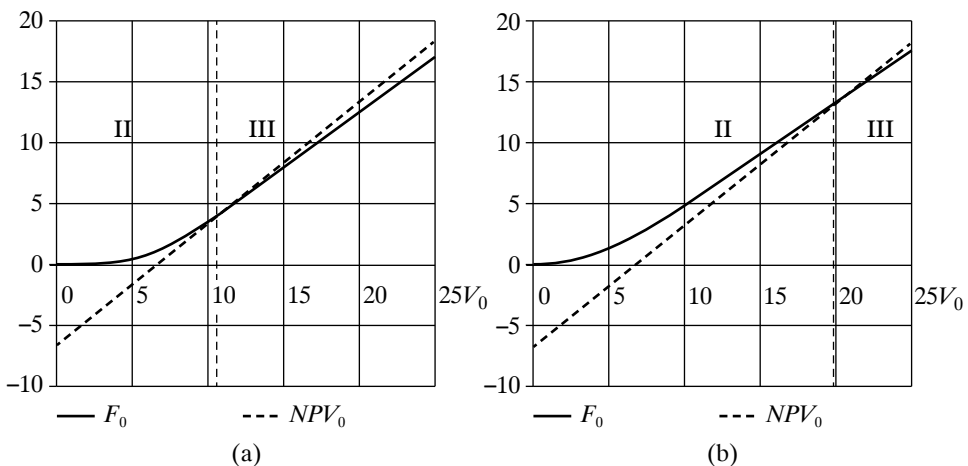
Wyznamy optymalną decyzję inwestycyjną w momencie początkowym $t = 0$ dla różnych wartości początkowych korzyści z projektu $Y_0 \in (0; 1]$ (wyrażonych w *jp.*), dających zaktualizowane skumulowane wartości korzyści z projektu V_0 w przedziale $(0; 25]$ (w *jp.*). Przy danych przyjętych w artykule opcja ma zawsze wartość dodatnią.

Wartości opcji inwestycyjnej oraz wartości korzyści z natychmiastowej inwestycji dla monopolisty przedstawiono na rysunku 1.

Przebieg wykresów na rysunku 1 uwidacznia, dlaczego dodatnia NPV w koncepcji opcji realnych nie jest dobrym wyznacznikiem ustalenia momentu rozpoczęcia realizacji projektu. Niedodatnia NPV i dodatnia wartość opcji inwestycyjnej obserwowane dla niskich wartości bieżących korzyści z projektu skutkują w sposób naturalny odłożeniem momentu realizacji projektu (niska wartość bieżąca korzyści z projektu to $V_0 \in (0; 6,5]$). Odłożenie podjęcia decyzji może być jednak optymalne także przy dodatnich wartościach zaktualizowanych korzyści netto z inwestycji, gdy wartość opcji inwestycyjnej przekracza wartość korzyści z natychmiastowej inwestycji ($0 < NPV_0 < F_0$).

Rysunek 1

**Wartość opcji inwestycyjnej (F_0),
wartość zaktualizowanych skumulowanych korzyści netto z projektu (NPV_0)
dla monopolisty, przy różnych wartościach zaktualizowanych
skumulowanych korzyści z projektu (V_0)**



Panel (a) $\sigma = 30\%$, panel (b) $\sigma = 80\%$. Pozostałe parametry z zestawu bazowego.

Źródło: Opracowanie własne.

W przykładzie obserwujemy to, gdy zaktualizowana skumulowana wartość korzyści z projektu V_0 przyjmuje wartości z przedziału $(6,5; 10,5)$ (panel (a)) lub $(6,5; 19,63)$ (panel (b)). Różnica między F_0 a NPV_0 to właśnie wartość elastyczności tkwiącej w projekcie. Firma zachowuje korzyści płynące z elastyczności i czeka na rozwój sytuacji na rynku. Widzimy, że przy większej zmienności korzyści z projektu (panel (b)) zakres wartości korzyści z projektu, przy której warto odłożyć decyzję o inwestowaniu mimo dodatniej NPV , jest szerszy. Wartość elastyczności w bardziej ryzykownych projektach jest większa. Przy rosnącym ryzyku projektu decyzja „inwestuj natychmiast” powinna być zastąpiona przez decyzję „czekaj – obserwuj rynek – zachowaj opcję inwestycyjną”.

Natychmiastowa realizacja projektu jest optymalna tylko przy stosunkowo wysokich wartościach skumulowanych korzyści z projektu ($V_0 \geq 10,50$ panel (a) lub $V_0 \geq 19,63$ panel (b)). Wówczas $NPV_0 > F_0$, co oznacza, że firma osiągnie większe korzyści inwestując natychmiast.

3.2. Opcja powszechna – rynek konkurencyjny

Założmy teraz, że opcja ma charakter powszechny. Prawo do niej mają dwie firmy działające na rynku. Uwzględnienie możliwych strategii i decyzji obu firm konkurentów prowadzi do bardziej złożonego problemu. Regułę decyzyjną można teraz sformułować, prowadząc analizę strategicznych gier opcyjnych. Podobnie jak w poprzednim przypadku, firmy mają do wyboru dwie decyzje: inwestować natychmiast lub odłożyć decyzję w czasie o T lat, zachowując opcję inwestycyjną. Obecność na rynku dwóch konkurujących podmiotów sprawia, że ich korzyści z realizacji projektu (teraz lub w przyszłości) będą nie wyższe niż w przypadku posiadania opcji wyłącznej. Firmy mogą inwestować jednocześnie lub jedna z nich inwestuje pierwsza, przejmując całość korzyści z projektu lub obie odkładają decyzje inwestycyjne.

Postaci funkcji wypłat w poszczególnych strategiach są następujące:

1) gdy obie firmy inwestują jednocześnie, każdej z nich przypada zredukowany strumień korzyści $(1 - \gamma)Y_t$, a wartość wypłaty dla każdej z nich to zaktualizowana wartość korzyści netto z projektu:

$$NPV^\gamma(Y_t) = V((1 - \gamma)Y_t) - I,$$

2) gdy obie firmy czekają i zachowują opcję inwestycyjną wartość wypłaty każdej z nich to wartość opcji inwestycyjnej wyznaczona z modelu Blacka-Scholesa-Mertona, przy czym instrumentem bazowym jest zredukowany strumień korzyści $((1 - \gamma)Y_t)$:

$$F^\gamma(Y_t),$$

3) firma, która zainwestuje pierwsza zagarnia cały udział w rynku, wypłata lidera jest identyczna jak monopolisty:

$$NPV(Y_t) = V(Y_t) - I,$$

wypłata konkurenta wynosi w tym przypadku zero;
przy czym:

γ – parametr określający ubytek wartości projektu spowodowany konkurencją na rynku, gdy decyzje obu firm są identyczne ($0 < \gamma < 1$) (por. Mason, Weeds 2010),

$F^\gamma(Y_t)$ – wartość opcji inwestycyjnej na rynku konkurencyjnym w momencie t .

Podobnie jak w poprzednim punkcie, dla decyzji podejmowanych w momencie $t = 0$, przyjmujemy upraszczające oznaczenia:

$$F_0^\gamma := F^\gamma(Y_t) \Big|_{t=0},$$

$$NPV_0^\gamma := NPV^\gamma(Y_t) \Big|_{t=0}.$$

Rozważmy ponownie sytuację, w której przedsiębiorstwo podejmuje decyzję inwestycyjną, porównując wartość opcji inwestycyjnej z korzyściami z natychmiastowej inwestycji. Teraz jednak spółka musi rozważyć, czy warto odkładać inwestycję, czekając na rozwój sytuacji na rynku, czy uprzedzić konkurencję i zagarnąć dostępne korzyści. Ponieważ każda firma ma do wyboru dwie strategie („czekaj” lub „inwestuj”), ich wybory strategiczne mogą być postrzegane jako gra dwuosobowa o sumie niezerowej i przedstawione w macierzy (tab. 2).

Tabela 2
Macierz gry

	CZEKAJ (W)	INWESTUJ (I)
CZEKAJ (W)	$(F_0^\gamma; F_0^\gamma)$	$(0; NPV_0)$
INWESTUJ (I)	$(NPV_0^\gamma; 0)$	$(NPV_0^\gamma; NPV_0^\gamma)$

Źródło: Opracowanie własne.

Rodzaj gry, sposób jej rozegrania i wartości uzyskanych wypłat zależą od relacji pomiędzy wartościami (wypłatami): NPV_0 , NPV_0^γ , F_0^γ oraz zerem. W zależności od tych wartości pojawiają się cztery zakresy bieżących wartości korzyści z projektu (V_0), w których firmy rozgrywają różne gry (zob. tab. 3, rys. 2). Analizując gry, będziemy wyznaczać w nich strategie dominujące i równowagi Nasha. Strategia dominująca to strategia dająca graczowi niegorsze wypłaty niż inna strategia, niezależnie od wyboru strategii przez przeciwnika (Nash 1951; Watson 2011, s. 66, 67). Równowaga Nasha to para strategii będących najlepszymi odpowiedziami na siebie nawzajem, żaden z graczy nie zyska na zmianie swojej strategii, jeśli drugi gracz tego nie uczyni (Nash 1951; Watson 2011, s. 108). Równowaga Nasha stanowi koncepcję rozwiązania, w której zakładamy, że gracze postępują w sposób racjo-

Tabela 3
Strategie inwestycyjne w warunkach konkurencji – opcja powszechna (ROG)

Zakres wartości bieżących korzyści z projektu	Relacja między korzyściami z natychmiastowej inwestycji a wartością opcji	Równowaga Nasha		Najwyższe wypłaty jednocześnie dla OBU graczy	
		Profil/ profile strategii	Wypłaty	Profil/ profile strategii	Wypłaty
I	$NPV_0^{\gamma} < NPV_0^{\gamma} < F_0^{\gamma}, F_0^{\gamma} > 0$	$(W; W)$	$(F_0^{\gamma}; F_0^{\gamma})$	$(W; W)$	$(F_0^{\gamma}; F_0^{\gamma})$
II	$NPV_0^{\gamma} < 0 < F_0^{\gamma} \leq NPV_0^{\gamma}$	$(W; I)$ $(I; W)$ $(p \cdot W; (1 - p) \cdot I)$ $p \cdot W; (1 - p) \cdot I$	$(0; NPV_0^{\gamma})$ $(NPV_0^{\gamma}; 0)$ $(p \cdot F_0^{\gamma}; p \cdot F_0^{\gamma})$	$(W; W)$	$(F_0^{\gamma}; F_0^{\gamma})$
III	$0 < NPV_0^{\gamma} < F_0^{\gamma} < NPV_0^{\gamma}$	$(I; I)$	$(NPV_0^{\gamma}; NPV_0^{\gamma})$	$(W; W)$	$(F_0^{\gamma}; F_0^{\gamma})$
IV	$0 < F_0^{\gamma} < NPV_0^{\gamma} < NPV_0^{\gamma}$	$(I; I)$	$(NPV_0^{\gamma}; NPV_0^{\gamma})$	$(I; I)$	$(NPV_0^{\gamma}; NPV_0^{\gamma})$

Źródło: Opracowanie własne.

nalny, maksymalizując swoją oczekiwaną wypłatę, a ich postępowanie jest zgodne z racjonalnymi oczekiwaniami dotyczącymi zachowań innych (Watson s. 60).

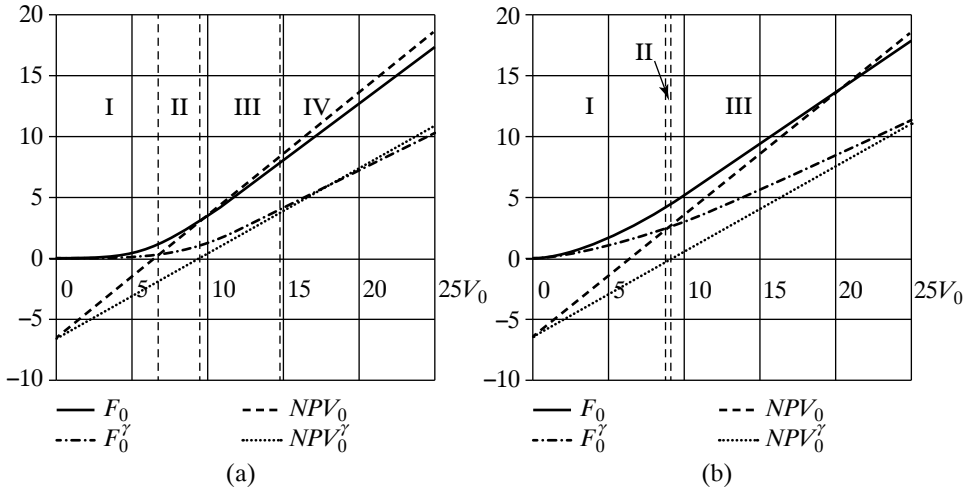
Optymalną decyzję inwestycyjną w momencie początkowym wyznaczymy dla podstawowego zestawu parametrów ($I = 6,5$ jp., $T = 2$, $\sigma = 30\%$ (80%), $\delta = 4\%$, $r = 5\%$, $\gamma = 30\%$) dla wartości zaktualizowanych skumulowanych korzyści z projektu z przedziału $(0; 25]$. Wartości opcji inwestycyjnej oraz wartości korzyści z natychmiastowej inwestycji dla konkurentów na rynku przedstawiono na rysunku 2.

Przede wszystkim warto podkreślić, iż zgodnie z oczekiwaniami zarówno wartość zaktualizowanych korzyści netto inwestycji, jak i wartość opcji inwestycyjnej na rynku konkurencyjnym są niższe niż na rynku monopolistycznym. Nieuwzględnienie wpływu konkurencji na wycenę opcji inwestycyjnej prowadzi do przewartościowania opcji.

Jakie będą optymalne strategie decyzyjne oraz wartości gry w warunkach konkurencji na rynku przy różnych wartościach skumulowanych korzyści z projektu? Analizując gry, będziemy wyznaczać w nich strategie dominujące i równowagi Nasha.

Rysunek 2

Wartość opcji inwestycyjnej (F_0), wartość netto zaktualizowanych skumulowanych korzyści z projektu (NPV_0) dla monopolisty oraz wartość opcji inwestycyjnej (F_0^γ), wartość netto zaktualizowanych skumulowanych korzyści z projektu (NPV_0^γ) dla konkurentów, przy różnych wartościach zaktualizowanych skumulowanych korzyści z projektu (V_0)



Panel (a) $\sigma = 30\%$, panel (b) $\sigma = 80\%$. Pozostałe parametry z zestawu bazowego.

Źródło: Opracowanie własne.

Dla projektu inwestycyjnego o niewysokich skumulowanych korzyściach (w przykładzie jest to przypadek, gdy $V_0 \in (0; 6,5]$ w obu panelach) zaktualizowana wartość netto projektu jest niedodatnia, wartość opcji inwestycyjnej dla obu konkurentów przekracza wartość korzyści z natychmiastowej inwestycji, nawet w przypadku bycia wyłącznym inwestorem ($NPV_0^\gamma < NPV_0 \leq 0 < F_0^\gamma$). Oczywiście

jest, że decyzja optymalna w tym przypadku to: „czekaj – zachowaj opcję inwestycyjną”. Jest to strategia dominująca dla obu graczy, prowadząca do jedynej równowagi Nasha w tej grze ($W; W$). Strategia „czekaj” jest też dominująca, gdy zaktualizowana wartość netto projektu jest nieznacznie większa od zera, ale cały czas niższa niż wartość opcji inwestycyjnej dla konkurenta ($NPV_0^{\gamma} < 0 < NPV_0 < F_0^{\gamma}$). W przykładzie jest tak, gdy zaktualizowana skumulowana wartość korzyści z projektu zawiera się w przedziale (6,5; 6,8] (panel (a)) lub w przedziale (6,5; 8,93] (panel (b)). Większa zmienność strumienia korzyści z projektu (panel (b)) to wyższa wartość opcji inwestycyjnej. Podobnie jak w przypadku monopolu, prowadzi to do wydłużenia zakresu wartości, dla których optymalną decyzją jest „czekaj – zachowaj opcję inwestycyjną”. Wartość wypłaty dla każdego gracza to w tym przypadku wartość opcji inwestycyjnej (tab. 3).

Natura problemu ulega zmianie, gdy realizacja projektu inwestycyjnego może dać przewagę konkurencyjną liderowi ($NPV_0^{\gamma} < 0 < F_0^{\gamma} < NPV_0$). W przypadku inwestycji, która da korzyści tylko wtedy, gdy zainwestuje jedna firma (jeżeli zainwestują obie – ponoszą straty), gra nie ma strategii dominującej dla żadnego z graczy (w naszym przykładzie jest to przypadek, gdy $V_0 \in (6,8; 9,28]$ panel (a) lub $V_0 \in (8,93; 9,28]$ panel (b)). Gra ta ma dwie nierównoważne i niewymienne równowagi Nasha w strategiach czystych ($W; I$), ($I; W$) oraz równowagę w strategiach mieszanych ($p \cdot W, (1-p) \cdot I; p \cdot W, (1-p) \cdot I$), gdzie p to prawdopodobieństwo wyboru strategii „czekaj”. Prawdopodobieństwo to dla wartości V_0 z zakresu II maleje od 1 do 0. Gdy różnica pomiędzy pełnymi korzyściami z projektu a nakładami jest niewiele większa od zera, strategia „inwestuj” jest wybierana z niewielkim prawdopodobieństwem, prawdopodobieństwo wyboru strategii „czekaj” jest wysokie. Jednak w miarę wzrostu możliwych do uzyskania korzyści z inwestycji (cały czas tylko w przypadku bycia wyłącznym inwestorem) rośnie prawdopodobieństwo wyboru strategii „inwestuj”. Ponieważ w tej grze nie ma strategii dominującej, każda ze stron może dążyć do innej równowagi (najkorzystniejszej dla siebie), podejmując decyzję „inwestuj” – najgorszą z możliwych, dającą najniższe możliwe wypłaty obu graczom.

Przypadek ten pokazuje, że czasem w warunkach konkurencji firmy mogą się decydować na realizację projektów, w których nakłady przekraczają skumulowany strumień korzyści (zredukowany o ubytek z powodu działania konkurencji), licząc na to, że konkurencja tego ryzyka nie podejmie, co da firmie przewagę i korzyści.

W warunkach większego ryzyka projektu (panel (b)) węższy jest zakres II wartości korzyści z projektu, przy których firma ryzykując, uzyskuje najgorszą możliwą wypłatę. Firma postępuje rozważniej, czeka dłużej, jest mniej skłonna podejmować decyzję, która może narazić ją na straty.

Gdy zaktualizowana wartość netto skumulowanych korzyści z projektu dla konkurentów staje się dodatnia (ale niewiele większa od zera), ponownie ulega zmianie natura problemu. Gdy $0 < NPV_0^{\gamma} < F_0^{\gamma} < NPV_0$ ($V_0 \in (9,28; 14,95]$ panel (a)) lub $V_0 \in (9,28; 28]$ panel (b)), dla każdej firmy strategią dominującą jest strategia „inwestuj”, prowadząca do jedynej równowagi Nasha w tej grze ($I; I$). Wartość wypłaty w tej strategii dla każdego gracza jest niższa niż w przypadku,

gdyby obaj zachowali opcję inwestycyjną. Ten przypadek to klasyczny dylemat więźnia. Każdy z konkurentów zyskałby na odłożeniu w czasie decyzji inwestycyjnej w celu obserwacji rynku, jednak każdy obawia się, że opóźniając decyzję inwestycyjną zostanie wyparty z rynku przez konkurencję. Im bardziej ryzykowny projekt, tym szerszy zakres wartości skumulowanych korzyści z projektu, przy których obie firmy zyskałyby czekając (wskazuje na to analiza wartości opcji realnej), ale inwestują w obawie przed utratą wpływów z rynku. Przypadek ten pokazuje, że na rynku konkurencyjnym, dla projektów wykazujących nieznaczną przewagę spodziewanych korzyści nad nakładami, firmy raczej nie będą skłonne korzystać z przewagi, jaką daje zachowanie opcji inwestycyjnej. Można się zatem spodziewać, iż także nie będą zainteresowane stosowaniem metod wyceny opcji realnych przy wycenie projektów inwestycyjnych.

Łatwo można sprawdzić, że im silniejszy wpływ konkurencji (większa wartość parametru γ), tym szerszy jest przedział wartości skumulowanych korzyści z projektu, przy których decyzja „inwestuj natychmiast”, wybierana jako strategia w równowadze Nasha, nie będzie strategią dającą najwyższe wypłaty obu graczom. Im silniejsza konkurencja na rynku, tym większy wpływ na podejmowane decyzje ma nie rachunek ekonomiczny samego projektu, ale jego wartość strategiczna. Im silniejsza konkurencja na rynku, tym mniejsze znaczenie ma wartość opcji inwestycyjnej w obliczu strategicznego znaczenia projektu.

Dopiero przy stosunkowo wysokiej wartości korzyści z projektu strategia równowagi „inwestuj” jest strategią dominującą, prowadzącą do równowagi Nasha, dającą najkorzystniejsze wypłaty obu graczom (w przykładzie jest to przypadek, gdy $V_0 > 14,95$ panel (a) lub $V_0 > 28,00$ panel (b)). Dzieje się tak wówczas, gdy zaktualizowana wartość netto strumienia skumulowanych zredukowanych korzyści z projektu przekracza wartość opcji inwestycyjnej ($0 < F_0^\gamma < NPV_0^\gamma < NPV_0$). Obie firmy inwestują jednocześnie, a wypłata dla każdej z nich to zaktualizowana wartość netto korzyści z projektu z uwzględnieniem redukcji strumienia korzyści spowodowanej wpływem konkurencji (NPV_0^γ).

Uwagi końcowe

Na rynku konkurencyjnym strategiczne wybory inwestycyjne firm mogą być rozważane jako wynik gry opcyjnej pomiędzy nimi. Okazuje się wówczas, że na rynku konkurencyjnym większy wpływ na podejmowanie decyzji inwestycyjnych może mieć wartość strategiczna projektu niż rachunek ekonomiczny jego opłacalności.

W koncepcji opcji realnych często wskazuje się na zasadność odłożenia rozpoczęcia realizacji projektu w przypadku, gdy zaktualizowana wartość netto projektu jest dodatnia, ale niższa niż wartość opcji inwestycyjnej – odkładając realizację projektu zwiększamy szanse na zysk czy ewentualnie uniknięcie błędnej decyzji (w przypadku pogorszenia koniunktury). Jednak wyniki analizy przedstawionej w artykule wskazują, że na rynku konkurencyjnym firmy mogą w tym przypadku

rezygnować z zachowania opcji (odłożenia decyzji) z obawy przed utratą zysków spowodowaną wyprzedzeniem przez konkurencję. Na rynku konkurencyjnym największa różnica pomiędzy wypłatą uzyskaną w grze w równowadze Nasha a wypłatą, jaką mogliby uzyskać, wybierając rozwiązanie dające najwyższe wypłaty obu graczom, pojawia się właśnie wtedy, gdy dodatnia NPV jest niższa niż wartość opcji inwestycyjnej. Im większe ryzyko projektu, tym różnica ta jest większa i obejmuje szerszy zakres wartości projektu. Oznacza to, że właśnie w warunkach dużego ryzyka firmy powinny być zainteresowane ewaluacją i zachowaniem opcji inwestycyjnej, ale wpływ konkurencji niweluje te korzyści. Konflikt ten może być jedną z przesłanek ciągle słabego wykorzystania potencjału koncepcji opcji realnych przez firmy działające na rynku konkurencyjnym.

Zachowanie opcji inwestycyjnej na rynku konkurencyjnym ma sens tylko wówczas (i jest to strategia dająca najwyższe wypłaty obu graczom), gdy zaktualizowana wartość korzyści netto z projektu jest ujemna – jest to przesłanka, która w szkole opcji realnych rekomenduje ich wykorzystanie (np. kodeks POLVAL).

Warto podkreślić także, iż nieuwzględnienie wpływu konkurencji zawyża wartość opcji inwestycyjnej i w konsekwencji może prowadzić do błędnych decyzji i strat.

Tekst wpłynął: 27 stycznia 2016 r.
(wersja poprawiona: 2 listopada 2016 r.)

Bibliografia

- Azevedo A., Paxson D., *Real Options Game Models: A Review*, Working Paper, Hull University Business School, UK, Manchester Business School, UK 2010.
- Chevalier-Roignant B., Trigeoris L., *Competitive Startegy: Options and Games*, MIT Press, Cambridge 2011.
- Dixit A.K., Pindyck R.S., *Investment Under Uncertainty*, Princeton University Press, Princeton 1994.
- Game Choices: The Intersection of Real Options and Game Theory*, red. S.R. Grenadier, Risk Books, London 2000.
- Huisman K.J.M., *Technology Investment: A Game Theoretic Real Options Approach*, Springer Science Business Media 2001.
- Huisman K.J.M., Kort P.M., Pawlina G., Thijssen J.J.J., *Strategic Investment Under Uncertainty: Merging Real Options with Game Theory*, CentER Discussion Paper, nr 2003–06, 2004.
- Kort P.M., Pawlina G., *Real Options in an Asymmetric Duopoly: Who Benefits from Your Competitive Disadvantage?*, „Journal of Economics & Management Strategy” 2006, nr 15(1).
- Kulatilaka N., Perotti E., *Strategic Growth Options*, „Management Science” 1998, nr 44(8).
- Malawski M., Wieczorek A., Sosnowska H., *Konkurencja i kooperacja. Teoria gier w ekonomii i naukach społecznych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.
- Mason R., Weeds H., *Investment, Uncertainty and Pre-emption*, „International Journal of Industrial Organization” 2010, nr 28.

- Mauer D.C., Ott S.H., *Agency Costs, Underinvestment and Optimal Capital Structure: The Effect of Growth Options to Expand*, w: *Project Flexibility, Agency and Competition*, red. M.J. Brennan, L. Trigeorgis, Oxford University Press, New York 2000.
- Nash J.F., *Non-Cooperative Games*, „Annals of Mathematics” 1951, nr 54.
- Smit H.T.J., Trigeorgis L., *Strategic Investment. Real Options and Games*, Princeton University Press, Princeton-Oxford 2004.
- Smit H.T.J., Trigeorgis L., *Valuing Infrastructure Investment: an Option Games Approach*, „California Management Review” 2009, nr 51(2).
- Smit H.T.J., Ankum L.A., *A Real Options and Game-Theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition*, „Financial Management” 1993, nr 22(3).
- Thijssen J.J.J., Huisman K.J.M., Kort P.M., *Symmetric Equilibrium Strategies in Game Theoretic Real Option Models*, „Journal of Mathematical Economics” 2012, nr 48.
- Watson J., *Strategia. Wprowadzenie do teorii gier*, Wolters Kluwer Polska, Warszawa 2011.

OPCJE REALNE NA RYNKU KONKURENCYJNYM – GRY OPCYJNE

Streszczenie

Wiele międzynarodowych korporacji stosuje aparat opcji realnych przy wycenie projektów inwestycyjnych, jednak zakres tego wykorzystania w praktyce gospodarczej pozostaje poniżej oczekiwań. Celem artykułu jest wskazanie przesłanek, które mogą być przyczyną ograniczonego zastosowania koncepcji opcji realnych do wyceny inwestycji obciążonych ryzykiem przez firmy działające na rynku konkurencyjnym. Podejmowanie decyzji inwestycyjnych zostało przedstawione jako gra pomiędzy dwoma konkurentami. Wartość projektu jest wyznaczana w koncepcji opcji realnych, zatem problem jawi się jako gra opcyjna. Okazuje się, że konkurencja na rynku sprawia, iż większy wpływ na podejmowanie decyzji inwestycyjnych ma wartość strategiczna projektu niż rachunek ekonomiczny jego opłacalności. Konflikt interesów pomiędzy konkurentami jest jedną z przesłanek małego zainteresowania stosowaniem koncepcji opcji realnych przez firmy działające na rynku w warunkach silnej konkurencji. Warto także podkreślić, iż nieuwzględnienie konkurencji w wycenie opcji inwestycyjnej zawyża jej wartość. W artykule wykorzystano teoretyczne podstawy wyceny opcji i elementy teorii gier, jednak sposób sformułowania problemu i jego rozwiązanie są oryginalne.

Słowa kluczowe: gry opcyjne, opcje realne, konkurencja, teoria gier

JEL: C70, G11, G13

REAL OPTIONS IN A COMPETITIVE MARKET: OPTION GAMES

Summary

Many international corporations use real option valuation of investment project; however, the scale of its application in economic practice is still limited. The aim of the paper is to indicate factors limiting the application of the real options approach to evaluation

of risky investments by firms operating in a competitive market. The problem has been formulated and solved using the game theory and real options valuation methods. It appears that in a competitive market the strategic value of the investment project has greater influence on the investment decision than its economic efficiency. Conflict of interests between competitors is one of the reasons why firms operating in a competitive market use real options approach so rarely. It is worth to stress, that if the firm does not take into account its competitor's behaviour, a real option will be overvalued. Real options approach and the basic game theory have been used in the paper, but problem formulation and its solution are original.

Key words: option games, real options, competition, game theory

JEL: C70, G11, G13

РЕАЛЬНЫЕ ОПЦИИ НА КОНКУРЕНТНОМ РЫНКЕ – ОПЦИОННЫЕ ИГРЫ

Резюме

Многие международные корпорации применяют аппарат реальных опций при оценке инвестиционных проектов, однако диапазон этого применения в экономической практике остается ниже ожиданий. Целью статьи является выявление проблем, которые могут стать причиной ограниченного применения концепции реальных опций для оценки рискованных инвестиций фирмами, действующими на конкурентном рынке. Принятие инвестиционных решений было представлено как игра между двумя конкурентами. Стоимость проекта определяется в концепции реальных опций и таким образом проблема выступает как опционная игра. Оказывается, что конкуренция на рынке ведет к тому, что на принятие инвестиционных решений большее влияние имеет стратегическая стоимость проекта, а не оценка его рентабельности. Конфликт интересов между конкурентами является одной из причин незначительного интереса к применению концепции реальных опций фирмами, действующими на рынке в условиях сильной конкуренции. Следует также подчеркнуть, что неучет конкуренции в оценке инвестиционной опции завышает ее стоимость. В статье использованы теоретические основы оценки опций и элементы теории игр, однако способ постановки проблемы и ее решение оригинальны.

Ключевые слова: опционные игры, реальные опции, конкуренция, теория игр

JEL: C70, G11, G13