

Włodzimierz Rudny

OPCJE REALNE I TEORIA GIER

Wprowadzenie

Jednym z istotnych zagadnień problematyki zarządzania strategicznego jest ocena wartości elastyczności decyzyjnej w warunkach niepewnego otoczenia i dynamicznej konkurencji. Wraz z rozwojem teorii opcji realnych pojawiły się nadzieje, że analiza wariantów rozwoju strategicznego w kategoriach opcji, będących do dyspozycji firmy, umożliwi kwantyfikację tej elastyczności.

W literaturze ekonomicznej poświęconej problematyce zarządzania strategicznego można, począwszy od lat 90., wyróżnić dwa ważne, pozornie sprzeczne nurty¹. W pierwszym akcentuje się istotne znaczenie elastyczności decyzyjnej, rozumianej jako:

- zdolność do podjęcia ważnej strategicznie decyzji w momencie, gdy przynajmniej częściowo zmniejszył się poziom niepewności towarzyszący tej decyzji, gdy wiedza o otoczeniu firmy jest większa (*wait-and-see approach*),
- zdolność do modyfikacji parametrów realizowanego projektu już po jego rozpoczęciu,
- zdolność do realizacji decyzji w etapach, pozwalająca na traktowanie inwestycji na danym etapie jako nabycia prawa do realizacji etapu kolejnego (*staging approach*).

Zwolennicy drugiego nurtu uważają, iż ze strategicznego punktu widzenia szczególne znaczenie ma wczesne podjęcie ważnej strategicznie decyzji, która często ma charakter nieodwracalny (*early commitment, irreversible investment*). Podjęcie takiej decyzji z jednej strony zwiększa determinację firmy w realizacji decyzji, z drugiej zaś uprzedza działania konkurentów i „ukierunkowuje” ich reakcje².

¹ H. Smit, L. Trigeorgis: Quantifying the Strategic Option Value of Technology Investments. Proceedings of the 8th Annual International Conference „Real Options: Theory meets Practice”. Montreal, Canada. June 2004. s. 2.

² Ibid., s. 2.

Poszczególne paradygmaty zarządzania strategicznego w odmienny sposób definiują źródła przewagi konkurencyjnej firmy i źródła tworzenia wartości. Tabela 1 zawiera syntetyczne zestawienie podstawowych paradygmatów.

Tabela 1

Wybrane paradygmaty zarządzania strategicznego

	Paradygmat	Przedstawiciele	Jednostka analizy	Ogniskowa zainteresowań
ZEWNEŹRZNE	1. Analiza przemysłu	Porter (1980) Shapiro (1989)	Sektor (firmy/produkty)	Uwarunkowania strukturalne
	2. Konflikt strategiczny/teoria gier	Brandenburger, Nalebuff (1995)	Firmy/produkty	Interakcje strategiczne
WEWNĘTRZNE	3. Zasoby firmy	Rumelt (1984) Tece (1982)	Wewnętrzny potencjał/zasoby	Akumulacja zasobów
	4. Dynamiczne kompetencje	Prahalad i Hamel (1990) Tece, Pisano, Shuen (1997)	Kompetencje/procesy/pozycja rynkowa	Akumulacja zasobów, ich powtarzalność
ZINTEGROWANE	5. Opcje realne i teoria gier	Smit, Ankum (1993) Kulatilaka, Perotti (1998) Smit (2001) McGrath (1997) Grenadier (2000) Smit, Trigeorgis (2004)	Jak wyżej, w warunkach niepewności	Decyzje przystosowawcze w dynamicznym i konkurencyjnym otoczeniu

Źródło: H. Smit, L. Trigeorgis: Quantifying the Strategic Option Value of Technology Investments. Proceedings of the 8th Annual International Conference „Real Options. Theory meets Practice”. Montreal, Canada, June 2004, s. 40.

Paradygmaty zaliczone do kategorii „zewnętrzne” upatrują źródeł kreowania wartości przez firmę w jej otoczeniu zewnętrznym, m.in. w takich czynnikach, jak natężenie konkurencji w sektorze, struktura sektora, jego rentowność, synergia w układzie produkt-rynek, zachowania strategiczne. Paradygmaty określone mianem „wewnętrznych” stanowią o tym, iż źródłem przewagi konkurencyjnej firmy jest rozwijanie specyficznych dla niej zasobów i kompetencji. Zdaniem niektórych autorów, teoria gier i analiza opcji realnych stanowią swoistą próbę zintegrowania obu tych perspektyw, pozwalającą na przejście z poziomu konceptualizacji strategii na poziom wyceny i implementacji dzięki wykorzystaniu narzędzi umożliwiających kwantyfikację elastyczności decyzyjnej, a tym samym kwantyfikację wartości poszczególnych wariantów strategicznych³.

³ Ibid., s. 5.

1. Teoria opcji realnych i teoria gier

Teoria gier opcyjnych (*option games*) stanowi kombinację dwóch teorii: teorii gier oraz teorii opcji realnych. Przedmiotem analiz prowadzonych w ramach teorii gier opcyjnych jest uwzględnienie, w ramach jednego modelu, wpływu, jaki na wybory strategiczne firm mogą mieć takie czynniki, jak: niepewność, elastyczność decyzyjna, czas, konkurencja. W latach 70. i 80. miniego stulecia tak w obszarze teorii finansów, jak i teorii zarządzania opublikowano wiele ważnych prac, których przedmiotem były nowe koncepcje, narzędzia i metody wyceny o potencjalnie szerokim zastosowaniu w praktyce zarówno operacyjnego, jak i strategicznego zarządzania firmą. Do tej grupy prac należy zaliczyć m.in. wybitne opracowania poświęcone teorii wyceny opcji finansowych oraz publikacje, przedmiotem których była możliwość zastosowania teorii gier do rozwiązywania wybranych problemów z zakresu budżetowania kapitałowego i zarządzania strategicznego firmą. Po pierwsze, należy zwrócić uwagę na mające doniosłe znaczenie w teorii wyceny opcji finansowych prace Blacka i Scholesa⁴ oraz Mertona⁵. Po drugie, warto uwzględnić znaczenie – mniej przemówowych, ale istotnych z punktu widzenia tematu będącego przedmiotem niniejszego opracowania – prac stanowiących próbę wprowadzenia teorii gier do problematyki zarządzania finansami przedsiębiorstw. Do grupy tej można zaliczyć m.in. prace Rossa⁶, Lelanda i Pyle'a⁷, Bhattacharyi⁸, Myersa i Majlufa⁹. Należy także odnotować opublikowanie pierwszych prac poświęconych problematyce opcji realnych, w tym pracę Myersa¹⁰: „Determinants of corporate borrowing”, w której po raz pierwszy został użyty termin opcje realne. Do najbardziej znaczących, pionierskich publikacji poświęconych problematyce opcji realnych należy zaliczyć m.in. prace Brennana i Schwartza¹¹, McDonalda i Siegela¹², Kestera¹³, Paddocka, Siegela i Smitha¹⁴, Pindycka¹⁵.

⁴ F. Black, M. Scholes: The Pricing of Options and Corporate Liabilities. „Journal of Political Economy” 1973, Vol. 81, Issue 3, s. 637-659.

⁵ R. Merton: Theory of Rational Option Pricing. „Bell Journal of Economics and Management Science” 1973, Vol. 4, Issue 1, Spring, s. 141-183.

⁶ S. Ross: The Determination of Financial Structure: The Incentive Signaling Approach. „Bell Journal of Economics” 1977, Vol. 8, Issue 1, Spring, s. 23-40.

⁷ H. Leland, D. Pye: Informational Asymmetries, Financial Structure, and Financial Intermediation. „Journal of Finance” 1977, Vol. 32, Issue 2, May.

⁸ S. Bhattacharya: Imperfect Information, Dividend Policy, and the “The Bird in the Hand Fallacy”. „Bell Journal of Economics” 1979, Vol. 10, Issue 1, Spring, s. 259-270.

⁹ S. Myers, N. Majluf: Corporate Financing and Investment Decisions when Firms Have Information that Investors Do not Have. „Journal of Financial Economics” 1984, Vol. 13, Issue 2, June, s. 187-221.

¹⁰ S. Myers: Determinants of Corporate Borrowing. „Journal of Financial Economics” 1977, Vol. 5, Issue 2, November, s. 147-175.

¹¹ M. Brennan, E. Schwartz: Evaluating Natural Resource Investment. „Journal of Business” 1985, Vol. 58, Issue 2, April, s. 135-157.

¹² R. McDonald, R. Siegel: Evaluating Natural Resource Investment. „Journal of Business” 1986, Vol. 59, Issue 4, November, s. 707-727.

W latach 90. zostały opublikowane pierwsze artykuły poświęcone grom opcyjnym. Do najważniejszych można zaliczyć prace Smita i Ankuma¹⁶, Brandenburgera i Nalebuffa¹⁷, Grenadiera¹⁸, Williamsa¹⁹.

Mniejsza jest liczba książek całkowicie poświęconych problematyce gier opcyjnych. Do najciekawszych należy zaliczyć pracę Huismana²⁰, zbiór artykułów pod redakcją Grenadiera²¹ czy książkę autorstwa Smita i Trigeorgisa²².

Analiza opcji realnych pozwala na proaktywne podejście do problematyki decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności i ryzyka, podkreślając szczególne znaczenie elastyczności menedżerskiej. Przed pojawieniem się koncepcji opcji realnych, ryzyko towarzyszące procesowi inwestycyjnemu znajdowało swoje odzwierciedlenie głównie w poziomie stopy dyskonta, względem której są dyskontowane przepływy pieniężne generowane przez projekt. Analiza opcji realnych stanowiąc nowy, istotny, element teorii inwestycji w warunkach ryzyka, nie tylko akcentuje znaczenie elastyczności decyzyjnej, ale także dostarcza narzędzi pozwalających na – przynajmniej w niektórych przypadkach – wycenę tej elastyczności.

Jednym z zarzutów, jakie wysuwa się przeciw analizie opcji realnych, jest to, iż nie uwzględnia w stopniu wystarczającym (lub, w przypadku niektórych modeli, nie uwzględnia wcale) wpływu konkurencji na wartość analizowanego projektu i w konsekwencji na podejmowane decyzje. Brak uwzględnienia wpływu konkurencji jest konsekwencją „prostego” przeniesienia modeli wyceny opcji finansowych do obszaru projektów rzeczowych. Opcje finansowe są opcjami „własnościowymi” (*proprietary*), co oznacza, iż opcja ma jednego „właściciela”, który wykonując tę opcję, zrealizuje pełną, wynikającą z niej wartość. Decyzje innych uczestników rynku nie będą miały wpływu na wynik tej decyzji. Opcje realne mają natomiast często charakter opcji „wspólnych” (*sha-*

¹³ W. Kester: Today's Options for Tomorrow's Growth. „Harvard Business Review” 1984, Vol. 62, Issue 2, March/April, s. 153-160.

¹⁴ J. Paddock, D. Siegel, L. Smith: Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases. „Quarterly Journal of Economics” 1988, Vol. 103, Issue 3, August, s. 479-508.

¹⁵ R. Pindyck: Irreversibility, Uncertainty, and Investment. „Journal of Economic Literature” 1991, Vol. 6, Issue 2, September, s. 1110-1148; R. Pindyck, Irreversible Investment, Capacity Choice, and the Value of the Firm. „American Economic Review” 1988, Vol. 78, Issue 5, December, s. 969-985.

¹⁶ H. Smit, L. Ankum: A Real Options and Game-theoretic Approach to Corporate Investment Strategy under Competition. „Financial Management” 1993, Vol. 22, Issue 3, Autumn.

¹⁷ A. Brandenburger, B. Nalebuff: The Right Game: Use Game Theory to Shape Strategy. „Harvard Business Review” 1995, July/August.

¹⁸ S. Grenadier: The Strategic Exercise of Options: Development Cascades and Overbuilding in Real Estate Markets. „Journal of Finance” 1996, Vol. 51, Issue 5.

¹⁹ J. Williams: Equilibrium Andoptions on Real Assets. „Review of Financial Studies” 1993, Vol. 6, Issue 4.

²⁰ K. Huisman: Technology Investments: A Game Theoretic Real Options Approach. Kluwer Academic Pub., Boston, MA 2001.

²¹ S. Grenadier: Game Choices – The Intersection of Real Options Theory and Game Theory. Risk Books, London 2000.

²² H. Smit, L. Trigeorgis: Strategic Investment. Real Options and Games. Princeton University Press, Princeton, New Jersey 2004.

red). Ta sama opcja, np. konkretna inwestycja, może być dostępna dla większej liczby uczestników rynku. Liczba podmiotów zmierzających do wykonania tej samej opcji, kolejność, w jakiej będą to czyniły, wpływa na wartość opcji. Wzbogacenie analizy zachowań uczestników rynku o elementy teorii gier pozwala na uwzględnienie wpływu, jaki na podejmowane decyzje mają ich wzajemne interakcje.

Zanim pojawiły się w literaturze przedmiotu opracowania, przedmiotem których była teoria gier opcyjnych, podejmowano próby modelowania wpływu konkurencji, głównie w kategoriach oczekiwanego (*expected*) lub losowego (*random*) „wejścia” konkurencji. Do pierwszych publikacji podejmujących tę problematykę należy zaliczyć pracę Kestera²³, który analizował zagadnienie terminu wygaśnięcia opcji realnej jako funkcji oczekiwanego momentu „wejścia” konkurencji, powodującego utratę wartości przez tę opcję. W książce Trigeorgisa²⁴ wykonanie opcji realnej przez formę konkurencyjną, powodujące skokowe obniżenie wartości projektu, jest modelowane jako proces Poissona. Podejście łączące teorię gier i teorię opcji realnych, określane jako gry opcyjne, pojawiło się dopiero na początku lat 90. w celu modelowania interakcji pomiędzy firmami.

Klasyczna teoria gier, opisując związki pomiędzy przedsiębiorstwami, nie uwzględnia wartości menedżerskiej swobody decyzyjnej w warunkach niepewności. W tym aspekcie teoria opcji realnych stanowi podejście komplementarne w stosunku do teorii gier. Jak piszą Dias i Teixeira, analiza opcji realnych zastępuje maksymalizację oczekiwanej użyteczności, stanowiącą istotne narzędzie klasycznej teorii gier, maksymalizacją wartości opcji. Przewaga metodologii opartej na wycenie opcji przejawia się tym, iż bierze ona bezpośrednio pod uwagę wartość pieniądza w czasie oraz cenę ryzyka²⁵.

W wielu publikacjach jest poruszany problem zależności pomiędzy wartością elastyczności decyzyjnej, pozwalającej na opóźnienie decyzji, a strategiczną wartością decyzji „natychmiastowej”, uprzedzającej konkurencję. Analizy są prowadzone zazwyczaj na przykładzie projektów złożonych, wieloetapowych (np. badawczo-rozwojowych). Do najciekawszych publikacji na ten temat należy zaliczyć prace Smita i Trigeorgisa²⁶, z których został zaczerpnięty poniższy przykład.

²³ W. Kester: Op. cit., s. 153-160.

²⁴ L. Trigeorgis: Real Options. Managerial Flexibility and Strategy in Resource Allocation. MIT Press. Cambridge, Massachusetts 2002, s. 284-288.

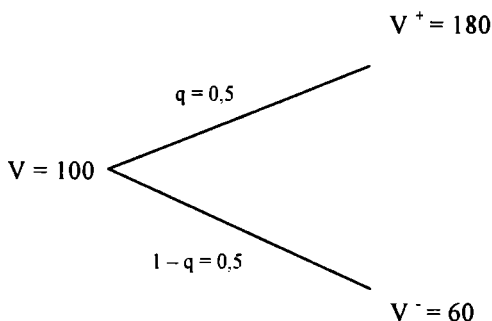
²⁵ M. Dias, J. Teixeira: Continuous-Time Option Games: Review of Models and Extensions. Paper presented at „7th Annual International Conference on Real Options”, Washington 2003, s. 3: www.puc-rio.br/marco.ind/multimid.html#Washington2003

²⁶ H. Smit, L. Trigeorgis: Strategic Investment. Op. cit., H. Smit, L. Trigeorgis: Quantifying the Strategic... op. cit., s. 8 i nast.

2. Prosta opcja własna

Przedmiotem analizy jest firma, która rozważa celowość inwestycji w projekt badawczo-rozwojowy. Możliwość zrealizowania inwestycji stanowi opcję, a dodatkowe założenie, że podobnego projektu nie może zrealizować konkurencja (np. firma posiada patent), czyni z tego projektu inwestycyjnego opcję określaną w literaturze przedmiotu mianem „opcji własnej” (*proprietary option*).

Firma ma, na wyłączność przez jeden rok, możliwość zainwestowania w zakład produkujący nowy produkt. Koszt inwestycji jest równy $I_0 = 80$. W związku z niepewnością dotyczącą poziomu popytu zakłada się, że wartość przepływów pieniężnych generowanych przez projekt może – z rzeczywistym prawdopodobieństwem równym w obu przypadkach $q = 0,5$ – wynieść 180 lub 60²⁷. Przedstawia to rys. 1.



Rys. 1. Statyczna wartość oczekiwanych przepływów pieniężnych

Źródło: H. Smit, L. Trigeorgis: Quantifying the Strategic Option Value of Technology Investments. Proceedings of the 8th Annual International Conference „Real Options. Theory meets Practice”. Montreal, Canada, June 2004, s. 49.

Stopa zwrotu wolna od ryzyka jest równa, $r = 8\%$ zaś stopa dyskonta, będąca poprawionym o ryzyko kosztem kapitału, wynosi $k = 20\%$. Oczekiwaną wartość przepływów pieniężnych netto ze sprzedaży nowego wyrobu obliczamy w następujący sposób:

$$V_0 = \frac{qV^+ - (1-q)V^-}{1+k} = \frac{0,5 \times 180 + 0,5 \times 60}{1,2} = 100 \quad (1)$$

²⁷ Liczby 60 i 180 oznaczają określoną liczbę jednostek pieniężnych. W dalszej części pracy pozostaną liczbami niemianowanymi.

We wzorze (1) przyjmuje się, iż przepływy V i V^- są realizowane na końcu okresu. Jeśli przyjąć, że w strukturze przepływów nie można zidentyfikować opcji lub innych asymetrii (nieliniowości), to wykorzystanie do kalkulacji miary prawdopodobieństwa neutralnego wobec ryzyka (*risk neutral probability*) daje identyczny wynik. Prawdopodobieństwo neutralne względem ryzyka wynosi w tym wypadku:

$$p = \frac{(1+r)V - V^-}{V^+ - V^-} = \frac{(1,08)100 - 0}{180 - 0} = 0,4$$

natomiast oczekiwana wartość przepływów pieniężnych jest równa:

$$V_0 = \frac{pV^+ - (1-p)V^-}{1+r} = \frac{0,4 \times 180 + 0,6 \times 60}{1,08} = 100$$

Tak więc wartość NPV tak zdefiniowanego projektu wynosi $NPV = 100 - 80 = 20$. Jest to wartość, którą w literaturze przedmiotu określa się często mianem statycznej NPV, gdyż nie uwzględnia ona wartości wynikającej z możliwej elastyczności decyzyjnej, pozwalającej np. na opóźnienie realizacji projektu. Przy braku tak zdefiniowanej elastyczności decyzyjnej dodatnia wartość NPV uzasadnia podjęcie decyzji o realizacji projektu.

W otoczeniu charakteryzującym się niepewnością, silną konkurencją, możliwością uczenia się i przystosowywania, tym, co ma szczególne znaczenie dla pozycji firmy jest nie tyle bieżąca wartość netto natychmiastowej inwestycji, ile wartość możliwości zainwestowania²⁸. Reguła NPV, w której ryzyko zostaje uwzględnione w wielkości stopy dyskontowej, nie uwzględnia w wystarczającym stopniu zmieniającego się profilu ryzyka w kolejnych fazach realizacji projektu ani wartości wynikającej z możliwości aktywnego zarządzania projektem w warunkach niepewności²⁹.

Rysunek 2 pokazuje, iż wartość możliwości inwestowania, wynikająca np. z posiadanej licencji lub patentu, jest większa niż wartość bieżącej inwestycji. Swoboda podjęcia decyzji umożliwia menedżerom opóźnienie decyzji o rozpoczęciu inwestycji. Firma zainwestuje w projekt, jeśli informacje napływające z jej otoczenia (np. dotyczące cen, popytu na podobne produkty) są pozytywne; wówczas $V - I_0 = 180 - 80 = 100$. Jeśli informacje z otoczenia są niekorzystne

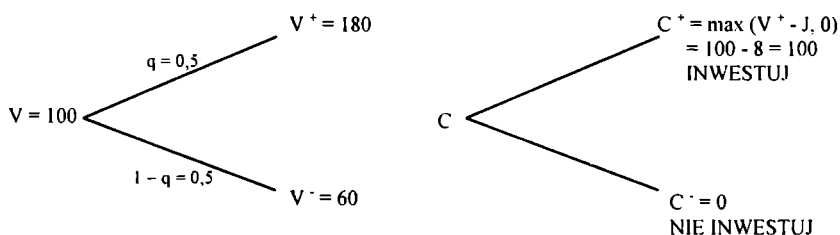
²⁸ H. Smit, L. Trigeorgis: *Quantifying the Strategic...* op. cit., s. 8.

²⁹ *Ibid.*, s. 8.

i wskazują na niższą, możliwą do zrealizowania wartość przepływów pieniężnych ($V^- = 80$), inwestycja nie zostanie zrealizowana, a straty będą równe 0. Wartość tak zdefiniowanej inwestycji, która może być interpretowana jako opcja kupna (a w terminologii opcji realnych – opcja opóźnienia), jest równa:

$$C = \frac{pC^+ - (1-p)C^-}{1+r} = \frac{0,4 \times 100 + 0,6 \times 0}{1,08} = 37$$

Wczesna inwestycja oznacza rezygnację z wartości opcji opóźnienia i może być interpretowana jako koszt utraconych możliwości (koszt alternatywny), który będzie uzasadniał natychmiastowe rozpoczęcie inwestycji tylko wtedy, gdy oczekiwana wartość strumieni pieniężnych przekroczy wymagane nakłady kapitałowe w stopniu uwzględniającym ten koszt.



Rys. 2. Wartość opcji oczekiwania

Źródło: Ibid., s. 50.

Powyższa analiza uproszczonego przykładu dotyczyła sytuacji, kiedy działania firm konkurencyjnych nie mogą wpłynąć na wartość oczekiwanych strumieni pieniężnych; firmy konkurencyjne ze względu na określone ograniczenia (ochrona patentowa, brak technologii lub know-how, uwarunkowania rynkowe) nie mogą w zdefiniowanym przedziale czasu wprowadzić na rynek podobnych/identycznych produktów.

2.1. Wykonanie opcji w warunkach konkurencji

Problem staje się bardziej złożony, jeśli uwzględnimy możliwe decyzje firm konkurencyjnych. Analizowana wcześniej opcja własna (*proprietary*) staje się w takich warunkach opcją wspólną (*shared*), zaś kwestia relacji pomiędzy firmami konkurencyjnymi może być prowadzona w kategoriach teorii gier. Optymalizacja decyzji wynikająca z analizy opcji realnych zostaje zastąpiona, jak nazywają to Smit i Trigeorgis, analizą strategicznych gier opcyjnych (*strategic option games*)³⁰.

³⁰ Ibid., s. 10.

W zmodyfikowanej wersji przykładu mamy do czynienia z dwiema firmami, A i B, z których każda może podjąć decyzję o realizacji tego samego projektu inwestycyjnego, rozpoczynając go natychmiast lub odraczając wykonanie o jeden okres. Inwestując natychmiast, firmy „podziela” między siebie wartość NPV. Jeśli obie odrocą decyzję, podziela między sobą wartość opcji (tj. wartość projektu inwestycyjnego z uwzględnieniem elastyczności decyzyjnej). Z punktu widzenia kryterium momentu podjęcia przez firmy decyzji o inwestycji możliwe są cztery scenariusze: (i) obie firmy inwestują natychmiast, dzieląc między siebie wartość NPV w równych częściach, co daje wartość wypłaty dla obu firm równą 10 (10; 10); (ii) i (iii) tylko jedna z firm (A lub B) inwestuje, uprzedzając konkurenta i realizując całą wartość NPV, co daje funkcję wypłaty (20; 0) lub (0; 20); (iv) obie firmy oczekują dzieląc między siebie wartość opcji opóźnienia, co daje funkcję wypłaty (18,5; 18,5). Dla uproszczenia analizy zostaje przyjęte założenie, iż gra ma charakter gry z pełną informacją. Rysunek 3 prezentuje macierz wypłat (korzyści strategicznych) dla wymienionych wyżej warunków prostej gry między firmami A i B.

		Firma B	
		Oczekiwanie	Inwestycje
Firma A	Oczekiwanie	(18,5; 18,5)	(0; 20)
	Inwestycje	(20; 0)	(10; 10)

Rys. 3. Wybór momentu inwestycji z perspektywy teorii gier („dylemat więźnia”)

Źródło: Ibid., s. 51.

W przedstawionej na rys. 3 strukturze wypłat obu firm możliwe jest osiągnięcie tzw. równowagi Nasha (*) (*Nash-equilibrium*). Dla firmy A funkcja wypłaty przy natychmiastowej inwestycji (dolny rząd w macierzy na rys. 3) jest większa niż w razie opóźnienia inwestycji. Tak więc dla firmy A dominującą strategią jest natychmiastowa inwestycja. Podobnie dla firmy B. W efekcie równowaga Nasha zostaje osiągnięta w prawej dolnej ćwiartce i obie firmy otrzymują wypłatę równą 10, co jest wynikiem suboptymalnym wobec wariantu, kiedy obie firmy, koordynując swoje inwestycje, opóźniają je w oczekiwaniu na informacje o stanie otoczenia.

Ważnym aspektem problematyki wykonania opcji, w kontekście teorii gier, jest wewnętrzna (*intrinsic*) wartość opcji, $V - I$. W przypadku każdej z firm, podstawowe parametry decydujące o wartości opcji, tj. koszt wykonania (I), wartość generowanych przepływów pieniężnych (V), będą odmienne. Podobnie

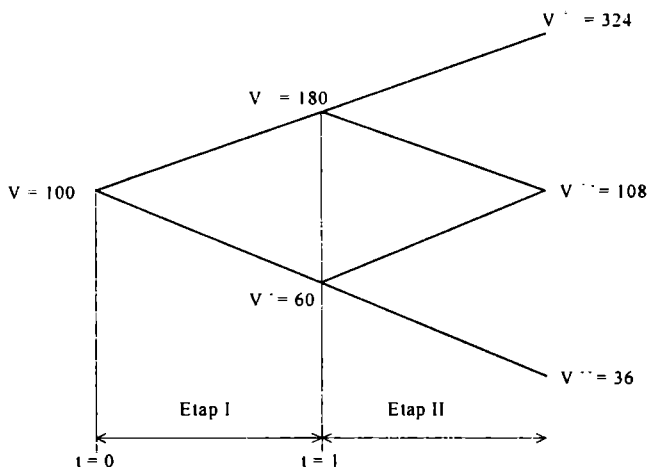
jak poziom niepewności towarzyszący decyzjom firmy. Ogólnie: im większy poziom niepewności, tym większa wartość opcji rozwoju firmy i tym silniejszy bodziec do opóźnienia inwestycji. Zagadnienie wyboru momentu realizacji inwestycji nabiera szczególnego znaczenia w przypadku inwestycji sekwencyjnych, wieloetapowych.

3. Opcja własna dwuetapowa (złożona)

Rozróżnienie pomiędzy jedno- i dwuetapowymi (wieloetapowymi) gramiami opcyjnymi (czy po prostu opcjami złożonymi) jest bardzo istotne, gdyż wiele decyzji strategicznych, przed jakimi stoją firmy, ma charakter inwestycji sekwencyjnych, w których inwestycja na wcześniejszym etapie służy budowaniu kompetencji, pozycji rynkowej, bazy zasobowej itp., stanowiących podstawę do dalszej ekspansji.

W przypadku inwestycji o charakterze strategicznym, mających charakter wieloetapowy, podstawowym zagadnieniem jest ich wycena: Jaka jest wartość złożonego sekwencyjnego projektu, realizowanego w niepewnym otoczeniu, generującego ujemną wartość netto w pierwszym etapie? Jak duża inwestycja na tym etapie jest uzasadniona, w kontekście oczekiwanych (a więc obarczonych ryzykiem) dodatnich przepływów pieniężnych uzyskiwanych w kolejnych etapach?

Problem ten zostanie przedstawiony na przykładzie firmy, która realizuje dwuetapowy projekt badawczo-rozwojowy. Etap pierwszy to etap prac badawczych, które – jeśli zakończone sukcesem – pozwalają na realizację drugiego etapu, jakim jest komercjalizacja produktu. W pierwszym wariantcie zakładamy, że opcja rozwoju, w którą może zainwestować badana firma, ma charakter opcji „własnej” (*proprietary*), co oznacza, że jest dostępna tylko dla jednej firmy. Rozpoczęcie pierwszego etapu wymaga nakładów inwestycyjnych w wysokości $I^I = 30$. Na tym firmie etapie ponosi jedynie koszt inwestycji, nie realizuje zaś żadnych dodatnich przepływów pieniężnych. Rozpoczęcie drugiego etapu projektu wymaga nakładów inwestycyjnych równych $I^{II} = 80$. Prawdopodobieństwo realizacji zarówno pozytywnego (większa wartości przepływów pieniężnych), jak i negatywnego scenariusza (mniejsza wartości przepływów pieniężnych) podobnie jak w etapie pierwszym jest równe $q = 0,5$. Oczekiwane przepływy pieniężne z projektu mogą wynieść, w zależności od stanu otoczenia, $V^{++} = 324$, $V^{+-} = 108$ lub $V^{--} = 36$. Charakterystykę oczekiwanych przepływów pieniężnych przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Oczekiwane przepływy pieniężne w dwuetapowym projekcie badawczo-wdrożeniowym

Źródło: Ibid., s. 52.

Wartość NPV tak zdefiniowanego projektu jest równa:

$$NPV = NPV^I + NPV^{II} = -30 + \left(\frac{-80}{1,08} + \frac{0,5 \times 180 + 0,5 \times 60}{1,2} \right) = -30 + 26 = -4$$

Wartość NPV jest ujemna. Gdyby więc firma musiała podjąć w chwili t_0 decyzję o rozpoczęciu obydwu etapów, powinna to być, według wskazań NPV, decyzja negatywna. Skoro jednak, zgodnie z założeniami przykładu, rozpoczęcie drugiego etapu jest uzależnione od wyniku etapu pierwszego, mamy do czynienia z opcją. Inwestycja w pierwszym etapie jest ceną, jaką firma musi zapłacić za prawo do rozpoczęcia drugiego etapu³¹. Wartość opcji jest równa 37.

$$C = \frac{pC^+ - (1-p)C^-}{1+r} = \frac{0,4 \times (180 - 100) + 0,6 \times 0}{1,08} = 37$$

Tak więc łączna wartość strategiczna (inaczej: rozszerzona wartość NPV) jest równa $NPV^* = NPV^I + C^{II} = -30 + 37 = 7$, co czyni inwestycję w analizowany projekt uzasadnioną.

Im większy poziom niepewności, mierzony zmiennością oczekiwanych przepływów pieniężnych z projektu, tym większa wartość opcji wzrostu. Dzieje

³¹ Drugi etap, komercjalizacja produktu, stanowi opcję wzrostu (*growth option*), którą firma nabywa inwestując w prace badawcze na pierwszym etapie.

się tak dlatego, że pozycja firmy w kontekście przepływów potencjalnie generowanych przez projekt jest asymetryczna. Firma zainwestuje w drugi etap projektu tylko wtedy, gdy w momencie decyzji o inwestycji oczekiwana wartość przepływów generowanych w jej wyniku będzie większa niż wielkość niezbędnych nakładów kapitałowych. W przeciwnym razie dalsze inwestowanie w projekt nie musi być i nie będzie kontynuowane.

4. Inwestycja dwuetapowa (złożona) z uwzględnieniem konkurencji

W poniżej omawianym modelu gry konkurencyjnej zakładamy, iż jedynie firma-pionier (firma A) ma potencjał pozwalający zainwestować w pierwszy etap dwuetapowego projektu. Pierwszy etap to prace badawczo-wdrożeniowe, których koszt jest równy 30. Drugim etapem (którego realizacja jest uzależniona od wyników pierwszego) jest komercjalizacja produktu. Zaspokojenie przewidywanego popytu będzie wymagało nakładów inwestycyjnych równych 80³². Drugi etap może być zrealizowany zarówno przez firmę-pioniera, jak i przez konkurenta (firmę B) określanego jako firma-naśladowca.

W zależności od tego, jak firma-pionier postrzeże (i pod tym kątem buduje strategię) możliwość pełnego zawłaszczenia sobie w przyszłości efektów inwestycji pierwszego etapu, możemy wyróżnić dwa rodzaje strategii³³:

- strategię twardą (*tough*),
- strategię akomodacyjną (*accomodating*).

Strategia twarda to strategia agresywna wobec konkurenta, zorientowana na zmniejszenie jego zysków, zmniejszenie jego udziału w rynku, czy wręcz wyparcie go z rynku. Strategia ta oznacza pełne (lub niemal pełne) zawłaszczenie przez firmę-pioniera efektów inwestycji w długim okresie. Strategia akomodacyjna oznacza sytuację, w której efekty inwestycji są dzielone pomiędzy firmę-pioniera i firmy konkurencyjne realizujące strategię naśladowczą. Kluczem do wyboru właściwej strategii jest to, czy firma będzie w stanie utrzymać (zawłaszczyć) korzyści wynikające z realizowanej inwestycji.

Kolejnym czynnikiem determinującym wybór strategii jest to, czy oczekiwane działania firmy-naśladowcy będą miały charakter substytucyjny czy komplementarny³⁴. Substytucyjność oznacza, że oczekiwane działania konkuren-

³² Jeśli zainwestują obie firmy jednocześnie, dzieląc między siebie rynek, wartość inwestycji każdej z nich będzie równa 40.

³³ D. Fudenberg, J. Tirole: "The Fat-cat Effect, the Puppy-dog Ploy and the Lean and Hungry Look..." *American Economic Review* 1984, Vol. 74, Issue 2, s. 364-365.

³⁴ H. Smit, I. Trigeorgis: *Quantifying the Strategic...*, op. cit., s. 15

ta będą odmienne w stosunku do działań pioniera (np. wzrost sprzedaży jednej z firm powodujący spadek sprzedaży drugiej firmy). Komplementarność zaś oznacza podejmowanie przez konkurenta działań identycznych (np. podniesienie cen przez jedną z firm, powodujące podjęcie podobnej decyzji przez konkurenta).

Podobnie jak poprzednio, rozważamy projekt badawczy dwuetapowy. Zakładamy, iż w pierwszym etapie może zainwestować jedynie firma A ($I'_A = 30$), w drugim zaś etapie (komercjalizacja produktu), gdy niezbędne nakłady wynoszą $I'' = 80$, mogą inwestować obie firmy. Inwestycja w pierwszym etapie przez jedną z firm może asymetrycznie wpłynąć na jej pozycję konkurencyjną i wartość funkcji wypłaty obu firm (V_A, V_B) w przyszłości. Zależy to od dwóch głównych czynników:

1. Rodzaju inwestycji, tzn. czy jest to inwestycja mająca charakter zawłaszczający (*proprietary*) czy wspólny (*shared*). Jeśli inwestycja (np. projekt badawczy, kampania reklamowa) pozwala na uzyskanie przewagi konkurencyjnej i ma charakter zawłaszczający, to w następnym etapie firma-pionier realizuje na własną korzyść większość wartości rynkowej projektu (w niniejszym przykładzie przyjmuje się, że będzie to $s = 2/3$ tej wartości). Jeśli natomiast rezultaty pierwszego etapu projektu podlegają procesom szybkiej dyfuzji wśród firm konkurencyjnych, to podział korzyści jest bardziej równomierny (w niniejszym przykładzie zakładamy, że w takim wypadku $s = 1/2$). Wielkość udziału w rynku (s) zależy od istnienia (bądź braku) specyficznych dla danego rynku korzyści bycia pionierem (*first mover advantage*) lub korzyści bycia naśladowcą (*second mover advantage*), a także od tego, czy firma dysponuje zasobami (np. zdolności produkcyjne, system dystrybucji itp.) wystarczającymi do „zawłaszczenia” tych korzyści.
2. Rodzaju oczekiwanej reakcji konkurenta (strategiczna reakcja substytucyjna, czy komplementarna). W przypadku reakcji konkurenta mającej charakter substytucyjny, firma-pionier ma motywację do wczesnej inwestycji, gdyż poprawia to jej pozycję konkurencyjną i zdolność do „zawłaszczenia” przyszłych korzyści. Zakładamy, że udział firmy w rynku wyniesie $s = 2/3$ (łączna wartość rynku nie ulega zmianie). W przypadku reakcji mającej charakter komplementarny, wczesna inwestycja firmy-pioniera będzie powodowała zwiększoną rywalizację i działania obronne konkurenta. Prawdopodobna wojna cenowa może doprowadzić do obniżenia się łącznej wartości rynku (w analizowanym przykładzie zakłada się, iż wartość rynku zmniejszy się o $1/4$). Jeśli inwestycja firmy-pioniera w pierwszym etapie ma charakter akomodacyjny, mamy do czynienia z dyfuzją korzyści z inwestycji, co może prowadzić do wzrostu popytu i tym samym wzrostu całego rynku (w analizowanym przypadku o $1/4$).

4.1. Inwestycja „zawłaszczająca”, gdy działania firm są strategicznymi substytutami

Inwestycja w projekty badawczo-rozwojowe może mieć dużą wartość strategiczną, jeśli wyniki prac będą chronione (np. w formie patentu) i tym samym zawłaszczane przez firmę. Zgodnie z przyjętymi wcześniej założeniami, firma-pionier (A) będzie miała, w warunkach konkurencji substytucyjnej, 2/3 udziału w rynku, pozostała zaś 1/3 przypadnie konkurentowi (B). Rysunek 6 pokazuje funkcję wypłaty obu firm w drugiej fazie projektu (komercjalizacja) w zależności od tego, czy podjęły decyzję o inwestycji w rozbudowę zdolności produkcyjnych.

		Wysoki popyt ($V^+ = 180$)	
		Firma B	
		Oczekiwanie	Inwestycje
Oczekiwanie	Firma A	(81; 25)	(0; 100)
Inwestycje	Firma A	(100; 0)	(80; 20)

		Niski popyt ($V^+ = 60$)	
		Firma B	
		Oczekiwanie	Inwestycje
Oczekiwanie	Firma A	(10; 0)	(0; -20)
Inwestycje	Firma A	(-20; 0)	(0; -20)

Rys. 5. Macierz funkcji wypłaty dla inwestycji „zawłaszczającej”

Źródło: Ibid., s. 53.

Lewa część rys. 6 odnosi się do wariantu, kiedy popyt jest wysoki $V^+ = 180$. Firma A, która ma przewagę konkurencyjną dzięki inwestycji w pierwszym etapie, ma 2/3 udziału w rynku. Inwestując $I^{II} = 40$ w drugim etapie, firmy zrealizują następujące wartości:

- firma A: $NPV_A^+ = 2/3 \times 180 - 40 = 80$,
- firma B: $NPV_B^+ = 1/3 \times 180 - 40 = 20$.

Jeśli obie firmy wstrzymają się od decyzji o inwestycji, będą dysponowały opcjami realnymi o wartości:

– firma A:

$$C_A^+ = \frac{0,4 \times (2/3 \times 324 - 40) + 0,6 \times (1 \times 108 - 80)}{1,08} = 81$$

– firma B:

$$C_B^+ = \frac{0,4 \times (1/3 \times 324 - 40) + 0,6 \times 0}{1,08} = 25$$

Jeśli jedna z firm wstrzyma się z decyzją o inwestycji, druga zaś zainwestuje, to funkcja wypłaty będzie równa (100; 0) lub (0; 100). W przypadku wysokiego popytu dla obydwu firm strategią dominującą jest inwestowanie. Równowaga Nasha (*) zostaje osiągnięta dla strategii „inwestuj-inwestuj”.

W przypadku gdy popyt jest niski ($V^- = 60$), nawet jeśli zainwestuje tylko jedna z firm, wartość bieżąca netto inwestycji będzie ujemna ($NPV_A^- = NPV_B^- = 60 - 80 = -20$). Jeśli zainwestują obie firmy, to:

– firma A: $NPV_A^+ = 2/3 \times 60 - 40 = 0$,

– firma B: $NPV_B^+ = 1/3 \times 60 - 40 = -20$.

Jeśli obie firmy wstrzymają się z decyzją o inwestycji, to większa siła rynkowa firmy A pozwoli jej na „zablokowanie” wejścia konkurenta na rynek i „zawłaszczenie” całej wartości opcji:

$$C_A^+ = \frac{0,4 \times (1 \times 108 - 80) + 0,6 \times 0}{1,08} = 10$$

co daje funkcję wypłaty obu firm równą (10; 0). Przy niskim popycie, dla obu firm dominującą strategią jest wstrzymanie się od decyzji o inwestycji, przy czym firma „zawłaszcza” całą wartość opcji wzrostu³⁵. Wykorzystując model dwumianowy możemy dokonać wyceny, w czasie t_0 , opcji realnej zainwestowania przez firmę A w drugim etapie realizacji projektu. Wartość tę wyznaczamy wykorzystując formułę:

$$C'' = \frac{p \times NPV^+ + (1-p) \times C_A^-}{(1+r)} = \frac{0,4 \times 80 + 0,6 \times 10}{1,08} = 35$$

³⁵ Jeśli w następnym okresie popyt wzrośnie do „pośredniego” (intermediate) poziomu $V^{++} = 108$, łączna wartość rynku będzie wystarczająco niska, aby NPV firmy B było ujemne ($NPV_B = 1/3 \times 108 - 40 = -4$), podczas gdy NPV firmy A będzie jeszcze dodatnie ($NPV_A = 2/3 \times 108 - 40 = 28$). W rezultacie dominującą strategią firmy A jest inwestowanie, podczas gdy firma B powstrzyma się od inwestycji.

Tak więc łączna wartość strategiczna NPV^{36} jest równa:

$$NPV_A^* = NPV^I + C_A^{II} = -30 + 35 = 5$$

Dodatnia wartość rozszerzonego NPV wskazuje na celowość inwestycji przez firmę A w pierwszym etapie projektu.

Dla firmy B łączna wartość strategiczna NPV jest równa:

$$NPV_B^* = NPV^I + C_B^{II} = 0 + \frac{0,4 \times 20 + 0,6 \times 0}{1,08} = 7$$

Analiza łącznej wartości strategicznej pozycji obu firm wskazuje na nieznaczną przewagę firmy-naśladowcy (B), co stawia pod znakiem zapytania celowość inwestowania przez firmę A w pierwszy etap projektu.

4.2. Inwestycja „wspólna”, gdy działania firm są strategicznymi substytutami

W przypadku gdy korzyści wynikające z inwestycji nie mogą być zawłaszczone przez firmę będącą pionierem, konkurent może wykorzystać akomodacyjną strategię firmy-pioniera i przejąć połowę rynku. Rysunek 7 przedstawia macierz funkcji wypłaty obydwu firm dla tak zdefiniowanego wariantu konkurencji pomiędzy firmami A i B.

		Wysoki popyt ($V^I = 180$)	
		Firma B	
		Oczekiwanie	Inwestycje
Firma A	Oczekiwanie	(53; 53)	(0; 100)
	Inwestycje	(100; 0)	(50; 50)

		Niski popyt ($V^I = 60$)	
		Firma B	
		Oczekiwanie	Inwestycje
Firma A	Oczekiwanie	(5; 5)	(0; -20)
	Inwestycje	(-20; 0)	(-10; -10)

Rys. 6. Macierz funkcji wypłaty dla inwestycji „wspólnej”

Źródło: Ibid., s. 55.

³⁶ W alternatywnej terminologii jest to wartość rozszerzona (*expanded*) NPV.

W przypadku wysokiego popytu $V = 180$, jeśli obie firmy zdecydują się na inwestycję, wartość NPV dla każdej z nich będzie równa $(1/2 \times 180 - 40) = 50$. Natomiast w razie gdyby obie firmy zdecydowały się na opóźnienie inwestycji, wartość opcji wzrostu dla każdej z nich byłaby równa 53.

$$C_A^+ = C_B^+ = \frac{0,4 \times (1/2 \times 324 - 40) + 0,6 \times (1/2 \times 108 - 80)}{1,08} = 53$$

Jednak dla obu firm dominującą strategią jest „natychmiastowa” inwestycja, co prowadzi do symetrycznej równowagi Nasha na poziomie (50; 50). W przypadku niskiego popytu, lepszą dla obu firm strategią jest oczekiwanie, jednak dominacja strategii „inwestuj” sprawia, iż równowaga Nasha zostaje osiągnięta na poziomie (5; 5).

W rezultacie otrzymujemy wartość ujemną łącznej wartości strategicznej inwestycji dla firmy A, firmy-pioniera:

$$NPV_A^* = NPV^I + C_A^{II} = -30 + \frac{0,4 \times 50 + 0,6 \times 5}{1,08} = -30 + 21 = -9$$

Natomiast łączna wartość strategiczna inwestycji dla firmy B jest równa:

$$NPV_B^* = NPV^I + C_B^{II} = 0 + \frac{0,4 \times 60 + 0,6 \times 5}{1,08} = 0 + 21 = 21$$

W tym przypadku strategia pioniera nie jest zalecana, gdyż daje gorszy wynik w porównaniu ze strategią późniejszego wejścia na rynek. W praktyce strategia taka oznaczałaby swoiste subsydiowanie konkurenta.

Opisane powyżej warianty modelowej sytuacji konkurencyjnej dotyczą prostego przypadku duopolu, w sytuacji gdy inwestycja w pierwszym etapie może być zrealizowana wyłącznie przez jedną z firm. Analiza może być kontynuowana przez modyfikację założeń dotyczących sposobu konkurencji między firmami oraz możliwości inwestowania przez te firmy oraz ilości firm.

Podsumowanie

Teoria gier wzbogaca analizę opcji realnych o wymiar konkurencji, który jest w zbyt niskim stopniu uwzględniany w klasycznych modelach opcji realnych. Teoria gier opcyjnych łącząca oba wspomniane nurty zyskuje na popularności „mierzonej” liczbą publikacji w tym obszarze problemowym. Walorem teorii gier opcyjnych jest próba kwantyfikacji wartości wyborów strategicznych.

Modele tworzone w teorii gier opcyjnych mają duże walory poznawcze, jednak ich zastosowanie w praktyce jest w większości ograniczone. Wynika to albo z nadmiernie upraszczających rzeczywistość założeń, albo z bardzo złożonego aparatu narzędziowego i pojęciowego wymagającego dobrej znajomości teorii gier i analizy matematycznej.

Należy ponadto podkreślić, iż teoria gier opcyjnych nawiązuje do ważnego nurtu zarządzania strategicznego, reprezentowanego m.in. przez Liebermana, Sicka, Cotrella, Schnaarsa, Schwartza, jakim jest analiza korzyści strategii „pierwszego posunięcia” (*first-mover advantage*) w porównaniu z korzyściami strategii „naśladownictwa”.

REAL OPTIONS AND GAMES' THEORY

Summary

Integrated strategic management is a paradigm of strategic management combining the elements of real options theory and elements of games' theory. This new approach, originated in the nineties, is called game theoretic approach. On the one hand, classic games' theory does not take into account a managerial flexibility, on the other, the real options analysis usually does not take into account what influence the competition has on value and execution time for the options. Combination of these two approaches enriches the theory of the subject and creates the new possibilities for modeling the decision processes.