Zeszyty Naukowe
Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu
Nr 2(40)/2014

Agnieszka Łoś

Politechnika Opolska

Kryteria podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności i ryzyka

Streszczenie. Artykuł ma charakter teoretyczny. Zaprezentowano w nim charakterystykę podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności i ryzyka. Przedstawiono etapy zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie oraz reguły wyboru optymalnego wariantu decyzyjnego w warunkach niepewności i ryzyka, wywodzące się z teorii gier. Podsumowaniem rozważań teoretycznych są implikacje dla praktyki gospodarczej w zakresie stosowania zaprezentowanych reguł decyzyjnych do oceny wariantów inwestycyjnych.

Słowa kluczowe: ryzyko, teoria gier, efektywność, ocena projektów inwestycyjnych, decyzje inwestycyjne

Wprowadzenie

Realizacja przedsięwzięć gospodarczych w praktyce związana jest z niepewnością dotyczącą przyszłych wartości zmiennych ekonomicznych wpływających na efektywność projektu, a więc na wysokość ponoszonych nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji inwestycji po jej wdrożeniu, jak również efektów uzyskiwanych w przyszłości. Niepewność ta może być związana ze zmianami takich kategorii, jak: koszty kredytu, ceny surowców krajowych i zagranicznych, kursy walutowe, popyt na oferowane przez firmę produkty lub usługi, siła i pozycja konkurencji, koniunktura gospodarcza, warunki ekonomiczno-prawne funkcjonowania przedsiębiorstw czy postęp techniczny. Każda decyzja dotycząca

przyszłych przedsięwzięć wiąże się zatem z ryzykiem, a ryzyko jest funkcją niepewności w taki sposób, że im większy zakres niepewności, tym większe ryzyko i odwrotnie – im mniejszy zakres niepewności, tym mniejsze ryzyko[1].

Sama kategoria ryzyka nie jest traktowana wyłącznie w sposób negatywny – jego podejmowanie w określonych okolicznościach stwarzać będzie szanse odniesienia korzyści, a zatem stanowi bodziec do kreatywnego działania, stymulator przedsiębiorczości i innowacyjności oraz czynnik postępu gospodarczego i rozwoju. Nadmierne unikanie ryzyka może prowadzić do utraty potencjalnych korzyści i marnotrawstwa zasobów. Z drugiej strony, pomijanie i ignorowanie ryzyka w procesie planowania działań rodzi niebezpieczeństwo poniesienia strat i nieosiągnięcia założonych celów. Znaczenia nabiera zatem diagnoza i aktywna kontrola ryzyka, polegająca na identyfikacji wszystkich szans i niebezpieczeństw mogących wpływać na możliwości realizacji wyznaczonych zadań oraz implementacja metod i narzędzi, zmierzających do ograniczenia ewentualnych strat i pomnażania potencjalnych korzyści, będących skutkiem realizacji ryzyka.

Celem opracowania jest przedstawienie kategorii ryzyka i jego znaczenia dla efektywności przedsięwzięć gospodarczych. W artykule przedstawiono kryteria wyboru optymalnego wariantu decyzyjnego w warunkach niepewności i ryzyka. Na podstawie proponowanego modelu autorka pracy wskazuje zasady doboru prezentowanych reguł decyzyjnych w praktyce gospodarczej.

1. Zarządzanie ryzykiem przedsięwzięć inwestycyjnych

Czynnikiem wpływającym na poziom ryzyka przedsięwzięcia jest czas. Wydłużanie okresu realizacji przedsięwzięcia zwiększa niepewność przewidywań dotyczących przyszłych warunków funkcjonowania i możliwości osiągania

[1] K. Jędralska, *Zachowania przedsiębiorstw w sytuacjach niepewnych i ryzykownych*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1992, s. 54; por.: *Efektywność projektów inwestycyjnych*, red. J. Czarnek, M. Jaworek, A. Szóstek, K. Marcinek, Dom Organizatora, Toruń 2010, s. 127-131; R. Miller, D. Lesard, *The strategic management of large engineering Project. Shaping institutions, risks, and governance*, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts 2000, s. 76; J. Raftery, *Risk Anaylsis In Project Managemnet*, E&FN SPON, London 1994, s. 5; E. Ostrowska, *Ryzyko inwestycyjne Identyfikacja i metody oceny*, PWE, Warszawa 2002, s. 27-33; K. Marcinek, *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2000, s 41-44; A. Zachorowska, *Ryzyko działalności inwestycyjnej przedsiębiorstw*, PWE, Warszawa 2005, s. 55-62. Według teorii niepewności i ryzyka autorstwa F.K. Knighta „Niepewność to sytuacja, w której nie umiemy przewidzieć ani wszystkich możliwych, przyszłych poziomów danej wielkości, ani rozkładu prawdopodobieństwa, który tych poziomów dotyczy. Z ryzykiem mamy do czynienia wówczas, gdy potrafimy określić wszystkie możliwe poziomy danej wielkości i prawdopodobieństwo występowania każdego z nich" (F.K. Knight, *Risk, Uncertainty and Profit*, University of London, London 1921, s. 1-8).

założonych celów. Rozszerza się zakres możliwych wyników podjętych działań i rośnie prawdopodobieństwo, że efekty osiągnięte będą w sposób znaczący odbiegać od oczekiwanych[2]. Ryzyko przedsięwzięć gospodarczych może być definiowane w dwojaki sposób:

1) poniesienie straty bądź osiągnięcie efektu mniejszego od zamierzonego; w przypadku przedsięwzięć inwestycyjnych oznacza to sytuację, w której rzeczywisty dochód inwestycji okazuje się mniejszy od założonego,

2) wystąpienie efektu działania niezgodnego z oczekiwaniami; rzeczywisty rezultat może być gorszy bądź lepszy od planowanego; ryzyko w tym przypadku traktowane będzie w kategoriach zagrożenia lub szansy.

Źródłami ryzyka mogą być czynniki[3]:

− makrogospodarcze – związane z gospodarką narodową, dotyczące np. ogólnej sytuacji gospodarczej, tempa wzrostu gospodarczego, stopy inflacji, stopy bezrobocia, polityki monetarnej czy budżetowej,

− mezogospodarcze – związane z sektorem gospodarki, w którym funkcjonuje przedsiębiorstwo (inwestor), dotyczące m.in. stopnia innowacyjności sektora, fazy cyklu życia, w jakiej się ono znajduje, kapitałochłonności,

− mikrogospodarcze – związane z sytuacją przedsiębiorstwa i dotyczące np. rentowności, płynności finansowej, zadłużenia czy struktury majątku przedsiębiorstwa.

Zarządzanie ryzykiem polega na identyfikacji wszystkich zagrożeń i szans, mogących wpływać na możliwość realizacji wyznaczonych zadań w przedsiębiorstwie oraz implementacji metod i narzędzi, zmierzających do ograniczania negatywnych skutków realizacji ryzyka[4]. Obejmuje ono następujące etapy:

Etap I – identyfikacja ryzyka; polega na określeniu źródeł i czynników aktywizujących ryzyko oraz wskazaniu ewentualnych pośrednich i bezpośrednich następstw jego realizacji. W ramach tego etapu dokonuje się podziału ryzyka na:

− ryzyko niezależne (systematyczne) – nie podlega kontroli podmiotu i nie może być przezeń wyeliminowane (nowe uregulowania administracyjnoprawne, zmiany technologiczne, nieoczekiwane zmiany koniunktury rynkowej, kataklizmy przyrodnicze itp.),

− ryzyko zależne (specyficzne) – może być przynajmniej częściowo kontrolowane i wyeliminowane przez dany podmiot, ponieważ obejmuje obszar jego funkcjonowania (trudności zasobowe – pracownicy o właściwych kompetencjach, materiały zapewniające właściwą jakość),

Etap II – ocena potencjalnego wpływu ryzyka na efekty działalności z wykorzystaniem metod jakościowych lub ilościowych[5]:

---

[2] M. Bednarska, G. Gołembski, E. Markiewicz, M. Olszewski, *Przedsiębiorstwo turystyczne. Ujęcie statyczne i dynamiczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2007, s. 282-283.

[3] A. Manikowski, Z. Tarapata, *Ocena projektów gospodarczych*, Difin, Warszawa 2001, s. 50.

[4] M. Bednarska, G. Gołembski, E. Markiewicz, M. Olszewski, op. cit., s. 284.

[5] Por.: E. Ostrowska, op. cit., s. 95-98.

– ocena jakościowa polega na przypisywaniu odpowiednich klas poszczególnym rodzajom ryzyka z uwzględnieniem możliwości zaistnienia zdarzenia oraz jego konsekwencji w postaci wpływu na sytuację przedsiębiorstwa[6],

– ocena ilościowa opiera się na wykorzystaniu statystycznych miar ryzyka, zaprezentowanych w tabeli 1.

Tabela 1. Mierniki oceny ilościowej ryzyka i rodzaj dostarczanych przez te miary informacji

Rodzaj miernika	Dostarczane informacje	Przykłady mierników
Miary zmienności (miary statyczne)	Dotyczą następstw realizacji ryzyka i pokazują możliwy zakres kształtowania się wybranych kryteriów oceny efektywności inwestycji na podstawie rozproszenia ich rozkładu	– wariancja – odchylenie standardowe – współczynnik zmienności – odchylenie przeciętne – rozstęp
Miary zagrożenia (miary statyczne)	Dotyczą jedynie negatywnych następstw realizacji ryzyka i pokazują możliwy zakres kształtowania się ujemnych odchyleń wybranych kryteriów oceny efektywności od wartości oczekiwanych	– semiwariancja – semiodchylenie standardowe – współczynniki semizmienności
Miary wrażliwości (miary dynamiczne)	Badają elastyczność wybranego miernika efektywności inwestycji pod względem najważniejszych czynników wpływających na nią	– analiza wrażliwości NPV – wartość zaktualizowana netto (*net present value*) – analiza wrażliwości IRR – wewnętrzna stopa zwrotu (*internal rate of return*) – analiza wrażliwości MIRR – zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu (*modified internal rate of return*)

Ź r ó d ł o: opracowanie własne.

Etap III – wybór i wdrożenie metod kontroli i monitorowanie ryzyka; do metod wykorzystywanych w tym celu zalicza się kontrolę fizyczną (unikanie ryzyka, transfer ryzyka na inne podmioty oraz redukcja ryzyka *ex ante* i *ex post*) oraz finansową (transfer odpowiedzialności oparty o umowę ubezpieczenia, retencja ryzyka bądź jego repartycja)[7]; rodzaj wykorzystywanych metod określa strategię reagowania przedsiębiorstwa na ryzyko, a zalicza się do nich[8]:

– strategię impasywną – unikanie zagrożeń z otoczenia; może prowadzić do utraty potencjalnych szans i zmarnowania zasobów,

– strategię zachowawczą (defensywną) – ostrożne podejmowanie ryzyka; koncentracja na identyfikacji zagrożeń oraz przeciwdziałanie ich skutkom,

[6] C. L. Pritchard, *Zarządzanie ryzykiem w projektach. Teoria i praktyka*, WIG-Press, Warszawa 2002, s. 34.

[7] W. Tarczyński, M. Mojsiewicz, *Zarządzanie ryzykiem*, PWE, Warszawa 2001, s. 37; E.F. Brigham, L.C. Gapenski, *Zarządzanie finansami*, PWE, Warszawa 2000, s. 345.

[8] J. Bizon-Górecka, *Inżynieria niezawodności i ryzyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Oficyna Wydawnicza OPO, Bydgoszcz 2001, s. 51.

– strategię ekspansywną (ofensywną) – aktywne podejmowanie ryzyka; przedsiębiorstwo zarówno przewiduje niekorzystne zmiany w otoczeniu i przeciwdziała zagrożeniom, jak i identyfikuje oraz wykorzystuje szanse.

2. Kryteria wyboru optymalnego wariantu inwestycyjnego na podstawie teorii gier

W sytuacji ryzyka wybór optymalnej strategii inwestycyjnej może być dokonany z wykorzystaniem teorii gier. Sytuację decyzyjną, z jaką mamy do czynienia, dokonując wyboru wariantu inwestycyjnego (strategii inwestycyjnej) w warunkach niepewności, można przedstawić jako przypadek gry z naturą. W tabeli 2 przedstawiono macierz wypłat inwestora w tej grze.

Tabela 2. Macierz wypłat inwestora w grze z naturą dla *i*-możliwych wariantów inwestycyjnych i *j*-możliwych stanów otoczenia

		Stany otoczenia			
		1	2	...	*j*
Warianty inwestycyjne	1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}
	2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}
	...	...	...	...	...
	i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}

Objaśnienie: a_{ij} – miernik efektywności inwestycji, np. NPV, IRR lub inny miernik efektywności inwestycji, posiadający własność: im wyższa wartość miernika, tym większa efektywność inwestycji.

Ź r ó d ł o: opracowanie własne.

Ocena wariantów inwestycyjnych i wybór najlepszego z nich mogą być dokonane z wykorzystaniem następujących kryteriów optymalizacyjnych (reguł decyzyjnych):

1) reguła maksymalizacji wartości oczekiwanej (P. Laplace'a – T. Bayesa) – wybrany powinien być wariant, którego wynik charakteryzuje się najwyższą wartością średnią, będącą iloczynem wartości wyniku i prawdopodobieństwa wystąpienia w przyszłości poszczególnych stanów otoczenia (w przypadku braku znajomości prawdopodobieństwa, zakłada się, że wszystkie stany są tak samo prawdopodobne)

$$\max_i \sum_{j=1}^{n} p_j a_{ij} , \tag{1}$$

gdzie:
a_{ij} – miernik efektywności inwestycji,
p_j – prawdopodobieństwo wystąpienia stanu otoczenia j,

2) reguła maksimaksu (reguła optymistyczna) – według tej zasady wybrany powinien być wariant inwestycyjny pozwalający osiągnąć maksymalną wartość efektywności w najkorzystniejszym ze stanów otoczenia

$$\max_i \max_j a_{ij} \tag{2}$$

3) reguła maksiminu (reguła asekuracyjna/pesymistyczna A. Walda) – na jej podstawie należy wybrać wariant, którego wynik jest najbardziej korzystny przy najbardziej pesymistycznych założeniach co do przyszłości

$$\max_i \min_j a_{ij} \tag{3}$$

4) reguła minimaksu (reguła unikania żalu L. Savage'a) – dokonujemy wyboru wariantu inwestycyjnego, przy którego realizacji maksymalne możliwe rozczarowanie jest najmniejsze; rozczarowanie rozumiane jest jako różnica między maksymalnym wynikiem możliwym do uzyskania a wynikami możliwymi do uzyskania w ramach każdego z pozostałych wariantów

$$\min \Delta \max_j a_{ij} \tag{4}$$

5) reguła L. Hurwicza – stanowi kompromis między optymizmem a pesymizmem

$$\max_i (\beta \min_j a_{ij} + (1-\beta) \max_j a_{ij}) \tag{5}$$

gdzie:
β – współczynnik ostrożności,
$1-\beta$ – współczynnik optymizmu.

3. Praktyczne implikacje dla dokonywania wyborów wariantów inwestycyjnych w warunkach niepewności i ryzyka

Sposób dokonywania wyboru strategii inwestycyjnej z wykorzystaniem teorii gier w praktyce gospodarczej powinien uwzględniać następujące etapy:

1. Wskazanie wszystkich analizowanych wariantów decyzji inwestycyjnych i ustalenie ich efektywności ogólnej z wykorzystaniem miar efektywności.

2. Przypisanie poszczególnym wariantom możliwych scenariuszy stanów otoczenia różniących się kombinacjami czynników niepewnych i ustalenie ich efektywności.

3. Wybór decyzji inwestycyjnej na podstawie przyjętej reguły decyzyjnej.

Dobór odpowiedniej reguły powinien być wynikiem analizy strategicznej przedsięwzięcia inwestycyjnego. W jej ramach należy wyróżnić najważniejsze czynniki wpływające na efektywność projektu gospodarczego, a następnie dokonać ich podziału na czynniki charakteryzujące się wysokim stopniem niepewności oraz czynniki względnie pewne. Analizę należy następnie uzupełnić, określając charakter występującego ryzyka (zależne, niezależne).

Propozycję doboru reguł decyzyjnych w zależności od sytuacji, w której znajduje się inwestor, można przedstawić z wykorzystaniem rysunku 1. W górnym lewym rogu macierzy (ćwiartka I) sytuacja inwestora jest najbardziej korzystna. Czynniki wpływające na efektywność projektu są względnie pewne i w znacznym stopniu kontrolowane przez przedsiębiorstwo. W tym przypadku zastosowanie ma reguła maksimaksu. Ćwiartka II macierzy charakteryzuje sytuację inwestora, który nawet w skrajnie niekorzystnych warunkach realizacji i eksploatacji projektu (pewny, niekontrolowany wpływ czynników na inwestycję) powinien dążyć do jak najbardziej korzystnego rozwiązania. Zalecane reguły w tym przypadku określa

Stan otoczenia	Ryzyko: zależne	Ryzyko: niezależne
pewne	I Reguła maksimaksu Reguła Laplace'a Reguła Hurwicza	II Reguła maksimaksu Reguła Laplace'a Reguła Hurwicza
niepewne	III Reguła minimaksu Reguła Laplace'a Reguła Hurwicza	IV Reguła Laplace'a Reguła Hurwicza

Rysunek 1. Macierz wyboru reguł decyzyjnych w zależności od pewności stanu otoczenia oraz rodzaju ryzyka

Ź r ó d ł o: opracowanie własne.

zasada maksiminu. Ćwiartka III jest charakterystyczna dla sytuacji, w której efektywność projektu inwestycyjnego jest narażona na zagrożenia zewnętrzne, kontrolowane przez przedsiębiorstwo. Zalecana reguła decyzyjna polega w tym przypadku na minimalizowaniu strat, które mogą wystąpić w niepewnych warunkach realizacji przedsięwzięcia (zaleca się stosowanie reguły minimaksu). W każdej z trzech omawianych sytuacji mogą być stosowane również: reguła uwzględniająca prawdopodobieństwo wszystkich stanów otoczenia – Laplace'a oraz reguła uwzględniająca stopień ostrożności/pesymizmu inwestora – Hurwicza. Ćwiartka IV to najgorsza możliwa sytuacja dla inwestora. Ryzyko ma charakter niezależny, a stan otoczenia jest niepewny. Polecane do zastosowania w takiej sytuacji zasady to reguły Hurwicza i Laplace'a, przy czym zaleca się w tym przypadku rozważenie celowości podejmowania projektu inwestycyjnego.

Podsumowanie

Uwzględnianie wpływu niepewności i ryzyka na efektywność przedsięwzięć gospodarczych sprawia, że przedsiębiorstwa prowadzą działania mające na celu zarządzanie ryzykiem, polegające na jego identyfikacji, ocenie i kontroli. Teoria gier w sytuacji niepewności i ryzyka może być wykorzystana do oceny wariantów inwestycyjnych, a następnie wyboru najlepszego z nich, z wykorzystaniem stosowanych w jej ramach reguł decyzyjnych. Dobór tych reguł wymaga określenia sytuacji inwestora. Pozwala na to wykorzystanie macierzy uwzględniającej pewność stanu otoczenia oraz stopień kontroli ryzyka przez przedsiębiorstwo. Przedstawione reguły decyzyjne dostosowane do sytuacji inwestora mogą zostać wykorzystane w sytuacji wyboru wariantów inwestycyjnych w praktyce gospodarczej. Duże znaczenie aplikacyjne poruszanych w artykule kwestii sprawia, iż celowe jest prowadzenie dalszych analiz w tym zakresie − z wykorzystaniem danych empirycznych, umożliwiających weryfikację modelu.

Literatura

Bednarska M., Gołembski G., Markiewicz E., Olszewski M., *Przedsiębiorstwo turystyczne. Ujęcie statyczne i dynamiczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2007.

Bizon-Górecka J., *Inżynieria niezawodności i ryzyka w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Oficyna Wydawnicza OPO, Bydgoszcz 2001.

Brigham E.F., Gapenski L.C., *Zarządzanie finansami*, PWE, Warszawa 2000.

Czarnek J., Jaworek M., Szóstek A., Marcinek K., *Efektywność projektów inwestycyjnych*, Dom Organizatora, Toruń 2010.

Jędralska K., *Zachowania przedsiębiorstw w sytuacjach niepewnych i ryzykownych*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 1992.
Knight F.K., *Risk, Uncertainty and Profit*, University of London, London 1921.
Manikowski A., Tarapata Z., *Ocena projektów gospodarczych*, Difin, Warszawa 2001.
Marcinek K., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice 2000.
Miller R., Lessard D., *The strategic management of large engineering Project. Shaping institutions, risks, and governance*, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts 2000.
Ostrowska E., *Ryzyko inwestycyjne Identyfikacja i metody oceny*, PWE, Warszawa 2002.
Pritchard C.L., *Zarządzanie ryzykiem w projektach. Teoria i praktyka*, WIG-Press, Warszawa 2002.
Raftery J., *Risk Anaylsis in Project Managemnet,* E&FN SPON, London 1994.
Tarczyński T., Mojsiewicz M., *Zarządzanie ryzykiem*, PWE, Warszawa 2001.
Zachorowska A., *Ryzyko działalności inwestycyjnej przedsiębiorstw*, PWE, Warszawa 2005.

The criteria for investment decisions under uncertainty and risk − game theory

Summary. The article is a theoretical study. It presents the characteristics of investment decisions under uncertainty and risk. It shows stages of enterprise risk management and optimal decision selection rules under uncertainty and risk, derived from the game theory. These theoretical considerations are used to formulate the implications for business practice in the application of presented decision rules for evaluation of investment alternatives.

Key words: risk, game theory, efficiency, evaluation of investment projects, investment decisions