

Stanisław Kasiewicz, Waldemar Rogowski

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

ANALIZA WRAŻLIWOŚCI JAKO METODA ANALIZY RYZYKA PRZEDSIĘWZIĘĆ INWESTYCYJNYCH

1. Wstęp

Inwestycje stanowią konieczność i elementarny warunek właściwej reprodukcji zasobów w gospodarce. Jednakże spełniają one swoją funkcję tylko wtedy, gdy są efektywne, bo tylko takie inwestycje są narzędziem stymulowania zmian strukturalnych w gospodarce w długim okresie.

Pierwszą z podstawowych dla efektywności inwestycji kwestii, a zarazem dyskusyjną, rodzącą nadal wiele kontrowersji i sporów, jest już samo rozumienie i interpretowanie pojęcia inwestycji w teorii i praktyce gospodarczej (np. zaliczanie wydatków na szkolenia pracowników, wydatków marketingowych na budowę marki). Problem ten wynika przede wszystkim z różnorodności ujmowania tego pojęcia. W literaturze przedmiotu spotyka się różne jego definicje, nieraz dość rozbieżne. Pomimo różnorodności definicji można jednak wyodrębnić określone cechy, które decydują o tym, czy dane zdarzenie gospodarcze można określić mianem inwestycji. Cechami tymi są: *nakład inwestycyjny*, *korzyść* jako efekt poniesienia nakładów, *czas*, w jakim korzyść ta zostanie osiągnięta, oraz *ryzyko*, związane z osiągnięciem danej korzyści.

W niniejszym referacie inwestycja jest definiowana jako: długookresowe, obarczone ryzykiem alokowanie zasobów ekonomicznych (nakładów inwestycyjnych) w celu odnoszenia korzyści w przyszłości. Przedsięwzięcie inwestycyjne [*Efektywność...* 1995, s. 10] rozumiane będzie jako kompleksowo ujęty fizyczny zakres inwestycji, przewidziany do zrealizowania w określonym celu, miejscu i czasie.

Jednym z podstawowych czynników związanych z realizacją przedsięwzięć inwestycyjnych oraz pomiarem ich efektywności jest ryzyko. Ryzyko jest przedmiotem badawczym wielu dyscyplin naukowych: ekonomii, psychologii i socjologii. Jednak istota ryzyka była i jest nadal przedmiotem obszernej dyskusji w litera-

turze ogólnoeconomicznej, która jednak nie doprowadziła do przyjęcia ogólnie akceptowanej jego definicji. Dlatego też zarówno teoretycy, jak i praktycy nie podają jednolitej, wyczerpującej definicji tego terminu. Ponadto szerokie rozpowszechnienie pojęcia ryzyka w różnych dyscyplinach naukowych, w polityce i w języku potocznym sprawia, że to pojęcie jest różnie w literaturze naukowej definiowane. W referacie przyjmuje się szeroką definicję ryzyka, w tym ryzyka inwestycyjnego, kładąc akcent na różne jego aspekty [Rogowski 2003]:

- *decyzyjny* – niebezpieczeństwo podjęcia błędnych decyzji (decyzji inwestycyjnych),
- *planistyczny* – niezrealizowanie założonych wielkości celowych (nieosiągnięcie oczekiwanego poziomu efektywności),
- *straty* – niebezpieczeństwo straty majątku (utrata w części lub w całości wartości firmy, wynikająca z realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego),
- *celowy* – możliwość odchylenia od zamierzonego celu (odchylenia oczekiwanej efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego od wartości planowanej).

Ryzyko odgrywa bardzo ważną rolę w ocenie efektywności, gdyż zapewnia poprawność prowadzenia tej oceny oraz umożliwia podjęcie optymalnej decyzji inwestycyjnej [Rogowski 2003]. Ryzyko musi więc być ujmowane w ocenie efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych. W tym celu wykorzystywany jest *rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych*, który jest procesem obejmującym: przygotowanie danych i sporządzenie oceny efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych, zawierającej ocenę opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych oraz analizę ryzyka, jakie jest związane z ich realizacją, oraz podejmowanie na tej podstawie decyzji inwestycyjnej [Wrzosek 1997, s. 15]. W analizie ryzyka przedsięwzięć inwestycyjnych wykorzystywanych może być kilka metod, które można sklasyfikować, wykorzystując trzy podstawowe kryteria: wykorzystywaną technikę analizy, sposób ujmowania ryzyka w procesie decyzyjnym, zakres dostarczanej informacji o ryzyku.

Stosując jako kryterium podziału *wykorzystywaną technikę analizy*, można wyróżnić następujące metody [Ostrowska 1999, s. 72-74; Gawron 1997, s. 140-141; Wrzosek 1997, s. 68]:

- *korygowania efektywności*, polegającą na dokonywaniu korekt przez uwzględnianie narzutów z tytułu ryzyka na wybrane parametry i zmienne wykorzystywane w metodach oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego,
- *analizy wrażliwości*, polegającą na zmianach różnych wybranych parametrów i zmiennych wykorzystywanych w metodach oceny opłacalności i analizie ich wpływu na opłacalność przedsięwzięcia oraz wyznaczaniu wartości krytycznych i marginesów bezpieczeństwa, określających poziom opłacalności,
- *probabilistyczno-statystyczne*, w których do analizy ryzyka wykorzystuje się rachunek prawdopodobieństwa i statystykę matematyczną,
- *symulacyjne*, które dają możliwość zbadania wpływu wielu zmiennych na opłacalność przedsięwzięcia oraz możliwość symulacji poziomu ryzyka.

Tabela 1. Metody i techniki analizy ryzyka przedsięwzięć inwestycyjnych

Technika analizy			
metody korygowania efektywności	metody analizy wrażliwości	metody probabilistyczno-statystyczne	metody symulacyjne
Graniczny okres zwrotu	Analiza wrażliwości	Analiza statystyczna: odchylenie standardowe i współczynnik zmienności	Analiza symulacyjna Monte Carlo
Równoważnik pewności (CE)			
Stopa dyskonta uwzględniająca ryzyko k_{RADR}			
Sposób ujmowania ryzyka w procesie decyzyjnym			
pośredni		bezpośredni	
Analiza wrażliwości		Graniczny okres zwrotu	
Analiza scenariuszy		Równoważnik pewności	
Analiza statystyczna (metody probabilistyczne): odchylenie standardowe i współczynnik zmienności		Stopa dyskonta uwzględniająca ryzyko	
Zakres dostarczanej informacji			
miary zmienności	miary wrażliwości	miary zagrożenia	
Odchylenie standardowe jako bezwzględna miara zmienności	Stopa dyskontowa uwzględniająca ryzyko odzwierciedla ryzyko kosztu kapitału	Metoda VaR	
Współczynnik zmienności jako względna miara zmienności	Ekwiwalent pewności odzwierciedla ryzyko przepływu pieniężnego NCF		
Analiza symulacyjna jako sposób szacowania wartości oczekiwanej i odchylenia standardowego	Okres zwrotu określający ryzyko okresu		
Analiza scenariuszy jako pośredni sposób szacowania wartości oczekiwanej i odchylenia standardowego			

Źródło: [Rogowski 2003].

Drugim ważnym kryterium klasyfikacji jest *sposób ujmowania ryzyka w procesie decyzyjnym*. Zgodnie z tym kryterium można wyróżnić dwie grupy metod [Kawa, Wydymus 1998, s. 52]:

- *metody bezpośrednie*, w których ryzyko ujmowane jest bezpośrednio w kryterium decyzyjnym związanym z określoną metodą oceny opłacalności. Metody bezpośrednio uwzględniające ryzyko stają się zatem jednym z kryteriów decyzyjnych,
- *metody pośrednie* służą do uzyskania dodatkowych informacji o poziomie ryzyka, nie są więc włączane w samo kryterium opłacalności. Metody te nie są więc bezpośrednio jednym z elementów kryterium decyzyjnego.

Kolejnym kryterium podziału metod analizy ryzyka jest *zakres dostarczanej informacji o ryzyku* przedsięwzięcia inwestycyjnego. W tym kontekście można mówić o [Manikowski, Tarapata 2001, s. 34]:

- *miarach zmienności*, które mierzą zmienność wartości (lub stopy zwrotu),
- *miarach wrażliwości*, określających wrażliwość wartości (lub stopy zwrotu) na zmiany czynników wpływających na tę wartość (lub stopę zwrotu),
- *miarach zagrożenia*, ilustrujących spadek wartości (lub spadek stopy zwrotu) w niekorzystnych warunkach rynkowych.

W ramach każdej z metod analizy ryzyka można wyodrębnić określone techniki analizy ryzyka, które zostały zestawione w tab. 1.

Celem referatu jest scharakteryzowanie analizy wrażliwości, która jest najpopularniejszą techniką analizy ryzyka przedsięwzięć inwestycyjnych zarówno w Polsce, jak i w krajach wysoko rozwiniętych (por. tab. 2). Analiza wrażliwości zostanie scharakteryzowana z wykorzystaniem czteroelementowego schematu, w którym zostaną przedstawione założenia, na jakich się ona opiera, jej algorytm, sposób zastosowania w procesie decyzyjnym oraz jej zalety i wady.

Tabela 2. Częstotliwość wykorzystywania metod analizy ryzyka przedsięwzięć inwestycyjnych w wybranych krajach

Wyszczególnienie	G.C. Arnold D. Hatzopoulos	R. Pike	D. Zarzecki	W. Rogowski	U. Wehrle		
Data badania	1997	1992	1994	2001	1988		
Liczba firm	100	100	114	72	178	29	32
Kraj	Wielka Brytania	Wielka Brytania	Polska	Polska	Niemcy	Szwajcaria	Austria
Metoda	%	%	%	%	%	%	%
Analiza wrażliwości	85	88	10	54	75	93	81
Analiza scenariuszy				37	42	55	34
Stopa dyskonta uwzględniająca ryzyko	52	65	13	34	13,5	14	25
Ocena subiektywna	46	Bd.		Bd.	Bd.	Bd.	Bd.
Metody probabilistyczne	31	48	13	Bd.	49	52	50
Analiza współczynnika beta	20	20		Bd.	Bd.	Bd.	Bd.
Graniczny okres zwrotu	3	60	25	10	25	20	25

Źródło: [Rogowski 2003].

2. Analiza wrażliwości

2.1. Założenia analizy wrażliwości

Podstawową techniką z grupy metod pośrednich jest **analiza wrażliwości** (*sensitivity analysis*) [Brigham, Gapenski 2000, s. 396; Wrzosek 1997, s. 70]. Jest to prosta technika analityczna, która polega na badaniu wpływu zmian (jakie mogą wystąpić w przyszłości) w kształtowaniu się podstawowych zmiennych uwzględnianych w ocenie opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego na poziom jego opłacalności. Rodzaj podstawowych zmiennych powinien wynikać z oceny procesów konkurencji [Kasiewicz 2003]. Metoda ta opiera się na założeniu, iż w trakcie fazy budowy, a następnie w fazie operacyjnej, wartości poszczególnych zmiennych wykorzystywanych do szacowania opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego mogą przyjąć inne wartości, niż były zakładane. W analizie tej bada się więc wrażliwość wyników oceny opłacalności (z wykorzystaniem określonego kryterium decyzyjnego) na zmiany różnych zmiennych. Podstawową przesłanką wyboru zmiennych jest ocena procesu konkurencji w branży, w której znajdują się wytwarzane produkty (wyroby i usługi) powstałe wskutek realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego (zob. szerzej [Kasiewicz 2003]).

W teorii większość autorów, pisząc o analizie wrażliwości, skupia się jedynie na analizie wrażliwości wykorzystującej jako metodę oceny opłacalności, metodę NPV. Wynika to z tego, iż metoda ta jest powszechnie uznawana za teoretycznie najbardziej poprawną metodę oceny opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych, kryterium zaś decyzyjne na niej zbudowane powinno być podstawą podejmowania decyzji inwestycyjnych. Analiza wrażliwości może być jednak z powodzeniem wykorzystywana we wszystkich metodach oceny opłacalności. Zgadając się z poglądem, iż teoretycznie najbardziej prawidłową metodą oceny opłacalności jest metoda NPV, opiszemy szczegółowo na jej przykładzie schemat przeprowadzania analizy wrażliwości.

Analiza wrażliwości posługuje się kilkoma podstawowymi pojęciami, takimi jak:

- zmienna objaśniana (zmienna bazowa), czyli metoda oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego, na której analiza wrażliwości będzie przeprowadzana (np. NPV),
- zmienne objaśniające, czyli zmienne występujące w algorytmie danej metody oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego,
- zmienne objaśniające niezależne, czyli zmienne występujące w algorytmie danej metody oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego, których zmiana nie wpływa w sposób bezpośredni na inne zmienne,
- zmienne objaśniające zależne, czyli zmienne występujące w algorytmie danej metody, których zmiana oddziałuje w sposób bezpośredni na inne zmienne.

Bardzo ważnym założeniem wpływającym na poprawność przeprowadzania analizy wrażliwości jest przyjmowanie w algorytmie szacowania NPV, dla którego przeprowadzona jest analiza wrażliwości, *stopy dyskonta nie uwzględniającej premii za ryzyko* (przyjmuje się więc założenie, iż ryzyko przedsięwzięcia inwestycyjnego jest zbliżone do ryzyka obecnie prowadzonej działalności firmy).

2.2. Algorytm analizy wrażliwości

W literaturze przedmiotu pojęcie analizy wrażliwości obejmuje pięć różnych technik analitycznych, które określają:

1) procentową zmianę wielkości zmiennej objaśnianej (najczęściej NPV) wywołaną określoną, np. 5% zmianą określonej zmiennej objaśniającej [Marcinek 1998, s. 126; Brigham, Gapenski 2000, s. 396],

2) procentową zmianę wielkości zmiennej objaśnianej (najczęściej NPV) wywołaną 1% zmianą zmiennej objaśniającej – badanie elastyczności [Szczepankowski 1999, s. 31],

3) wartość kryterium decyzyjnego (najczęściej opartego na NPV) dla określonej wartości zmiennej objaśniającej [Dudycz, Wrzosek 2000, s. 181; Machała 2001, s. 178],

4) poziom graniczny określający taką wartość określonej zmiennej objaśniającej, wykorzystywanej w algorytmie danej metody oceny opłacalności, przy której wykorzystując oparte na tej metodzie kryterium decyzyjne, można przedsięwzięcie inwestycyjne ocenić jako jeszcze opłacalne [Ostrowska 1999, s. 92; Szczepankowski 1999, s. 31] (w przypadku metody NPV poziom graniczny określany jest przez formułę: $NPV \geq 0$),

5) dopuszczalny procentowy poziom odchylenia poszczególnych zmiennych objaśniających, wykorzystywanych w algorytmie danej metody oceny opłacalności, przy których wykorzystując kryterium decyzyjne oparte na tej metodzie, można przedsięwzięcie inwestycyjne ocenić jako jeszcze opłacalne [Marcinek 1998, s. 126].

Ad 1. W najprostszej postaci analizy wrażliwości badany jest wpływ procentowych odchyłeń poszczególnych niezależnych zmiennych objaśniających na zmienną objaśnianą (kryterium decyzyjne oparte na danej metodzie oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego). Badanie poszczególnych zmiennych polega na tym, że zakłada się określone odchylenia zmiennych objaśniających (wyrażone procentowo, np. od -20% do +20%) od ich wartości podstawowych (prognozowanych) i szacuje się ponownie opłacalność przedsięwzięcia inwestycyjnego przy nowym poziomie danej zmiennej objaśniającej, przy czym przyjmuje się założenie, że zmianie w określonym momencie podlega tylko jedna zmienna niezależna. Pozostałe zmienne niezależne pozostają na tym samym poziomie bazowym. Należy przy tym zaznaczyć, że ze zmianą jednej zmiennej niezależnej zmianie może ulec kilka zmiennych zależnych, np. w przypadku badania wrażliwości na zmia-

nę wartości przychodów ze sprzedaży zmianie ulega także wysokość podatku dochodowego.

Badając procentową zmianę poszczególnych zmiennych objaśniających, można wskazać te, których ewentualne odchylenia (ta sama % zmiana) będą miały największy wpływ na opłacalność przedsięwzięcia inwestycyjnego. Technika ta pozwala na zdefiniowanie zmiennych, na których zmianę przedsięwzięcie inwestycyjne jest najbardziej wrażliwe. Identyfikacja ta stanowi istotną informację, gdyż wskazuje te obszary, które wymagają dodatkowych pogłębionych analiz, które służyłyby bardziej precyzyjnemu określeniu czynników ryzyka przedsięwzięcia inwestycyjnego. Analiza wrażliwości odpowiada w tym przypadku na pytanie: *o ile zmieni się wartość zmiennej objaśnianej, jeżeli wartość danej niezależnej zmiennej objaśniającej zmieni się o X%*.

Ad 2. W tym przypadku analiza wrażliwości pozwala określić, o ile zmieni się poziom opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego mierzony określoną metodą (zmienna objaśniana), gdy wartość danej niezależnej zmiennej objaśniającej zmieni się o 1%, a pozostałe niezależne zmienne objaśniające pozostaną bez zmian [Machała 2001, s. 180]. Jest to szczególny przypadek techniki opisanej powyżej. W tym celu w odniesieniu do poszczególnych niezależnych zmiennych objaśniających jest szacowany współczynnik wrażliwości rozumiany jako kąt nachylenia krzywej wyznaczającej profil NPV przy różnych wartościach danej zmiennej niezależnej. Ponieważ jednak wartości zmiennych objaśniających mogą być w skrajnie innej skali, przeto obliczeń należy dokonywać na wartościach względnych, a nie bezwzględnych. Konstrukcja takiego współczynnika wrażliwości przedstawia się następująco:

$$ww = \frac{\frac{NPV_i - NPV_b}{NPV_b}}{\frac{Z_i - Z_b}{Z_b}}, \quad (1)$$

gdzie: ww – współczynnik wrażliwości NPV na 1% zmianę wartości zmiennej objaśniającej Z ,

Z_i – i -ta wartość zmiennej objaśniającej ($Z_i = 1,01Z_b$ lub $0,99Z_b$),

NPV_i – wartość NPV przy i -tej wartości zmiennej Z_i ,

Z_b – wartość bazowa zmiennej Z ,

NPV_b – wartość NPV dla zmiennej Z_b .

W liczniku ułamka (1) jest prezentowana procentowa zmiana wartości zmiennej objaśnianej (np. NPV) wywołana **jednoprocentową** zmianą niezależnej zmiennej objaśniającej Z (dowolna zmienna z algorytmu NPV), w mianowniku zaś **jednoprocentowa** zmiana wartości niezależnej zmiennej objaśniającej. Współczynnik

wrażliwości informuje zatem, ile punktów procentowych zmiany zmiennej objaśnianej (np. NPV) przypada na jeden punkt procentowy zmiany niezależnej zmiennej objaśniającej Z . Jeżeli zależność zmiennej objaśnianej (NPV) od danej niezależnej zmiennej objaśniającej jest liniowa, to w wypadku wszystkich wartości danej niezależnej zmiennej objaśniającej wartość współczynnika wrażliwości jest wartością stałą. Tak jest z większością zmiennych objaśniających. Niezależne zmienne objaśniające, które liniowo zmieniają przepływy pieniężne netto, w przybliżeniu również liniowo wpływają na zmiany NPV. Natomiast niezależne zmienne objaśniające, które powodują zmianę stopy dyskontowej (np. koszt kapitału obcego, koszt kapitału własnego, struktura finansowania) lub oddziałują jednocześnie na kilka zmiennych zależnych w różnych kierunkach, zazwyczaj powodują inne niż liniowe zmiany zmiennej objaśnianej (zależność nieliniowa). W przypadku zależności liniowej współczynnik wrażliwości jest ilorazem różnicowym, czyli współczynnikiem kierunkowym prostej. Natomiast w wypadku zależności nieliniowej jest on granicą ilorazu różnicowego, czyli pochodną, którą szacuje się w punkcie reprezentującym najbardziej prawdopodobną wartość analizowanej niezależnej zmiennej objaśniającej [Machała 2001, s. 181].

Interpretacja współczynnika wrażliwości jest następująca:

- wysoka bezwzględna wartość współczynnika wrażliwości świadczy o dużym wpływie badanej niezależnej zmiennej objaśniającej na zmienną objaśnianą,
- dodatnia wartość współczynnika wrażliwości oznacza, że analiza wrażliwości odpowiada w tym przypadku na pytanie: o ile zmieni się wartość zmiennej objaśnianej, jeżeli wartość danej niezależnej zmiennej objaśniającej zmieni się o 1%,
- wartość współczynnika wrażliwości równa zero oznacza, że analizowana niezależna zmienna objaśniająca w ogóle nie wpływa na zmienną objaśnianą (na poziom opłacalności mierzony daną metodą oceny opłacalności, a tym samym na kryterium decyzyjne oparte na tej metodzie). Należy jednak sprawdzić (w przypadku zależności nieliniowych), czy współczynnik wrażliwości nie jest przypadkiem różny od zera w wypadku innych wartości analizowanej niezależnej zmiennej objaśniającej),
- ujemna wartość współczynnika wrażliwości świadczy, że kierunek zmian zmiennej objaśnianej (np. NPV) jest przeciwny do kierunku zmian badanej niezależnej zmiennej objaśniającej (ujemna korelacja): wzrost niezależnej zmiennej objaśnianej powoduje spadek zmiennej objaśnianej, spadek zaś niezależnej zmiennej objaśnianej powoduje wzrost zmiennej objaśnianej.

Ad 3. W tym przypadku analiza wrażliwości polega na podstawianiu do algorytmu danej metody oceny opłacalności (np. NPV) innych niż przyjęte bazowych wartości niezależnej zmiennej objaśnianej, przy pozostałych niezależnych zmiennych objaśniających niezmiennych. W takiej postaci analiza wrażliwości odpowiada na pytanie, czy w wypadku takiej wartości niezależnej zmiennej objaśnianej

cej przedsięwzięcie inwestycyjne jest, zgodnie z kryterium decyzyjnym zbudowanym na podstawie określonej metody oceny opłacalności, jeszcze opłacalne?

Ad 4. W analizie wrażliwości szacowane są również określone wartości niezależnych zmiennych objaśniających, dla których zgodnie z kryterium decyzyjnym, zbudowanym na podstawie określonej metody oceny opłacalności, przedsięwzięcie inwestycyjne jest jeszcze opłacalne (w przypadku NPV jest równe zero). Wartości takie, nazywane wartościami granicznymi, odpowiadają na pytanie, *w przypadku jakiej wartości niezależnej zmiennej objaśniającej przedsięwzięcie inwestycyjne jest jeszcze opłacalne.*

Ad 5. Przeprowadzając analizę wrażliwości, można też uzyskać odpowiedź na jeszcze inaczej sformułowane pytanie, a mianowicie, *jakie są dopuszczalne odchylenia poszczególnych niezależnych zmiennych objaśniających, przy których przedsięwzięcie inwestycyjne jest jeszcze opłacalne.* W przypadku zastosowania kryterium zbudowanego na podstawie metody NPV jako kryterium decyzyjnego szukana jest taka wartość niezależnych zmiennych objaśniających, dla których $NPV = 0$. Analiza wrażliwości jest w tym przypadku uzupełniana o informację o poziomie *marginesów bezpieczeństwa*, stanowiących granicę opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego w wypadku każdej niezależnej zmiennej objaśniającej. Marginesy bezpieczeństwa mogą być wyrażone jako wartości zarówno bezwzględne, jak i względne. W pierwszym przypadku jest to różnica między wartością graniczną a wartością bazową analizowanej niezależnej zmiennej objaśniającej albo między wartościami bazową a graniczną (2), w drugim zaś jest to iloraz różnicy wartości granicznej i wartości bazowej do wartości bazowej badanej niezależnej zmiennej objaśniającej (3) [Dudycz, Wrzosek 2000, s. 180]:

$$Z_{gr} - Z_{baz} \quad (2)$$

oraz

$$\frac{Z_{gr} - Z_{baz}}{Z_{baz}}, \quad (3)$$

gdzie: Z_{gr} – wartość graniczna analizowanej niezależnej zmiennej objaśniającej Z ,
 Z_{baz} – wartość bazowa analizowanej niezależnej zmiennej objaśniającej Z .

Jeżeli niezależną zmienną objaśniającą są np. przychody ze sprzedaży, a zmienną objaśnianą jest NPV przedsięwzięcia inwestycyjnego, to gdy wartość bazowa przychodów ze sprzedaży wynosi 1 mln zł, a wartość graniczna, czyli wartość przychodów ze sprzedaży, dla której $NPV = 0$ wynosi 800 tys. zł, margines bezpieczeństwa w ujęciu bezwzględnym wynosi 200 tys. zł, a w ujęciu względnym – 20%. Informację tę można interpretować w sposób następujący: aby przedsięwzięcie inwestycyjne było jeszcze opłacalne ($NPV = 0$), przychody ze sprzedaży mogą spaść jedynie o 200 tys. zł lub o 20% w stosunku do wartości bazowej.

Przeprowadzając analizę wrażliwości, należy pamiętać, że:

- dobór niezależnych zmiennych objaśniających zależy od przyjętej w analizie metody oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego – zmiennymi mo-

gą być więc poszczególne elementy algorytmu matematycznego danej metody oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego,

- zróżnicowanie poziomu niezależnych zmiennych objaśniających nie może być dowolne, lecz logicznie uzasadnione.

Z punktu widzenia poziomu agregacji niezależnych zmiennych objaśniających można wyróżnić dwa podstawowe warianty analizy wrażliwości [Ostrowska 1999, s. 90]:

1) wariant z *zagregowanymi niezależnymi zmiennymi objaśniającymi*, który oparty jest jedynie na podstawowych elementach wykorzystywanych w danym algorytmie metody oceny opłacalności (np. w przypadku NPV będą to przepływy pieniężne netto, okres życia przedsięwzięcia inwestycyjnego),

Kryterium opłacalności			Zmienne zagregowane		Zmienne zdezagregowane (szczegółowe)			
$NPV_{baz} = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_{baz,t}}{(1 + k_{WACC \text{ albo } RF})^t}$			Okres życia przedsięwzięcia (t)		Wydłużenie fazy budowy Skrócenie fazy operacyjnej			
			Stopa dyskonta (k)		Wzrost kosztu kapitału Zmiana struktury finansowania			
			Przepływy pieniężne netto (NCF)		Spadek wpływów Zwiększenie wydatków			
t			$k = WACC$		NCF = CFI t - CFO t			
Faza realizacji	Faza operacyjna	Faza inwestycyjna	Koszt kapitału własnego	Koszt kapitału obcego				
wydłużenie	skrócenie	wydłużenie	wzrost	wzrost	Wydatki (CFO)		Wpływy (CFI)	
					Wydatki inwestycyjne	Wydatki operacyjne	Wpływy operacyjne	Wpływy inwestycyjne
					Wzrost nakładów inwestycyjnych	Wzrost kosztów operacyjnych (bez amortyzacji)	Spadek sprzedaży	Spadek wpływów inwestycyjnych
					1) nakłady na rzeczowe składniki majątku trwałego 2) nakłady fazy przedinwestycyjnej 3) nakłady na kapitał obrotowy netto	4) koszt materiałów i energii 5) wynagrodzenia 6) koszty sprzedaży	7) spadek ceny 8) spadek ilości 9) spadek sprzedaży jednego z asortymentów	10) spadek wartości sprzedanego majątku trwałego

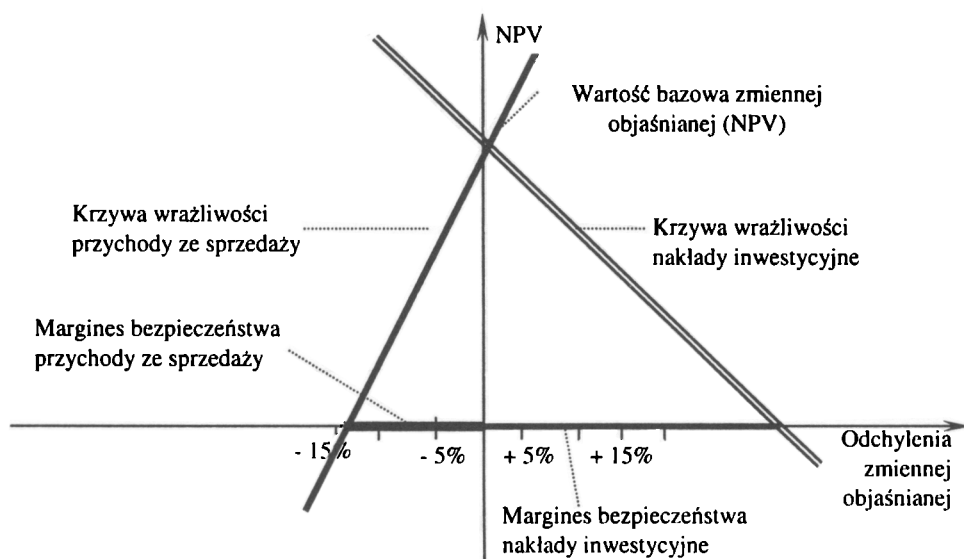
Rys. 1. Prezentacja wariantu zagregowanego i zdezagregowanego analizy wrażliwości

Źródło: opracowanie własne.

2) wariant z *dezagregowanymi niezależnymi zmiennymi objaśniającymi*, które bezpośrednio lub pośrednio determinują poszczególne elementy algorytmu danej metody opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego. Stopień dezagregacji zmiennych objaśniających zależy głównie od szczegółowości posiadanych danych, dokładności analizy i potrzeb informacyjnych.

Od strony modelowej można przedstawić oba warianty przeprowadzania analizy wrażliwości, wykorzystując formę graficzną prezentowaną w formie schematu na rys. 1.

Wyniki analizy wrażliwości można przedstawić również w postaci graficznej (rys. 2) [Brigham, Gapenski 2000, s. 397; Ostrowska 1999, s. 90; Kawa, Wydymus 1998, s. 66]. Wyznaczając NPV w odniesieniu do różnych poziomów procentowych zmian zmiennych objaśniających, można sporządzić wykresy NPV w zależności od procentowej zmiany poszczególnych niezależnych zmiennych objaśniających wykorzystywanych w algorytmie szacowania NPV. Wykres taki nosi nazwę *krzywej wrażliwości*. Nachylenie poszczególnych krzywych wrażliwości wskazuje na poziom wrażliwości NPV (opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego) na zmianę określonej niezależnej zmiennej objaśniającej: im większe nachylenie (krzywa jest bardziej stroma), tym wrażliwsza jest zmienna objaśniana (opłacalność przedsięwzięcia) na zmiany analizowanej niezależnej zmiennej objaśniającej i tym większy jest poziom ryzyka przedsięwzięcia inwestycyjnego [Kawa, Wydymus 1998, s. 67; Ostrowska 1999, s. 90].



Rys. 2. Graficzna postać analizy wrażliwości

Źródło: opracowanie własne.

3. Zastosowanie w procesie decyzyjnym

Wykorzystując analizę wrażliwości w procesie podejmowania bezwzględnej decyzji inwestycyjnej, decydent otrzymuje informację o poziomie ryzyka w formie: wrażliwości bezwzględnego kryterium decyzyjnego, opartego na określonej metodzie oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego, na zmianę elementów uwzględnianych w tej metodzie (niezależnych zmiennych objaśniających), wartości granicznych oraz marginesów bezpieczeństwa.

4. Zalety i wady analizy wrażliwości

Analiza wrażliwości pomimo wielu zalet ma również wady. Zestawienie zalet i wad analizy wrażliwości przedstawia tab. 3.

Tabela 3. Zalety i wady analizy wrażliwości

Zalety	Wady
<ol style="list-style-type: none"> 1. Służą do identyfikacji ryzyka, wskazując obszary, które powinny być przedmiotem głębszej analizy 2. Jest użyteczna głównie w ocenie przedsięwzięć rozwojowych, których ryzyko nie było wcześniej analizowane, a więc kiedy nie ma doświadczeń dotyczących realizacji podobnych przedsięwzięć inwestycyjnych w przeszłości 3. Jej wyniki, tj. znajomość wpływu poszczególnych niezależnych zmiennych objaśniających na zmienną objaśnianą, można wykorzystać w innych metodach analizy ryzyka 4. Można przedstawić wszystkie krzywe wrażliwości na jednym wykresie, co może ułatwić bezpośrednio porównania ryzyka determinowanego przez różne niezależne zmienne objaśniające 5. Krzywe wrażliwości przedstawiają informację użyteczną o punktach granicznych, w których następuje zmiana kryterium decyzyjnego, oraz umożliwiającą obliczenie marginesów bezpieczeństwa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Przyjmowanie uproszczonego, często nie odpowiadającego rzeczywistości założenia o tym, iż badając określoną niezależną zmienną objaśniającą, pozostałe niezależne zmienne objaśniające są pozostawiane na niezmiennym poziomie 2. Ryzyko przedsięwzięcia zależy zarówno od wrażliwości kryterium decyzyjnego na zmiany niezależnych zmiennych objaśniających, jak i od zakresu prawdopodobnych wartości tych zmiennych odzwierciedlanych w ich rozkładach prawdopodobieństwa. Ponieważ w analizie wrażliwości uwzględnia się tylko pierwszy czynnik, jest ona przez to niekompletna

Źródło: opracowanie własne.

Literatura

- Brigham E.F, Gapenski L.C., *Zarządzanie finansami*, t. I, PWE, Warszawa 2000.
 Dudycz T., Wrzosek S., *Analiza finansowa – problemy metodyczne w ujęciu praktycznym*, AE, Wrocław 2000.

- Efektywność przedsięwzięć rozwojowych: metody – analiza*, red. R. Borowiecki, AE, Kraków 1995.
- Gawron H., *Ocena efektywności inwestycji*, AE, Poznań 1997.
- Kasiewicz S., *Szkolenie w zakresie oceny skutków regulacji (OSR)*, Warszawa 19 listopada 2003.
- Kasiewicz S., *Planowanie sprzedaży – sztuką prognozowania*, „Vademecum Przedsiębiorcy i Podatnika” 1995 nr 7/8.
- Kawa P., Wydymus S., *Metodologia oceny efektywności projektów inwestycyjnych według standardów Unii Europejskiej*, Wyższa Szkoła Zarządzania i Bankowości, Kraków 1998.
- Machała R., *Praktyczne zarządzanie finansami firmy*, PWN, Warszawa 2001.
- Manikowski A., Tarapata Z., *Metody oceny projektów gospodarczych*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Warszawa 2001.
- Marcinek K., *Finansowa ocena przedsięwzięć inwestycyjnych przedsiębiorstw*, AE, Katowice 1998.
- Ostrowska E., *Ryzyko inwestycyjne*, UG, Gdańsk 1999.
- Rogowski W., *Metody analizy ryzyka przedsięwzięć inwestycyjnych w praktyce krajowych przedsiębiorstw*, [w:] *Zarządzanie wartością przedsiębiorstwa a alokacja kapitału*, Materiały konferencyjne, Jurata – Gdańsk – Sztokholm, wrzesień 2003.
- Szczepankowski P., *Finanse przedsiębiorstwa – teoria i praktyka*, Wyd. Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Zarządzania im. Leona Koźmińskiego, Warszawa 1999.
- Wrzosek S., *Ocena efektywności inwestycji*, AE, Poznań 1997.

SENSITIVITY ANALYSIS AS A TOOL OF RISK IN AN INVESTMENT PROJECT APPRAISAL

Summary

Investments are the necessary and elementary condition of a right reproduction of resources in national economy. However they fulfill their function unless they are effective. The main aim of this lecture is to characterize the analysis of sensitiveness, which is considered the most popular technique of analyzing hazardous investment enterprises, both in Poland and in highly-developed countries. The sensitivity analysis will be characterized by using four-element outline in which there will be presented all the folds the outline is built on, its algorithm, the manner of its adapting to deciding process and its advantages and disadvantages.