

Podejmowanie decyzji w warunkach ryzyka i niepewności

 v. 1.0

Michał Strzeszewski, 1997

Konsultacja: Dagmara Jezierska, Paweł Kędzierski

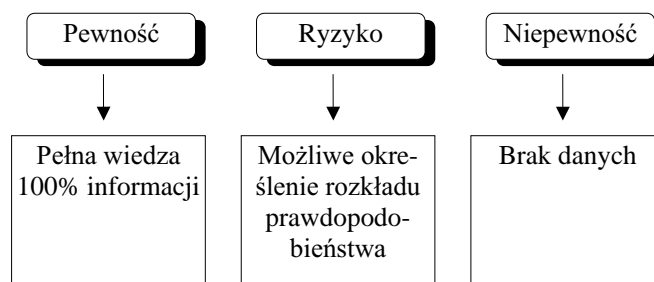
1. Cel artykułu

Po przeczytaniu tego artykułu powinieneś umieć:

- wyjaśnić pojęcia ryzyka i niepewności;
- obliczyć i wyjaśnić wartość oczekiwaną;
- obliczyć i wyjaśnić standardowe odchylenie i współczynnik zmienności;
- wyjaśnić pojęcie premii ryzyka,
- zastosować kryteria: maximin, maximax i kryterium żalu.

2. Wstęp

W artykule „NPV i IRR. Dynamiczne kryteria opłacalności inwestycji” podstawowym założeniem była doskonała przewidywalność przyszłości rozpatrywanego projektu. W praktyce jednak takie sytuacje są dosyć rzadkie. Np. w przypadku inwestycji mających na celu zmniejszenie zużycia energii na ogrzewanie rzeczywiste oszczędności zależą od przebiegu zapotrzebowania na ciepło w sezonie grzewczym. Jeśli zima będzie „lekka” to oszczędności mogą być niższe od przewidywanych dla średniego sezonu grzewczego, natomiast w przypadku „zimy stulecia” oszczędności te mogą być znacznie wyższe.



Rys. 1. Stany podejmowania decyzji

W literaturze przedmiotu rozróżniane są pojęcia ryzyka i niepewności. O **ryzyku** w czasie oceny inwestycji mówi się, gdy istnieją różne możliwe scenariusze rozwoju sytuacji i istnieje doświadczenie, które umożliwia statystyczne przewidywanie rozwoju sytuacji. Natomiast **niepewność** ma miejsce, gdy dotychczasowe doświadczenie nie pozwala na takie przewidywanie. W praktyce jednak różnica pomiędzy ryzykiem i niepewnością nie jest duża i terminy te są używane zamiennie.

Istnieją dwie podstawowe metody uwzględniania ryzyka towarzyszącego projektowanym inwestycjom:

- korygowanie wartości procentowej o tzw. premię ryzyka,
- wykorzystanie rachunku prawdopodobieństwa przy szacowaniu przyszłych przepływów pieniężnych.

3. Rachunek prawdopodobieństwa

W niektórych przypadkach, mimo niemożności dokładnego przewidzenia sytuacji w przyszłości, możliwe jest określenie prawdopodobieństwa z jakim mogą wystąpić określone sytuacje. Prawdopodobieństwo to może być ustalone w sposób obiektywny lub subiektywny. Prawdopodobieństwo **obiektywne** jest określone w sposób matematyczny lub na podstawie analizy statystycznej dostępnych danych historycznych. Jednak bardzo często obiektywne określenie prawdopodobieństwa jest niemożliwe. Wówczas musi ono być oszacowane przez ekspertów w oparciu o ich indywidualne doświadczenie. Tak określone prawdopodobieństwo obarczone jest pewnym błędem, ale jednak dostarcza użyteczną informację dla podejmujących decyzje.

W tabeli 1. przedstawiono przykładowe prawdopodobieństwa zdania egzaminu przez dwóch studentów, oszacowane przez profesora. Mimo że, taki szacunek z natury rzeczy jest przybliżony, dostarcza on informacji, że jest znacznie mniej prawdopodobne, żeby nie zdał egzaminu student A niż student B.

Tabela 1. Przykład rozkładów prawdopodobieństwa

Wynik	Student A	Student B
Zdanie egzaminu	0,9	0,6
Niezdanie egzaminu	0,1	0,4
Razem	1,0	1,0

3.1 Wartość oczekiwana

Przykład 1

Rozważmy następujący przykład. Dyrektor firmy zastanawia się czy wprowadzić do produkcji produkt A czy B, ale tylko jeden z nich może być produkowany. Wielkość przyszłej sprzedaży pozostaje niepewna. Rozkłady prawdopodobieństwa zysków, określone na podstawie szczegółowej analizy przedstawiono poniżej (Tabela 2). Dla uproszczenia przyjęto tylko pięć możliwych poziomów zysku. Który produkt powinna wybrać firma?

Tabela 2. Rozkłady prawdopodobieństwa produktu A i B

Produkt A	Zysk	Szacowane prawdopodobieństwo	(1)x(2)
	(1)	(2)	(3)
	6 000	0,10	600
	7 000	0,20	1 400
	8 000	0,40	3 200
	9 000	0,20	1 800
	10 000	0,10	1 000
		1,00	
		Wartość oczekiwana:	8 000

Produkt B	Zysk	Szacowane prawdopodobieństwo	(1)x(2)
	(1)	(2)	(3)
	4 000	0,05	200
	6 000	0,10	600
	8 000	0,40	3 200
	10 000	0,25	2 500
	12 000	0,20	2 400
		1,00	
		Wartość oczekiwana:	8 900

Obliczamy wartość oczekiwaną zysku dla obu projektów. **Wartość oczekiwana** to średnia ważona poszczególnych poziomów zysków przy uwzględnieniu odpowiednich prawdopodobieństw.

$$EV = \sum_i V_i \cdot P_i \quad [\text{zł, \$, DM...}] \tag{1}$$

gdzie: EV – wartość oczekiwana (ang. expected value),

V_i – i -ty poziom zysku,

P_i – prawdopodobieństwo wystąpienia i -tego poziomu zysku,,

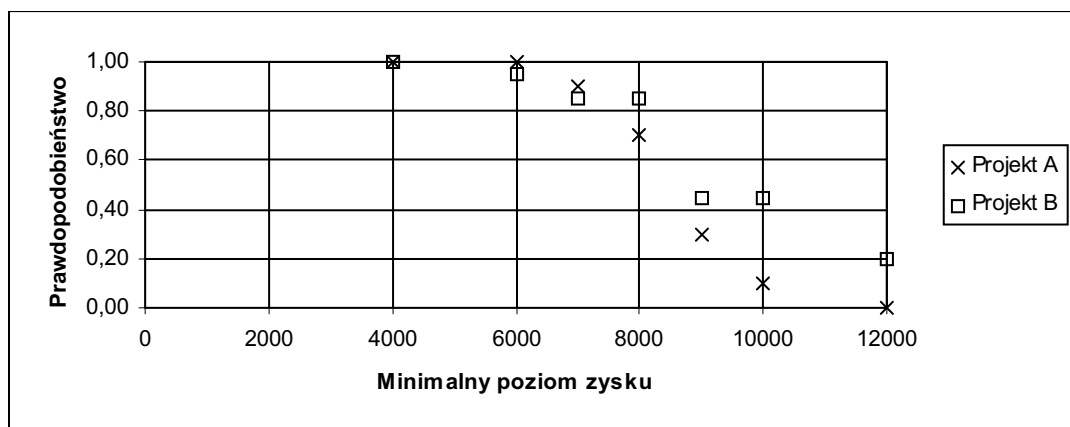
W tym przykładzie wartość oczekiwana zysku z projektu A wynosi 8.000, a z projektu B: 8.900.

Wartość oczekiwana jest średnią możliwych wyników działalności opartą na szacunkach ekspertów. Nie ma jednak żadnej gwarancji, że rzeczywisty wynik będzie równy lub zbliżony do wartości oczekiwanej.

Istotne jest również prawdopodobieństwo z jakim zysk osiągnie przynajmniej pewną określoną wartość. Np. prawdopodobieństwo, że zysk osiągnie co najmniej wartość 7.000, dla projektu A wynosi 0,90, a dla projektu B: 0,85 (Tabela 3, Wykres 1).

Tabela 3. Określenie prawdopodobieństwa zysku niemniejszego od określonego

Zysk	Produkt A		Produkt B	
	Prawdopodobieństwo danego zysku	Prawdopodobieństwo zysku niemniejszego od	Prawdopodobieństwo danego zysku	Prawdopodobieństwo zysku niemniejszego od
4 000		1,00	0,05	1,00
6 000	0,10	1,00	0,10	0,95
7 000	0,20	0,90		0,85
8 000	0,40	0,70	0,40	0,85
9 000	0,20	0,30		0,45
10 000	0,10	0,10	0,25	0,45
12 000		0,00	0,20	0,20
	1,00		1,00	



Wykres 1. Prawdopodobieństwo zysku niemniejszego od określonego

3.2 Standardowe odchylenie i współczynnik zmienności

Przykład 2

Załóżmy, że oprócz projektów A i B opisanych w przykładzie 1. istnieje jeszcze projekt alternatywny C. Rozkład prawdopodobieństwa zysku z tego projektu przedstawia Tabela 4.

Tabela 4. Rozkład prawdopodobieństwa dla produktu C

Produkt C	Zysk	Szacowane prawdopodobieństwo	(1)x(2)
	(1)	(2)	(3)
	- 4 000	0,50	- 2 000
	22 000	0,50	11 000
		1,00	
		Wartość oczekiwana:	9 000

Wartość oczekiwana wynosi 9.000. Jest więc wyższa zarówno od projektu A, jak i B. Jest jednak bardzo mało prawdopodobne, aby zarząd firmy wybrał projekt C. Dlaczego?

Zakres możliwego zysku z projektu C jest znacznie większy niż w przypadku poprzednich projektów, czyli stopień niepewności jest znacznie większy.

Tradycyjną miarą rozproszenia rozkładu prawdopodobieństwa jest **odchylenie standardowe**.

$$\sigma = \sqrt{\sum_i (V_i - EV)^2 \cdot P_i} \quad [\text{zł, \$, DM...}] \quad (2)$$

gdzie: σ – odchylenie standardowe (ang. standard deviation),

EV – wartość oczekiwana,

V_i – i -ty poziom zysku,

P_i – prawdopodobieństwo wystąpienia i -tego poziomu zysku.

Tabela 5. Obliczenie odchylenia standardowego i współczynnika zmienności

Produkt A	Zysk (1)	Szac. prawdop. (2)	(1)x(2) (3)	$((1)-EV)^2 \cdot x(2)$ (4)
	6 000	0,10	600	400 000
	7 000	0,20	1 400	200 000
	8 000	0,40	3 200	0
	9 000	0,20	1 800	200 000
	10 000	0,10	1 000	400 000
		1,00	8 000	1 095
			Wsp. zmienności:	0,137

Produkt B	Zysk (1)	Szac. prawdop. (2)	(1)x(2) (3)	$((1)-EV)^2 \cdot x(2)$ (4)
	4 000	0,05	200	1 200 500
	6 000	0,10	600	841 000
	8 000	0,40	3 200	324 000
	10 000	0,25	2 500	302 500
	12 000	0,20	2 400	1 922 000
		1,00	8 900	2 142
			Wsp. zmienności:	0,241

Produkt C	Zysk (1)	Szac. prawdop. (2)	(1)x(2) (3)	$((1)-EV)^2 \cdot x(2)$ (4)
	- 4 000	0,50	- 2 000	84 500 000
	22 000	0,50	11 000	84 500 000
		1,00	9 000	13 000
			Wsp. zmienności:	1,444

W celu określenia wielkości stopnia niepewności wygodnie jest posługiwać się **współczynnikiem zmienności** (ang. coefficient of variation), który jest stosunkiem odchylenia standardowego do wartości oczekiwanej.

$$CV = \frac{\sigma}{EV} \quad [-] \quad (3)$$

gdzie: CV – współczynnik zmienności (ang. coefficient of variation),

σ – odchylenie standardowe (ang. standard deviation),

EV – wartość oczekiwana.

Jak przedstawiono w tabeli współczynnik zmienności dla projektu C wynosi 1,44 i znacznie przewyższa wartości dla projektów A i B (0,44 i 0,24). Oznacza to, że ryzyko związane z projektem C jest znacznie większe niż w przypadku pozostałych projektów.

4. Premia ryzyka

Alternatywną metodą uwzględnienia ryzyka w obliczeniach opłacalności inwestycji jest zwiększenie stopy dyskontowej o tzw. **premię ryzyka**. Na podstawie analizy rzeczywistych wysokości premii ryzyka wyznaczanych w zależności od współczynnika zmienności opracowano tabelę.

Tabela 6. Premia ryzyka jako funkcja współczynnika zmienności

Współczynnik zmienności <i>CV</i>	Premia ryzyka <i>K_{ryzyka}</i>
0,0÷0,1	0%
0,1÷0,3	1%
0,3÷0,5	3%
0,5÷0,7	6%
0,7÷0,9	10%
0,9÷1,1	15%
1,1÷1,4	22%

5. Podejmowanie decyzji w warunkach niepewności

W wielu sytuacjach może nie być możliwe określenie rozkładu prawdopodobieństwa rozwoju sytuacji w przyszłości. Wówczas manager może wykorzystać: kryterium maximin, maximax lub kryterium żalu.

Przykład 3

Przyjmijmy, że możemy zakupić maszynę A lub B. Maszyna A ma niski koszt stały i wysoki koszt zmienny, podczas gdy maszyna B – odwrotnie. Dlatego maszyna A nadaje się najlepiej do produkcji krótkich serii, natomiast maszyna B zapewnia niższy koszt jednostkowy przy dłuższych seriach. Dla uproszczenia zakładamy, że są możliwe tylko dwa stany sytuacji w przyszłości: stan popytu niskiego i wysokiego. Przewidywane dochody przedstawia tabela 7.

Tabela 7. Dane do przykładu

Maszyna	Zysk	
	w przypadku niskiego popytu	w przypadku wysokiego popytu
A	100 000	160 000
B	10 000	200 000

Technika maximin zakłada, że zawsze zajdzie najgorsza możliwa sytuacja (manager pesymista), a więc należy wybrać projekt, który minimalizuje straty. W przykładzie zostanie wybrany projekt A, gdyż niezależnie od sytuacji, zapewnia on uzyskanie co najmniej 100.000, podczas gdy projekt B gwarantuje tylko 10.000.

Technika maximax z kolei zakłada, że zajdzie najlepsza sytuacja (manager optymisty), a więc decydent wybierze inwestycję, która przyniesie najwyższy zysk w przypadku korzystnego rozwoju sytuacji. Czyli w przykładzie będzie to projekt B, który może przynieść 200.000, podczas gdy projekt A tylko 160.000.

Kryterium żalu ma na celu ograniczenie późniejszego żalu, z wyboru nieoptymalnego projektu. Jak wynika z tabeli maszyna jest optymalna w warunkach niskiego popytu, natomiast korzystając z niej w warunkach wysokiego popytu uzyskamy zysk o 40.000 (200.000–160.000) niższy niż, jeśli wybralibyśmy maszynę B. I odwrotnie: wybierając z góry maszynę B należy liczyć się, że różnica ta wyniesie 90.000 (100.000–10.000). W związku z tym wartość ewentualnego żalu w przypadku maszyny B jest znacznie większa i dlatego zgodnie z kryterium żalu zostanie wybrany projekt A.

Bibliografia

- Colin Drury, ITP (1996) *Management and Cost Accounting*.
- Sierpińska Maria, Jachna Tomasz, PWN (1993) *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*.
- Davies David, PWN (1993) *Sztuka zarządzania finansami*