

KONRAD WANIELISTA*, JERZY KICKI**, HERBERT WIRTH***

Ocena ryzyka przemysłowych projektów inwestycyjnych

Słowa kluczowe

Ryzyko, ocena ryzyka, projekt inwestycyjny

Streszczenie

Ryzykiem określa się sytuację decyzyjną podejmowaną w warunkach niepewności co do przyszłego scenariusza zdarzeń związanych z tą decyzją. Ryzyko ma charakter wielowymiarowy i może dotyczyć wszystkich aspektów projektu inwestycyjnego. W zarządzaniu ryzykiem wyróżnia się jego identyfikację, ocenę i minimalizowanie. W artykule przedstawiono syntetyzujące metody oceny ryzyka. Z metod podstawowych przedstawiono strategiczną ocenę ryzyka i ocenę ryzyka przepływów pieniężnych. Z metod pomocniczych przedstawiono ocenę ryzyka związanego ze skalą produkcji i ocenę ryzyka związaną z wysokim poziomem stałych kosztów projektu.

Wprowadzenie

Przemysłowym projektem inwestycyjnym określa się skonkretyzowaną wersję lokaty kapitału w rzeczowe przedsięwzięcie mające na celu:

- odtworzenie środków trwałych,
- modernizację technologii, produktów i procesów produkcyjnych,
- innowację technologii, produktów i procesów produkcyjnych,
- rozwój potencjału produkcyjnego w dotychczasowej postaci lub utworzenie nowego potencjału produkcyjnego (dywersyfikację).

* Prof. dr hab. inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.

** Dr inż., Katedra Górnictwa Podziemnego AGH oraz Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.

*** Mgr inż., CBPM Cuprum Sp. z o. o., Wrocław.

W dużym projekcie inwestycyjnym wyróżnia się obiekty i zadania inwestycyjne. W realizacji projektu pełny cykl rozwojowy obejmuje fazy: przedinwestycyjną, inwestycyjną i operacyjną.

Faza przedinwestycyjna obejmuje trzy etapy: studium możliwości, studium przedinwestycyjne i ostateczną wersję projektu. Etapy te mogą być uzupełnione studiami funkcjonalnymi dotyczącymi wybranych aspektów projektu. W każdym z etapów fazy przedinwestycyjnej wyróżnia się analizę i dokumentację: prawną, techniczną, organizacyjną i ekonomiczną.

Ważnym elementem wymienionych analiz jest ocena ryzyka inwestycyjnego. Ryzyko oznacza sytuację decyzyjną podejmowaną w warunkach niepewności co do przyszłego scenariusza zdarzeń mających związek z tą decyzją (Nahotko 1997). Ma ono charakter wielowymiarowy i dotyczyć może wszystkich aspektów projektu inwestycyjnego. Syntetyzujący charakter ma:

- strategiczna ocena ryzyka,
- ocena ryzyka przepływów pieniężnych,
- ocena ryzyka skali produkcji,
- ocena ryzyka wysokiego poziomu kosztów stałych projektu.

1. Strategiczna ocena ryzyka projektu

Strategiczna ocena ryzyka projektu ma charakter wielowymiarowy. Jest ukierunkowana na otoczenie projektu i na zasoby inwestora. Wykorzystuje się w niej metody znane w analizie strategicznej. W szczególności można tutaj wskazać na analizę strukturalną sektora i analizę silnych i słabych stron inwestora oraz szans i zagrożeń w otoczeniu (SWOT). Uzyskane tą drogą dane można zsyntetyzować w następujące grupy:

- ryzyko projektu ze względu na lokalizację inwestycji,
- ryzyko projektu ze względu na sektor w którym jest realizowany projekt i rynek, na którym będą sprzedawane jego produkty,
- ryzyko projektu ze względu na zasoby inwestora.

Czynniki uwzględnione w poszczególnych grupach zestawiono w tabeli 1 (jako przykład).

Strategiczną ocenę ryzyka projektu można opracować według następującej procedury:

1. Zespół ekspertów typuje kryteria ryzyka projektu, nadając im rangę w przyjętej skali przykładowo od 1 do 3.

2. Przyjmuje się skalę wartości kryteriów przykładowo od 1 do 5. Sytuacji o najmniejszym ryzyku przypisuje się cyfrę 1, sytuacji o największym ryzyku przypisuje się natomiast cyfrę 5. Przykładowo, jeżeli stabilność polityczna kraju, w którym jest realizowany projekt jest niezadowalająca, np. istnieje możliwość nacjonalizacji, to takiej sytuacji przypisujemy cyfrę 5, jeżeli nie istnieje zagrożenie substytutami, to temu czynnikowi przypisuje się cyfrę 1 itp.

3. Maksymalne ryzyko określa się mnożąc sumę rang kryteriów przez 5. W podanym przykładzie (tab. 1) maksymalne ryzyko wynosi:

$$RM = 98 \times 5 = 490 \text{ punktów}$$

4. Ryzyko projektu stanowi stosunek średnioważonych wartości czynników określających ryzyko projektu do maksymalnej liczby punktów ryzyka. W podanym przykładzie (tab. 1) ryzyko projektu wynosi:

$$WR = \frac{318}{490} = 0,65$$

Im wskaźnik ryzyka jest wyższy, tym ryzyko projektu jest wyższe. Wartość wskaźnika powyżej 0,5 charakteryzują projekty o wysokim ryzyku.

TABELA I

Strategiczna ocena ryzyka projektu

TABLE I

Strategic risk assessment method

Lp.	Kryterium oceny ryzyka	Ranga kryterium	Wartość kryterium	Wartość średnioważona
1	2	3	4	5
I. Ryzyko projektu ze względu na lokalizację inwestycji				
1	Stabilność polityczna kraju, w którym jest realizowany projekt	3	5	15
2	Powiązania międzynarodowe	2	4	8
3	Stabilność społeczna	2	3	6
4	Uwarunkowania ekologiczne	2	2	4
5	Gwarancje państwowe	3	1	3
6	Klimat inwestycyjny	3	2	6
7	Interwencjonizm państwowy	2	3	6
8	System podatkowy	3	4	12
9	Transfer zysków	3	5	15
10	Infrastruktura projektu	2	2	4
11	Dostępność czynników produkcji	2	2	4
12	Inne czynniki lokalne mające wpływ na projekt	2	2	4
II. Ryzyko projektu ze względu na sektor w którym realizowany jest projekt i rynek, na którym będą sprzedawane projekty				
13	Faza rozwoju sektora	2	5	10
14	Stopień koncentracji sektora	2	4	8
15	Innowacyjność produktów	2	3	6
16	Innowacyjność technologii	2	2	4

1	2	3	4	5
17	Zagrożenie substytutami	2	3	6
18	Możliwość różnicowania produktów	2	5	10
19	Wysokość barier wejścia do sektora	1	5	5
20	Wysokość barier wyjścia z sektora	1	5	5
21	Rentowność sektora	3	5	15
22	Przewidywana stopa wzrostu sektora	3	2	6
23	Wielkość rynku	3	3	9
24	Stopień zagrożenia rynku	2	4	8
25	Przewidywana stopa wzrostu rynku	3	2	6
26	Siła dostawców	2	2	4
27	Siła nabywców	2	3	6
28	Siła konkurentów	3	4	12
29	Groźba pojawienia się nowych konkurentów	2	5	10
30	Wymiary konkurencji	2	3	6
31	Komplementarność popytu	2	2	4
III. Ryzyko projektu ze względu na zasoby inwestora				
32	Dostępność kredytów	3	5	15
33	Zasoby finansowe	3	4	12
34	Zasoby rzeczowe	2	3	6
35	Zasoby organizacyjne	2	5	10
36	Zasoby informacyjne	3	2	6
37	Kanały dystrybucji	3	1	3
38	Alianse strategiczne	2	4	8
39	Marka inwestora	2	5	10
40	Usługi serwisowe	2	4	8
41	Siła negocjacyjna	1	3	3
42	Elastyczność inwestora	2	2	4
Suma punktów		98		318
Maksymalna liczba punktów				490
Ryzyko projektu		$\frac{318}{490} = 0,65$		

2. Ocena ryzyka przepływów pieniężnych

Do najczęściej stosowanych miar ryzyka przepływów pieniężnych należy odchylenie od wartości oczekiwanej zaktualizowanego salda przepływów pieniężnych oraz odchylenie od wartości oczekiwanej zdyskontowanej stopy zwrotu.

Realizacja tej metody wymaga opracowania kilku scenariuszy zdarzeń opisujących dane wejściowe do oceny projektu i oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia tych scenariuszy.

Zazwyczaj przyjmuje się trzy scenariusze zdarzeń:

- pesymistyczny,
- najbardziej prawdopodobny,
- optymistyczny.

Przesłankami opracowania scenariuszy oraz prawdopodobieństwa ich wystąpień mogą być czynniki polityczne, ekonomiczne, technologiczne itp.

2.1. Wartość oczekiwana zaktualizowanych sald pieniężnych ($E(NPV)$) i odchylenie standardowe od wartości oczekiwanej ($\delta(NPV)$)

Odchylenie standardowe od wartości oczekiwanej ($\delta(NPV)$) jest najczęściej stosowaną miarą ryzyka. Można je obliczać w procedurze rozwiniętej, gdy dane wejściowe dla każdego roku obliczeń są zróżnicowane oraz w procedurze uproszczonej, gdy salda bieżących przepływów są w każdym roku stałe oraz przyjmuje się, że wydatki inwestycyjne są w całości ponoszone w zerowym roku obliczeń.

2.1.1. Procedura rozwinięta

1. Oblicza się wartość oczekiwaną salda przepływów pieniężnych w n -tym roku:

$$E_t = (NCF_t) = \sum_{j=1}^n NCF_{tj} \cdot p_j \quad (1)$$

przy czym

$$NCF_{tj} = EAT_{tj} + DEP_{tj} - VJ_{tj} \quad (2)$$

oraz

$$EAT_{tj} = (1-t) \sum_{j=1}^a Q_j \cdot (p_j - c_j) \quad (3)$$

gdzie:

$E_t(NCF_t)$ — wartość oczekiwana salda przepływów pieniężnych w t -tym roku [zł/rok],

- NCF_{ti} — saldo przepływów pieniężnych w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok],
 p_{ti} — prawdopodobieństwo wystąpienia i-tego scenariusza zdarzeń w t-tym roku,
 EAT_{ti} — zysk netto w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok],
 DEP_{ti} — koszty amortyzacji w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok],
 VJ_{ti} — wydatki inwestycyjne w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok],
 t — stopa podatkowa,
 a — ilość produktów,
 Q_j — ilość produktu j-tego rodzaju [jedn. nat./rok],
 p_j — jednostkowa cena produktu j-tego rodzaju [zł/jedn. nat.],
 c_j — jednostkowy koszt produktu j-tego rodzaju [zł/jedn. nat.].

2. Oblicza się wariancję salda przepływów pieniężnych w t-tym roku:

$$\delta^2(NCF_t) = \sum_{i=1}^n (NCF_{ti} - E_t(NCF_t))^2 p_{ti} \quad (4)$$

3. Oblicza się odchylenie standardowe salda przepływów pieniężnych:

$$\delta_t(NCF_t) = \sqrt{\delta_t^2(NCF_t)} \quad (5)$$

4. Oblicza się wartość oczekiwaną zdyskontowanych sald pieniężnych:

$$E(NPV) = \sum_{i=r}^T E_t(NCF_t) \cdot a_t \quad (6)$$

przy czym

$$a_t = \frac{1}{(1+r)^t} \quad (7)$$

gdzie:

- a_t — współczynnik dyskontowy,
 t — 1, 2, ..., T — kolejny rok okresu obliczeniowego,
 T — okres obliczeniowy [lata],
 r — stopa dyskontowa.

5. Oblicza się odchylenie standardowe od wartości oczekiwanej zdyskontowanych sald pieniężnych:

$$\delta(NPV) = \sum_{i=1}^T \delta_t(NCF_t) \cdot a_t \quad (8)$$

6. Oblicza się współczynnik zmienności x wartości oczekiwanej zdyskontowanych sald pieniężnych:

$$CV(NPV) = \frac{\delta(NPV)}{E(NPV)} \quad (9)$$

Odchylenie standardowe $\delta(NPV)$ jest miarą całkowitego ryzyka, współczynnik zmienności natomiast jest miarą jednostkowego ryzyka. Zależność pomiędzy współczynnikiem zmienności a stopą dyskontowa uwzględniającą koszt kapitału z premią za ryzyko podano w tabeli 2.

Zależność pomiędzy wartością oczekiwaną, odchyleniem standardowym i prawdopodobieństwem wystąpienia określonych przepływów pieniężnych można zinterpretować następująco:

- istnieje 50% szans, że zdyskontowana wartość sald pieniężnych będzie większa od wartości oczekiwanej,
- istnieje 68% szans, że zdyskontowana wartość sald pieniężnych będzie zmieniać się w przedziale $[E(NPV) + (NPV); E(NPV) + \delta(NPV)]$,
- istnieje 95% szans, że zdyskontowana wartość sald pieniężnych będzie zmieniać się w przedziale $[E(NPV) + 2\delta(NPV); E(NPV) + 2\delta(NPV)]$,

TABELA 2

Zależność między współczynnikiem zmienności a premią za ryzyko

TABLE 2

Volatility coefficient — risk premium relationship

Współczynnik zmienności	Premia za ryzyko	Stopa dyskontowa
0,0—0,1	—	WACC
0,1—0,3	1	WACC + 1
0,3—0,5	3	WACC + 3
0,5—0,7	6	WACC + 6
0,7—0,9	10	WACC + 10
0,9—1,1	15	WACC + 15
1,1—1,4	22	WACC + 22

Źródło: Sierpińska, Jachna 1993.

1. Oblicza się wartość oczekiwaną salda bieżących przepływów pieniężnych:

$$E(NPV) = \sum_{i=1}^n NCF_i \cdot p_i \quad (10)$$

gdzie:

- $E(NCF)$ — średnioroczna wartość oczekiwana salda bieżących przepływów pieniężnych [zł/rok],
 NCF_i — saldo bieżących przepływów pieniężnych przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok],
 p_i — prawdopodobieństwo wystąpienia i-tego scenariuszu zdarzeń.

przy czym

$$NCF_i = EAT_i + DEP_i \quad (11)$$

2. Oblicza się wariancję salda bieżących przepływów pieniężnych:

$$\delta^2(NCF) = \sum_{i=1}^n (NCF_i - E(NCF))^2 \cdot p_{ii} \quad (12)$$

3. Oblicza się odchylenie standardowe salda bieżących przepływów pieniężnych:

$$\delta(NCF) = \sqrt{\delta^2(NCF)} \quad (13)$$

4. Oblicza się wartość oczekiwaną zaktualizowanego salda przepływów pieniężnych:

$$E(NPV) = E(NCF) \frac{(1+r)^T - 1}{r(1+r)^T} - E(VJ) \quad (14)$$

przy czym

$$E(VJ) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^n VJ_{it} p_t \quad (15)$$

gdzie:

- $E(VJ)$ — skumulowana wartość oczekiwana wydatków inwestycyjnych [z],
 VJ_{it} — wydatki inwestycyjne w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok].

5. Oblicza się odchylenie standardowe od wartości oczekiwanej zdyskontowanych bieżących sald pieniężnych:

$$\delta(NPV) = \delta(NCF) \frac{(1+r)^T - 1}{r(1+r)^T} \quad (16)$$

6. Określa się współczynnik zmienności:

$$CV(NPV) = \frac{\delta(NPV)}{E(NPV)} \quad (17)$$

2.2. Wartość oczekiwana zdyskontowanej stopy zwrotu i odchylenie standardowe od wartości oczekiwanej

Wartość zdyskontowanej stopy definiuje się w formule rozwiniętej jako stosunek zdyskontowanych sald przepływów pieniężnych do zdyskontowanych wydatków inwestycyjnych, w formule uproszczonej natomiast jako stosunek zdyskontowanych sald przepływów pieniężnych do skumulowanych na rok zerowy wydatków inwestycyjnych.

2.2.1. Procedura rozwinięta

Wartość oczekiwaną zdyskontowanej stopy zwrotu definiuje się następująco:

$$E(NPVR) = \frac{E(NPV)}{E(PVJ)} \quad (18)$$

1. Oblicza się wartość oczekiwaną $E(NPV)$ ze wzoru (6) według procedury podstawowej w rozdziale 2.1.

2. Oblicza się wartość oczekiwaną $E(PVJ)$ za pomocą wzorów:

$$E(PVJ) = \sum_{t=1}^T E_t(VJ_t) \cdot a_t \quad (19)$$

przy czym

$$E_t(VJ_t) = \sum_{i=1}^n J_{ti} \cdot p_{ti} \quad (20)$$

gdzie:

$E_t(VJ_t)$ — wartość oczekiwana wydatków inwestycyjnych w t-tym roku [zł/rok],
 J_{ti} — wydatki inwestycyjne w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok].

3. Oblicza się wartość oczekiwaną $E(NPVR)$ ze wzoru (18).

4. Oblicza się według przyjętych scenariuszy wartości zdyskontowanych sald pieniężnych i zdyskontowanych wydatków inwestycyjnych:

$$NPV_i = \sum_{t=0}^T NCF_{it} \quad (21)$$

$$PVJ_i = \sum_{t=0}^T VJ_{it} \cdot a_t \quad (22)$$

gdzie:

NPV_i — wartość początkowa zdyskontowanych sald przepływów pieniężnych przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł],

NCF_{it} — saldo przepływów pieniężnych w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł/rok],

PVJ_i — wartość początkowa zdyskontowanych wydatków inwestycyjnych przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł],

VJ_{it} — wydatki inwestycyjne w t-tym roku przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł].

5. Oblicza się wartość zdyskontowanych stóp zwrotu dla przyjętych scenariuszy:

$$NPVR_i = \frac{NPV_i}{PVJ_i} \quad (23)$$

6. Oblicza się wariancję zdyskontowanych stóp zwrotu:

$$\delta^2(NPVR) = \sum_{i=1}^n (NPVR_i - E(NPVR))^2 \quad (24)$$

7. Oblicza się odchylenie standardowe od oczekiwanej stopy zwrotu:

$$\delta(NPVR) = \sqrt{\delta^2(NPVR)} \quad (25)$$

8. Oblicza się współczynnik zmienności za pomocą wzoru:

$$CV(NPVR) = \frac{\delta(NPVR)}{E(NPVR)} \quad (26)$$

2.2.2. Procedura uproszczona

1. Wartość oczekiwaną oblicza się za pomocą wzoru:

$$E(NPVR) = \frac{E(NPV)}{E(VJ)} \quad (27)$$

2. Skumulowaną wartość wydatków inwestycyjnych oblicza się ze wzoru (15):

$$E(VJ) = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^n VJ_{ti} \cdot p_{ti} \quad (28)$$

3. Wartość oczekiwaną zdyskontowanych sald pieniężnych oblicza się za pomocą wzoru:

$$E(NPV) = E(NCF) \frac{(1+r)^T - 1}{r(1+r)^T} - E(VJ) \quad (29)$$

przy czym $E(NCF)$ oblicza się z wzorów (10) i (11)

4. Oblicza się według przyjętych w scenariuszu: wartość zdyskontowanych sald pieniężnych i skumulowanych wydatków inwestycyjnych:

$$NPV_i = NCF_i \frac{(1+r)^T - 1}{r(1+r)^T} - VJ_{oi} \quad (30)$$

$$VJ_{oi} = \sum_{t=0}^T VJ_{ti} \quad (31)$$

5. Oblicza się zdyskontowane stopy zwrotu dla przyjętych scenariuszy:

$$NPVR_i = \frac{NPV_i}{VJ_{oi}} \quad (32)$$

6. Oblicza się wariancję, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności ze wzorów (24), (25) i (26).

2.3. Semiodchylenie standardowe od wartości oczekiwanej zdyskontowanych sald pieniężnych $SV(NPV)$

Jako miarę ryzyka wykorzystuje się także semiodchylenie standardowe od wartości oczekiwanej zdyskontowanych sald pieniężnych ($SV(NPV)$). Przy tej miarze ryzyka uwzględnia się wyłącznie odchylenia ujemne. Semiodchylenie standardowe można obliczać w procedurze rozwiniętej i uproszczonej.

2.3.1. Procedura rozwinięta

1. Oblicza się semiwariancję przepływów pieniężnych w t -tym roku:

$$SV_t^2(NCF_t) = \sum_{i=1}^n \dot{R}_{ti} \cdot p_{ti} \quad (33)$$

przy czym

$$R_{ti} = \begin{cases} [NCF_{ti} - E_t(NCF_t)]^2 & \text{dla: } NCF_{ti} - E_t(NCF_t) < 0 \\ 0 & \text{dla: } NCF_{ti} - E_t(NCF_t) \geq 0 \end{cases} \quad (34)$$

$$E_t(NCF_t) = \sum_{i=1}^n NCF_{ti} \cdot p_{ti} \quad (35)$$

gdzie:

- $SV_t^2(NCF_t)$ — semiwariancja przepływów pieniężnych w t-tym roku
- R_{ti} — odchylenie przepływów pieniężnych od wartości oczekiwanej przy i- tym scenariuszu zdarzeń [zł],
- p_{ti} — prawdopodobieństwo wystąpienia i-tego scenariusza zdarzeń,
- NCF_{ti} — saldo przepływów pieniężnych w t-tym roku, przy i-tym scenariuszu zdarzeń [zł],
- $E_t(NCF_t)$ — wartość oczekiwana salda przepływów pieniężnych w t-tym roku [zł].

2. Oblicza się semiodchylenie standardowe przepływów pieniężnych w t-tym roku:

$$SV_t(NCF_t) = \sqrt{SV_t^2(NCF_t)} \quad (36)$$

3. Oblicza się semiodchylenie standardowe za pomocą wzoru:

$$SV(NPV) = \sum_{i=1}^T SV_t(NCF_t) \cdot a_t \quad (37)$$

2.3.2. Procedura uproszczona ($NCF_t = NCF = \text{const.}$)

1. Oblicza się semiwariancję przepływów pieniężnych:

$$SV^2(NCF) = \sum_{i=1}^n R_{ti} \cdot p_{ti} \quad (38)$$

przy czym

$$R_{ti} = \begin{cases} [NCF_i - E(NCF)]^2 & \text{dla: } NCF_i - E(NCF) < 0 \\ 0 & \text{dla: } NCF_i - E(NCF) \geq 0 \end{cases} \quad (39)$$

oraz

$$E(\text{NCF}) = \sum_{i=1}^n \text{NCF}_i \cdot p_i \quad (40)$$

2. Oblicza się roczne semiodchylenie standardowe przepływów pieniężnych:

$$\text{SV}(\text{NCF}) = \sqrt{\text{SV}^2(\text{NCF})} \quad (41)$$

3. Oblicza się semiodchylenie standardowe za pomocą wzoru:

$$\text{SV}(\text{NPV}) = \sum_{t=0}^T \text{SV}(\text{NCF}) \cdot a_t \quad (42)$$

2.4. Semiodchylenie standardowe od zdyskontowanej stopy zwrotu (SV(NPVR))

2.4.1. Procedura rozwinięta

1. Oblicza się semiwariancję zdyskontowanej stopy zwrotu:

$$\text{SV}^2(\text{NPVR}) = \sum_{i=1}^n R_i \cdot p_i \quad (43)$$

przy czym

$$R_i = \begin{cases} [\text{NPVR}_i - E(\text{NPVR})]^2 & \text{dla: } \text{NPVR}_i - E(\text{NPVR}) < 0 \\ 0 & \text{dla: } \text{NPVR}_i - E(\text{NPVR}) \geq 0 \end{cases} \quad (44)$$

oraz NPVR_i oblicza się ze wzorów (21), (22) i (23), a $E(\text{NPVR})$ ze wzoru (18) według procedury przedstawionej w rozdziale 2.2.1.

2. Oblicza się semiodchylenie standardowe:

$$\text{SV}(\text{NPVR}) = \sqrt{\text{SV}^2(\text{NPVR})} \quad (45)$$

3. Oblicza się współczynnik zmienności:

$$\text{CV}(\text{NPVR}) = \frac{\text{SV}(\text{NPVR})}{E(\text{NPVR})} \quad (46)$$

2.4.2. Procedura uproszczona

1. Oblicza się semiwariancję zdyskontowanej stopy zwrotu $SV^2(NPVR)$ z wzorów (43) i (44) przy czym: $NPVR_i$ oblicza się ze wzorów (30), (31) i (32), a $E(NPVR)$ ze wzoru (27) według procedury przedstawionej w rozdziale 2.2.2.

2. Oblicza się semiodchylenie standardowe ze wzoru (45) i współczynnik zmienności ze wzoru (46).

2.5. Ocena ryzyka skali produkcji

Do oceny ryzyka skali produkcji i sprzedaży można wykorzystać próg rentowności i marginesy bezpieczeństwa.

Próg rentowności określa punkt wyrównania przychodów ze sprzedaży z całkowitymi kosztami produkcji, to jest punkt przy którym przedsiębiorstwo osiąga zerowy wynik finansowy. Próg rentowności jest powszechnie stosowanym narzędziem w analizie ekonomicznej przedsiębiorstw. Oblicza się go przyjmując następujące założenia:

- koszty produkcji są funkcją ilości produkcji lub wielkości sprzedaży,
- wartość produkcji równa jest wartości sprzedaży,
- koszty stałe są jednakowe dla każdej ilości produkcji,
- jednostkowe koszty zmienne są stałe i wskutek tego całkowicie zmienne koszty produkcji, zmieniają się proporcjonalnie do ilości produkcji,
- jednostkowe ceny sprzedaży produktu lub produktów nie ulegają zmianie z upływem czasu i ze zmianami skali produkcji; wartość sprzedaży jest więc funkcją liniową jednostkowej ceny sprzedaży i ilości sprzedawanych produktów,
- obliczenia powinny się opierać na danych z normalnego roku eksploatacji obiektu,
- poziom jednostkowy cen sprzedaży oraz kosztów zmiennych i stałych pozostaje niezmienny,
- asortyment produktów powinien pozostać niezmienny w czasie objętym analizą.

W praktyce nie zawsze możliwe jest przestrzeganie tych wszystkich założeń, co może odbić się niekorzystnie na analizie progu rentowności. Dlatego też analiza progu rentowności powinna być traktowana jako środek uzupełniający inne metody analizy ryzyka.

Podstawą analizy progu rentowności jest podział kosztów na stałe i zmienne. Jedną z metod wyznaczenia z kosztów stałych jest metoda skrajnych punktów, oparta na zdarzeniach z przeszłości. Bierze się pod uwagę dwa skrajne poziomy wykorzystania zdolności produkcyjnych i kosztów (Drury 1995):

	Rozmiary produkcji (szt./rok)	Koszty całkowite (zł/rok)
Najniższy poziom produkcji	5 000	22 000
Najwyższy poziom produkcji	10 000	32 000

Jeżeli koszty zmienne będą stałe na jednostkę i koszty stałe pozostaną nie zmienione, to wzrost kosztów będzie spowodowany wyłącznie wzrostem kosztów stałych. Koszt zmienny na jednostkę wyniesie:

$$(32\ 000 - 22\ 000) : (10\ 000 - 5\ 000) = 2 \text{ zł kosztu zmiennego na jednostkę produkcji}$$

Przy produkcji 5000 szt./rok koszt zmienny całkowity wyniesie:

$$5000 \cdot 2 = 10\ 000 \text{ zł/rok}$$

koszt stały natomiast wyniesie:

$$22\ 000 - 10\ 000 = 12\ 000 \text{ zł/rok}$$

Przy produkcji 10 000 szt./rok całkowity koszt wyniesie:

$$10\ 000 \cdot 2 = 20\ 000 \text{ zł/rok}$$

koszt stały natomiast pozostanie bez zmian:

$$32\ 000 - 20\ 000 = 12\ 000 \text{ zł/rok}$$

Algebraiczne formuły do obliczenia progu rentowności wprowadza się wychodząc z następujących zależności:

- wartość sprzedaży = koszty produkcji,
- wartość sprzedaży = ilość sprzedaży × cena jednostkowa sprzedaży,
- koszty produkcji = koszty stałe + (jednostkowe koszty zmienne × ilość sprzedaży).

Zgodnie z podanymi wyżej założeniami, równanie do obliczenia minimalnej ilości produkcji ma postać:

$$p \cdot \text{BEP}_{(i)} = v \cdot \text{BEP}_{(i)} + F \quad (47)$$

skąd

$$\text{BEP}_{(i)} = \frac{F}{p - v} \quad (48)$$

gdzie:

- p — cena jednostkowa produktu [zł/jedn. prod.],
- v — jednostkowy koszt zmienny [zł/jedn. prod.],
- F — koszt stały [zł/rok],
- $\text{BEP}_{(i)}$ — próg rentowności w jednostkach produkcji [jedn. prod./rok].

Próg rentowności wyrażony w wartości produkcji w zł/rok oblicza się za pomocą wzoru:

$$\text{BEP}_{(w)} = p \cdot \frac{F}{p - v} \quad (49)$$

Próg rentowności wyrażony w procentach wykorzystania mocy produkcyjnych oblicza się ze wzoru:

$$\text{BEP}_{(\%) } = \frac{F}{Q_{\max} (p - v)} \cdot 100 \quad (50)$$

gdzie:

Q_{\max} — maksymalna zdolność produkcyjna [jedn. prod. /rok].

W przypadku produkcji wieloasortymentowej próg rentowności oblicza się zamieniając różne produkty na równoważną ilość produktu lub posługując się wzorem:

$$\text{BEP}_{(ip)} = \frac{F}{\sum_{i=1}^n (p_i - v_i) \cdot L_i} \quad (51)$$

gdzie:

$\text{BEP}_{(ip)}$ — próg rentowności w jednostkach przeliczeniowych,

n — liczba asortymentów,

p_i — cena i-tego produktu [zł/jedn.prod.],

v_i — jednostkowy koszt zmienny i-tego produktu [zł/jedn.prod.],

L_i — udział i-tego produktu w całkowitej produkcji [jedn.nat./jedn.nat.].

Progowe ilości każdego asortymentu otrzyma się przez wymnożenie progów rentowności w jednostkach przeliczeniowych przez jego udział w całkowitej produkcji:

$$\text{BEP}_{(ij)} = \text{BEP}_{(ip)} \cdot L_i \quad (52)$$

gdzie:

$\text{BEP}_{(ij)}$ — próg rentowności i-tego asortymentu [jedn.nat./rok].

Progów rentowności pozwalają na wyznaczenie marginesów bezpieczeństwa. Marginesy bezpieczeństwa określone w stosunku do progów rentowności określają rezerwę w parametrach określających zdolność produkcyjną projektu, przewidzianą wielkość sprzedaży oraz procent wykorzystania mocy produkcyjnych w stosunku do wartości progowych lub też inaczej można określić je jako możliwość wzrostu wartości progowych przy zachowaniu zerowego wyniku finansowego. Marginesy bezpieczeństwa oblicza się ze wzorów:

$$MB_{(i)} = Q - BEP_{(i)} \quad (53)$$

$$MB_{(w)} = S - BEP_{(w)} \quad (54)$$

$$MB_{(\%)} = 100 - BEP_{(\%)} \quad (55)$$

gdzie:

- MB — marginesy bezpieczeństwa wyrażone różnicą między projektowaną wielkością parametrów a progami rentowności,
 Q — projektowana wielkość produkcji, jedn.prod./rok.
 S — projektowana wartość sprzedaży, zł/rok.

Marginesy bezpieczeństwa progu rentowności można także wyrazić w procentach zdolności produkcyjnej i przewidywanej wartości sprzedaży:

$$MB_{(i)} = \frac{Q - BEP_{(i)}}{Q} \cdot 100 \quad (56)$$

$$MB_{(w)} = \frac{S - BEP_{(w)}}{S} \cdot 100 \quad (57)$$

gdzie:

- MB — marginesy bezpieczeństwa wyrażone w procentach projektowanej wielkości parametrów.

Wysokie progi rentowności i małe marginesy bezpieczeństwa świadczą o dużym ryzyku projektu, ponieważ niewielka obniżka cen lub niewielki wzrost kosztów stałych lub zmiennych mogą wywołać podwyższenie progów rentowności i utratę efektywności przez projekt inwestycyjny. Podobne skutki mogą być wywołane przez obniżenie skali produkcji lub sprzedaży.

2.6. Ocena ryzyka wysokiego poziomu kosztów stałych

Ryzyko wysokiego poziomu kosztów stałych wyraża stopień dźwigni operacyjnej. Dźwignią operacyjną określa się wagę kosztów stałych w działalności firmy. Stopniem dźwigni operacyjnej określa się procentową zmianę zysku operacyjnego w stosunku do procentowej zmiany sprzedaży. Jest to zatem wskaźnik, który mierzy wpływ wartości sprzedaży na zysk operacyjny:

$$DOL = \frac{\frac{\Delta EBiT}{EBiT}}{\frac{\Delta P}{P}} \quad (58)$$

Ponieważ:

$$\Delta P = \Delta Q \cdot p \quad (59)$$

$$P = Q \cdot p \quad (60)$$

to wzór (58) można zapisać w postaci:

$$DOL = \frac{\Delta EBIT_0 \cdot Q}{\Delta Q \cdot EBIT_0} \quad (61)$$

gdzie:

- DOL — stopień dźwigni operacyjnej [zł],
- EBIT₀ — zysk operacyjny [zł],
- Q — początkowa wartość produkcji [jedn.nat.],
- P — początkowa wartość sprzedaży [zł],
- p — cena jednostkowa produktu [zł/jedn.nat.].

Na podstawie wzoru (61) można wyprowadzić dwa inne równoważne równania, określające stopień dźwigni operacyjnej:

$$DOL_q = \frac{Q \cdot (p - v)}{Q \cdot (p - v) - F} \quad (62)$$

$$DOL_s = \frac{P - V}{P - V - F} \quad (63)$$

gdzie:

- v — jednostkowe operacyjne koszty zmienne [zł/jedn.nat.],
- F — koszty stałe [zł/rok],
- V — łączne (całkowite) koszty zmienne [zł/rok],
- P — początkowa wartość sprzedaży [zł].

Zasada dźwigni operacyjnej wynika z progresywnego stopnia wzrostu zysku operacyjnego w stosunku do wielkości sprzedaży, ponieważ koszty stałe operacyjne nie zależą od wielkości produkcji, co ilustruje równanie:

$$Z_o = Q \cdot (p - v) - F \quad (64)$$

oraz przykład:

produkcja	1000 jedn.	1500 jedn.
cena jednostkowa	10 zł/jedn.	10 zł/jedn.
sprzedaż	10000 zł.	15000 zł.
jedn. koszty zmienne	5 zł/jedn.	5 zł/jedn.
całkowite koszty zmienne	5000 zł.	7500 zł.
koszty stałe	2000 zł/rok	2000 zł/rok
zysk operacyjny	3000 zł/rok	5500 zł/rok
wzrost sprzedaży	—	50%
wzrost zysku operacyjnego	—	83%

W tym przykładzie stopień dźwigni operacyjnej obliczony z kolejnych wzorów wynosi:

$$DOL = \frac{\frac{5500 - 3000}{3000}}{\frac{15000 - 10000}{10000}} \approx 1,67$$

$$DOL = \frac{(5500 - 3000) \cdot 10000}{(1500 - 1000) \cdot 3000} \approx 1,67$$

$$DOL = \frac{1000 \cdot (10 - 5)}{1000 \cdot (10 - 5) - 200} \approx 1,67$$

$$DOL = \frac{10000 - 5 \cdot 1000}{10000 - 5 \cdot 1000 - 2000} \approx 1,67$$

Ponieważ wzory są równoważne, otrzymano jednakowy wynik. W tym przypadku wzrost sprzedaży o 50% spowoduje wzrost zysku operacyjnego o $50 \cdot 1,67 \approx 93,5\%$

Przy prognozie rentowności

$$BET_{(i)} = \frac{2000}{10 - 5} = 400 \text{ jedn.}$$

dźwignia operacyjna

$$DOL = \frac{400 \cdot (10 - 5)}{400 \cdot (10 - 5) - 200} = \frac{2000}{0}$$

dąży do nieskończoności.

Im projekt jest realizowany bliżej punktu równowagi, tym dźwignia operacyjna jest wyższa i maleje, w coraz szybszym tempie, w miarę oddalania się od punktu równowagi. Jeżeli duży procent całkowitych kosztów firmy ma charakter kosztów stałych, to ma ona dźwignię operacyjną wysokiego szczebla.

Wysoki poziom dźwigni operacyjnej świadczy o dużym stopniu ryzyka w działalności firmy.

Równocześnie mogą występować znaczne rezerwy w wykorzystaniu zdolności produkcyjnych i obniżeniu kosztów produkcji, szczególnie kosztów stałych. Trzeba jednak pamiętać, że przy wysokiej dźwigni operacyjnej małe zwiększenie sprzedaży powoduje duży wzrost zysku operacyjnego, ale także małe zmniejszenie sprzedaży powoduje znaczny spadek zysku operacyjnego. Wysoki poziom dźwigni operacyjnej w działalności firmy jest zjawiskiem niekorzystnym.

Zakończenie

Przedstawiono wybrane metody oceny ryzyka przemysłowych projektów inwestycyjnych, poświęcając szczególną uwagę ocenie ryzyka statystycznego i ocenie ryzyka przepływów pieniężnych. Znane są także inne metody oceny ryzyka, jak np. analiza wrażliwości, metody symulacyjne i wiele innych. Ocena ryzyka ma charakter subiektywny, ponieważ wykorzystuje się w niej subiektywną projekcję zdarzeń w przyszłości. Jednakże poprzez analizę skrajnych projekcji tych zdarzeń obiektywizuje się w pewnym stopniu ocenę efektywności określonego projektu inwestycyjnego. W ocenie ekonomicznej ryzyko projektu interpretuje się zazwyczaj jako czynnik zwiększający koszt kapitału, czyli stopą dyskonta sald przepływów pieniężnych.

LITRATURA

- Drury C., 1995 — Rachunek kosztów. PWN, Warszawa.
Jajuga R., Jajuga T., 1998 — Inwestycje. PWN, Warszawa.
Mayo H.B., 1993 — Wstęp do inwestowania. Wyd. K. E LIBER, Warszawa.
Nahotko S., 1997 — Ryzyko ekonomiczne w działalności gospodarczej. Wyd. TNOIK, Warszawa.
Sierpińska M., Jachna T., 1993 — Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych. PWN, Warszawa.
Smaga E., 1995 — Ryzyko i zwrot w inwestycjach. Wyd. Fund. Rozw. Przed., Warszawa.

INDUSTRIAL INVESTMENT PROJECT RISK ASSESSMENT**Key words**

Risk, risk assessment, investments

Abstract

Risk refers to the decision-making problem in terms of uncertainty over the future event scenario. The nature of risk is multidimensional and it may concern all the aspects of the investment project. There are three fundamental problems in risk managing — risk identifying, risk assessment and risk minimisation. The article depicts synthesis methods of risk assessment. Among basic methods there have been presented strategic risk assessment method and risk assessment of cash flows method as well. Among the auxiliary methods the authors describe production scale risk assessment method and high project constant costs.