

dr inż. Andrzej Chyliński
Katedra Bankowości i Finansów
Wyższa Szkoła Menedżerska w Warszawie
<https://dx.doi.org/10.65748/fiqf-2005-0022>

**Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie i jego wpływ
na analizę opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych**

1. Wprowadzenie

Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie może pociągać za sobą konieczność uwzględniania w przedsiębiorstwie pewnych kosztów związanych z zarządzaniem ryzykiem. Koszty te mogą wpływać na przepływy pieniężne, które są brane pod uwagę w przypadku analizy opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych. Aby uwzględnić wpływ zarządzania ryzykiem na analizę opłacalności, należy wskazać metody pomiaru ryzyka i ocenić ich wpływ na analizę opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych¹. Do najczęściej wykorzystywanych metod pomiaru ryzyka należy metoda wartości narażonej na ryzyko oraz metoda przepływów pieniężnych narażonych na ryzyko². W opracowaniu przedstawiono, w jaki sposób przedsięwzięcia inwestycyjne wpływają na mierniki ryzyka oraz jak wpływ ten znajduje odzwierciedlenie w analizie opłacalności.

2. Wpływ przedsięwzięcia inwestycyjnego na wartość narażoną na ryzyko

Wpływ przedsięwzięcia inwestycyjnego na wartość narażoną na ryzyko można mierzyć poprzez określenie zmian wartości narażonej na ryzyko, wywołanej przez przedsięwzięcie. W celu przeanalizowania tego wpływu można przyjąć model finansowania przedsięwzięcia inwestycyjnego wykorzystujący transakcje kupna i sprzedaży aktywów przedsiębiorstwa. W modelu takim przedsiębiorstwo dokonuje inwestycji w nowe aktywa, wykorzystując środki pochodzące ze sprzedaży posiadanych w portfelu instrumentów, np. papierów wartościowych. Takie transakcje kupna i sprzedaży wpływają zarówno na oczekiwaną stopę zwrotu z portfela, jak i na jego zmienność. Przyjmujemy przy tym, że papiery wartościowe cechują się normalnym rozkładem prawdopodobieństwa, i zakładamy, że portfel tych papierów jest utrzymywany dostatecznie długi okres czasu, co pozwala uwzględnić oczekiwane stopy zwrotu przy obliczaniu VaR. Wartość VaR (na poziomie prawdopodobieństwa 5%) jest określana jako iloczyn stałej 1,65 i zmienności portfela pomniejszony o oczekiwaną stopę zwrotu z portfela³.

Właściwości oczekiwanej stopy zwrotu R i zmienności portfela σ wskazują, iż zmiana w oczekiwanej stopie zwrotu portfela $E(R_p)$, wynikająca z zakupu pewnej ilości i -tego papieru wartościowego oraz sprzedaży takiej samej ilości j -tego papieru wartościowego, jest równa różnicy oczekiwanych stóp zwrotu papierów wartościowych i -tego oraz j -tego pomnożonej przez wielkość transakcji wyrażoną w formie udziału w portfelu Δw .

$$\Delta R_p = [E(R_i) - E(R_j)] \cdot \Delta w$$

Zmiany w zakresie udziału papierów w portfelu wpływają również na zmienność całego portfela. Wpływ zmian w zakresie zmienności jest uzależniony od kowariancji pomiędzy stopą zwrotu z danego papieru wartościowego a stopą zwrotu z portfela⁴. Zwiększenie zmienności portfela może wystąpić w przypadku transakcji kupna/sprzedaży, która zwiększa udział w portfelu papieru wartościowego o dodatniej kowariancji z portfelem oraz w przypadku transakcji, która zmniejsza udział w portfelu papieru wartościowego o ujemnej kowariancji z portfelem.

W przypadku zwiększenia udziału i -tego papieru wartościowego (o wielkość Δw) w portfelu (oznaczonym jako p , który zawiera N elementów) i zmniejszenia udziału w portfelu j -tego papieru wartościowego (również o wielkość Δw) możemy określić wpływ tej zmiany na zmienność portfela. Wpływ Δw na zmiany zmienności można wyznaczyć, wykorzystując poniższą zależność.

$$\Delta \sigma_p = \frac{Cov(R_i, R_p) \cdot \Delta w}{Vol(R_p)} = \beta_{ip} \cdot Vol(R_p) \cdot \Delta w,$$

¹ A. Rutkowski, *Zarządzanie finansami*, PWE, Warszawa 2000.

² M. Crouhy, D. Galai, R. Mark, *Risk management*, McGraw-Hill, New York 2001.

³ P. Jorion, *Value at risk*, McGrawHill, New York 2001.

⁴ K. Jajuga, T. Jajuga, *Inwestycje*, PWN, Warszawa 2000.

gdzie β_{ip} jest ilorzem kowariancji stopy zwrotu i-tego papieru wartościowego ze stopą zwrotu portfela oraz wariancji stopy zwrotu z portfela⁵. Jeżeli portfel p przedsiębiorstwa jest portfelem rynkowym, to współczynnik β_{ip} jest współczynnikiem β wynikającym z modelu wyceny aktywów kapitałowych CAPM⁶. Jeżeli portfel p przedsiębiorstwa nie jest portfelem rynkowym to współczynnik β_{ip} różni się od współczynnika β , wynikającego z modelu wyceny aktywów kapitałowych CAPM.

Współczynnik β danych aktywów określa wnoszony przez te aktywa wkład do ryzyka portfela. Aktywa o wyższym współczynniku β wnoszą wyższy wkład do ryzyka portfela.

Wyprowadzenie zależności określających wpływ Δw na zmiany zmienności portfela papierów wartościowych⁷.

$$\sigma_p^2 = V(R_p) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot V(R_i) + \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N w_i \cdot w_j \cdot Cov(R_i, R_j)$$

$$\Delta(V(R_p)) = 2 \cdot w_i \cdot V(R_i) \cdot \Delta w + 2 \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N w_j \cdot Cov(R_i, R_j) \cdot \Delta w$$

$$\sigma_p = Vol(R_p) = \sqrt{V(R_p)}$$

$$\Delta \sigma_p = \frac{1}{2} \cdot [V(R_p)]^{-\frac{1}{2}} \cdot \Delta(V(R_p)) = \frac{\Delta(V(R_p))}{2 \cdot Vol(R_p)}$$

$$\Delta \sigma_p = \frac{2 \cdot w_i \cdot V(R_i) \cdot \Delta w + 2 \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N w_j \cdot Cov(R_i, R_j) \cdot \Delta w}{2 \cdot Vol(R_p)}$$

$$\Delta \sigma_p = \frac{w_i \cdot V(R_i) \cdot \Delta w + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N w_j \cdot Cov(R_i, R_j) \cdot \Delta w}{Vol(R_p)} = \frac{Cov(R_i, R_p) \cdot \Delta w}{Vol(R_p)} = \beta_{ip} \cdot Vol(R_p) \cdot \Delta w$$

$$\beta_{ip} = \frac{Cov(R_i, R_p)}{V(R_p)} = \frac{Cov(R_i, R_p)}{[Vol(R_p)]^2}$$

W przypadku zwiększenia udziału w portfelu i-tego papieru wartościowego (o wielkość Δw) i zmniejszenia udziału w portfelu j-tego papieru wartościowego (również o wielkość Δw) otrzymujemy przyrost zmienności portfela określony wyrażeniem:

$$\Delta \sigma_p = \Delta(Vol(R_p)) = (\Delta \beta_i - \Delta \beta_j) = (\beta_{ip} - \beta_{jp}) \cdot \Delta w \cdot Vol(R_p).$$

⁵ Ibidem.

⁶ Ibidem.

⁷ J. Koronacki, J. Mielniczuk, *Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych*, WNT, Warszawa 2001.

Jeżeli oczekiwana stopa zwrotu portfela jest oszacowana jako równa zero, to przyrost wartości narażonej na ryzyko VaR z tytułu transakcji kupna/sprzedaży jest równy iloczynowi 1,65 przez przyrost zmienności z tytułu transakcji kupna/sprzedaży przez wartość portfela W .

$$\Delta VaR = 1,65 \cdot \Delta(Vol(R_p)) \cdot W$$

Jeżeli transakcja kupna/sprzedaży zwiększa oczekiwaną stopę zwrotu portfela, fakt ten powoduje, iż wartość narażona na ryzyko VaR ulega zmniejszeniu w porównaniu do wartości narażonej na ryzyko w przypadku niższych oczekiwanych stóp zwrotu, ponieważ wszystkie stopy zwrotu z portfela są zwiększone z powodu wzrostu oczekiwanej stopy zwrotu. Łączny przyrost wartości narażonej na ryzyko VaR możemy określić jako sumę przyrostu wynikającego ze zmian w zakresie oczekiwanych stóp procentowych oraz przyrostu wynikającego z modyfikacji w zakresie zmienności:

$$\Delta VaR = -(E(R_i) - E(R_j)) \cdot \Delta w \cdot W + (\beta_{ip} - \beta_{jp}) \cdot 1,65 \cdot Vol(R_p) \cdot \Delta w \cdot W.$$

Przedsiębiorstwo musi ocenić, czy wpływ zmian w zakresie oczekiwanych stóp zwrotu jest dostatecznie duży, aby uzasadnić przyrost wartości narażonej na ryzyko. W tym celu przedsiębiorstwo powinno określić koszty związane ze wzrostem VaR.

Przyjmijmy, że zwiększenie łącznych kosztów związanych z wartością narażoną na ryzyko w przypadku małych zmian może być oszacowane przez krańcowe koszty jednostkowe wartości narażonej na ryzyko. Na podstawie znajomości kosztów krańcowych przedsiębiorstwo może określić koszty związane ze wzrostem wartości narażonej na ryzyko. Podejmując decyzję, można wówczas wykorzystać porównanie oczekiwanych dochodów z transakcji handlowej ze wzrostem łącznych kosztów związanych ze zmianą wartości narażonej na ryzyko, wynikającą z transakcji kupna/sprzedaży.

Oczekiwane dochody wynikające z transakcji kupna/sprzedaży można określić jako iloczyn oczekiwanej stopy zwrotu z transakcji handlowej oraz wartości portfela. Wzrost łącznych kosztów z tytułu zmian wartości narażonej na ryzyko można określić jako iloczyn jednostkowych kosztów krańcowych pomnożonych przez przyrost wartości narażonej na ryzyko. Oczekiwane dochody netto z tytułu transakcji po uwzględnieniu kosztów zmiany wartości narażonej na ryzyko są różnicą powyższych wielkości. Jednostkowe koszty krańcowe obejmują wszystkie koszty przedsiębiorstwa wywołane przez zwiększenie kwoty wartości narażonej na ryzyko.

3. Wpływ przedsięwzięcia inwestycyjnego na przepływy pieniężne narażone na ryzyko

Wpływ projektu inwestycyjnego na przepływy pieniężne narażone na ryzyko CaR^8 określamy jako zmianę przepływów pieniężnych wywołaną przez projekt inwestycyjny. Jeżeli rozmiary projektu są małe, możemy wykorzystać metodę szacowania krańcowego wpływu projektu na przepływy pieniężne narażone na ryzyko. W przypadku projektu, dla którego nie możemy zastosować do szacowania kosztów metody przyrostów krańcowych, niezbędne staje się określanie wpływu nowego projektu na CaR poprzez porównanie wartości CaR z uwzględnieniem projektu inwestycyjnego oraz wartości CaR bez projektu inwestycyjnego.

Przyjmijmy, że przepływy pieniężne ze wszystkich aktualnie prowadzonych projektów inwestycyjnych wynoszą C_A , natomiast przepływy pieniężne z nowego projektu inwestycyjnego wynoszą C_N . Przy założeniu, że przepływy pieniężne cechują się rozkładem normalnym, możemy określić przepływy pieniężne narażone na ryzyko CaR (na poziomie prawdopodobieństwa 5%), wykorzystując poniższą zależność:

$$CaR_{5\%}(A) = 1,65 \cdot Vol(C_A).$$

Przepływy pieniężne narażone na ryzyko po uwzględnieniu nowego projektu określamy jako:

$$CaR_{5\%}(A + N) = 1,65 \cdot Vol(C_A + C_N) = 1,65 \cdot [V(C_A) + V(C_N) + 2 \cdot Cov(C_A, C_N)]^{0,5}.$$

⁸ R. Stulz, *Rethinking risk management*, "Journal of Applied Corporate Finance", 1996, vol. 9, nr 3.

Wpływ podjęcia projektu na przepływy pieniężne narażone na ryzyko zależy od jego wariancji oraz kowariancji z bieżącymi projektami. Projekt inwestycyjny o wyższej wariancji przepływów pieniężnych silniej zwiększa przepływy pieniężne narażone na ryzyko CaR, ponieważ jest bardziej prawdopodobne, że taki projekt inwestycyjny przyniesie większe straty. Jednakże wyższe straty silniej wpływają na przedsiębiorstwo, gdy występują w przedsiębiorstwie znajdującym się w złej sytuacji ekonomiczno-finansowej. W takim przypadku oznacza to, że projekt inwestycyjny, którego przepływy pieniężne wykazują wyższą kowariancję z istniejącymi przepływami pieniężnymi, silniej zwiększa wartość CaR przedsiębiorstwa.

Jeżeli z przepływami pieniężnymi narażonymi na ryzyko związane są pewne koszty, możemy je traktować jako jeszcze jeden rodzaj kosztów związanych z projektem inwestycyjnym. Zaktualizowana wartość netto projektu inwestycyjnego jest pomniejszana o wpływ projektu inwestycyjnego na koszty związane z przepływami pieniężnymi narażonymi na ryzyko CaR. Koszty związane z wartością CaR to koszty powstające na początku roku (lub analizowanego okresu), wynikające z prawdopodobieństwa wystąpienia niskich przepływów pieniężnych, co uniemożliwia przedsiębiorstwu uzyskanie korzyści z możliwych do realizacji projektów inwestycyjnych. Wartość bieżąca tych kosztów powinna pomniejszać wielkość NPV projektu wyznaczoną z zastosowaniem modelu wyceny aktywów kapitałowych. W konsekwencji przedsiębiorstwo może podejmować wszystkie projekty, dla których wielkość NPV (określona z stopy dyskontowej wynikającej z modelu CAPM) przewyższa wpływ kosztów związanych z przepływami pieniężnymi narażonymi na ryzyko CaR.

Rozważmy przykład, przyjmując, że przepływy pieniężne mają rozkład normalny. Załóżmy, że przedsiębiorstwo posiada oczekiwane przepływy pieniężne w wysokości 8 mln zł o zmienności określonej na 5 mln zł. Określony dla nowego projektu współczynnik korelacji z bieżącymi projektami inwestycyjnymi wynosi 0,5. Projekt cechuje współczynnik β określony w odniesieniu do portfela rynkowego w wysokości 0,25. Zakładamy, że z projektem inwestycyjnym związana jest tylko jedna płatność na koniec rocznego okresu jego realizacji i wynosi ona 5,8 mln zł. Zakładamy również, że stopa procentowa wolna od ryzyka jest równa 5% a rynkowa premia za ryzyko wynosi 6%. Wykorzystując model wyceny aktywów kapitałowych możemy określić koszt kapitału w przypadku projektu inwestycyjnego:

$$CC_{CAPM} = 5\% + 0,25 \cdot 6\% = 6,5\% .$$

Dla takiego kosztu kapitału wartość bieżąca netto projektu inwestycyjnego jest równa zdyskontowanemu na początek okresu wpływowi pomniejszonym o wydatki:

$$NPV = \frac{5,8}{1,065} - 5 = 0,446 .$$

Ponieważ kryterium opłacalności inwestycji jest spełnione ($NPV > 0$), przedsiębiorstwo może podjąć taki projekt inwestycyjny, jeżeli nie uwzględnia całkowitego ryzyka (związanego ze zmiennością przepływów po podjęciu decyzji o przyjęciu projektu do realizacji).

Zmienność przepływów pieniężnych po podjęciu projektu inwestycyjnego wynosi:

$$(5^2 + 5^2 + 2 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 5)^{0,5} = 8,66025 .$$

Podjęcie projektu inwestycyjnego zwiększa zmienność przepływów pieniężnych o kwotę 3,66 mln zł.

$$CaR_{5\%}(przed) = 1,65 \cdot 5 = 8,25$$

Przed podjęciem projektu wartość CaR wynosi 8,25 mln zł.

$$CaR_{5\%}(po) = 1,65 \cdot 8,66025 = 14,2894$$

Po podjęciu projektu inwestycyjnego wartość CaR staje się równa 14,289 mln zł.

Jeżeli koszty związane z CaR wynoszą w przedsiębiorstwie 10% kwoty CaR, przedsiębiorstwo powinno odrzucić projekt ze względu na brak spełnienia kryterium opłacalności inwestycji (przy uwzględnieniu kosztów związanych ze zmianą CaR).

$$NPV = 0,472 - 0,1 \cdot (14,2894 - 8,25) = 0,472 - 0,1 \cdot 6,0394 = -0,132$$

W przypadku projektów inwestycyjnych obejmujących kilka okresów (np. kilka lat) należy uwzględnić koszty związane z CaR zarówno w pierwszym, jak i w późniejszych okresach realizacji projektu inwestycyjnego. Uwzględnienie wpływu tych kosztów na kryterium NPV jest możliwe do zrealizowania przy założeniu, że możliwe jest oszacowanie wpływu projektu na wartość CaR w przyszłości. W każdym roku przepływy pieniężne związane z projektem powinny być pomniejszone o koszty związane z wpływem projektu na koszty wynikające z CaR. Jeżeli wpływ projektu na koszty związane z CaR jest określany dla początku roku (okresu) i jego wartość szacowana jest jako ekwiwalent pewności, wkład projektu do kosztów wynikających z CaR jest dyskontowany na chwilę bieżącą z wykorzystaniem stopy wolnej od ryzyka.

4. Podsumowanie

W opracowaniu zaprezentowano metody pomiaru ryzyka (takie jak wartość narażona na ryzyko i przepływy pieniężne narażone na ryzyko) oraz sposób wykorzystywania metod analizy portfela w przypadku przedsiębiorstwa podejmującego przedsięwzięcie inwestycyjne.

W praktycznych zastosowaniach w przedsiębiorstwie przyjmuje się najczęściej, że w analizie opłacalności przedsięwzięć inwestycyjnych nie uwzględnia się kosztów związanych ze zmiennością przepływów pieniężnych (lub zmiennością oczekiwanych przychodów). Przedsiębiorstwa zarządzające ryzykiem winny jednak dążyć do uwzględniania tych kosztów przy stosowaniu kryterium NPV, ponieważ może to mieć znaczny wpływ na ocenę opłacalności i podejmowanie decyzji dotyczących wyboru przedsięwzięć do realizacji.

5. Literatura

Crouhy M., Galai D., Mark R., *Risk management*, McGraw-Hill, New York 2001.

Jajuga K., Jajuga T., *Inwestycje*, PWN, Warszawa 2000.

Jorion P., *Value at risk*, McGrawHill, New York 2001.

Koronacki J., Mielniczuk J., *Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych*, WNT, Warszawa 2001.

Rutkowski A., *Zarządzanie finansami*, PWE, Warszawa 2000.

Stulz R., *Rethinking risk management*, "Journal of Applied Corporate Finance", 1996, vol. 9, nr 3.