

Adam Sojda

Politechnika Śląska w Gliwicach

ELASTYCZNOŚĆ DECYZYJNA I RYZYKO W OCENIE PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH PRZY ZASTOSOWANIU METODY PAY-OFF*

Wprowadzenie

Koniec pierwszej dekady XXI wieku to czas kryzysu finansowego i gospodarczego. Jest to również czas, w którym pojawia się sprzyjający klimat do dyskusji o sposobach uwzględnienia ryzyka oraz elastyczności decyzyjnej w ocenie prowadzonej przez przedsiębiorstwa działalności. Racjonalne staje się formułowanie ocen, prognozowanie przyszłości na podstawie metod scenariuszowych. Konstruowane na podstawie zróżnicowanych założeń scenariusze pozwalają na lepsze zrozumienie przyszłości, co sprzyjać może zwiększeniu trafności podejmowanych decyzji. Powstała dodatkowa wiedza może pobudzać procesy zmian niezbędnych do osiągnięcia sukcesu. Jedną z uznanych metod odnośnie wyceny zarówno wartości przedsiębiorstwa, jak i projektów inwestycyjnych są opcje rzeczowe, które stosowano również dla projektów górniczych¹. Najczęściej opcje rzeczowe pokazane są w kontekście drzewa dwuminowego, trójminowego. Uzależnienie opcji od jednego parametru jakim jest cena nie oddaje w pełni specyfiki produkcji górniczej. Dlatego w szczególności dla projektów

* Praca powstała w ramach realizacji projektu badawczego nr N N524 341640 „Metoda wyznaczania wartości kopalni węgla kamiennego” finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

¹ Karbownik: Zarządzanie ryzykiem w projekcie restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego. „Wiadomości Górnicze” 2005, nr 1; W. Rudny: Opcje rzeczowe w procesie tworzenia wartości przedsiębiorstwa. Akademia Ekonomiczna, Katowice 2009; P. Saługa: Elastyczność decyzyjna w procesach wyceny projektów Geologiczno-Górnictw. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią. PAN, Kraków 2011; M. Sierpińska, T. Jachna: Metody podejmowanie decyzji finansowych Analiza przykładów i przypadków. PWN, Warszawa 2007; A. Sojda: Zastosowanie modelu dwuminowego i trójminowego do wyceny opcji rzeczowych. Zeszyty Naukowe. Politechnika Śląska, Gliwice 2013, nr 64; M. Turek: Modele finansowania działalności operacyjnej przedsiębiorstw górniczych. GIG, Katowice 2011; Z. Wilimowska, M. Łukaniuk: Dwuminowy model wyceny opcji rzeczowych. „Badania Operacyjne i Decyzje” 2005, nr 1.

realizowanych w przedsiębiorstwach górniczych istnieje konieczność poszukiwania innych metod poza metodami klasycznymi. Jedną z takich metod jest metoda rozmyta pay-off przedstawiona w pracach². Celem artykułu jest pokazanie zastosowania tej metody dla wyceny wartości pewnego realizowanego przez przedsiębiorstwo górnicze projektu.

1. Ryzyko

Ryzyko jest zjawiskiem o charakterze powszechnym w działalności gospodarczej, choć nie dotyka ono każdej z dziedzin gospodarki w takim samym stopniu. U źródeł ryzyka znajduje się konieczność podejmowania decyzji dotyczących przyszłości w warunkach teraźniejszości.

Złożoność otaczającej rzeczywistości powoduje, że wynik działania może być opisany funkcją zależną od podjętej decyzji oraz innych czynników. W działalności gospodarczej umiejętność oszacowania ryzyka jest równie ważna jak identyfikacja źródeł jego powstania.

Pojęcie ryzyko można rozpatrywać w aspekcie obiektywnym i subiektywnym. Poprzez ryzyko obiektywne rozumiemy względne odchylenie straty rzeczywistej od straty oczekiwanej. Powala to na określenie miary ryzyka jako miary rozproszenia, np. odchylenia standardowego, współczynnika zmienności. Za miernik ryzyka można również przyjąć maksymalne prawdopodobne odchylenie rezultatu rzeczywistego od wielkości zakładanej. Miary te można stosować przy założeniu, że odpowiednie rozkłady są znane bądź też w sytuacji, kiedy obowiązuje prawo wielkich liczb (posiadamy odpowiednio dużą liczbę danych statystycznych). Ryzyko subiektywne odnosi się do niepewności opartej na osobistych uwarunkowaniach. „Ryzyko subiektywne jest indywidualną oceną szansy wystąpienia określonego rezultatu”³. „Przez ryzyko rozumiemy potencjalne, niepożądane zdarzenie, które może spowodować, że cele projektu nie zostaną osiągnięte”⁴.

² C. Carlson, R. Fuller: A Fuzzy Approach to Real Option Valuation. „Fuzzy set and Systems” 2003, Vol. 139, s. 297-312; M. Collan, R. Fuller, J. Mezei: A Fuzzy Pay-off Method for Real Option Valuation. „Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences” 2009. Article ID 2238196, 14 Pages. 10.1155/2055/238196; M. Collan, J. Kinnunen: A Procedure for the Rapid Pre-acquisition Screening of Target Companies Using the Pay-off Method For Real Option Valuation. „Journal of Real Option Strategy” 2011, Vol. 4, No. 1, s. 117-141; M. Keswani Shackleton: How real Option Disinvestment Flexibility Augments Project NPV. „European Journal of Research” 2006, Vol. 168, s. 240-252.

³ Ubezpieczenia. Rynek i ryzyko. Red. W. Ronka-Chmielowiec. PWE, Warszawa 2002.

⁴ D. Kuchta: Zarządzanie czasem i ryzykiem projektów – nauka i praktyka. W: Modelowanie preferencji a ryzyko '08. Red. T. Trzaskalik. AE, Katowice 2008.

2. Elastyczność decyzyjna

Od zaprezentowania prac Blacka, Scholesa (1972) oraz Mertona (1973) na rynkach finansowych trwa rozwój instrumentów pochodnych. Teoria wyceny opcji bazuje na obserwacji iż wraz z napływem nowych informacji ulegać mogą zmiany zarówno warunki funkcjonowania inwestora jak i sytuacja na rynku. Z czasem zauważono oczywiste analogie pomiędzy opcjami finansowymi a możliwościami działania operacyjnego w przypadku zarządzania projektami inwestycyjnymi. Uznano, że postrzeganie możliwości podejmowania decyzji inwestycyjnych to pewien zestaw opcji na aktywach rzeczowych⁵. Ten paradygmat stanowił nowe podejście do wyceny i jednocześnie oceny ekonomicznej projektów inwestycyjnych. Zauważmy, że przedsiębiorstwo decydując się na realizację projektu inwestycyjnego w danej chwili decyduje się na poniesienie nieodwracalnych nakładów inwestycyjnych realizując przy tym opcję inwestycyjną, gdyż rezygnuje z możliwości oczekiwania na nowe informacje, które mogłyby zaważyć na podjęciu decyzji o wyborze momentu rozpoczęcia inwestycji. Ta utrata możliwości podjęcia decyzji jest swoistym kosztem, który powinien być uwzględniony podczas oceny inwestycji. Do najczęstszych rodzajów opcji rzeczowych należą:

- opcja opóźnienia – możliwość odroczenia w czasie realizacji inwestycji,
- opcja rezygnacji – możliwość zaprzestania realizacji projektu inwestycyjnego,
- opcja zamiany skali działania – zmniejszenie, zwiększenie pierwotnie zakładanej skali projektu np. czasowe zwiększenie bądź ograniczenie wielkości produkcji⁶.

Zastosowanie metod wyceny opcji rzeczowych w procesie wyceny wartości inwestycji daje możliwość uwzględnienia wśród czynników wpływających na wartość projektu elastyczności w podejmowaniu decyzji odnośnie do jego realizacji. Możliwa jest ocena projektu uwzględniająca adaptacja realizacji projektu do zmieniających się warunków gospodarczych⁷.

⁵ S. Mayers: Determinations of Corporate Borrowing. „Journal of Financial Economics”1977, Vol. 5, No. 2, s. 147-175.

⁶ W. Rudny: Op. cit.

⁷ Z. Wilimowska, M. Łukaniuk: Op. cit.

3. Projekty inwestycyjne w górnictwie węgla kamiennego

Działalność górnicza jest działalnością niepowtarzalną i wyjątkową w zakresie pozyskania surowca mineralnego. Przedsiębiorstwa górniczne inwestują w poszukiwania geologiczne mając nadzieję na odkrycie złóż kopaliny i jednocześnie zajmują się eksploatacją odkrytych złóż. Złóż kopaliny charakteryzuje się przede wszystkim specyficznym umiejscowieniem, nieodnawialnością, niepowtarzalnością w wielu aspektach np. wielkości i jakości zasobów, sposobu zalegania, dostępności, warunków górniczno-geologicznych oraz rzadkości występowania. Natomiast przedsięwzięcia geologiczno-górniczne cechują się kapitałochłonnością – wysokie nakłady inwestycyjne związane są z działalnością poszukiwawczą, pracami udostępniającymi oraz przygotowawczymi, relatywnie długimi cyklami inwestycyjnymi i okresami istnienia, zróżnicowaniem odnośnie do warunków prowadzenia eksploatacji.

Planując proces produkcji należy brać pod uwagę, że w najlepszej kategorii rozpoznania złoża zakłada się, że zakładane warunki geologiczno-górniczne różnić się mogą od rzeczywistych o 10%⁸. Na źródła ryzyka składają się również: koszt procesu wydobycia jak i cena uzyskana ze sprzedaży pozyskanej kopaliny. Wielkości te na etapie wstępnej oceny opłacalności projektu są szacowane, zatem nie są znane ich rzeczywiste realizacje. Ryzyko charakteryzujące projekty inwestycyjne w górnictwie powinno znaleźć swoje odzwierciedlenie w metodach oceny tych projektów.

4. Ocena projektów inwestycyjnych

Projekty inwestycyjne mogą być oceniane za pomocą różnych metod. Jednakże w przypadku projektów charakteryzujących się odpowiednio długim czasem trwania najczęściej stosowanymi są metody dynamiczne, które uwzględniają zmianę wartości pieniądza w czasie. Zastosowanie tych metod pozwala porównać projekty poprzez zdyskontowanie wydatków z różnych okresów do okresu bazowego. Najpopularniejszym dynamicznym wskaźnikiem w ocenie projektów inwestycyjnych jest wskaźnik NPV (Net Present Value – wartość bieżąca netto). Wskaźnik ten to suma zdyskontowanych, dla każdego okresu przepływów finansowych netto przy określonym poziomie średniego ważonego

⁸ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lipca 2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakimi powinny odpowiadać dokumentacje geologiczne złóż kopaliny. Dz.U. 2005, nr 136, poz. 1151.

kosztu kapitału. Koszt kapitału określony jest przez minimalną stopę zwrotu z kapitału dla inwestora, który przeznaczają własne bądź pożyczone środki pieniężne na dane przedsięwzięcie. Wartość NPV wyznacza się na podstawie wzoru

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+WACC)^t} = \sum_{t=1}^n PV_t \quad (1)$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto,

CF_t – przepływy gotówkowe w okresie $t = 1, 2, \dots, n$,

WACC – średni ważony koszt kapitału,

PV_t – zaktualizowany przepływ z okresu $t = 1, 2, \dots, n$.

Zastosowanie do oceny projektów inwestycyjnych wskaźnika NPV bazuje na prognozach przepływów w poszczególnych okresach. Nie pozwala na bezpośrednie uwzględnienie ryzyka czy też elastyczności decyzyjnej w procesie oceny projektu. Chcąc uwzględnić w ocenie projektu inwestycyjnego ryzyko można zastosować rozmytą metodę NPV⁹. Można również dokonać analizy wyznaczając wskaźnik NPV dla różnych wariantów WACC czy też wartości przepływów CF.

5. Ocena projektów inwestycyjnych – metoda rozmyta pay-off

Bardzo często próba uchwycenia oraz opisu fragmentu otaczającej rzeczywistości tylko za pomocą jednej wartości jest niewystarczająca. Mnogość wariantów powoduje, że poszukujemy możliwości prostego i nieskomplikowanego przedstawienia spraw skomplikowanych. Jedną z takich form opisu są liczby rozmyte i zbiory rozmyte¹⁰. Ta próba matematycznego ujęcia nieostrości pojęć powala zamiast kategorii „dokładnie” posłużyć się kategorią „w przybliżeniu”. Zastosowanie liczb rozmytych pozwala na wprowadzenie dyspersji jako dodatkowego elementu składającego się na liczbę rozmytą. Uwzględnione rozproszenie może stanowić swoistą miarę ryzyka.

Definicja 1. Zbiorem rozmytym \mathbf{A} w pewnej niepustej przestrzeni \mathbf{X} nazywamy zbiór par $\mathbf{A} = \{(x, A(x)); x \in \mathbf{X}\}$, w którym $A(x): \mathbf{X} \rightarrow [0; 1]$ jest funkcją przynależności zbioru rozmytego \mathbf{A} .

⁹ D. Kuchta: Fuzzy Capital Budgeting. „Fuzzy Set and System” 2000, Vol. 111, s. 367-385.

¹⁰ L. Zadeh: Fuzzy Sets. „Information and Control” 1965, Vol. 8, s. 338-353.

Funkcja ta, dla każdego $x \in \mathbf{X}$ określa stopień jego przynależności do zbioru rozmytego \mathbf{A} . Rozróżnia się trzy zasadnicze przypadki:

- pełna przynależność elementu x do zbioru rozmytego, wtedy $A(X) = 1$,
- brak przynależności elementu do zbioru rozmytego, wtedy $A(X) = 0$,
- częściowa przynależność elementu do zbioru rozmytego, wtedy $0 < A(X) < 1$.

Definicja 2. Liczbą rozmytą A nazywamy dowolny zbiór rozmyty określony w przestrzeni liczb rzeczywistych \mathbf{R} za pomocą funkcji przynależności

$$A(x) = \begin{cases} 0 & \text{dla } x \leq a \\ f_A(x) & \text{dla } a \leq x \leq b \\ 1 & \text{dla } b \leq x \leq c \\ g_A(x) & \text{dla } c \leq x \leq d \\ 0 & \text{dla } d \leq x \end{cases} \quad (2)$$

gdzie $f_A(x)$, $g_A(x)$ są funkcjami ciągłymi, przy czym $f_A(x)$ jest rosnąca w przedziale $[a, b]$, a $g_A(x)$ jest malejąca w przedziale $[c, b]$. Dopuszcza się również przyjmowanie przez wartości a, d nieskończoności.

W opinii osób zajmujących się oceną projektów inwestycyjnych z przedstawionych różnych klas funkcji przynależności klasa trójkątna została uznana za najbardziej perspektywiczną.

Definicja 3. Funkcja przynależności klasy t trójkątnej jest definiowana następująco

$$A(x) = \begin{cases} 1 - \frac{a-x}{\alpha} & \text{dla } a - \alpha \leq x \leq a \\ 1 - \frac{x-a}{\beta} & \text{dla } a \leq x \leq a + \beta \\ 0 & \text{poza tym} \end{cases} \quad (3)$$

Liczba rozmyta o klasie przynależności t może być zapisana jako $A = (a, \alpha, \beta)$.

Zamiana liczby rozmytej na liczbę rzeczywistą odbywa się na podstawie operacji wyostrzania.

Definicja 4. Wyostrzeniem liczby rozmytej $A=(a, \alpha, \beta)$ nazywany wartością rzeczywistą wyznaczoną za pomocą wzoru

$$V = a + \frac{\beta - \alpha}{6} \quad (4)$$

Przedstawiony sposób wyostrezania dla liczby rozmytej trójkątnej nie jest jedyny¹¹.

Definicja 5. Metoda pay-off wyznacza wartość rzeczywistą ROV (Real Option Valuation) za pomocą wzoru

$$ROV = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} A(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} A(x) dx} E(A_+) \quad (5)$$

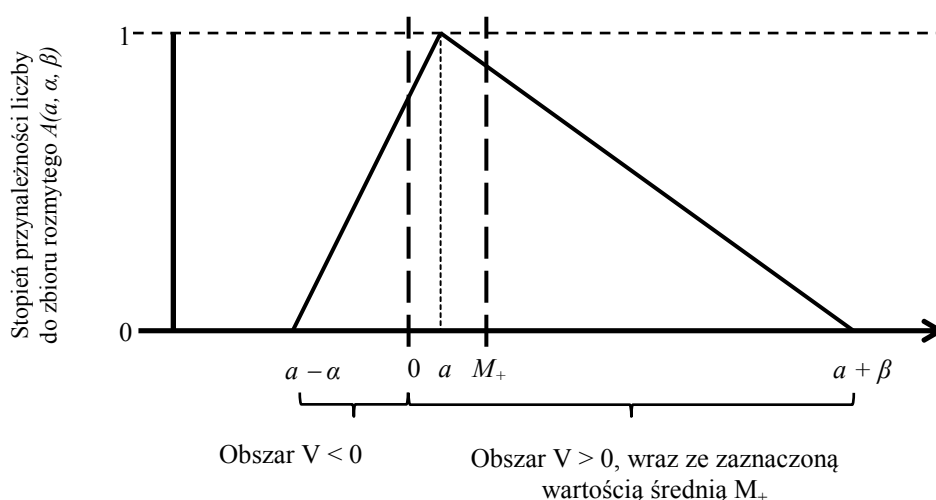
gdzie $\int_{-\infty}^{+\infty} A(x) dx$ pole pod funkcją przynależności, $\int_0^{+\infty} A(x) dx$ pole pod funkcją przynależności dla wartości dodatnich. Wartość $E(A_+)$ wyznaczana ze wzoru

$$E(A_+) = \begin{cases} a + \frac{\beta - \alpha}{6} & \text{dla } a - \alpha > 0 \\ \frac{(\alpha - a)^3}{6\alpha^2} + a + \frac{\beta - \alpha}{6} & \text{dla } a - \alpha \leq 0 < a \\ \frac{(a + \beta)^3}{6\beta^2} & \text{dla } a \leq 0 < a + \beta \\ 0 & \text{dla } a + \beta \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Wzór (5) wyznacza wartość ROV jako wartość oczekiwaną przy warunku, że wartości są dodatnie (projekt jest realizowany) dodatkowo przeskalowaną współczynnikiem określającym mierzącym udział wartości dodatnich do wszystkich.

Na rys. 1 przedstawiono trójkątną liczbę rozmytą. Wprowadzenie liczb rozmytych pozwala na uwzględnienie w postaci jednej „liczby” bardziej złożonych struktur, w tym na uwzględnienie ryzyka. Zaproponowana metoda pay-off przypisuje wartość rzeczywistą do liczby rozmytej uwzględniając dodatkowo położenie liczby w stosunku do wartości 0.

¹¹ D. Kuchta: Op. cit.; L. Zadeh: Op. cit.



Rys. 1. Trójkątna liczba rozmyta A , z zaznaczoną wartością średnią M_+

Ta dodatkowa modyfikacja ma szczególne znaczenie dla zastosowania tej metody wyceny projektu inwestycyjnego jako opcji rzeczowej.

Ocena projektu inwestycyjnego za pomocą metody pay-off polega na budowie trzech scenariuszy rozwoju:

- scenariusza bazowego – zakłada najbardziej prawdopodobny rozwój sytuacji,
- scenariusza pesymistycznego – zakłada najgorszy ze scenariuszy, który można uznać za realny,
- scenariusza optymistycznego – zakłada najlepszy ze scenariuszy, który można uznać za realny.

Dla każdego scenariusza szacowane są przepływy finansowe oraz wyznaczona zostaje wartość NPV zgodnie ze wzorem (1). Z otrzymanych wartości NPV tworzy się liczbę rozmytą trójkątną $A = (a, \alpha, \beta)$. Wartość a odpowiada wartości NPV dla scenariusza bazowego, zaś pozostałe parametry są odchyleniami wartości NPV dla pozostałych scenariuszy od wartości NPV dla scenariusza bazowego. Następnie wyznacza wartość V na podstawie wzoru (4) oraz ROV na podstawie wzorów (5) i (6).

Konstrukcja wzoru (5) pokazuje, że mamy tu do czynienia z opcją rzeczową. Wartość opcji dla projektu, w którym nawet najlepszy scenariusz wyznacza wartość NPV mniejszą od zera jest równa zero. W przypadku, kiedy wszystkie wartości NPV dla wszystkich scenariuszy są dodatnie wartość ROV jest tożsama z wartością V wzór (4) – zaproponowana wartość wyostżenia lic-

by rozmytej trójkątnej. W przypadkach pośrednich wartość opcji jest szacowana przy uwzględnieniu założenia, że inwestycja jest realizowana, jeśli wartość NPV jest dodatnia. W wartości opcji uwzględniona jest wartość średnia dla dodatnich wartości NPV przeskalowana przez iloraz powierzchni dla wartości dodatnich NPV oraz wszystkich – ułamek wyznaczony przez dwie całki we wzorze (5).

Zastosowanie prezentowanej metody do oceny projektów inwestycyjnych pozwala na uwzględnienie zarówno ryzyka poprzez podanie trzech wartości przepływów dla poszczególnych scenariuszy, jak i również elastyczności decyzyjnej poprzez samą konstrukcję scenariuszy odnoszących się do różnych wariantów realizacji projektu. Zastosowanie w ostatniej fazie oceny wzoru (5) sprawdza ocenę do jednej wartości, ale wartość ta zależy nie tylko od wartości bazowej NPV, ale uwzględnia wpływ pozostałych scenariuszy.

6. Przykłady zastosowań

Przykład I

W kopalni prowadzona jest eksploatacja pewnego pola wybierkowego. Pierwotny projekt zakładał rozcięcie pola za pomocą trzech ścian: ściany I, ściany II, ściany III. Parametry ścian są do siebie zbliżone, długie na 100 m wysokie na 1,5 m o wybiegu 1500 m. Podczas eksploatacji ściany I nie natrafiono na żadne przeszkody natury geologicznej i proces eksploatacji przebiegał zgodnie z założonym planem techniczno-ekonomicznym. Podczas eksploatacji ściany II okazało się, że w połowie wybiegu ściany wystąpiła anomalia geologiczna i zamiast węgla pojawiał się kamień na przestrzeni 40 m. Z tego powodu doszło do zwiększenia kosztów związanych z koniecznością urabiania kamienia zamiast węgla. Zmniejszenie postępu prac wpłynęło na wydłużenie czasu trwania projektu wydobycia węgla ze ściany II. Należy podjąć decyzję, czy ekonomicznie opłacalna jest kontynuacja wydobycia ze ściany III zgodnie z istniejącym projektem – planem techniczno-ekonomicznym. Chcąc wykorzystać metodę rozmytą pay-off do oceny projektu założono następujące trzy scenariusze:

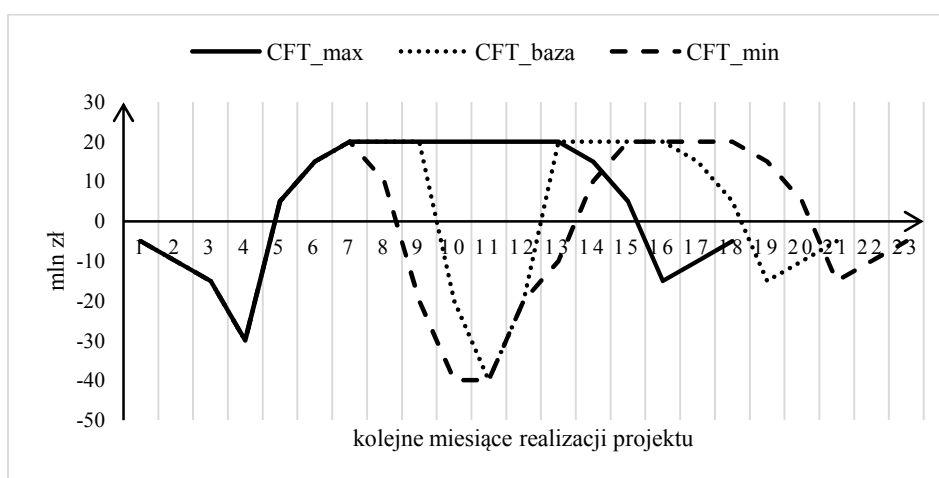
- 1) wariant optymistyczny – zgodny z obecnie założonym projektem,
- 2) wariant najbardziej prawdopodobny – zgodny z wynikami otrzymanymi dla ściany II zakładający podjęcie tych samych działań jak w przypadku ściany II i o analogicznych kosztach,

3) wariant pesymistyczny – zakładający, że obszar kamienia może się zwiększyć do 80 m; wariant ten powstał na podstawie opinii ekspertów oraz uwzględnił koszty obserwowane podczas realizacji wydobywania ze ściany II.

Warto zauważyć, że dwa ostatnie warianty wpływają nie tylko na wielkość przepływów, ale również na czas realizacji procesu eksploatacji ściany. Dla ustalonych wariantów przepływy finansowe przedstawia wykres 1.

Wykres 1

Wartości przepływów dla rozważanych scenariuszy



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z kopalni X.

Przedstawione na wykresie przepływy odzwierciedlają rzeczywiste fazy w szeroko pojętym procesie eksploatacji ściany. Faza pierwsza to drążenie wyrobisk udostępniających. Obejmuje ona trzy pierwsze miesiące. W okresie tym ponoszone są tylko i wyłącznie koszty. Kolejna faza to faza zbrojenia ściany, w tej fazie również ponoszone są koszty związane z przygotowaniem ściany do właściwej eksploatacji, jak i również dzierżawy kombajnu ścianowego. Kolejną fazą jest faza eksploatacji. W fazie tej zakłada się stały postęp prac, co prowadzi do uzyskania w tym okresie stałych przepływów. Końcowa to faza, gdzie postęp w przypadku eksploatacji ulega zmniejszeniu w związku z wyhamowaniem ściany. Zmniejsza się ilość wydobytego węgla. Ostatnia to faza likwidacji. Na początku tej fazy koszty są największe ze względu na zaangażowanie czynnika ludzkiego (wynagrodzenia) oraz ponoszone w dalszym ciągu koszty związane

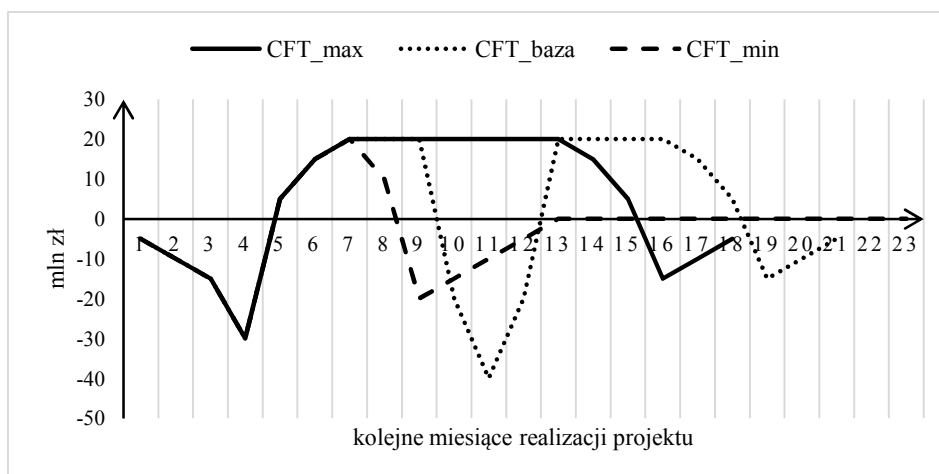
z kosztami wynajmu maszyn górniczych. Wariant ten do oceny ekonomicznej ściany III został przyjęty za najbardziej optymistyczny, gdyż należało liczyć się z możliwością wystąpienia kamienia, a co za tym idzie zwiększeniem kosztów oraz wydłużeniem czasu realizacji eksploatacji ściany III. Oszacowane przepływy dla tego wariantu stanowią bazę dla oszacowania przepływów w wariantcie najbardziej prawdopodobnym. Dla tego wariantu postanowiono skorygować istniejące przepływy o wartości rzeczywiste pojawiające się przy eksploatacji ściany II. W tym przypadku pojawiają się dodatkowe koszty związane z i pracami polegającymi na zmianie tempa prowadzonych prac, jak również braku urobku węgla (w tym okresie wydobywana była głównie skała). Wariant pesymistyczny zakładał, że skała nie będzie pojawiała się na przestrzeni 40 metrów tylko 80. Przyjęcie tego założenia powoduje, że wydłuża się czas realizacji eksploatacji przy jednoczesnym pojawieniu się ujemnych przepływów związanych z brakiem urobku węgla oraz koniecznością utrzymania odpowiedniego poziomu zatrudnienia. Wartość *WACC* przejęto na poziomie 9,5% i jest ona zgodna z wartościami przyjmowanych dla projektów górniczych w Polsce¹². Dla każdego z trzech wymienionych scenariuszy wyznaczana jest wartość NPV. Otrzymane wartości są następujące $NPV_{max} = 82,21$ $NPV_{baza} = 6,75$ $NPV_{min} = -59,96$. Na tej podstawie wyznaczono wartości $V = 11,12$ oraz $ROV = 10,11$. Oceny projektu inwersyjnego za pomocą wartości V oraz ROV są zbliżone i dodatnie. Dlatego nie zdecydowano się na zmianę projektu i założono, że eksploracja będzie prowadzona zgodnie z założeniami, a korekty na skutek zmiany geologicznych będą prowadzone na bieżąco.

Przykład II

Na podstawie danych z przykładu I zaproponowano zmianę wariantu pesymistycznego – zastosowanie opcji rezygnacji. Po stwierdzeniu wystąpienia kamienia istnieje możliwość wcześniejszego zakończenia wydobywania przy założeniu, że przez dwa kolejne miesiące urabiania nie pojawi się węgiel. Na wykresie 2 pokazano oszacowane wartości przepływów, dla proponowanych scenariuszy.

¹² Karbownik: Op. cit.; M. Turek: Op. cit.; Tabele współczynników do wyznaczenia *WACC*. <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/> (06.2013).

Wartości przepływów dla rozważanych scenariuszy



Źródło: Ibid.

Analogicznie jak dla przykładu I, wyznaczone zostały wartości $NPV_{max} = 82,21$ mln, $NPV_{baza} = 6,75$ mln, $NPV_{min} = -94,80$ mln oraz wartości: $V = -6,296$ oraz $ROV = 8,085$. W tym przypadku wartości te są mniejsze niż wartości dla realizacji z wariantu pesymistycznego zgodnie z przykładem I, zatem należy wykonać zaplanowany projekt do końca. Rozważany był również przypadek, w którym po natrafieniu na kamień i przy braku węgla przez kolejny miesiąc eksploatacji podejmowano decyzję o zaprzestaniu produkcji. Otrzymałoby przepływy, które po zdyskontowaniu oraz wyznaczeniu wartości $NPV_{min} = -57,77$ mln powalają na oszacowanie $V = 12,22$ mln oraz $ROV = 10,27$ mln. Wartości te są nieco wyższe niż dla wariantu kontynuowania wydobywania. Jednakże w przypadku projektów górniczych należy jeszcze doliczyć konieczność ponoszenia dodatkowych kosztów stałych związanych z utrzymaniem załogi, która nie jest potrzebna w pracach likwidacyjnych, a nie ma rzeczywistego zatrudnienia, ponieważ nie istnieje możliwość przygotowania kolejnego pola w tak krótkim czasie. Zatem podjęto decyzję o kontynuowaniu wydobywania.

Podsumowanie

Nowoczesne zarządzanie wymaga stosowania metod, które nie będą pomijały ryzyka towarzyszącego działalności gospodarczej, jak i również elastyczności w podejmowaniu decyzji. Przedstawienie przepływów jako liczby rozmytej pozwala na uwzględnienie tych aspektów. Zastosowanie tych metod wymaga dodatkowego nakładu w postaci wygenerowania dodatkowych dwóch scenariuszy. Metoda pay-off oceny projektu inwestycyjnego jest jedną z wielu metod rozmytych. Uwzględnia jednak w większym stopniu wpływ ujemnej wartości NPV na wycenę całego projektu. O przydatności metody oceny projektu świadczy częstość jej stosowania. Potencjał tej metody to przede wszystkim bazowanie na uznanej metodzie NPV, prostota implementacji i stosunkowo mały koszt zastosowania w postaci dodatkowych dwóch scenariuszy.

Literatura

- Carlson C., Fuller R.: A Fuzzy Approach to Real Option Valuation. „Fuzzy set and Systems” 2003, Vol. 139.
- Collan M., Fuller R., Mezei J.: A Fuzzy Pay-off Method for Real Option Valuation. „Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences” 2009. Article ID 2238196, 14 Pages. 10.1155/2055/238196
- Collan M., Kinnunen J.: A Procedure for the Rapid Pre-acquisition Screening of Target Companies Using the Pay-off Method For Real Option Valuation. „Journal of Real Option Strategy” 2011, Vol. 4, No. 1.
- Karbownik: Zarządzanie ryzykiem w projekcie restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego. „Wiadomości Górnicze” 2005, nr 1.
- Keswani Shackleton M.: How real Option Disinvestment Flexibility Augments Project NPV. „European Journal of Research” 2006, Vol. 168.
- Kuchta D.: Fuzzy Capital Budgeting. „Fuzzy Set and System” 2000, Vol. 111.
- Kuchta D.: Zarządzanie czasem i ryzykiem projektów – nauka i praktyka. W: Modelowanie preferencji a ryzyko '08. Red. T. Trzaskalik. AE, Katowice 2008.
- Mayers S.: Determinations of Corporate Borrowing. „Journal of Financial Economics” 1977, Vol. 5, No. 2.
- Rudny W.: Opcje rzeczowe w procesie tworzenia wartości przedsiębiorstwa. Akademia Ekonomiczna, Katowice 2009.
- Saługa P.: Elastyczność decyzyjna w procesach wyceny projektów Geologiczno-Górnictwowych. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią. PAN, Kraków 2011.
- Sierpińska M., Jachna T.: Metody podejmowanie decyzji finansowych Analiza przykładów i przypadków. PWN, Warszawa 2007.

- Sojda A.: Zastosowanie metody pay-off do wyceny wartości przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2012, nr 737.*
- Sojda A.: Zastosowanie modelu dwumianowego i trójminowego do wyceny opcji rzeczowych. *Zeszyty Naukowe. Politechnika Śląska, Gliwice 2013, nr 64.*
- Tarczyński W.: *Rynki kapitałowe. Metody ilościowe.* Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 1997.
- Turek M.: *Modele finansowania działalności operacyjnej przedsiębiorstw górniczych.* GIG, Katowice 2011.
- Wilimowska Z., Łukaniuk M.: Dwumianowy model wyceny opcji rzeczowych. „*Badania Operacyjne i Decyzje*” 2005, nr 1.
- Zadeh L.: Fuzzy Sets. „*Information and Control*” 1965, Vol. 8.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 lipca 2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakimi powinny odpowiadać dokumentacje geologiczne złóż kopalin. *Dz.U.* 2005, nr 136, poz. 1151.
- Tabele współczynników do wyznaczenia WACC. [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/\(06.2013\)](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/(06.2013)).
- Ubezpieczenia. Rynek i ryzyko. Red. W. Ronka-Chmielowiec. PWE, Warszawa 2002.

FLEXIBILITY IN DECISION-MAKING AND RISK ASSESSMENT OF INVESTMENT PROJECTS USING THE PAY-OFF METHOD

Summary

The paper presents a fuzzy pay-off method for the assessment of investment projects. This method allows the evaluation of investment project as an option kind. Use it independent of the three scenarios is an important element to take into account also the flexibility of decision-making. The examples presented applicable method for the evaluation of investment projects took place in the hard coal mines.