

Dyskontowe metody oceny efektywności ekonomicznej projektów innowacyjnych (formuły i współzależności)

<https://doi.org/10.33141/po.2008.78.11>

Józef Bućko

Przeгляд Organizacji, Nr 7/8 (822/823), 2008, ss. 47-51
www.przeглядorganizacji.pl
Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa (TNOiK)

Wprowadzenie

Szczególne miejsce wśród metod analizy opłacalności projektów innowacyjnych, głównie z powodu uwzględniania w rachunku czynnika czasu, zajmują metody dyskontowe. W literaturze przedmiotu wypuklany jest fakt ich teoretycznej przewagi nad metodami prostymi, niemniej w dalszym ciągu trwają dyskusje na temat przydatności poszczególnych metod. Podkreślane jest duże i rosnące znaczenie metod dyskontowych w większych firmach¹⁾. Włączając się w nurt dyskusji, w pierwszej kolejności dokonano zwięzłego przeglądu dyskontowych metod oceny efektywności (w warunkach deterministycznych) oraz współzależności występujących pomiędzy nimi.

Ogólne konstrukcje dyskontowych metod oceny efektywności projektów innowacyjnych sięgają do stosunkowo niewielkiego, ale o kapitalnym znaczeniu, zestawu zmiennych. Do podstawowej bazy informacyjnej na potrzeby oceny efektywności ekonomicznej projektów innowacyjnych za pomocą metod dyskontowych należą w szczególności:

- długości okresów obliczeniowych (n),
- wielkości i sposoby rozłożenia w czasie przepływów pieniężnych (C_t ; dla: $0 \leq t \leq n$),
- oczekiwane stopy zwrotu z zainwestowanych kapitałów (r).

Porównywalność przepływów pieniężnych dokonywana jest przy zastosowaniu zasad matematyki finansowej wykorzystującej instytucję stopy zwrotu (dyskonta i oprocentowania) zgodnie z zastosowanym modelem oceny efektywności projektu. Z reguły przyjmuje się stałą wielkość stopy zwrotu (r) dla całego okresu obliczeniowego podawanego w latach. Wielkość r traktowana jest jako oczekiwana przez inwestora (inwestorów) stopa zwrotu kapitału (satisfakcjonująca stopa zwrotu, stopa alternatywnego wariantu inwestowania).

W przypadku badania efektywności ekonomicznej całkowitego kapitału zaangażowanego w sfinansowanie projektu, ogólne formuły wyznaczania przepływów pieniężnych przybierają postaci:

gdzie:

$$\begin{cases} \text{dla } t < n, C_t = S_t - K_t - P_t - I_t \\ \text{dla } t = n, C_t = S_t - K_t - P_t - I_t + VR_t \end{cases}$$

bądź

$$\begin{cases} \text{dla } t < n, C_t = Z_t + A_t - I_t \\ \text{dla } t = n, C_t = Z_t + A_t - I_t + VR_t \end{cases}$$

gdzie:

- S_t – sprzedaż netto,
- K_t – koszty bez amortyzacji,
- P_t – podatek dochodowy,
- I_t – nakłady inwestycyjne ogółem,
- VR_t – wartość rezydualna (po opodatkowaniu),
- Z_t – zysk netto,
- A_t – amortyzacja.

Znaki przepływów pieniężnych informują o wolnych środkach pieniężnych (dodatnie wielkości) względnie o zapotrzebowaniu na środki pieniężne (ujemne wielkości).

Szczególną grupę projektów innowacyjnych stanowią tzw. projekty typowe. Charakteryzują się one jednorazową zmianą znaku w szeregu przepływów pieniężnych (ze znaku „minus” na znak „plus”). Ma to miejsce w sytuacji, w której po jednorazowym (lub serii wpływów w kolejnych latach) wypływie gotówki następuje seria wpływów gotówki w kolejnych latach, aż do końca okresu obliczeniowego (czyli, gdy dla $t = 0, 1, 2, \dots, m$ $C_t \leq 0$ oraz dla $t = m + 1, m + 2, \dots, n$ $C_t \geq 0$).

Wyznaczanie wartości bieżącej nadwyżki finansowej netto

Podstawę metod dyskontowych stanowi metoda wartości bieżącej netto (NPV) przepływów pieniężnych. Stosując tę metodę, abstrahuje się od zagadnienia reinwestycji wolnych

środków pieniężnych pojawiających się w okresie obliczeniowym, bądź cicho przyjmuje się równość stóp reinwestycji wolnych środków pieniężnych i oczekiwanej przez inwestora stopy zwrotu. Metoda *NPV* pozwala uzyskać odpowiedź na pytanie, czy analizowany projekt innowacyjny zapewnia uzyskanie średniorocznej stopy zwrotu zainwestowanego kapitału w wysokości oczekiwanej przez inwestora. Do wyznaczenia tej wartości może posłużyć formuła:

$$NPV = \sum_{t=0}^n C_t (1 + r)^{-t}$$

Kryterium oceny efektywności ekonomicznej projektu stanowi warunek: $NPV \geq 0$. Spełnienie tego warunku oznacza, że w okresie $t = n$ lat analizowany projekt inwestycyjny przyniesie zwrot zainwestowanego kapitału wraz z oczekiwanymi korzyściami, tj. odsetkami wynikającymi z oczekiwanej stopy zwrotu, oraz spodziewaną dodatnią nadwyżką *NPV* (liczoną na moment oceny $t = 0$).

Bezpośrednio do wartości bieżącej netto (a ściślej do jej wartości progowej – $NPV = 0$) nawiązują: **metoda wewnętrznej stopy zwrotu (*IRR*)** oraz **metoda zdyskontowanego okresu zwrotu (*T*)**. Wewnętrzna stopa zwrotu oraz zdyskontowany okres zwrotu wyznaczone są przy zastosowaniu metody iteracji z następujących zależności:

$$\sum_{t=0}^n C_t (1 + IRR)^{-t} = 0 \text{ oraz } \sum_{t=0}^T C_t (1 + r)^{-t} = 0$$

Istotą metody wewnętrznej stopy zwrotu (*IRR*) stanowi wyznaczenie poziomu stopy zwrotu, przy której wartość bieżąca netto wynosi zero. Generalnie biorąc, liczba miejsc zerowych funkcji *NPV* zależnych od poziomu oczekiwanej stopy zwrotu w okresie obliczeniowym uzależniona jest od scenariusza przepływów pieniężnych i teoretycznie rzecz traktując, zawiera się w przedziale²⁾ od zera do n . Brak lub wielokrotność *IRR* ogranicza praktyczną użyteczność tej metody.

Należy zauważyć, że w przypadkach typowych projektów innowacyjnych występuje jedna wewnętrzna stopa zwrotu (*IRR*) oraz jeden zdyskontowany okres zwrotu (*T*). Kryterium oceny efektywności ekonomicznej projektu stanowi wtedy warunek $r \leq IRR$, przy czym r pozostaje dolną, graniczną stopą zwrotu stawianą przez inwestora, a *IRR* jest górną, graniczną stopą zwrotu – charakterystyczną dla konkretnego projektu.

Natomiast metoda zdyskontowanego okresu zwrotu pozwala określić punkt w okresie projekcji przepływów pieniężnych, w którym nastąpi zwrot zainwestowanego kapitału wraz z korzyściami zgo-

dnie z oczekiwaną stopą zwrotu. Z punktu widzenia inwestora stosowane jest kryterium minimalizacji okresu zwrotu zainwestowanego kapitału. Stosunkowo często proponuje się porównywanie obliczonego zdyskontowanego okresu zwrotu z tzw. granicznym okresem zwrotu charakterystycznym dla analizowanego rodzaju przedsięwzięć.

Wprowadzenie do konstrukcji modelu wyceny wartości bieżącej nadwyżki finansowej netto zagadnienia reinwestowania dodatknych przepływów pieniężnych C_t^+ według stopy reinwestycji r_e jest podstawą **metody zmodyfikowanej wartości bieżącej netto (*MNPV*)**. Zmodyfikowana wartość bieżąca netto jest sumą zdyskontowanej według stopy zwrotu r przyszłej wartości reinwestowanych dodatknych przepływów pieniężnych (dla $t = n$; według stopy reinwestycji r_e) oraz zdyskontowanych ujemnych przepływów pieniężnych (C_t^-). Formalny zapis tej metody można przedstawić w sposób następujący:

$$MNPV = \frac{\sum_{t=0}^n C_t^+ (1 + r_e)^{n-t}}{(1 + r)^n} + \sum_{t=0}^n C_t^- (1 + r)^{-t}$$

Projekt innowacyjny spełnia kryterium efektywności, gdy $MNPV \geq 0$. Należy zauważyć, że gdy $r_e = r$, wtedy $MNPV = NPV$.

Do koncepcji wyznaczania miejsca zerowego funkcji *MNPV* i zarazem koncepcji średniorocznej stopy zwrotu zainwestowanego kapitału w okresie objętym prognozą nawiązuje starająca się usunąć wady metody *IRR* **metoda zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu (*MIRR*)**. Formułę tej metody można zapisać w następujący sposób (minimalny wymóg efektywności: $MIRR \geq r$):

$$MIRR = \sqrt[n]{\frac{\sum_{t=0}^n C_t^+ (1 + r_e)^{n-t}}{\left| \sum_{t=0}^n C_t^- (1 + r)^{-t} \right|}} - 1$$

Sposoby określania skali projektu (nakładów kapitałowych)

Zastosowanie modeli oceny efektywności wyrażanych w postaci ilorazów (wskaźnika opłacalności, wskaźnika wartości bieżącej netto oraz średniorocznej stopy zwrotu) wymaga określenia wielkości kapitału wymaganego przez projekt inwestycyjny. Tymczasem w literaturze przedmiotu podnoszony jest problem różnorodności szacowania bieżącej wartości kapitału i sygnalizowana jest potrzeba ujednoczenia w tym zakresie³⁾.

Wartość bieżąca kapitału całkowitego finansującego projekt (z dodatnimi i ujemnymi przepływami pieniężnymi w okresie objętym prognozą) bywa szacowana jako:

1. kapitał początkowy – w przypadku projektów charakteryzujących się jednorazowymi nakładami ponoszonymi w $t = 0$; innymi słowy: $|C_0|$ oznacza kapitał początkowy, $C_0 < 0$; $C_t \geq 0$ dla $t = 1, 2, \dots, n$;

2. minimalna wartość bieżąca kapitału niezbędnego do sfinansowania projektu (*PVI*) gwarantująca zachowanie płynności finansowej w całym okresie obliczeniowym; wyznaczana według wzoru:

$$PVI = \begin{cases} \text{gdy minimum w okresie } t \left\{ \sum_{t=0}^n C_t (1+r)^{-t} < 0; PVI = \left| \text{minimum w okresie } t \left\{ \sum_{t=0}^n C_t (1+r)^{-t} \right\} \right. \\ \text{gdy minimum w okresie } t \left\{ \sum_{t=0}^n C_t (1+r)^{-t} \geq 0; PVI = 0 \end{cases}$$

3. moduł wartości bieżącej ujemnych przepływów pieniężnych (*PVC*), określane za pomocą następującego wzoru (spotykany w zmodyfikowanych formułach oceny efektywności):

$$PVC = \left| \sum_{t=0}^n C_t^- (1+r)^{-t} \right|$$

Ogólne i różne zarazem podejścia do obliczania nakładów kapitałowych prezentują metody 1. oraz 3.

Informacja o wymaganej wielkości kapitału potrzebnego do sfinansowania projektu innowacyjnego pozostaje dla inwestora szczególnie istotna, tym bardziej że różnice pomiędzy wielkościami kapitałów wyznaczonych różnymi sposobami mogą być znaczne⁴. W przypadku typowych projektów innowacyjnych nakłady kapitałowe określone za pomocą metod 2. oraz 3. są identyczne. W warunkach nietypowych rozkładów przepływów pieniężnych (z występującymi C_t^+ oraz C_t^-) obserwowana jest zależność $PVC > PVI$, co w konsekwencji znajduje odzwierciedlenie w wysokościach wskaźników sięgających w swych konstrukcjach do szacunków nakładów kapitałowych

Wyznaczanie wskaźników opłacalności, wskaźników wartości bieżącej netto oraz średniorocznych stóp zwrotu

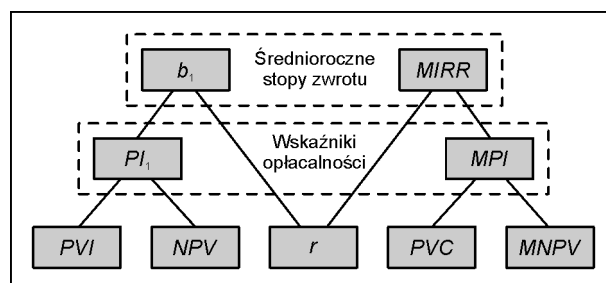
Kolejną grupę metod oceny efektywności projektów innowacyjnych stanowią: wskaźniki opłacalności, wskaźniki wartości bieżącej netto oraz średnioroczne stopy zwrotu kapitału.

Zestawienie **metod wskaźników opłacalności** (*PI*) oraz **wskaźników wartości bieżącej netto** (*k*) zawiera tabela. Różnice w konstrukcjach wskaźników wynikają z przyjętego sposobu wyznaczania nakładów kapitałowych oraz uwzględnienia wartości bieżącej netto bądź zmodyfikowanej wartości bieżącej netto. Konstrukcja *MNPV* przesądza, że do wyznaczenia wartości nakładów finansowych znajduje zastosowanie formuła *PVC*. Kryteria efektywności formułowane są w sposób następujący: $k \geq 0$; $PI \geq 1$. Pomiędzy tymi wskaźnikami występuje generalna zależność $PI = k + 1$, tym samym nie należy spodziewać się odmiennych wniosków odnośnie do

oceny efektywności projektów innowacyjnych, stosując wyżej wymienione metody.

Odrębną grupą metod oceny efektywności ekonomicznej projektów innowacyjnych stanowią metody średniorocznych stóp zwrotu. Koncepcja średniorocznej stopy zwrotu kapitału bazuje na założeniu, że wyznaczona wielkość kapitału pozostaje zaangażowana w całym okresie obliczeniowym, co oznacza, że wolne środki pieniężne są reinwestowane według stopy reinwestycji r_e (powiązania poszczególnych wersji wskaźników opłacalności ze średniorocznymi stopami zwrotu zawiera rysunek). W zależności od sposobu wyznaczania nakładów kapitałowych oraz stopy reinwestycji można wyodrębnić dwa podstawowe warianty średniorocznej stopy zwrotu zainwestowanego kapitału (*MIRR*; b_1). Formuła, znana jest pod nazwą **metody oprocenowania Baldwina**⁵. *MIRR* oraz b_1 mogą być zapisane w następujący sposób:

$$MIRR = \sqrt[n]{MPI} (1+r) - 1; b_1 = \sqrt[n]{PI_1} (1+r) - 1$$



Rys. Piramidy średniorocznych stóp zwrotu

Źródło: opracowanie własne.



Tab. Zestawienie tradycyjnych i zmodyfikowanych formuł k oraz PI

Sposoby wyznaczania kapitału	Metody oceny	
	Wskaźniki wartości bieżącej netto (k)	Wskaźniki opłacalności (PI)
Tradycyjne (oparte na wartości bieżącej netto)		
Minimalna wartość bieżąca kapitału ($PVI > 0$)	$k_1 = \frac{NPV}{PVI}$	$PI_1 = \frac{PVI + NPV}{PVI}$
Moduł wartości bieżącej ujemnych przepływów pieniężnych ($PVC > 0$)	$k_2 = \frac{NPV}{PVC}$	$PI_2 = \frac{\sum_{t=0}^n C_t^+ (1+r)^{-t}}{\left \sum_{t=0}^n C_t^- (1+r)^{-t} \right }$
Zmodyfikowane (oparte na zmodyfikowanej wartości bieżącej netto)*		
Moduł wartości bieżącej ujemnych przepływów pieniężnych ($PVC > 0$)	$k_3 = \frac{MNPV}{PVC}$	$MPI = \frac{\sum_{t=0}^n C_t^+ (1+r_e)^{-t}}{(1+r)^n \cdot \left \sum_{t=0}^n C_t^- (1+r)^{-t} \right }$

* Wskaźnik MPI znany jest pod nazwą metody zmodyfikowanego wskaźnika opłacalności.

Źródło: opracowanie własne.

Kryteria oceny efektywności projektu stanowią warunki: $b_1 \geq r$, $MIRR \geq r$ (co w istocie jest zapewnione, gdy: $NPV \geq 0$, $MNPV \geq 0$). W przypadku projektów typowych i zastosowaniu stopy reinwestycji na poziomie oczekiwanej stopy zwrotu (tj. gdy $PVC = PVI$ oraz $r_e = r$) $MIRR = b_1$.

Metody rozkładu wartości bieżącej netto w okresie obliczeniowym

Na potrzeby bieżącego zarządzania projektami innowacyjnymi podstawowe znaczenie ma **zestawienie przepływów pieniężnych** C_t stanowiące jednocześnie bazę informacyjną niezbędną do wyznaczenia wartości bieżącej netto. Wartość bieżąca netto definiowana jako suma zdyskontowanych dodatnich oraz ujemnych przepływów pieniężnych jest wielkością wynikową – nadwyżką pozostającą po częściowej (bądź całkowitej) kompensacji tychże przepływów.

Do wyznaczenia wartości bieżącej netto może prowadzić także **metoda ekonomicznej wartości dodanej** EVA [®] (powstała w firmie konsultingowej Stern&Stewart Company w Nowym Jorku)⁶⁾. Ekonomiczna wartość dodana informuje o nadwyżce finansowej pozostającej z zysku netto po sfinansowaniu kosztów pozyskania kapitału. Formuły wyjściowe tej kalkulacji (z wykorzystaniem oznaczeń przyjętych przy definiowaniu przepływów pieniężnych) można zapisać w następującej postaci:

dla $t = 0$; $EVA_0 = 0$

dla $0 < t < n$; $EVA_t = (S_t - K_t - A_t) (1 - p) - rB_{t-1}$

co jest równoznaczne: $EVA_t = Z_t - rB_{t-1}$

dla $t = n$; $EVA_n = (S_n - K_n - A_n) (1 - p) + (F_n - B_n) (1 - s) - rB_{n-1}$

gdzie:

F_n – rynkowa wartość rezydualna,

B_t – księgową wartość zainwestowanego kapitału, przy czym: $B_0 = I_0$ oraz $B_t = B_{t-1} - A_t + I_t$,

p – stopa podatkowa,

s – stopa podatkowa od rynkowej wartości rezydualnej.

Suma zdyskontowanych ekonomicznych wartości dodanych według rynkowej stopy zwrotu stanowi tzw. **rynkową wartość dodaną** (MVA). Jeżeli przyjmie się założenie, że rynkowa stopa zwrotu jest zarazem oczekiwaną stopą zwrotu r , wówczas:

● rynkowa wartość dodana zostaje określona według wzoru:

$$MVA = \sum_{t=1}^n EVA_t (1+r)^{-t}$$

● występuje zależność⁷⁾: $MVA = NPV$.

Jeśli coroczne kwoty EVA_t informują o rozkładzie wartości bieżącej netto w okresie objętym prognozą i w efekcie końcowym mogą posłużyć do obliczenia NPV , to **metoda równych rat** (RR) umożli-

liwia jedynie przekształcenie wcześniej wyznaczonej wartości bieżącej netto w szereg równych rat w okresie $t = 1, 2, \dots, n$. Do stosownych obliczeń wykorzystywana jest następująca formuła⁸⁾:

$$RR = NPV \cdot G$$

gdzie:

G – współczynnik liczony według wzoru:

$$G = \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

Metoda równych rat podlega uzasadnionej krytyce głównie z tej racji, że w praktyce gospodarczej przepływy pieniężne nie są równomiernie rozłożone w okresie obliczeniowym.

Określanie *return duration*

W przypadku pozytywnie ocenionych projektów innowacyjnych, charakteryzujących się pojedynczą wewnętrzną stopą zwrotu, stopa oprocentowania Baldwina b_1 zawiera się w przedziale $\langle r; IRR \rangle$. Ponieważ stopa zwrotu b_1 jest wielkością średnią ważoną (średnią stopą zwrotu kapitału wynikającą z zaangażowania środków finansowych bezpośrednio w projekt innowacyjny oraz z tytułu ich reinwestowania według oczekiwanej stopy zwrotu r), zatem dalsze prace analityczne mogą prowadzić do umownego wydzielenia:

- z okresu obliczeniowego (n) podokresu, w którym cały zainwestowany kapitał pracuje według stopy IRR , czy też
- części kapitału, która w całym okresie obliczeniowym pracuje według stopy IRR . Założenie podziału okresu obliczeniowego na dwa podokresy:

- ✓ τ – podokres zwany *return duration*, w którym zainwestowany kapitał przynosi korzyści w wysokości wewnętrznej stopy zwrotu IRR oraz
- ✓ $n - \tau$ – podokres, w którym obowiązuje stopa zwrotu r

stanowi podstawę metody zwanej *return duration*⁹⁾.

Na potrzeby wyznaczenia *return duration* wiązane są dwa sposoby określania wartości przyszłej zainwestowanego kapitału pozwalające sformułować następującą zależność:

$$(PVI + NPV)(1+r)^n = PVI(1+IRR)^\tau(1+r)^{n-\tau}$$

Stąd po stosownych przekształceniach uzyskuje się następującą formułę:

$$\tau = \ln(PVI_1) / \ln\left(\frac{1+IRR}{1+r}\right)$$

Stosowanie różnych metod oceny efektywności ekonomicznej pozwala dostarczać decydom różnorodnych informacji, które kompleksowo charakteryzują analizowany projekt innowacyjny, przy czym pomiędzy poszczególnymi metodami występują współzależności. W konkretnych warunkach ograniczających każda z omawianych miar może stanowić odrębne kryterium wyboru, niemniej należy podkreślić wiodącą rolę wartości bieżącej netto w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych.

dr Józef Bućko

Instytut Technologii Eksploatacji
(Państwowy Instytut Badawczy) w Radomiu

PRZYPISY

¹⁾ B. WŁOSZCZOWSKI, *Dobór metod oceny projektów inwestycyjnych*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa”, 1997, nr 12, s. 23–25.

²⁾ E.W. DAVIS, J. POINTON, *Finanse i firma*, PWE, Warszawa 1997, s. 55–56.

³⁾ R.G. BEAVES, R.W. STOLZ, *Technical Note: Defining Project Scale*, „The Engineering Economist”, 2005, vol. 50, no. 3, s. 295–302.

⁴⁾ J. BUĆKO, *Współzależności formuł dyskontowych metod oceny efektywności projektów inwestycyjnych*, „Problemy Eksploatacji”, 2000, nr 4, s. 45–61.

⁵⁾ R. KLEINE-DOEPKE, *Podstawy zarządzania*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 1995, s. 114–120.

⁶⁾ A. Cwynar, W. Cwynar, *Dwanaście uwag o Net Present Value* (część II), „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstwa”, 2005, nr 6, s. 27–34.

⁷⁾ J.C. HARTMAN, *Technical Note – on the Equivalence of Net Present Value and Market Value Added as Measures of a Project's Economic Worth*, „The Engineering Economist”, 2000, vol. 45, no. 2, s. 158–165.

⁸⁾ S. NAHOTKO, *Efektywność i ryzyko w procesach innowacyjnych*, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego Sp. z o.o., Bydgoszcz 1996, s. 179.

⁹⁾ L.D. BARNEY (Jr), M.G. DANIELSON, *Ranking Mutually Exclusive Projects: the Role of Duration*, „The Engineering Economist”, 2004, vol. 49, no. 1, s. 43–61; R.G. BEAVES, R.W. STOLZ, *Technical Note: Defining Project Scale*, „The Engineering Economist”, 2005, vol. 50, no. 3, s. 295–302.

Summary

The article there presents briefly the system of discounted evaluation methods of innovative projects, including the interrelationships between them. Especially, the description includes net present value methods, profitability indexes and annual average return rates, methods of net present value decomposition in a projection period and return duration methods. In the context of efficiency ratios calculation, a problem of defining project scale is important. The numerical examples supplement the methods' description presented.