

CZESŁAW SUŁKOWSKI

O PEWNYCH KRYTERIACH WYBORU WARIANTÓW INWESTYCYJNYCH

I. OKREŚLENIE KRYTERIÓW WYBORU WARIANTÓW INWESTYCYJNYCH

Przyjmuje się następujące założenia:

1) dana jest wielkość produkcji, jaka ma być osiągnąta rocznie w nowych obiektach, $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$,

2) dla zbudowania poszczególnych nowych obiektów realizujących założone przyrosty produktów x_1, x_2, \dots, x_n istnieje pewna skończona ilość wariantów inwestycyjnych, różniących się między sobą jedynie wielkością koniecznych do poniesienia nakładów inwestycyjnych oraz wielkością rocznych kosztów eksploatacyjnych,

3) została ustalona makroekonomiczna norma efektywności nakładów inwestycyjnych.

Przy takich założeniach powstaje problem, który można wyrazić pytaniem: w jaki sposób na szczeblu mikroekonomicznym ma się wykorzystywać do wyboru wariantów, centralnie ustaloną wytyczną w postaci makroekonomicznej normy efektywności nakładów inwestycyjnych?

Jedną z możliwości jest wybieranie dla poszczególnych produktów takich wariantów inwestycyjnych, dla których

$$\frac{\Delta Ke}{\Delta J} \geq \frac{1}{T} \quad \text{lub} \quad \frac{\Delta J}{\Delta Ke} \leq T \quad (1.1)$$

gdzie:

$\frac{1}{T}$ — makroekonomiczna norma efektywności nakładów inwestycyjnych, a jej odwrotność — normatywny (graniczny) czas zwrotu,

ΔJ — dodatkowe nakłady inwestycyjne,

ΔKe — roczne oszczędności na kosztach eksploatacyjnych.

W wyrażeniu (1.1) świadomie pominięto oznaczenia, aby zasygnalizować otwartą jeszcze kwestię, w jaki sposób obliczać ΔJ oraz ΔKe , a więc i ich stosunek — indywidualny czas zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych. Mogą tu wystąpić dwie możliwości: indywidualne

czasy zwrotu oblicza się w oparciu o podstawę stałą — za bazę porównawczą przyjmuje się wariant o najniższych nakładach inwestycyjnych — bądź zmienną „łańcuchową”. W tym ostatnim przypadku indywidualne czasy zwrotu dla poszczególnych wariantów, uszeregowanych według wielkości nakładów inwestycyjnych w ciąg rosnący, oblicza się w oparciu o warianty bezpośrednio sąsiadujące, ale o mniejszych nakładach inwestycyjnych.

Problem wyboru bazy porównawczej nie rodzi kontrowersji, o ile czasy zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych rosną. W takim przypadku uważa się zgodnie, że należy stosować podstawę „łańcuchową”. Jak jednak postępować w przypadku, gdy czasy zwrotu (lub efektywności) zmieniają się różnokierunkowo? W. Nowożyłow proponuje w takiej sytuacji stosować równocześnie obie podstawy: stałą i zmienną, a wyraża to w sposób następujący: „Na odcinkach rosnącej efektywności kolejnych inwestycji wskaźniki te należy liczyć w oparciu o wariant, od którego rozpoczyna się wzrost efektywności kolejnych nakładów. Na odcinkach malejącej efektywności kolejnych nakładów należy stosować metodę łańcuchową, tzn. na podstawie wariantu o najbliższych mniejszych nakładach”¹.

Tabela 1

Warianty inwestycyjne	I	Ke	Czasy zwrotu liczone przy podstawie	
			zmiennej	stałej
I	100	90	—	—
II	120	85	4	4
III	130	80	2	3
IV	180	60	2,5	2,7

Narzuca się jednak pytanie: w jaki sposób oblicza się efektywność (lub czasy zwrotu) dodatkowych nakładów inwestycyjnych, która służy za podstawę podejmowania decyzji w sprawie wyboru wariantu bazowego? Efektywność tę można obliczać dwojako: przyjmując podstawę stałą lub zmienną. Sytuacja mogłaby nie być kłopotliwa tylko w takim przypadku, gdyby udało się wykazać, że czasy zwrotu związane z przechodzeniem od wariantów mniej do bardziej kapitałochłonnych, liczone przy podstawie stałej bądź zmiennej, zmieniają się w takim samym kierunku. Można jednak wykazać, że prawidłowość taka nie występuje. Ilustruje to tabela 1, w której uwzględniono tylko warianty inwestycyjne służące do wytworzenia danego przyrostu produktu x_1 .

W przyjętym przykładzie okazuje się, że czasy zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych liczone metodą „łańcuchową” najpierw maleją,

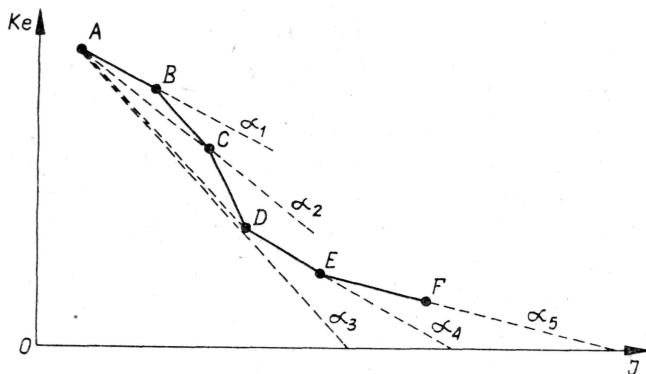
¹ W. Nowożyłow, *Mierzenie nakładów i ich wyników*, w: *Zastosowanie matematyki w badaniach ekonomicznych*, Warszawa, 1961, s. 111.

a potem rosną, podczas gdy czasy zwrotu liczone przy podstawie stałej na całej długości maleją. Gdyby więc postępować tak, jak to sugeruje W. Nowożyłow, to w pierwszym przypadku należałoby dla wariantów II i III stosować podstawę stałą, a dla wariantu IV — zmienną; w drugim zaś przypadku, dla wszystkich wariantów konieczne byłoby stosowanie podstawy stałej.

Na skutek istnienia takiej rozbieżności, aby postępowanie zaproponowane przez W. Nowożyłowa było jednoznacznie określone, powstaje potrzeba obiektywnego ustalenia, w jaki sposób, tzn. przy jakiej podstawie, wstępnie ocenia się efektywność bądź liczy czasy zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych. Nie jest to, jak się wydaje, możliwe, a stąd pogląd o konieczności stosowania obu podstaw, stałej i zmiennej równocześnie, nie jest wystarczająco uzasadniony.

Pomińmy jednak tę komplikację przyjmując założenie, iż efektywność liczona wstępnie przy obu tych podstawach zmienia się w tym samym kierunku. Można wykazać, że w samym modelu W. Nowożyłowa równoczesne stosowanie obu tych podstaw do obliczania czasów zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych jest tylko pozorne. W rzeczywistości zostają tam a priori odrzucone wszystkie te warianty inwestycyjne, dla których należałoby stosować podstawę stałą², co doprowadzi do tego, że dla tych wszystkich wariantów, które pozostają do wyboru, stosuje się jedynie podstawę zmienną. Wyjaśnijmy to graficznie na przykładzie ryc. 1, gdzie przyjęto, że dla wyprodukowania danego przyrostu określonego produktu istnieje 6 wariantów inwestycyjnych.

Przyjmijmy więc, że obliczone wstępnie efektywności poszczególnych wariantów inwestycyjnych przy podstawie zmiennej i stałej zmieniają się w tym samym kierunku. Niech efektywność dodatkowych nakładów in-



Ryc. 1

² Można wykazać, iż nie jest to uzasadnione.

westycyjnych, przy przechodzeniu od wariantu A do wariantów B , C oraz D rośnie, zaś przy przejściu do wariantów E i F maleje. Należy więc dla wariantów B , C oraz D zastosować podstawę stałą, a dla wariantów E i F — zmienną. Po obliczeniu otrzyma się następujący ciąg efektywności dodatkowych nakładów inwestycyjnych:

$$\text{tg } \alpha_1, \text{tg } \alpha_2, \text{tg } \alpha_3, \text{tg } \alpha_4, \text{tg } \alpha_5.$$

Ale warianty B i C są pośrednimi na odcinku wzrastania efektywności dodatkowych nakładów inwestycyjnych, a więc zdaniem W. Nowożyłowa powinny być a priori wyeliminowane. Eliminacja tych wariantów będzie równoznaczna z eliminacją z podanego wyżej ciągu wyrazów tga_1 i tga_2 . Ciąg $\text{tga}_3, \text{tga}_4, \text{tga}_5$ — co łatwo zauważyć — zawiera tylko efektywności liczone przy podstawie zmiennej, a więc metodą „łańcuchową”.

Przyjmujemy więc, że indywidualne czasy zwrotu należy liczyć metodą „łańcuchową”, tj. według formuły:

$$T_n = \frac{I_n - I_{n-1}}{Ke_{n-1} - Ke_n} = \frac{\Delta I^{(n)}}{\Delta Ke^{(n)}} \quad (1.2)$$

Warunkiem koniecznym wyboru poszczególnego np. s -tego wariantu inwestycyjnego będzie więc, przy metodzie liczenia zgodnie z wyrażeniem (1.2)

$$\frac{\Delta I^{(s)}}{\Delta Ke^{(s)}} \leq T \quad (s=1, 2 \dots n)$$

Warunek (1.1') orzeka, że spośród $n+1$ wariantów inwestycyjnych tylko ten może być wybrany, którego indywidualny czas zwrotu nie przekracza czasu granicznego. Wariantów spełniających (1.1') może być jednak więcej niż jeden, należy więc określić, który z nich należy wybrać.

Wyraża się niekiedy w literaturze pogląd o konieczności wybierania w takim przypadku tego wariantu dla poszczególnego produktu, który przy spełnieniu warunku (1.1') charakteryzuje się minimalnym czasem zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych³.

Wydaje się jednak, że jeśli przyjmie się, iż graniczny czas zwrotu został ustalony na właściwym poziomie, to postępowanie takie doprowadzić może do wybrania takiego programu inwestycyjnego, który nie będzie mógł być zbilansowany, ani pod względem nakładów inwestycyjnych, ani — kosztów eksploatacyjnych⁴.

³ Por. K. Rudnicki, *Niektóre problemy rachunku efektywności inwestycji na tle obecnie stosowanych metod analizy*, Gospodarka Planowa 1961 nr 12, s. 41.

⁴ Omawianą tezę szerzej analizują krytycznie J. Czarnek w artykule *O podstawach rachunku ekonomicznej efektywności inwestycji*, Gospodarka Planowa 1961 nr 12 oraz M. Rakowski w artykule *O granicznym czasie zwrotu*, Życie Gospodarcze 1962 nr 4.

Przyjmujemy⁵ więc panujący w literaturze pogląd, iż wyboru należy dokonywać w sposób następujący: „odrzucone zostają warianty charakteryzujące się okresem zwrotu wyższym od granicznego, w ramach zaś wariantów o niższym okresie T_n (obliczonym zgodnie z (1.2) — C. S.) wybór pada na wariant o okresie najbardziej zbliżonym do granicznego”⁶.

Wyrażenie (1.1') jest więc koniecznym, ale nie wystarczającym warunkiem wyboru wariantu inwestycyjnego o czasie zwrotu T_s . Aby ten wariant został wybrany, muszą być spełnione jeszcze następujące nierówności:

$$\frac{\Delta I^{(r)}}{\Delta K e^{(r)}} < \frac{\Delta I^{(s)}}{\Delta K e^{(s)}} \leq T \quad (\text{dla } r=1, 2 \dots n, s=1, 2 \dots n, \text{ przy } r \neq s) \quad (1.3)$$

Interpretacja kryterium granicznego czasu zwrotu zgodnie z (1.3) nie wydaje się wystarczająca, ponieważ przy założeniu jednakowych, ale nie przekraczających granicznego, indywidualnych czasach zwrotu wybór wariantu inwestycyjnego byłby nieokreślony. Poprawniej byłoby, aby pierwsza nierówność w wyrażeniu (1.3) była osłabiona. Warunkiem wyboru wariantu charakteryzującego się czasem zwrotu T_s byłoby więc spełnienie następujących nierówności:

$$\left(\frac{\Delta I^{(r)}}{\Delta K e^{(r)}} \right) \leq \frac{\Delta I^{(s)}}{\Delta K e^{(s)}} \leq T \quad (\text{dla } r=1, 2 \dots n, s=1, 2 \dots n, \text{ przy } r \neq s)$$

lub równoważnego warunku $T - T_s = \min \geq 0$.

Z warunku (1.3'), a raczej z niejednoznacznego warunku (1.1'), wyprowadza się zazwyczaj w literaturze drugie kryterium wyboru wariantów inwestycyjnych, którym powinni posługiwać się poszczególni inwestorzy. Stosowanie tego kryterium sprowadza się do wyboru, spośród alternatywnych wariantów inwestycyjnych, takiego wariantu, który charakteryzuje się minimalną sumą sprowadzonych nakładów. Zatem warunkiem wyboru wariantu s -tego będzie

$$E_s = \frac{1}{T} I_s + K e_s = \min. \quad (1.4)$$

II. KRYTERIUM GRANICZNEGO CZASU ZWROTU A KRYTERIUM NAKŁADÓW SPROWADZONYCH PRZY RÓŻNYM KSZTAŁTOWANIU SIĘ INDYWIDUALNYCH CZASÓW ZWROTU

Z dotychczasowych rozważań wynika, że optymalną kombinację wariantów inwestycyjnych dla całej sfery produkcji materialnej można osiągnąć wówczas, gdy poszczególni inwestorzy w swej działalności in-

⁵ Z pewnym zastrzeżeniem, o czym będzie mowa niżej.

⁶ J. Czarnek, op. cit., s. 49.

westycyjnej wybierać będą warianty zgodne z kryterium (1.3') lub (1.4). Powstaje jednak pewna wątpliwość, czy kryteria te są równoważne, inaczej mówiąc, czy poszczególny inwestor stosując kryterium (1.3') wybierze ten sam wariant inwestycyjny, który wybrałby stosując kryterium (1.4). W literaturze ekonomicznej powszechnie uważa się⁷, że kryteria te są równoważne, czyli że wariant inwestycyjny wybrany na podstawie kryterium (1.3') zostałby też wybrany, gdyby stosowano kryterium (1.4)⁸.

Wspomnianym wyjątkiem jest wypowiedź N. Bielenkijego, który na przykładzie zawartym w tabeli 2 starał się „udowodnić”, że kryteria te prowadzą do sprzecznych rezultatów⁹.

Tabela 2

Warianty inwestycyjne	I_k	Ke_k	ε_k	T_n
I	60	25,8	318	—
II	70	25	320	12,5

Przy przyjętych w niniejszej pracy oznaczeniach rozumowanie Bielenkijego można przedstawić następująco: Jeśli graniczny czas zwrotu wynosi 10, to okaże się, iż z punktu widzenia kryterium (1.3') korzystniejszy będzie wariant I, zaś z punktu widzenia kryterium (1.4) oba warianty są ze względu na małą różnicę w sprowadzonych nakładach, praktycznie równoważne. Stąd zaś ma niby wynikać sprzeczność tych dwóch kryteriów. Wydaje się, że N. Bielenkij mógł sobie sposób postępowania jeszcze bardziej uprościć, eliminując a priori wariant I, ponieważ różnicę w kosztach eksploatacyjnych między tymi wariantami wynoszącą tylko 0,8 jednostek można także uznać za względnie nieistotną, a stąd nie byłoby w takim przypadku potrzeby badać, czy wspomniane kryteria wyboru prowadzą do identycznych wyników, ponieważ w ogóle sam problem wyboru najlepszego wariantu inwestycyjnego zniknie.

W dalszych częściach artykułu, po przyjęciu, że do realizacji dowolnego np. k -tego produktu istnieje $n+1$ wariantów, dla których nakłady inwestycyjne i roczne koszty eksploatacyjne kształtują się następująco:

$$I_0 < I_1 < I_2 < \dots < I_n$$

$$Ke_0 > Ke_1 > Ke_2 > \dots > Ke_n$$

⁷ Z pewnym wyjątkiem, o czym będzie mowa niżej.

⁸ Por. np. W. N. Bogaczew, *Srok okupajemosti*, Moskwa 1966; A. Ł. Łurje, *Ob ekonomiczeskora smysle normy efektiwnosti i procentirowanija kapitalowłożenij*, *Ekonomika i Matematyczskije Metody* t. 1, 1965.

⁹ Por. N. Bielenkij, *Woprosy opredelenija ekonomieczeskoj efektiwnosti kapitalnych włożenij i nowoj techniki* *Woprosy Ekonomiki* 1962 nr 4, s. 92.

postaramy się wykazać, że równoważność między kryterium (1.3') oraz (1.4) zachodzi tylko przy pewnych założeniach dotyczących kształtowania się indywidualnych czasów zwrotu.

1. Rosnące indywidualne czasy zwrotu. Pozostając przy dokonanych uprzednio założeniach, uwzględniamy najpierw przypadek najbardziej prawdopodobny — rosnące indywidualne czasy zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych, przy przechodzeniu od wariantów charakteryzujących się względnie niskimi nakładami inwestycyjnymi i względnie wysokimi kosztami eksploatacyjnymi do wariantów o względnie wyższych nakładach inwestycyjnych oraz względnie niższych kosztach eksploatacyjnych.

Niech sumy sprowadzonych nakładów E_k oraz indywidualne czasy zwrotu T_n dla poszczególnych wariantów kształtują się następująco:

$$E_0 = \frac{1}{T} I_0 + Ke_0 \quad (2.2)$$

$$E_1 = \frac{1}{T} (I_0 + \Delta I^{(1)}) + (Ke_0 - \Delta Ke^{(1)}) \quad (2.3)$$

przy czym

$$\begin{aligned} I_0 + \Delta I^{(1)} &= I_1 \\ Ke_0 - \Delta Ke^{(1)} &= Ke_1 \end{aligned}$$

oraz

$$T_1 = \frac{\Delta I^{(1)}}{\Delta Ke^{(1)}} \quad (2.3.1)$$

$$E_2 = \frac{1}{T} (I_0 + \sum_{i=1}^{i=2} \Delta I^{(i)}) + (Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=2} \Delta Ke^{(i)}) \quad (2.4)$$

przy czym

$$\begin{aligned} I_0 + \sum_{i=1}^{i=2} \Delta I^{(i)} &= I_2 \\ Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=2} \Delta Ke^{(i)} &= Ke_2 \end{aligned}$$

oraz

$$\frac{\Delta I^{(2)}}{\Delta Ke^{(2)}} = T_2 \quad (2.4.1)$$

$$E_{n-1} = \frac{1}{T} (I_0 + \sum_{i=1}^{i=n-1} \Delta I^{(i)}) + (Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=n-1} \Delta Ke^{(i)}) \quad (2.5)$$

przy czym

$$I_0 + \sum_{i=1}^{i=n-1} \Delta I^{(i)} = I_{n-1}$$

$$Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=n-1} \Delta Ke^{(i)} = Ke_{n-1}$$

oraz

$$\frac{\Delta I^{(n-1)}}{\Delta Ke^{(n-1)}} = T_{n-1} \quad (2.5.1)$$

$$E_n = \frac{1}{T} \left(I_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \Delta I^{(i)} + (Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=n} \Delta Ke^{(i)}) \right) \quad (2.6)$$

przy czym

$$I_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \Delta I^{(i)} = I_n$$

$$Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=n} \Delta Ke^{(i)} = Ke_n$$

oraz

$$\frac{\Delta I^{(n)}}{\Delta Ke^{(n)}} = T_n \quad (2.6.1)$$

a także niech¹⁰

$$T_1 < T_2 < \dots < T_{n-1} < T_n < T. \quad (2.7)$$

Przy takim założeniu stosując kryterium (1.3') wybrany zostanie wariant najbardziej kapitałochłonny, a więc w tym przypadku $T_n = T_s$.

Należy teraz udowodnić, że powoduje to, iż $\varepsilon_n = E_n(I_n, Ke_n)$ przybiera dla tego wariantu wartość minimalną, czyli że dla dowolnego n zachodzi

$$E_n < E_{n-1} \quad (2.8)$$

Dowodziemy tego przez indukcję matematyczną.

Dla $n=1$ mamy, odejmując stronami wyrażenie (2.2) od wyrażenia (2.3)

$$E_1 - E_0 = \frac{1}{T} \Delta I^{(1)} - \Delta Ke^{(1)}$$

¹⁰ Nie rozpatrujemy tutaj i czynić tak będziemy w dalszej części artykułu, czasów zwrotu przekraczających T , ponieważ przypadek taki nie jest kontrowersyjny.

uwzględniając zaś (2.3.1), otrzymujemy

$$E_1 - E_0 = \Delta K e^{(1)} \left(\frac{T_1}{T} - 1 \right) \quad (2.9)$$

Ponieważ $\frac{T_1}{T} - 1 < 0$ zatem $E_1 < E_0$ co należało wykazać. Zakładamy teraz, że teza (2.8) jest prawdziwa dla n wariantów. Trzeba udowodnić, że jest także prawdziwa dla $n+1$ wariantów inwestycyjnych.

Odejmując stronami od wyrażenia (2.6) wyrażenie (2.5) otrzymujemy:

$$E_n - E_{n-1} = \frac{1}{T} \Delta I^{(n)} - \Delta K e^{(n)}$$

po uwzględnieniu zaś (2.6.1), mamy

$$E_n - E_{n-1} = \Delta K e^{(n)} \left(\frac{T_n}{T} - 1 \right) \quad (2.10)$$

Ponieważ dla $T_n < T$ wyrażenie $\frac{T_n}{T} - 1 < 0$ zatem $E_n < E_{n-1}$ co należało wykazać.

Dotychczas udowodniono następującą implikację:

$$[T - T_s = \min \geq 0 (s = 1, 2 \dots n)] \rightarrow \left[E_s = \frac{1}{T} I_s + K e_s = \min (s = 1, 2 \dots n) \right] \quad (2.11)$$

Wykazaliśmy zatem, że wybór wariantu inwestycyjnego, charakteryzującego się czasem zwrotu T_n najbliższym, ale nie przekraczającym czasu granicznego, pociąga za sobą, że syntetyczny wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji przybiera dla tego wariantu wartość minimalną.

Dla wykazania równoważności kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) trzeba jeszcze udowodnić implikację odwrotną:

$$\left[E_s = \frac{1}{T} I_s + K e_s = \min (s = 1, 2 \dots n) \right] \rightarrow [T - T_s = \min \geq 0 (s = 1, 2 \dots n)] \quad (2.12)$$

Założmy więc, że dla s -tego wariantu zachodzi:

$$E_s = \frac{1}{T} I_s + K e_s = \min$$

i zbadajmy, czy wariant ten może posiadać czas zwrotu T_s , przy czym $T_s < T_n$.

Mamy więc

$$\frac{\Delta I^{(s)}}{\Delta K e^{(s)}} = T_s$$

oraz

$$E_s = \frac{1}{T} (I_0 + \sum_{i=1}^{i=s} \Delta I^{(i)}) + (Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=s} \Delta Ke^{(i)})$$

ale istnieje wariant, dla którego

$$E_n = \frac{1}{T} (I_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \Delta I^{(i)}) + (Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=n} \Delta Ke^{(i)})$$

przy

$$\frac{\Delta I^{(n)}}{\Delta Ke^{(n)}} = T_n,$$

to odejmując stronami otrzymamy

$$E_n - E_s = \frac{1}{T} \Delta I^{(n)} - \Delta Ke^{(n)} < 0.$$

Świadczy to o tym, że $E_n < E_s$, co przeczy założeniu $E_s = \min$.

Zilustrujemy dotychczasowe rozważania na przykładzie. Przykład¹¹ pierwszy dla $n=3$.

Tabela 3

Warianty inwestycyjne	I_k	Ke_k	ε_k	T_n
I	120	100	120	—
II	144	90	114	2,4
III	162	84	111	3
IV	192	78	110	5

Z czterech wariantów inwestycyjnych podanych w przykładzie pierwszym przy stosowaniu kryterium (1.3') wybrany zostanie wariant IV, posiadający czas zwrotu w wysokości 5 lat, jest on bowiem najbliższy, a jednocześnie nie przekracza czasu granicznego — 6 lat. Podobnie, gdyby zastosowano kryterium (1.4), wybrany zostałby także wariant IV, ponieważ wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji przybiera dla tego wariantu wartość minimalną. Widać więc, że kryteria te przy podanych założeniach są równoważne.

2. Stałe indywidualne czasy zwrotu. Rozpatrzmy obecnie związek zachodzący między kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) w przypadku szczególnym, przy założeniu stałości indywidualnych czasów zwrotu poszczególnych wariantów inwestycyjnych.

¹¹ W tym przykładzie, jak również we wszystkich pozostałych przykładach, przyjęto graniczny czas zwrotu w wysokości 6 lat.

Załóżmy więc, że indywidualne czasy zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych kształtują się następująco:

$$T_1 = T_2 = \dots = T_n < T \quad (2.13)$$

Przy założeniu (2.13) stosując kryterium (1.3') wybór padnie na wariant $n+1$. Wariant ten posiada wprawdzie indywidualny czas zwrotu równy czasom zwrotu pozostałych wariantów inwestycyjnych, to jednak przejście od (wariantów o względnie niższych do wariantów o względnie wyższych nakładach inwestycyjnych jest z punktu widzenia istoty kryterium granicznego czasu zwrotu celowe.

Gdyby kryterium granicznego czasu zwrotu interpretować zgodnie z wyrażeniem (1.3), to w tym przypadku odrzucony zostałby tylko wariant służący dla obliczenia czasu zwrotu T_1 , zaś wybór pomiędzy pozostałymi wariantami inwestycyjnymi byłby nieokreślony, co, jak się wydaje, świadczy o nieprawidłowości takiej interpretacji tego kryterium¹².

Stosując kryterium (1.4), przy założeniu (2.13), wybór padnie także na wariant $n+1$, ponieważ wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji przybiera dla tego wariantu wartość minimalną.

Zbadajmy, czy zachodzi równoważność kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) przy założeniu (2.13). Łatwo w tym przypadku udowodnić implikację (2.11), czyli że fakt, iż wariant $n+1$ posiada czas zwrotu T_n przy względnie najwyższych nakładach inwestycyjnych oraz względnie najniższych kosztach eksploatacyjnych (a więc $T_n = T_s$) pociąga za sobą, że syntetyczny wskaźnik ekonomicznej efektywności osiąga dla tego wariantu minimum.

Mamy bowiem zgodnie z (2.9) przy założeniu (2.13)

$$E_1 - E_0 < 0$$

Zaś po uwzględnieniu (2.10) otrzymamy

$$E_n - E_{n-1} < 0$$

co dowodzi, że dla dowolnego n mamy $E_n < E_{n-1}$.

Podobnie łatwo można udowodnić implikację (2.12). Załóżmy w tym celu, że s -ty wariant posiada $E_s = \min$. Należy zbadać, czy wariant ten o czasie zwrotu T_s może charakteryzować się względnie niższymi nakładami inwestycyjnymi od najbardziej kapitałochłonnego wariantu inwestycyjnego. A więc mamy w takim przypadku

$$E_s = \frac{1}{T} \left(I_0 + \sum_{i=1}^{i=s} \Delta I^{(i)} \right) + (K e_0 - \sum_{i=1}^{i=s} \Delta K e^{(i)})$$

¹² Por. wyżej s. 91.

oraz

$$E_n = \frac{1}{T} \left(I_0 + \sum_{i=1}^{i=n} \Delta I^{(i)} \right) + (Ke_0 - \sum_{i=1}^{i=n} \Delta Ke^{(i)})$$

Odejmując stronami, po uwzględnieniu założenia (2.13) otrzymujemy

$$E_n - E_s = \frac{1}{T} \Delta I^{(n)} - \Delta Ke^{(n)} < 0$$

co przeczy założeniu $E_s = \min$.

Dowiedliśmy w ten sposób równoważność kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) przy założeniu (2.13). Przykład drugi dla $n=3$.

Tabela 4

Warianty inwestycyjne	I_k	Ke_k	E_k	T_n
I	120	100	120	—
II	180	88	118	5
III	240	76	116	5
IV	300	64	114	5

Spśród wariantów inwestycyjnych podanych w przykładzie drugim, przy stosowaniu zarówno kryterium (1.3'), jak też kryterium (1.4), wybrany zostanie wariant IV.

Pozostaje jeszcze do rozpatrzenia drugi przypadek stałości indywidualnych czasów zwrotu, gdy

$$T_1 = T_2 = \dots = T_n = T \quad (2.14)$$

Przy zastosowaniu kryterium granicznego czasu zwrotu interpretowanego zgodnie z (1.3'), wybór padnie na wariant $n+1$, interpretowanego zaś według (1.3) — wybór pomiędzy n wariantami (odpada wariant bazowy dla obliczenia czasu zwrotu T_1), nie jest określony, co podobnie jak w przypadku założenia (2.13) nie odpowiada — jak się wydaje — istocie tego kryterium.

Przy wyborze wariantów inwestycyjnych według kryterium (1.4) powstają, przy założeniu (2.14), pewne kłopoty. Otóż spotkać można w literaturze wypowiedzi, iż w takim przypadku kryterium to nie daje jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, który z wariantów inwestycyjnych jest najkorzystniejszy lub mówiąc inaczej, że z punktu widzenia tego kryterium wszystkie warianty inwestycyjne są jednakowo dobre¹³.

¹³ Por. M. Rakowski, *Maksymalizacja wzrostu gospodarczego a kryterium efektywności postępu technicznego*, *Gospodarka Planowa* 1967 nr 5, s. 14; M. Kalecki, *Uwagi o ostatnim podejściu M. Rakowskiego do problematyki efektywności inwestycji*, *Gospodarka Planowa* 1967 nr 7 s. 16.

Wydaje się, że u podstaw takiego wniosku mogą leżeć dwie przesłanki:

— albo kryterium nakładów sprowadzonych wyprowadza się z kryterium granicznego czasu zwrotu, lecz to ostatnie definiuje się nieco inaczej niż w niniejszej pracy, a mianowicie, iż warunkiem wybrania wariantu s-tego jest aby

$$\frac{\Delta I^{(s)}}{\Delta K e^{(s)}} < T$$

co oznacza, że nigdy nie może zostać wybrany wariant o czasie zwrotu, równym czasowi granicznemu,

— bądź też kryterium nakładów sprowadzonych traktuje się niezależnie od kryterium granicznego czasu zwrotu.

Pierwsza przesłanka tkwi niewątpliwie w rozumowaniu M. Rakowskiego i jest konsekwencją stosowania pewnej specyficznej metody do praktycznego szacowania wielkości granicznego czasu zwrotu w gospodarce narodowej, drugiej zaś można by się doszukiwać, aczkolwiek nie można mieć w tym względzie pewności, w pracach M. Kaleckiego¹⁴.

Tak więc, przy założeniu (2.14) nie można jednoznacznie odpowiedzieć, czy kryteria (1.3') oraz (1.4) są, czy też nie są równoważne. Przykład, trzeci dla $n=3$.

Tabela 5

Warianty inwestycyjne	I_k	Ke_k	E_k	T_k
I	120	100	120	—
II	180	90	120	6
III	240	80	120	6
IV	360	60	120	6

Z podanych w przykładzie trzecim wariantów inwestycyjnych, przy zastosowaniu kryterium (1.3') inwestor wybrałby wariant IV. Kryterium (1.4), w przypadku gdy traktuje się je niezależnie od kryterium granicznego czasu zwrotu, nie daje w tej sytuacji jednoznacznej odpowiedzi, w przypadku przeciwnym za najkorzystniejszy zostanie uznany wariant IV.

3. Malejące indywidualne czasy zwrotu. Rozpatrzmy obecnie kolejny przypadek szczególny. Załóżmy, że indywidualne czasy zwrotu kształtują się następująco:

$$T > T_1 > T_2 > \dots > T_n \quad (2.15)$$

¹⁴ Np. w artykule, *Krzywa produkcji a rachunek efektywności inwestycji*, *Ekonomista* 1965 nr 1.

Zgodnie z kryterium (1.3') powinien być wybrany wariant o czasie zwrotu T_1 . Łatwo wykazać, że syntetyczny wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji nie osiąga dla tego wariantu wartości minimalnej, czyli, że nie zachodzi implikacja (2.11). Istotnie, dla $n=2$ mamy, odejmując stronami wyrażenie (2.3) od wyrażenia (2.4) oraz uwzględniając założenie (2.15)

$$E_2 - E_1 = \Delta K e^{(2)} \left(\frac{T_2}{T} - 1 \right) < 0.$$

Założmy, że implikacja (2.11) nie zachodzi dla n wariantów. Wykażemy, iż nie zachodzi też dla $n+1$ wariantów inwestycyjnych. Otóż zgodnie z wyrażeniem (2.10), przy uwzględnieniu (2.15), otrzymujemy

$$E_n - E_{n-1} = \Delta K e^{(n)} \left(\frac{T_n}{T} - 1 \right) < 0$$

co dowodzi, że dla wariantu charakteryzującego się minimalnym, a nie najbliższym granicznego czasem zwrotu, syntetyczny wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji przybiera wartość minimalną, a to z kolei świadczy, że implikacja (2.11) nie jest spełniona. Wynika z tego, że przy założeniu (2.15) kryteria (1.3') oraz (1.4) nie są równoważne. Przykład czwarty dla $n=3$.

Tabela 6

Warianty inwestycyjne	I_k	Ke_k	E_k	T_n
I	120	100	120	—
II	180	88	118	5
III	240	73	113	4
IV	300	53	103	3

W przykładzie czwartym stosując kryterium (1.3') wybór powinien paść na wariant II, zaś według kryterium (1.4) wybrany powinien być wariant IV. Stosowanie więc obu kryteriów nie prowadzi do wyboru tych samych wariantów, co więcej, wybór dokonany w tym przypadku zgodnie z kryterium granicznego czasu zwrotu nie wydaje się poprawny; jeśli bowiem uznaje się za korzystne przejście od wariantu I do wariantu II, które charakteryzuje się 5-letnim okresem zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych, to odrzucenie wariantu III, przy którym dodatkowe nakłady inwestycyjne w stosunku do wariantu II zwrócą się w postaci oszczędności na kosztach eksploatacyjnych w ciągu 4 lat, jest sprzeczne z logiką wyboru ekonomicznego.

4. **Przypadek ogólny.** Rozważyliśmy dotychczas wybór optymalnego wariantu inwestycyjnego przy użyciu dwóch kryteriów: granicznego czasu zwrotu (1.3') oraz syntetycznego wskaźnika ekonomicznej efek-

tywności inwestycji — (1.4), przy kolejno zmieniających się założeniach co do kształtowania się indywidualnych czasów zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych.

Okazało się, że kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) są równoważne przy założeniach (2.7) oraz (2.13); równoważność ta nie zachodzi zaś przy założeniu (2.15). Ponadto, przy założeniu (2.14) nie znaleźliśmy jednoznacznej w tym zakresie odpowiedzi. Należy podkreślić wybitnie teoretyczny charakter założeń dotyczących kształtowania się indywidualnych czasów zwrotu dodatkowych nakładów inwestycyjnych. W praktyce najbardziej prawdopodobny wydaje się wzrost indywidualnych czasów zwrotu, przy przechodzeniu od wariantów o względnie niższych do wariantów o względnie wyższych nakładach inwestycyjnych¹⁵, nie można jednak wykluczyć możliwości ich spadku na pewnym odcinku¹⁶; istnieje też pewne prawdopodobieństwo stałości indywidualnych czasów zwrotu. Wynika z tego, że faktyczny ciąg indywidualnych czasów zwrotu, odpowiadający uszeregowanym według wielkości nakładów inwestycyjnych istniejącym alternatywnym wariantom, nie zawsze musi na całym odcinku być rosnący. Fakt ten ma istotne znaczenie, jak wykazano wyżej, przy badaniu równoważności kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4), jak również przy ocenie przydatności tych kryteriów do weryfikacji wariantów inwestycyjnych.

Zbadajmy w tym celu równoważność kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) i ich przydatność do 'weryfikacji technik w przypadku ogólnym, tj. przy założeniu różnego kształtowania się indywidualnych czasów zwrotu.

Założmy więc, że indywidualne czasy zwrotu kształtują się np. następująco:

$$T_1 < T_2 < \dots < T_i = T_{i+1} < \dots < T_{n-1} \leq T$$

oraz

$$T_n < T_{n-1} \tag{2.16}$$

Przy stosowaniu kryterium (1.3'), wybór padnie na wariant charakteryzujący się czasem zwrotu T_{n-1} .

Łatwo jednak wy kazać, że syntetyczny wskaźnik ekonomicznej efektywności inwestycji nie osiąga dla tego wariantu wartości minimalnej, czyli, że

$$E_{n-1} \neq \min .$$

¹⁵ Będzie to równocześnie przechodzenie od wariantów o względnie wysokich do wariantów o względnie niskich kosztach eksploatacyjnych — inaczej warianty te byłyby nieefektywne.

¹⁶ Por. J. Lipiński, *Ocena efektywności inwestycji w gospodarce socjalistycznej*, w: *Materiały do studiowania ekonomii politycznej socjalizmu*, Warszawa 1964, s. 442; W. Nowożyłow, *Mierzenie nakładów ...*, op. cit., s. 111. W nowszej literaturze ekonomicznej spotkać można próby uzasadnienia poglądu przeciwnego. Można jednak stwierdzić, że żaden z wysuwanych argumentów wystarczająco takiego poglądu nie uzasadnia. Teza ta zostanie udowodniona w innym miejscu.

Istotnie, zgodnie z wyrażeniem (2.10) oraz przy założeniu (2.16) mamy

$$E_n - E_{n-1} = \Delta K e^{(v)} \left(\frac{T_n}{T} - 1 \right) < 0$$

czyli $E_n < E_{n-1}$ co świadczy, że implikacja (2.11) nie jest spełniona. To zaś wystarcza do stwierdzenia, iż przy takim kształtowaniu się indywidualnych czasów zwrotu kryterium (1.3') oraz kryterium (1.4) nie są równoważne. Przykład piąty dla $n=6$.

Tabela 7

Warianty inwestycyjne	I_k	Ke_k	E_k	T_n
I	120	100	120	—
II	180	70	100	2
III	240	55	95	4
IV	300	43	93	5
V	360	31	91	5
VI	420	21	91	6
VII	441	12	85,5	3

Zgodnie z kryterium (1.3') wybierzemy wariant VI, zrezygnujemy zaś z wariantu VII — co nie wydaje się słuszne. Przy stosowaniu kryterium (1.4) wybrany zostanie wariant VII.

Można zatem wyciągnąć wniosek, że przy założeniu różnego (a nie tylko rosnącego) kształtowania się indywidualnych czasów zwrotu, stosując kryterium (1.3'), poszczególne inwestor wybierze inny wariant inwestycyjny niż ten, który zostałby wybrany, gdyby stosował kryterium (1.4), co więcej, wybór wariantu charakteryzującego się czasem zwrotu T_{n-1} przypadek (2.16) zamiast wariantu o czasie zwrotu T_n jest — jak się wydaje — sprzeczny z logiką wyboru ekonomicznego.

Poprawny wybór zapewnia stosowanie kryterium (1.4).

ON CERTAIN CRITERIA OF CHOICE OF INVESTMENT VARIANTS

Summary

The article is an analysis of two criteria of choice of investment variants: the criterion of limited time of repayment and the criterion of capital invested.

The defining of these criteria substantiates the hypothesis that individual times of repayment for particular variants drawn up in increasing sequence according to the size of the invested capital, should be calculated only on the grounds of

changing basis, hence by the 'chain' method, and not on a permanent basis. In addition the author indicated that the attempts, met with in literature, at applying simultaneously, permanent and changing bases in calculating individual repayment times, is merely illusory.

Further on in the article the author proves that the generally accepted hypothesis on the equiponderance of the criterion of limited time of repayment and the criterion of capital invested is not true, and at the same time indicates in which particular cases this equiponderance can take place.