

## KLASYCZNE METODY ANALIZY RYZYKA PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH

Dariusz Zarzecki  
Uniwersytet Szczeciński

**Abstrakt.** Artykuł zajmuje się metodyką i zastosowaniem analizy wrażliwości i analizy scenariuszy – dwiema dobrze znanymi technikami analizy ryzyka wykorzystywanymi w ocenie projektów inwestycyjnych. Opracowanie prezentuje istotę i kluczowe definicje obu technik oraz omawia najczęściej popełniane błędy i uchybienia występujące w trakcie stosowania ich w praktyce. Artykuł zawiera przykłady projektów inwestycyjnych o dużych przekroczeniach nakładów. Ostatnia część opracowania przedstawia ważniejsze konkluzje i sugestie dotyczące użyteczności i ograniczeń w zastosowaniu analizy wrażliwości i analizy scenariuszy.

**Słowa kluczowe:** ryzyko, projekty inwestycyjne, analiza wrażliwości

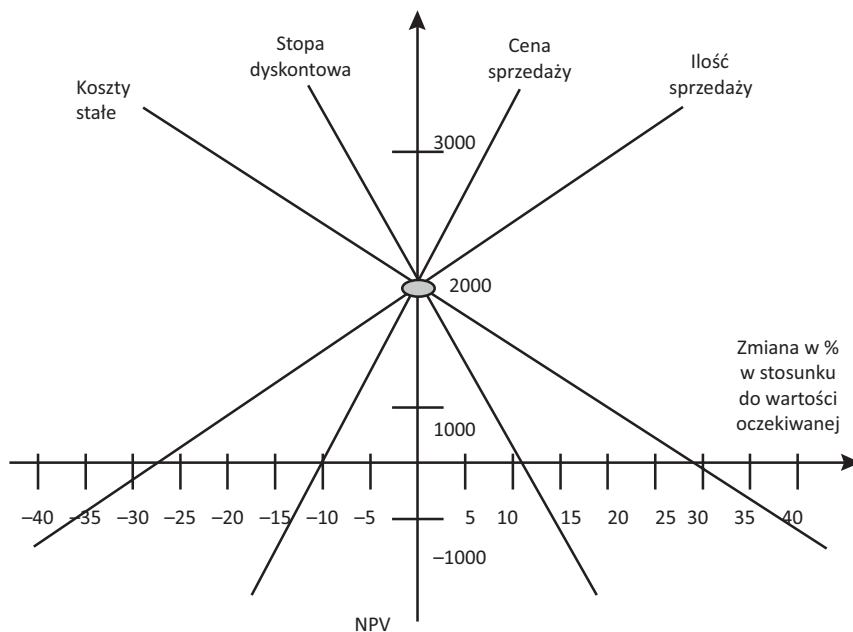
### WSTĘP

Uwzględnienie zagadnienia ryzyka w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych może nastąpić na dwa sposoby. Pierwszy z nich dąży do opisanego ryzykowności danego projektu zarówno za pomocą różnych zastosowań analizy prawdopodobieństwa, jak i innych prostych metod opisowych. Drugi ma na celu włączenie postrzeganego przez inwestora poziomu ryzykowności projektu bezpośrednio do formuły NPV. W artykule zostaną omówione dwie najczęściej stosowane w praktyce techniki określane mianem technik opisowych, a mianowicie analiza wrażliwości i analiza scenariuszy.

## ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

Zasadniczo analiza wrażliwości (sensitivity analysis) to bardzo prosta technika, używana do lokalizacji i oszacowania potencjalnego wpływu ryzyka na dochodowość projektu. Nie dąży ona do policzenia wielkości ryzyka, lecz raczej do zidentyfikowania stopnia wrażliwości projektu na zmiany poszczególnych czynników. Analiza wrażliwości zapoznaje decydenta z odpowiedziami na wiele pytań typu „co się stanie, jeśli ...?”, np. jaka będzie NPV, gdy cena sprzedaży spadnie o 10%? Jak zmieni się wartość IRR, jeśli okaże się, że cykl życia produktu jest trzyletni, a nie pięcioletni, jak zakłada się w wariancie bazowym? Jaki poziom wpływów ze sprzedaży wystarczy do osiągnięcia samowystarczalności w kategoriach wartości bieżącej netto?

Wykresy wrażliwości umożliwiają zestawienie wartości bieżących netto (lub IRR) z odpowiednimi odchyleniami procentowymi od oczekiwanej wartości badanego czynnika (rys. 1). Ilustruje to wykres wrażliwości przedstawiony na rysunku 1, obrazujący potencjalny wpływ odchyłeń od wartości oczekiwanych rozpatrywanych zmiennych na NPV. Gdyby wszystko pozostało bez zmian, NPV wyniesie 2000 dolarów. Jednak NPV spadnie do zera, gdy ilość sprzedaży zmniejszy się o 27,5% lub cena o 10%. To pokazuje, że dochodowość jest bardzo wrażliwa na zmiany cen. Podobnie 11-procentowy wzrost stopy dyskontowej wyzeruje NPV,



**RYSUNEK 1.** Analiza wrażliwości

Źródło: Opracowanie własne.

podczas gdy koszty stałe muszą wzrosnąć aż o prawie 30%, by uczynić projekt nie-dochodowym. Dlatego też projekt wykazuje większą wrażliwość na zmiany stopy dyskontowej niż na zmiany wielkości kosztów stałych. Poziom wrażliwości NPV na zmiany każdego z czynników prezentuje linia wrażliwości – im bardziej stroma linia, tym większy wpływ zmian danego czynnika na NPV [Zarzecki 1997].

Analiza wrażliwości wykorzystywana jest bardzo często ze względu na swoją prostotę i zdolność do skupienia się na poszczególnych szacunkach. Za jej pomocą można zidentyfikować czynniki krytyczne, mające największy wpływ na dochodowość projektu. Niestety metoda ta właściwie nie oszacowuje wielkości ryzyka. Decydent musi ciągle szacować prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych odchyleń od wartości oczekiwanych.

Ze względu na poziom agregacji niezależnych zmiennych objaśniających wyróżnia się dwa warianty analizy wrażliwości:

- wariant z zagregowanymi niezależnymi zmiennymi objaśniającymi – oparty jedynie na podstawowych elementach wykorzystywanych w danym algorytmie metody oceny opłacalności (w wypadku NPV będą to przepływy pieniężne netto, stopa dyskontowa i ekonomiczny cykl życia przedsięwzięcia inwestycyjnego),
- wariant z niezagregowanymi niezależnymi zmiennymi objaśniającymi, które bezpośrednio lub pośrednio warunkują poszczególne elementy algorytmu danej metody oceny opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego (stopień dezagregacji zmiennych objaśniających zależy głównie od szczegółowości posiadanych danych, dokładności analizy i potrzeb informacyjnych) [Ostrowska 1990].

Analiza wrażliwości może być wykorzystana w celu [Pannell 1997]:

- upraszczania modeli,
- potwierdzenia wiarygodności uzyskiwanych za pomocą modelu predykcji,
- dokonywania symulacji „co się stanie, jeśli ...?”, analizując wpływ na projekt różnych założeń wejściowych i scenariuszy,
- zapewnienia kontroli jakości (wrażliwości odnoszące się do niespodziewanych czynników mogą być związane z generowaniem błędów).

Analiza wrażliwości polega na prześledzeniu efektywności projektu inwestycyjnego w zależności od zmiany kluczowych dla projektu czynników i założeń ekonomicznych [Pastusiak 2003]. Analiza wrażliwości jest procesem badania zmian kluczowych szacunków planu lub budżetu. Umożliwia planistom identyfikację najważniejszych zmiennych decyzyjnych. Według Gabrusewicza, „analiza wrażliwości polega na badaniu reakcji progu rentowności, czyli zmiany jego wysokości na zmianę cen i kosztów” [Gabrusewicz 2006]. „Przy pomocy analizy wrażliwości możliwe jest pokazanie, jak nadwyżki pieniężne netto i efektywność projektu zmienia się wraz ze wzrostem (spadkiem) wartości różnych parametrów (ceny jednostkowe sprzedaży, koszty jednostkowe, fizyczne



rozmiary sprzedaży etc.)” [Behrens, Hawranek 1993]. Analiza wrażliwości „(...) służy do oceny poziomu wrażliwości opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego na zmiany wartości prognozowanych wielkości uwzględnianych w ocenie opłacalności, przy założeniu, że w określonym momencie może nastąpić ewentualna zmiana (odchylenie od wartości prognozowanej) tylko jednej zmiennej niezależnej, a pozostałe zmienne niezależne pozostają na tym samym poziomie bazowym” [Rogowski, Michalczewski 2005].

Według Sojaka, analiza wrażliwości składa się z trzech elementów [2003]:

- a) określenia granicznego poziomu poszczególnych składników analizy gwarantujących osiągnięcie progu rentowności, czyli rentowność na poziomie zerowym,
- b) określenia marginesu bezpieczeństwa,
- c) wrażliwości zysku na zmienność poszczególnych składników analizy; analiza ta w zależności od stopnia jej uszczegółowienia i przedmiotu może być określona mianem:
  - dźwigni operacyjnej,
  - dźwigni finansowej,
  - dźwigni połączonej,
  - mnożników zysku.

J. Mielcarek podaje dwie definicje odnoszące się do analizy wrażliwości. Pierwsza dotyczy przedmiotu tej analizy, a druga podziału ze względu na stosowane metody. Analiza wrażliwości bada dla przyjętych warunków wyjściowych skalę wpływu zmian pojedynczych czynników lub ich kombinacji na kształtowanie się zysku operacyjnego, zysku brutto lub NPV i IRR w celu identyfikacji zmian czynników, które mogą zdestabilizować przedsiębiorstwo. Ze względu na stosowane metody i ich złożoność, analizę wrażliwości można podzielić na dwie części. Elementarna analiza wrażliwości posługuje się koncepcją progu rentowności oraz marży i stopy marży bezpieczeństwa. Podstawą teoretyczną zaawansowanej analizy wrażliwości jest koncepcja superdźwigni operacyjnej, superdźwigni połączonej oraz superdźwigni strumieni pieniężnych w połączeniu ze stosowaniem metod dyskontowych. Zdaniem Mielcarka, „analiza wrażliwości stosowana jest do diagnozowania, przewidywania i budżetowania działalności przedsiębiorstwa oraz oceny projektów inwestycyjnych i wyceny firm” [Mielcarek 2006].

## ANALIZA PUNKTU KRYTYCZNEGO

Odmianą analizy wrażliwości jest analiza punktu krytycznego. Zastosowanie analizy punktu krytycznego ilustruje następujący przykład. Księgowy firmy SMALL S.A. zestawiał razem prognozy strumieni pieniężnych dla nowego produktu o czteroletnim cyklu życia, wymagającym inwestycji wielkości 200 000 zł. Prowadzi to



do uzyskania wartości bieżącej netto przy 10-procentowej stopie dyskontowej rzędu 40 920 zł. Dane wyjściowe do analizy zawiera tabela 1. Jakie czynniki są najbardziej istotne dla podjęcia decyzji? Punkt krytyczny, w kategoriach wartości bieżącej netto, leży tam, gdzie wartość bieżąca przyszłych dochodów jest równa wielkości nakładów inwestycyjnych. Na bazie przedstawionych założeń wydatki inwestycyjne mogą wzrosnąć aż o 40 920 zł (zakładając, że pozostałe parametry pozostaną na tym samym poziomie), zanim nastąpi zmiana znaku w mierniku NPV na ujemny. Oznacza to możliwość wzrostu procentowego o:

$$\frac{40\,920}{200\,000} \cdot 100 = 20,5\%$$

**TABELA 1.** Struktura kosztów w firmie SMALL S.A.

Dane jednostkowe	Koszty [zł]
Cena sprzedaży	20
Minus: materiały	6
Minus: praca	5
Minus: koszty zmienne	1
Razem jednostkowy koszt operacyjny	12
Nadwyżka jednostkowa	8
Roczna wielkość sprzedaży w sztukach	12 000
Razem nadwyżka operacyjna	96 000
Minus: koszty stałe	20 000
Roczny strumień pieniężny netto	76 000
Wartość bieżąca (4 lata na 10%) 76 000 · 3,17	240 920
Minus: Wydatki inwestycyjne	200 000
Wartość bieżąca netto	40 920

Źródło: Opracowanie własne.

Punkt krytyczny zostaje osiągnięty wówczas, gdy roczne wpływy gotówkowe pomnożone przez współczynnik płatności rocznej (ang. annuity factor) będą równe wydatkom inwestycyjnym. Dlatego też wyznaczenie strumienia pieniężnego rocznych wpływów odpowiadającego poszukiwanej wartości krytycznej sprowadza się do podzielenia wydatków inwestycyjnych przez współczynnik płatności rocznej:

$$\frac{200\,000}{3,17} = 63\,091$$



Przy innych warunkach pozostających na poziomie bazowym oznacza to dopuszczalny spadek procentowy wpływów rocznych o:

$$\frac{76\ 000 - 63\ 091}{76\ 000} = 17,0\%$$

Tak więc każde zmniejszenie wpływów o więcej niż 17% byłoby przekroczeniem punktu krytycznego, powodując ponownie zmianę znaku NPV z dodatniego na ujemny. Na podstawie ostatniej formuły można stwierdzić, że wielkość rocznych kosztów stałych mogłaby wzrosnąć o kwotę 12 909 zł (76 000 zł – 63 091 zł = 12 909 zł) lub (równoważnie) o wyliczony w następujący sposób wskaźnik procentowy:

$$\frac{12\ 909}{20\ 000} \cdot 100 = 64,5\%$$

Punkt krytyczny w odniesieniu do rocznej nadwyżki pieniężnej wynosi:

$$63\ 091\ \text{zł} + 20\ 000\ \text{zł} = 83\ 091\ \text{zł}$$

Ilościowe rozmiary sprzedaży niezbędne do osiągnięcia punktu krytycznego wynoszą:

$$\frac{83\ 091}{8} = 10\ 386\ \text{sztuk}$$

Oznacza to spadek procentowy o:

$$\frac{12\ 000 - 10\ 386}{12\ 000} \cdot 100 = 13,5\%$$

Cena sprzedaży może zmniejszyć się o:

$$\frac{96\ 000 - 83\ 091}{12\ 000} = 1,07\ \text{zł za sztukę}$$

Jest to spadek ceny rzędu:

$$\frac{1,07}{20} = 5,4\%$$



Koszty zmienne mogą wzrosnąć o:

$$\frac{1,07}{12} \cdot 100 = 8,9\%$$

Krytyczna (graniczna) wartość czynnika rocznej raty od kapitału wynosi:

$$\frac{200\ 000}{76\ 000} = 2,63$$

Wartości bieżącej rocznej raty od kapitału (ang. present value annuity) dla czterech lat wartość 2,63 odpowiada 19% IRR. Błąd w obliczeniach kosztu kapitału może wynieść nawet 9 p.p., zanim wpłynęłoby na zmianę decyzji. Zastosowana analiza punktu krytycznego dowiodła, iż dwoma najistotniejszymi czynnikami decyzyjnymi są w powyższym przykładzie ceny sprzedaży i koszty zmienne. Decydent musiałby określić (subiektywnie lub obiektywnie) prawdopodobieństwa wystąpienia zmian w odniesieniu do tych czynników oraz ocenić stopień własnej gotowości do zaakceptowania konsekwencji wynikających z ponoszenia ryzyka.

## ANALIZA SCENARIUSZY

Analiza wrażliwości, choć użyteczna, bierze pod uwagę efekty zmian wyłącznie kluczowych zmiennych i do tego tylko jednej w tym samym czasie. Nie odpowiada na pytanie: „Jak źle mógłby wyglądać projekt jako całość?”. Elastycznie nastawieni kierownicy mogą czasem dać się ponieść najbardziej prawdopodobnym wynikom, zapominając, co może się stać, gdy najistotniejsze założenia (odnośnie stanu gospodarki czy reakcji konkurentów) okażą się nierealne. Analiza scenariusza dąży do stworzenia najgorszego i najlepszego scenariusza możliwego rozwoju sytuacji, tak by dało się rozważyć cały zakres ewentualnych wyników<sup>1</sup>. Często rozpatrywane są trzy scenariusze: wyjściowy (basic – B), optymistyczny (optimistic – O) i pesymistyczny (pessimistic – P). Stąd wywodzi się używana niekiedy angielska nazwa metody – analiza BOP [Brigham 2005, Zachorowska 2006].

<sup>1</sup> Niekiedy mówi się po prostu o kilku najbardziej prawdopodobnych scenariuszach. Por. na przykład: W.R. Huss, E.J. Honton 1987: Scenario Planning – What Style Should You Use? Long Range Planning 20 (4), s. 21–29; S.P. Schnaars 1987: How to Develop and Use Scenarios, Long Range Planning 20 (1) 1, s. 105–114; H.S. Becker 1987: Scenarios: A Tool of Growing Importance to Policy Analysts in Government and Industry, Technological Forecasting and Social Change, s. 95–120.



Ostrowska postuluje tworzenie pięciu scenariuszy, które różnią się założeniami odnośnie do stanu gospodarki narodowej [Ostrowska 1999]:

- 1) bardzo dobre tendencje rozwoju w gospodarce (czyli bardzo dobre perspektywy w makro- i mezoskali),
- 2) dobre tendencje makro- i mezogospodarcze,
- 3) przeciętny rozwój,
- 4) trudności w rozwoju gospodarki,
- 5) zły stan rozwoju gospodarki (czyli recesja).

Sporządzanie pięciu scenariuszy sugerują również Ross, Westerfield i Jordan (wariant bazowy, dwa warianty skrajne, tj. pesymistyczny, optymistyczny, oraz dwa warianty pośrednie między scenariuszem bazowym a wariantami skrajnymi). Z kolei Nogalski i Piwecki postulują budowanie czterech scenariuszy (optymistyczny, pesymistyczny, najbardziej prawdopodobny i najgorszy z możliwych). Marcinek optuje natomiast tylko za dwoma scenariuszami (bazowym i pesymistycznym) [Ross, Westerfield, Jordan 1999; Nogalski, Piwecki 1999; Marcinek 2000; Rogowski 2004]. Wydaje się, że liczba sporządzanych scenariuszy nie zawsze musi być identyczna. W bardzo dużych projektach warto rozważyć większą liczbę wariantów, stwarza to bowiem lepszą podstawę do podjęcia racjonalnej decyzji. Można przyjąć, że liczba rozpatrywanych wariantów powinna mieścić się w przedziale od 2 do 5.

Sierpińska i Jachna wprowadzają pojęcie „zdolności do życia” projektu inwestycyjnego. „W badaniu wrażliwości prognozy rentowności projektu można uwzględnić zmianę jednego czynnika (np. ceny) przy innych czynnikach niezmiennych lub równoczesną zmianę kilku czynników. Poprzez wyselekcjonowanie zmian pesymistycznych można również określić tzw. zdolność do życia danego przedsięwzięcia w najgorszych możliwych warunkach działania” [Sierpińska, Jachna 2004].

Analiza scenariuszy jest procesem analizowania możliwych przyszłych zdarzeń poprzez rozważanie różnych alternatywnych wyników. Analiza ta jest przeprowadzana w celu usprawnienia procesu podejmowania decyzji poprzez rozważenie możliwie pełnego zestawu potencjalnych wyników i ich konsekwencji.

## METODA SYMULACJI

Naukowym rozwinięciem omówionych wyżej technik opisowych służących analizie ryzyka jest metoda Monte Carlo. Symulacja Monte Carlo to znana metoda badań operacyjnych mająca zastosowanie w działalności gospodarczej. Jednym z pierwszych, którzy zastosowali metodę symulacji do oceny ryzyka inwestycyjnego, był Hertz [1964]. Opisał on metodę zaadaptowaną przez jego firmę consultingową do oceny projektu sprowadzającego się do większego zaangażowania





w przetwórstwo pewnego, będącego klientem wspomnianej firmy, producenta chemii przemysłowej. Podejście to wymagało stworzenia matematycznego modelu uwzględniającego najistotniejsze cechy propozycji inwestycyjnej w całym cyklu jej życia w różnych sytuacjach losowych. Model symulacyjny rozważa następujące zmienne stanowiące podstawę zmian losowych:

- czynniki zorientowane rynkowo:
  - rozmiary rynku,
  - stopa wzrostu rynku,
  - cena sprzedaży produktu,
  - udział rynkowy firmy,
- czynniki zorientowane na inwestycje:
  - nakłady inwestycyjne,
  - cykl życia inwestycji,
  - wartość rezydualna (residual value) inwestycji (chodzi o sumę, jaka zostaje po zakończeniu cyklu życia danej inwestycji),
- czynniki zorientowane kosztowo:
  - zmienne bieżące koszty jednostkowe,
  - koszty stałe.

Każdej z tych zmiennych przypisane są, na podstawie szans ich pojawienia się postrzeganych przez kierownictwo, rozkłady prawdopodobieństwa. Następnym krokiem polega na określeniu wartości bieżącej netto wynikającej z losowej kombinacji czynników zewnętrznych. Załóżmy na przykład, że czynnik udziału rynkowego ma taki rozkład, jak ten przedstawiony w tabeli 2.

**TABELA 2.** Przykładowy rozkład prawdopodobieństw w analizie wrażliwości

Udział rynkowy [%]	Prawdopodobieństwo
6	0,10
7	0,25
8	0,30
9	0,25
10	0,10

Źródło: Opracowanie własne.

Stosując takie prawdopodobieństwa można powiedzieć, że na 100 możliwości losowo wybrana liczba należy do przedziału od 1 do 10, co odpowiada 6-procentowemu udziałowi rynkowemu. Wygenerowana liczba z przedziału 11–35 odpowiada udziałowi rynkowemu w wysokości 7% i tak dalej. Ten proces symulacji jest przeprowadzany na wszystkich zmiennych, by w efekcie po zdyskontowaniu dać wartość bieżącą netto dla danej propozycji w oparciu o ten rozkład próby (ang. trial run). Proces powtarza się dla każdej z dziewięciu zmiennych, co



w efekcie daje wystarczającą ilość wyników do skonstruowania rozkładu prawdopodobieństwa wartości bieżącej netto danej propozycji. Policzone w ten sposób rozkłady prawdopodobieństwa NPV umożliwiają porównywanie wzajemnie wykluczających się projektów. W praktyce metody tej używa jednak bardzo niewiele firm.

Można wskazać przynajmniej dwa ważne powody znikomego zainteresowania praktyków techniką Monte Carlo. Po pierwsze, prosty model opisany powyżej zakłada wzajemną niezależność czynników ekonomicznych. Tymczasem w rzeczywistości wiele z tych czynników (np. udział rynkowy i cena sprzedaży) są statystycznie zależne. Zależność między zmiennymi powinna więc być uwzględniona, jednak tego typu wzajemne związki nie zawsze są jasne, a często po prostu zbyt skomplikowane do wymodelowania. Po drugie, od kierowników wymaga się określenia rozkładów prawdopodobieństwa dla zmiennych zewnętrznych. W praktyce tylko niewielu z nich może lub chce sprostać wymaganiom stawianym przez metodę symulacji.

## **KLUCZOWE BŁĘDY W ANALIZIE WRAŻLIWOŚCI I ANALIZIE SCENARIUSZY**

W analizie wrażliwości można mówić o błędzie I typu – określenie ważnego czynnika jako nieważnego oraz błędzie II typu – uznanie jako nieważnego czynnika ważnego. Błąd III typu wiąże się z analizowaniem innych niż występują w rzeczywistości zależności, np. poprzez nieprawidłową specyfikację danych wejściowych.

Przyjmuje się, że najczęściej występujące błędy w analizie wrażliwości to:

- niejasny cel analizy,
- zbyt wiele wyników analizy,
- nazbyt daleko posunięte uproszczenia.

Najważniejsze błędy w analizie scenariuszy to:

- niedostatecznie wyrażony optymizm/pesymizm scenariuszy,
- zbyt wiele scenariuszy,
- błędy w założeniach.

Można również wskazać na błędy, które występują w obu technikach. Chodzi w szczególności o:

- nieoddzielanie danych wejściowych (data) od wyników (output),
- niewłaściwe bądź nazbyt uproszczone zależności przyczynowo-skutkowe,
- wprowadzanie danych wejściowych bezpośrednio do formuł obliczeniowych (logic),
- niewyeksponowanie wyniku analizy,
- brak wskazania źródeł danych.



Przekroczenia kosztów dotyczą projektów zarówno publicznych, jak i prywatnych. Wiara, że prywatyzacja projektów infrastrukturalnych doprowadzi automatycznie do ich wyższej efektywności nie znajduje pokrycia w statystykach (tab. 3 i 4). Mimo że objawy przekroczenia nakładów inwestycyjnych są często uderzająco podobne, to przyczyny są zwykle odmienne. W przypadku tunelu pod Kanałem La Manche (zwanym przez Anglików The Channel Tunnel) głównym powodem przekroczenia kosztów były zmienione wymogi w zakresie bezpieczeństwa.

**TABELA 3.** Wybrane megaprojekty wykazujące spektakularne przekroczenia kosztów inwestycji

Projekt	Przekroczenie planowanych kosztów [%]
Kanał Sueski	1900
Sydney Opera House	1400
Samolot Concorde	1100
Kanał Panamski	200
Most na Brooklynie	100

Źródło: C. Wagner: Megaprojects and Megamistakes, <http://flyvbjerg.plan.aau.dk/News%20in%20English/Futurist0311MPR.pdf> (data dostępu: styczeń 2014), [http://www.reference.com/browse/wiki/Cost\\_overrun](http://www.reference.com/browse/wiki/Cost_overrun) (data dostępu: styczeń 2014).

**TABELA 4.** Koszty budowy czterech prywatnych projektów w obszarze infrastruktury transportowej (ceny stałe)

Projekt	Przekroczenie planowanych kosztów [%]
Tunel pod Kanałem La Manche	80
Third Dartford Crossing	20
Second Severn Crossing	20
Pont de Normandie	15

Źródło: Avoiding Project Set up for failure, <http://www.humansystems.net/Avoiding-Projects-Set-Up-for-Failure-Summary-Report.pdf> oraz Cost Overrun (data dostępu: styczeń 2014), <http://ukurbahan-qs.blogspot.com/2008/10/cost-overrun.html> (data dostępu: styczeń 2014).

Szacunki kosztów prezentowane w publicznych debatach, w mediach i w procesach podejmowania decyzji inwestycyjnych są w odniesieniu do dużych transportowych projektów infrastrukturalnych i w znaczący sposób niedoszacowane. Tak też należy oceniać analizy kosztów–korzyści, na podstawie których projekty są rangowane i wybierane do realizacji. Podstawowy wniosek, który wynika z powyższych rozważań, jest taki, że opinia publiczna, politycy, samorządy, banki, media nie powinny ślepo ufać autorom i promotorom projektów. Kolejną implikacją jest, jak się wydaje, potrzeba wypracowania doskonalszych metod oceny efektywności inwestycji zapewniających mniej błędnych szacunków.



Czy pogłębiona analiza projektów inwestycyjnych, w tym zastosowanie analiz wrażliwości, scenariuszy, metody Monte Carlo i różnych wariantów oraz odmian tych metod mogą zagwarantować sukces projektów, a przynajmniej zredukować prawdopodobieństwo niepowodzenia? Oczywiście żadna metoda analizy nie gwarantuje sukcesu przedsięwzięcia inwestycyjnego. Z inwestycjami wiąże się bowiem ryzyko, które poprzez różne metody dywersyfikacji może być zredukowane, ale w części odnoszącej się do tzw. ryzyka rynkowego będzie zawsze towarzyszyć inwestorowi. Jednak pogłębiona analiza ryzyka projektu może skłonić inwestora do odstąpienia od projektu charakteryzującego się szczególnie wysokim czy też bardzo specyficznym ryzykiem. Wszechstronna analiza czynnikowa, rozpatrzenie różnych scenariuszy, dokonanie dodatkowych analiz i badań, zebranie uzupełniających opinii itp. mogą przyczynić się do podjęcia najtrafniejszej decyzji, a także umożliwić lepsze przygotowanie się do realizacji projektu i odpowiedniego reagowania w przypadku zrealizowania się poszczególnych czynników ryzyka.

## WNIOSKI

Analiza wrażliwości i analiza scenariuszy należą do podstawowych opisowych metod analizy ryzyka. Służą pogłębieniu analizy ryzyka, dają możliwość lepszego rozpoznania czynników wpływających na projekt. Umożliwiają określenie potencjalnego zakresu zmienności projektu. Pozwalają skupić uwagę na kluczowych determinantach sukcesu i czynnikach ryzyka. Mają więc wiele zalet, dzięki którym są powszechnie stosowane w analizach efektywności projektów inwestycyjnych.

Wspomniane metody mają jednak również wady. Czy, uwzględniając obiektywne ograniczenia i ułomności analizy wrażliwości i analizy scenariuszy, powinny być one wykorzystywane w ocenie ryzyka projektów inwestycyjnych? Odpowiedź brzmi: zdecydowanie tak, ale pilnując reguł poprawnego modelowania. Należy bardzo ostrożnie (tzn. bardzo krytycznie) podchodzić do przyjmowanych założeń i nie traktować wyników analiz jako absolutnych wyroczni. Trzeba mieć również odwagę zmienić model, założenia, zmienne itd. Może to być wymuszone dynamiką zmian otoczenia. Błędy modelu mogą wynikać także z błędnej oceny i zwykłej niewiedzy. Aby wspomniane narzędzia prawidłowo pełniły swoją rolę, analityk musi mieć odwagę przyznać się do niewiedzy czy błędu. W praktyce bardzo często zmiany w modelu wynikają zarówno z dynamiki zmian otoczenia, jak i błędów oraz niewiedzy analityka.

## Spis literatury

- Avoiding Project Set up for failure, <http://www.humansystems.net/Avoiding-Projects-Set-Up-for-Failure-Summary-Report.pdf> (data dostępu: styczeń 2014).
- BECKER H.S. 1983: Scenarios: A Tool of Growing Importance to Policy Analysts in Government and Industry, Technological Forecasting and Social Change, March.
- BEHRENS W., HAWRANEK P.M. 1993: Poradnik przygotowania przemysłowych studiów feasibility, UNIDO, Warszawa.
- BRIGHAM E.F. 2005: Podstawy zarządzania finansami, t. 2, PWE, Warszawa.
- Cost Overrun, <http://ukurbahan-qs.blogspot.com/2008/10/cost-overrun.html> (data dostępu: grudzień 2013).
- GABRUSEWICZ W. 2006: Analiza prognozy rentowności, [w:] K. Czubakowska, W. Gabrusewicz, E. Nowak, Podstawy rachunkowości zarządczej, PWE, Warszawa.
- HERTZ D.B. 1964: Risk Analysis in Capital Investment, Harvard Business Review. [http://www.reference.com/browse/wiki/Cost\\_overrun](http://www.reference.com/browse/wiki/Cost_overrun) (data dostępu: styczeń 2014).
- HUSS W.R., HONTON E.J. 1987: Scenario Planning – What Style Should You Use? Long Range Planning 20 (4), s. 21–29.
- MARCINEK K. 2000: Ryzyko projektów inwestycyjnych, Wydawnictwo Uczelniane Akademii Ekonomicznej w Katowicach, Katowice.
- MIELCAREK J. 2006: Analiza wrażliwości w rachunkowości zarządczej, Wydawnictwo Target, Poznań.
- NOGALSKI B., PIWECKI M. 1999: Projektowanie przedsięwzięć kapitałowych – inwestycje rzeczowe, Oficyna Wydawnicza Ośrodka Postępu Organizacyjnego, Bydgoszcz.
- OSTROWSKA E. 1999: Ryzyko inwestycyjne. Identyfikacja i metody pomiaru, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- PANNELL D.J. 1997: Sensitivity analysis of normative economic models: Theoretical framework and practical strategies, Econpapers. Agricultural Economics 16 (2), s. 139–152.
- PASTUSIAK R. 2003: Ocena efektywności inwestycji, Cedetu, Warszawa.
- PLUTA W. (red.), 2000. Budżetowanie
- ROGOWSKI W., MICHALCZEWSKI A. 2005: Zarządzanie ryzykiem w przedsięwzięciach inwestycyjnych, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- ROGOWSKI W. 2004: Rachunek efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.
- ROSS S.A., WESTERFIELD R.W., JORDAN B.D. 1999: Finanse przedsiębiorstw, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa.
- SCHNAARS S.P. 1987: How to Develop and Use Scenarios, Long Range Planning 20 (1), s. 105–114.



- SIERPIŃSKA M., JACHNA W. 2004: Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- SOJAK S. 2003: Rachunkowość zarządcza, Wydawnictwo „Dom Organizatora”, Toruń.
- WAGNER C.: Megaprojects and Megamistakes, <http://flyvbjerg.plan.aau.dk/News%20in%20English/Futurist0311MPR.pdf> (data dostępu: styczeń 2014).
- ZACHOROWSKA A. 2006: Ryzyko działalności inwestycyjnej przedsiębiorstw, PWE, Warszawa.
- ZARZECKI D. 1997: Metody oceny efektywności inwestycji – wybrane zagadnienia, Interbook, Szczecin.

### **SENSITIVITY ANALYSIS AND SCENARIO ANALYSIS IN INVESTMENT APPRAISAL**

**Abstract.** The paper deals with the methodology and application of the sensitivity analysis and scenario analysis – two well-known techniques of risk analysis applied in the evaluation of investment projects. The paper presents the essence and key definitions of these techniques, and highlights the most common mistakes and errors that have been made by investment appraisal analysts when applying both techniques. The paper gives examples of investment projects with substantial costs overruns. The final part draws some conclusions and remarks regarding the usefulness and limitations of sensitivity analysis and scenario analysis in investment appraisal.

**Key words:** risk, investment projects, sensitivity analysis