

Tadeusz Dyr, Paweł Kozubek

Prognozowanie rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne w kolejowych inwestycjach infrastrukturalnych współfinansowanych z funduszy Unii Europejskiej

Możliwość wykorzystania wsparcia z funduszy Unii Europejskiej na realizację kolejowych inwestycji infrastrukturalnych wymaga opracowania studium wykonalności, którego elementem jest analiza kosztów i korzyści (CBA – Cost-Benefit Analysis). Podstawowe założenia metodyczne do sporządzania takich analiz zawarte są w przewodnikach, wytycznych, dokumentach metodycznych itp. [1, 2, 3, 4]. W materiałach tych pozostawiono znaczny obszar swobody ekspertom przygotowującym analizy. Dotyczy ona w szczególności prognozowania rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne.

Podstawowym dokumentem metodycznym, obowiązującym przy sporządzaniu analiz kosztów i korzyści kolejowych inwestycji infrastrukturalnych w Polsce jest Niebieska Księga opracowana z inicjatywy JASPERS. W dokumencie tym rezerwa na nieprzewidziane wydatki techniczne rozpatrywana jest przez pryzmat jej ujęcia w strumieniach pieniężnych. Tymczasem zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 1083/2006 [5] rezerwa na nieprzewidziane wydatki techniczne może być uwzględniona w obliczeniu poziomu dofinansowania inwestycji z funduszy Unii Europejskiej. W tym zakresie autorzy Niebieskiej Księgi odsyłają do przywołanego w przypisie pierwszym dokumentu roboczego nr 4. Stwierdzono w nim, że „gdy do proponowanego projektu załączona jest szczegółowa analiza ryzyka, nieprzewidziane wydatki mogą zostać włączone do kosztów kwalifikowalnych, nie mogą one jednak przekroczyć 10% łącznych kosztów inwestycji” [3]. W dokumencie tym, podobnie jak w Niebieskiej Księdze, brak jest zasad obliczania rezerwy. Stwierdzono jedynie, że nie może ona przekroczyć 10% łącznych kosztów inwestycji, formułując jednocześnie wymóg jej uzasadnienia w szczegółowej analizie ryzyka.

Doświadczenia w realizacji studiów wykonalności kolejowych inwestycji infrastrukturalnych wskazują, że poziom rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne powinien zostać oszacowany w analizie kosztów i korzyści. Wykorzystując doświadczenia w tym zakresie oraz uwzględniając teoretyczne podstawy oceny ryzyka, w niniejszym artykule przedstawiono propozycję metodyki prognozowania tej rezerwy.

Istota i rodzaje ryzyka

Każda działalność gospodarcza obciążona jest pewnym ryzykiem. W szczególności dotyczy to przedsięwzięć inwestycyjnych, których ryzyko jest immanentną cechą.

Pomimo, że samo ryzyko jest pojęciem wielowymiarowym i nietatnym do jednoznacznego zdefiniowania, to w odniesieniu do przedsięwzięć inwestycyjnych w literaturze przedmiotu nie ma większych rozbieżności w rozumieniu i definiowaniu ryzyka. Ch. Chapman i S. Ward [6] określają ryzyko inwestycyjne jako „implikacje istnienia znacznej niepewności odnoszącej się do poziomu rezultatów, które mogą być osiągnięte przez projekt”. Według E. Ostrowskiej [7] ryzyko to „niebezpieczeństwo wystąpienia efektu inwestowania niezgodnego z oczekiwaniami”. K. Marcinek [8] definiuje ryzyko przedsięwzięć inwestycyjnych jako „występowanie dającej się skwantyfikować możliwości zaistnienia sytuacji, że rzeczywiste nakłady na projekt i (lub) rzeczywiste efekty inwestowania będą się odchylały niekorzystnie od pierwotnie oszacowanych (przyjętych)”. W. Rogowski [9] rozumie je jako „możliwość odchylenia oczekiwanej efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego od wartości planowanej”. Na podstawie przytoczonych definicji można stwierdzić, że ryzyko w odniesieniu do przedsięwzięć inwestycyjnych najczęściej rozumieć należy jako możliwość, czy też niebezpieczeństwo osiągnięcia rzeczywistych wyników odbiegających od wielkości planowanych. I choć odchylenia te mogą być zarówno korzystne, jak i niekorzystne, to jednak w praktyce termin ryzyko jest używany zazwyczaj w znaczeniu negatywnym.

Ryzyko jest często utożsamiane z niepewnością. Tymczasem pojęcia te mają różne znaczenia. Niepewność jest pojęciem szerszym. Ryzyko jest pochodną niepewności i ma charakter wymierny.

Jednym z pierwszych badaczy tego zagadnienia był F. H. Knight [10], który ogłosił teorię niepewności mierzalnej i niemierzalnej. Pierwszą z tych kategorii, którą można ściśle oszacować i prognozować przy wykorzystaniu rachunku prawdopodobieństwa, stanowi ryzyko, a drugą, która tym działaniom nie podlega, to niepewność *sensu stricte*. Z ryzykiem mamy do czynienia wówczas, kiedy dla wszystkich poziomów zidentyfikowanych kategorii można oszacować prawdopodobieństwo ich wystąpienia, które określa się na podstawie obiektywnych danych lub za pomocą symulacji [8].

Większość decyzji inwestycyjnych podejmowana jest w warunkach ryzyka oraz mniejszej lub większej niepewności. Granice między poszczególnymi stanami ryzyka i niepewności nie są do końca jasne i jednoznaczne ze względu na możliwość wykorzystania przybliżonych, a nawet subiektywnie oszacowanych, prawdopodobieństw. Zazwyczaj inwestor podejmując decyzję o realizacji danego przedsięwzięcia inwestycyjnego nie jest pewny oczekiwanego wyniku tego przedsięwzięcia i proces ten w dużej mierze zależy od skłonności inwestora do ponoszenia ryzyka. Przy racjonalnym zarządzaniu inwestycjami wymaga się zastąpienia niepewności ryzykiem, dla którego relacje między prawdopodobieństwem sukcesu a jego kosztami mogą być wyraźnie określone [11].

Badania nad oceną ryzyka, które towarzyszy przedsięwzięciom inwestycyjnym, rozpoczynają się od identyfikacji źródeł jego powstawania i jego rodzajów. Złożoność i obszerność tej problematyki powoduje, że ryzyko można rozpatrywać na różnych płaszczyznach. Prowadzi to do wielu różnorodnych ujęć źródeł, jak i klasyfikacji ryzyka.

Źródła ryzyka można podzielić, najogólniej rzecz ujmując, na [12]:

- zewnętrzne – niezależne bezpośrednio od przedsiębiorstwa, np. wynikające z sytuacji politycznej i ogólnogospodarczej (inflacja, stopy procentowe, kursy walut, zmiany cen itp.), jak również innych zdarzeń rynkowych (np. niedotrzymanie warunków umów),
- wewnętrzne – dotyczące uwarunkowań wewnątrz przedsiębiorstwa, np. umiejętności, wiedza i doświadczenie menedżerów, motywacja pracowników, dostępność surowców, wpływ konkurencji, jakość produktów, sytuacja finansowa przedsiębiorstwa itp.

Spośród wielu prezentowanych w literaturze przedmiotu kryteriów klasyfikacyjnych ryzyka, z punktu widzenia przedsięwzięć inwestycyjnych, jednym z istotniejszych jest zasięg jego występowania. W świetle tego kryterium ryzyko dzieli się na [13]:

- ryzyko systematyczne, wywołane ogólnymi warunkami gospodarowania, czyli rynkowymi, politycznymi, społecznymi i prawnymi – odnosi się ono do wszystkich przedsięwzięć inwestycyjnych realizowanych w tych warunkach,
- ryzyko specyficzne, dotyczące konkretnych przedsięwzięć inwestycyjnych, a nawet ich poszczególnych wariantów i scenariuszy, co oznacza, że może ono być charakterystyczne dla jednego wariantu (scenariusza) inwestycyjnego i nie mieć

żadnego znaczenia dla innego alternatywnego wariantu tego samego przedsięwzięcia inwestycyjnego.

Przedstawione dwa rodzaje ryzyka dają łącznie całkowite ryzyko przedsięwzięcia inwestycyjnego (rys. 1).

W literaturze przedmiotu można również odszukać podział ryzyka odnoszące się do inwestycji infrastrukturalnych. Przykładowo N. Bruzelius, B. Flyvbjerg i W. Rothengatter [14] zajmujący się badaniem dużych przedsięwzięć infrastrukturalnych w dziedzinie transportu, które nazwali „megaprojektami”, rozróżniają następujące rodzaje ryzyka:

- ryzyko dotyczące kosztów (związane z szacowaniem kosztów budowy, utrzymania i eksploatacji obiektów),
- ryzyko dotyczące popytu (związany z prognozami ruchu, dochodami),
- ryzyko rynku finansowego (związane z przyszłymi stopami procentowymi),
- ryzyko polityczne (związane z regulacjami prawnymi, konkurencyjnymi inwestycjami publicznymi, ustanawianiem cen dostępu do nowych elementów sieci transportowej).

Trzy pierwsze rodzaje ryzyka mają charakter ekonomiczny. Natomiast ostatni typ wykracza poza ten obszar. Innym pozaekonomicznym, obok politycznego, rodzajem ryzyka, które pojawia się w odniesieniu do inwestycji infrastrukturalnych, jest ryzyko techniczne. Według K. Brzozowskiej [15] ogólnie ryzyko w odniesieniu do inwestycji infrastrukturalnych można podzielić na:

- polityczne,
- techniczne,
- ekonomiczne.

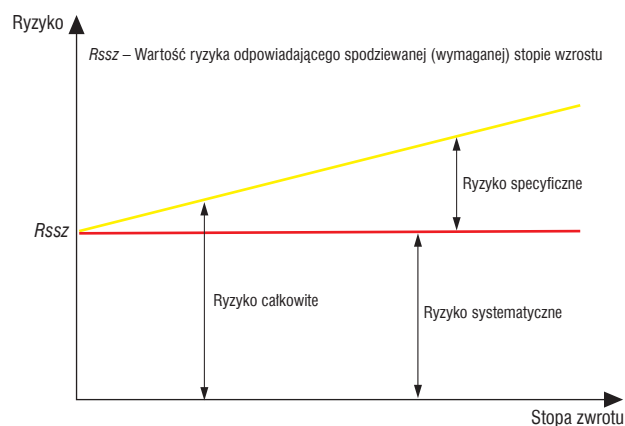
Ryzyko polityczne wiąże się z takimi zjawiskami, jak: ogólna niestabilność wewnętrzna kraju, wyłączenia, wywieranie nacisków, ograniczenia w transferach środków pieniężnych za granicę, ograniczenia w zatrudnianiu cudzoziemców, wprowadzenie cen kontrolowanych, i inne niekorzystne dla inwestycji działania regulacyjno-prawne. Większość rodzajów ryzyka politycznego jest łatwa do zidentyfikowania, ale trudna do oszacowania. Wynika to przede wszystkim ze zmienności sytuacji politycznej i trudności w przewidywaniu tych zmian.

Ryzyko techniczne związane jest z dopasowaniem przedsięwzięcia do możliwości techniczno-technologicznych, zabezpieczeniem materiałów i surowców oraz umiejętnościami i doświadczeniem wykonawców. Źle przygotowana dokumentacja, nieodpowiednia jakość wykonania, opóźnienia w realizacji czy też problemy natury technicznej po oddaniu obiektów do eksploatacji wiążą się z koniecznością ponoszenia dodatkowych, nieplanowanych wydatków.

Ryzyko ekonomiczne dotyczy szerokiego zakresu zdarzeń związanych z wpływem otoczenia rynkowego na przedsięwzięcie, a w szczególności na poziom nakładów inwestycyjnych, kosztów operacyjnych i korzyści związanych z realizowaną inwestycją. Ryzyko to związane jest z takimi czynnikami, jak: popyt, poziom cen, uruchomienie konkurencyjnych obiektów, poziom płac, poziom stóp procentowych, kursy walut itp.

Czynniki determinujące poziom ryzyka

Wielkość ryzyka związana jest z branżą, w której realizowane jest przedsięwzięcie inwestycyjne. Niektóre sektory gospodarki charakteryzują się pewnymi specyficznymi profilami ryzyka. Poznanie tej specyfiki jest bardzo ważne, szczególnie w trakcie przygotowywania studium wykonalności w ramach fazy przedinwestycyj-



Rys. 1. Relacje między ryzykiem systematycznym, specyficznym i całkowitym
Źródło: [7]

nej. Dzięki tej wiedzy możliwa jest koncentracja uwagi na krytycznych kategoriach ryzyka o kluczowym znaczeniu dla efektywności całego przedsięwzięcia. Błędy popełnione w fazie przedinwestycyjnej lub też ograniczenie jej do problemów tylko formalnych i technicznych, bez zwrócenia należytej uwagi na zagadnienia ryzyka, jest kardynalnym zaniedbaniem i zagrażać może bezpośrednio całemu przedsięwzięciu [15]. Do grupy sektorów, które wykazują istotną dla omawianego problemu specyfikę, należy transport kolejowy, a w szczególności przedsięwzięcia infrastrukturalne. Na ryzyko w zakresie infrastruktury transportu duży wpływ mają warunki terenowe. Niewłaściwe podłoże, utrudniające budowę (np. tereny bagienne), napotymane przeszkody (np. cieki wodne, góry) w znaczny sposób podnoszą poziom ryzyka. Innym rodzajem ryzyka jest ryzyko operacyjne, związane ze złożonością problemów zarządzania obiektami, ryzyko środowiska, związane z dużą przestrzenią obiektów infrastrukturalnych, oraz ryzyko polityczne. Niestabilność sytuacji politycznej może stanowić duże zagrożenie dla realizowanych przedsięwzięć infrastrukturalnych, kolejne zmiany rządów mogą prowadzić do znacznych zmian w zakresie polityki transportowej i priorytetów inwestycyjnych. Na poziom ryzyka w dużej mierze ma wpływ także rodzaj przedsięwzięcia inwestycyjnego. Niektóre inwestycje ze swej natury obciążone są większym ryzykiem niż inne. Za szczególnie ryzykowne można uznać przedsięwzięcia inwestycyjne, które [8]:

- wymagają bardzo dużych nakładów inwestycyjnych,
- wykorzystują nową, niesprawdzoną technologię,
- wymagają szczególnych (nietypowych) rozwiązań prawnych, zwłaszcza umów handlowych,
- w znacznej mierze zależą od zjawisk politycznych i ogólnoeconomicznych,
- zawierają elementy związane z bezpieczeństwem i ochroną środowiska naturalnego, mogące zdecydować o ich powodzeniu.

Inwestycje infrastrukturalne w transporcie kolejowym, wykazują co najmniej trzy z wymienionych cech (wysokie nakłady inwestycyjne, wpływ na bezpieczeństwo i środowisko naturalne, zależność od zjawisk ogólnoeconomicznych i politycznych).

Skala ryzyka zależy również od fazy cyklu życia przedsięwzięcia inwestycyjnego. Wraz z przechodzeniem do kolejnych faz wzrasta zakres wiedzy oraz ilość i jakość posiadanych informacji, zmienia się możliwość formowania rozwiązań przedsięwzięcia i możliwości wpływu na wielkość nakładów inwestycyjnych. W ślad za tymi przemianami zmieniają się źródła ryzyka i w związku z tym jego rodzaje, jak również zmniejsza się poziom ryzyka. Stopień ryzyka jest najwyższy w fazie przedinwestycyjnej, a najniższy w fazie likwidacyjnej.

Oceniając ryzyko kolejowych inwestycji infrastrukturalnych szczególną uwagę należy zwrócić na poprawność oszacowania nakładów inwestycyjnych. Dotychczasowe doświadczenia z realizacji takich inwestycji, wskazują bowiem na bardzo wysoką wrażliwość ich efektywności finansowej i ekonomicznej. Wyniki analizy *ex post* 58 dużych projektów infrastrukturalnych w transporcie kolejowym wskazują tymczasem, że niemal w 80% przypadków przekroczenie prognozowanych nakładów inwestycyjnych wynosiło co najmniej 20% [16] (rys. 2). Podkre-

ślić jednak należy, że historyczne rozkłady zmienności nakładów inwestycyjnych nie są jedynym ani wystarczającym źródłem w prognozowaniu prawdopodobieństwa ich zmian. Należałoby bowiem szczegółowo przeanalizować przyczyny występujących zmian i wyeliminować czynniki, które były możliwe do przewidzenia na etapie sporządzania prognozy. Zdarza się bowiem, jak wynika z przywoływanych badań, że nakłady inwestycyjne są celowo zaniżane na etapie przygotowywania inwestycji. Przyjęcie niższych nakładów pozwala bowiem w niektórych przypadkach na uzyskanie takiego poziomu efektywności, który uzasadnia realizację inwestycji. Rozpoczętą inwestycję trudno jest przerwać, gdy poziom nakładów przekracza prognozowane wartości. Zjawisko takie występuje w szczególności w sytuacji finansowania inwestycji ze środków publicznych. Związane jest ono z ryzykiem politycznym.

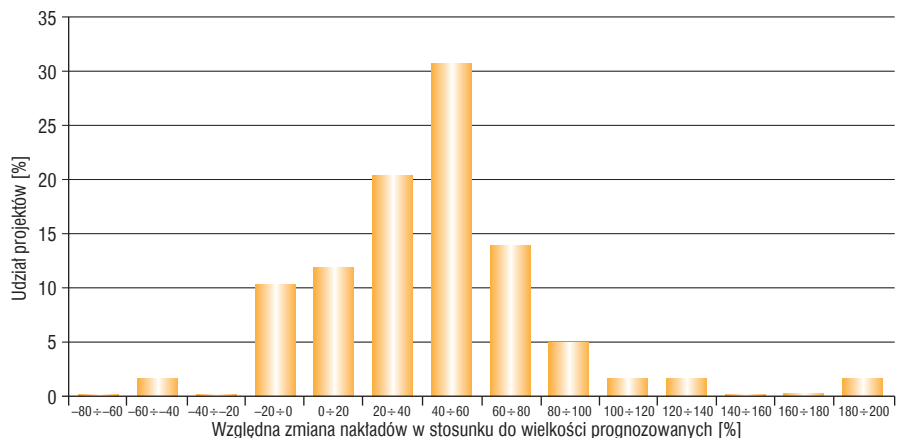
Przedstawione ograniczenia historycznych rozkładów zmienności wskazują, że w prognozowaniu ryzyka wykorzystuje się zazwyczaj metody eksperckie. Wiarygodna identyfikacja ryzyka wymaga bowiem znacznej wiedzy na temat specyfiki analizowanego przedsięwzięcia, otoczenia, w którym jest ono realizowane, uwarunkowań rynkowych oraz czynników determinujących powodzenie realizowanego projektu. Tak szeroki zakres zagadnień wskazuje, że konieczne jest wykorzystanie metod heurystycznych, wykorzystujących wiedzę, umiejętności, doświadczenie oraz intuicję ekspertów.

Jakościowa ocena ryzyka i jej wykorzystanie w prognozowaniu rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne

W przywoływanej Niebieskiej Księdze dla sektora kolejowego zaleca się przeprowadzenie jakościowej oceny ryzyka. Polega ona na opisie najważniejszych czynników mających wpływ na analizowany projekt inwestycyjny. W szczególności należy uwzględnić [1]:

- czas realizacji inwestycji oraz możliwe przyczyny i skutki przekroczenia planowanych terminów,
- wzrost nakładów inwestycyjnych,
- uwarunkowania techniczne,
- zmiany warunków makroekonomicznych,
- zmiany mobilności.

Dokonując jakościowej oceny ryzyka inwestycji infrastrukturalnych w transporcie kolejowym zastosować można zasady określone w *Standardzie zarządzania ryzykiem* [17]. W dokumencie



Rys. 2. Dokładność prognozowania nakładów inwestycyjnych

Źródło: [16]

tym rekomenduje się ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia oraz jego skutków przy wykorzystaniu skali werbalnej porządkowej o trzech przedziałach. Prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia może być także według tego standardu oceniane według skali numerycznej stosunkowej.

Do oceny prawdopodobieństwa w przywoływanym standardzie zaleca się następujące przedziały:

- prawdopodobieństwo wysokie (zdarzenie prawdopodobne) – prawdopodobieństwo powyżej 0,25;
- prawdopodobieństwo średnie (zdarzenie możliwe) – prawdopodobieństwo od 0,02 do 0,25;
- prawdopodobieństwo niskie (zdarzenie mało prawdopodobne) – prawdopodobieństwo poniżej 0,02.

Do oceny skutków zdarzeń w przywoływanym standardzie zaleca się następujące przedziały:

- skutki duże – znaczny wpływ na rezultaty projektu,
- skutki średnie – umiarkowany wpływ na rezultaty projektu,
- skutki małe – nieznaczny wpływ na rezultaty projektu.

Zastosowanie proponowanych zasad pozwala na uzyskanie dziewięciopolowej macierzy, odzwierciedlającej przewidywany poziom ryzyka (tab. 1).

Tabela 1

Kategorie ryzyka w metodzie eksperckiej

Skutki	Prawdopodobieństwo		
	niskie	średnie	wysokie
Małe	Niskie ryzyko	Niskie ryzyko	Średnie ryzyko
Średnie	Niskie ryzyko	Średnie ryzyko	Wysokie ryzyko
Duże	Średnie ryzyko	Wysokie ryzyko	Wysokie ryzyko

Źródło: [22]

Wykorzystując podane zasady można dokonać tabelarycznego zestawienia czynników ryzyka. Przykładową ocenę inwestycji podano w tabeli 2. Zawarta w tej tabeli ocena stanowi autorskie opracowanie wykonane w ramach studium wykonalności. Uwzględniając konieczność zachowania tajemnicy przedsiębiorstwa, pominięto niektóre elementy umożliwiające identyfikację projektu.

Zidentyfikowany wzrost zakresu inwestycji jest czynnikiem uzasadniającym konieczność uwzględnienia rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne. Metoda opisowa nie pozwala jednak na prognozowanie jej wysokości. Wykorzystując tę metodę można ewentualnie przyjąć wielkość rezerwy w sposób arbitralny, np. 10%.

Ilościowa ocena ryzyka i jej wykorzystanie w prognozowaniu rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne

Dla przedsięwzięć ze swej natury obciążonych znacznym ryzykiem, do których należy zaliczyć inwestycje w infrastrukturze kolejowej, pożądana jest bardziej wszechstronna ocena efektywności niż w analizie jakościowej. Dlatego rachunek efektywności powinien uwzględniać kwantyfikowalne wymiary ryzyka. Umożliwią one także prognozowanie rezerwy nakładów inwestycyjnych na nieprzewidziane wydatki techniczne.

Jakościowa ocena ryzyka nie pozwala oszacować szans uzyskania przez projekt satysfakcjonującej stopy zwrotu oraz najbardziej prawdopodobnego poziomu odchylenia wskaźników efektywności od wartości oczekiwanych. Dlatego też wskazane jest

dokonywanie kwantyfikacji ryzyka za pomocą metod probabilistyczno-statystycznych.

Metody probabilistyczno-statystyczne (*probabilistic risk analysis* – PRA) stanowią grupę metod ewaluacji ryzyka w ocenie efektywności projektów inwestycyjnych, zalecanych przez Komisję Europejską [2]. Metody te są często traktowane jako rozszerzenie ewaluacji, przeprowadzonej przy wykorzystaniu analizy wrażliwości. Usuwiają one podstawową wadę analizy wrażliwości, tj. jej deterministyczny charakter [18]. Jednocześnie w metodach tych ewaluacja koncentruje się zazwyczaj na krytycznych strumieniach pieniężnych, zidentyfikowanych w analizie wrażliwości.

W metodach probabilistyczno-statystycznych przepływy pieniężne netto ustalane są w sposób probabilistyczny, tj. określa się kilka możliwych wariantów i przypisuje się im określone prawdopodobieństwo wystąpienia. Następnie dokonuje się pomiaru ryzyka za pomocą statystycznych miar rozproszenia. Metody te opierają się zatem na rachunku prawdopodobieństwa i statystycznym pomiarze ryzyka. Ich istota wynika z założenia, że ryzyko przedsięwzięcia inwestycyjnego można wyznaczyć, szacując rozproszenie prawdopodobnych wyników wokół danej wartości centralnej, którą w koncepcji ryzyka jest wartość oczekiwana. Metody te bazują na definicji ryzyka jako możliwego odchylenia od spodziewanej wartości, w tym przypadku efektu realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, który jest mierzony przy wykorzystaniu różnych metod oceny efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych [9]. Wariancja i odchylenie standardowe, będące miarami rozproszenia zmiennej losowej wokół średniej, są najczęściej wykorzystywane jako miary ryzyka związanego z określonym przedsięwzięciem inwestycyjnym. Ryzyko jest tym większe, im wyższe są wartości tych miar rozproszenia [19]. Jako miarę ryzyka w ramach metod probabilistyczno-statystycznych stosuje się także tzw. współczynnik zmienności, który jest miarą względną, pozwalającą porównywać ryzyko kilku przedsięwzięć inwestycyjnych.

Wykorzystanie metod probabilistyczno-statystycznych do analizy ryzyka związanego z realizacją przedsięwzięcia inwestycyjnego wymaga ustalenia zasadniczych założeń dotyczących [7]:

- okresu analizy,
- metody oceny efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego,
- warunków realizacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, związanych głównie z charakterystyką zdarzeń inwestycyjnych w czasie – wzajemnej zależności przepływów pieniężnych netto w czasie,
- scenariuszy, które uwzględniają wszystkie (korzystne i niekorzystne) skrajnie możliwe niepewne warunki inwestowania.

Okres analizy ryzyka przedsięwzięcia inwestycyjnego jest zwykle określany przez jego ekonomiczny cykl życia.

W ujęciu probabilistyczno-statystycznym ocena ryzyka inwestycyjnego opiera się najczęściej na metodzie wartości bieżącej netto (czasami stosowana jest również wewnętrzna stopa zwrotu). Przepływy pieniężne netto, na podstawie których jest obliczany wskaźnik NPV, traktowane są jako zmienne losowe, dla których można ustalić określone prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Na tej podstawie obliczana jest oczekiwana wartość bieżąca netto $E(NPV)$, która stanowi bezwzględne kryterium decyzyjne dla danego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Jeżeli wartość $E(NPV)$ jest większa lub równa zero $E(NPV) \geq 0$, to przedsięwzięcie jest efektywne. Skalę ryzyka związanego z tym przedsięwzięciem określa wartość odchylenia standardowego $\sigma(NPV)$ i obliczony

Tabela czynników ryzyka związanych z realizacją przykładowego projektu infrastrukturalnego w transporcie kolejowym

Lp. Ryzyko/zagrożenie	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Skutki dla projektu	Konsekwencje	Komentarz/opis
1. Przekroczenie terminu zakończenia inwestycji	niskie	duże	opóźnienie realizacji i wzrost nakładów inwestycyjnych	Zgodnie z harmonogramem realizacji inwestycji przewiduje się zakończenie prac budowlano-montażowych do dnia ... Przewiduje się, że odbiór techniczny zrealizowany zostanie do dnia ... Przekroczenie tego terminu stanowi może zagrożenie dla planowanego uruchomienia połączenia kolejowych do ... Może także prowadzić do zwiększenia kosztów realizacji inwestycji.
2. Wzrost zakresu inwestycji	średnie	duże	wzrost nakładów inwestycyjnych	Eksperti techniczni dołożyli wszelkich starań dla precyzyjnego oszacowania zakresu inwestycji, wykorzystując zarówno wiedzę i doświadczenia w zakresie projektowania kolejowych obiektów technicznych, jak i nowoczesne metody diagnostyczne. Dopiero jednak rzeczywista realizacja inwestycji pozwoli na pełne określenie wszystkich problemów. Istotnym problemem może być występowanie niewybuchów pozostałych po II wojnie światowej. Ich istnienie jest trudne do zdiagnozowania przed rozpoczęciem realizacji inwestycji. Potwierdzają to doświadczenia licznych inwestycji budowlanych w Polsce, wymagających wykonywania robót ziemnych. Występować może także niezidentyfikowana infrastruktura techniczna – budowa obiektów technicznych w okresie PRL (1945–1989) odbywała się często bez należytego udokumentowania planistycznego. Na etapie badań przedprojektowych jest możliwość identyfikacji tych obiektów. Inwestycja prowadzona jest na terenach nie zawsze miejskich silnie zurbanizowanych. Dodatkowo w bliskim sąsiedztwie prowadzone są prace związane z inną infrastrukturą transportową, co wiąże się z koniecznością bieżącego koordynowania robót w sposób zapewniający utrzymanie ruchu na głównych arteriach.
3. Wzrost kosztów utrzymania	niskie	średnie	wzrost kosztów operacyjnych	Prognozowany poziom kosztów utrzymania i eksploatacji infrastruktury objętej analizą gwarantuje jej utrzymanie w należyłym stanie technicznym w okresie obliczeniowym. Prognozę tę przygotowano dla normalnego poziomu ufności. Możliwość wystąpienia ekstremalnych warunków eksploatacyjnych (np. ekstremalne warunki atmosferyczne) prowadzić może do okresowego zwiększenia kosztów utrzymania i eksploatacji linii kolejowych. Z przeprowadzonej analizy wrażliwości wynika jednak, że wpływ wzrostu tych kosztów na efektywność inwestycji jest niewielki.
4. Brak wystarczających środków na utrzymanie	niskie	średnie	wzrost kosztów operatorów	Utrzymanie linii kolejowej realizowane jest zarówno z przychodów zarządcy wynikających z udostępniania środków na utrzymanie linii operatorom przewozowym, jak i dotacji budżetowych na utrzymanie linii. Prognozując stawki dostępu do infrastruktury, założono przewidywany wzrost kosztów utrzymania i eksploatacji linii oraz przewidywany wzrost pracy eksploatacyjnej. Założono jednocześnie, że dotacja budżetowa pozostanie na poziomie okresu bazowego. W przypadku zmniejszenia dotacji z budżetu państwa, środki przeznaczane na utrzymanie analizowanej infrastruktury kolejowej mogą być niewystarczające. Zarządca infrastruktury, zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem, będzie miał możliwość zwiększenia stawek jednostkowych, rekompensując w ten sposób niedobór środków budżetowych. Może to jednak prowadzić do pogorszenia konkurencyjności kolei na rynku transportowym oraz pogorszenia się sytuacji finansowej operatorów.
5. Spadek ruchu w stosunku do prognozy	niskie	małe	zmniejszenie przychodów operacyjnych	W prognozie ruchu pociągów uwzględniono zawartą umowę wieloletnią na realizację usług przewozowych o charakterze użyteczności publicznej. Zmiana tej umowy w okresie obliczeniowym jest mało prawdopodobna, a w konsekwencji niewielkie jest ryzyko zmniejszenia prognozowanej wielkości ruchu i przychodów zarządcy infrastruktury. Z przeprowadzonej analizy wrażliwości wynika ponadto, że wpływ przychodów na efektywność projektu jest niski.

Źródło: opracowanie własne

na jego podstawie współczynnik zmienności $C(NPV)$ – im niższe wartości, tym mniejsze ryzyko. Względne kryterium decyzyjne oparte o przedstawione wielkości statystyczne bazuje na maksymalizacji wartości $E(NPV)$ i minimalizacji odchylenia standardowego. Najczęściej jednak przedsięwzięcia inwestycyjne o wyższej wartości oczekiwanej charakteryzują się także wyższymi wartościami miar rozproszenia, co powoduje, że do jednoznacznej oceny potrzebna jest dodatkowa miara, która da możliwość określenia ryzyka przypadającego na jednostkę oczekiwanej wartości [19]. Funkcją tę spełnia współczynnik zmienności. Spośród rozpatrywanych wariantów za najlepszy uznaje się przedsięwzięcie, które charakteryzuje się najniższym współczynnikiem $C(NPV)$.

W celu oszacowania wartości oczekiwanej oraz ryzyka przedsięwzięcia inwestycyjnego konieczne jest ustalenie rozkładu prawdopodobieństwa dla zmiennych objaśniających, które decydują o wartości przepływów pieniężnych netto. Dla każdej zmiennej objaśniającej należy ustalić rozkład prawdopodobieństwa kształtowania się ich wielkości na określonym oczekiwanym poziomie. Rozkład ten może być wyznaczony na podstawie:

- badań prowadzonych w celu wygenerowania danych eksperymentalnych,

- rozkładów teoretycznych, które odpowiadają studiowanemu przypadkowi,
- metod heurystycznych, wykorzystujących doświadczenie, intuicję i subiektywne opinie ekspertów.

Czasami w praktyce, ze względu na brak odpowiednich danych dotyczących rozkładu prawdopodobieństwa, stosuje się pewne uproszczenie, które w głównej mierze sprowadza się do określenia kilku prawdopodobnych stanów dla każdej przyjętej zmiennej objaśniającej (np. można wykorzystać informacje uzyskane w ramach analizy wrażliwości) i określeniu prawdopodobieństwa jej uzyskania. Przykładem może być obliczanie NPV dla trzech różnych scenariuszy: optymistycznego, pesymistycznego i najbardziej realnego (średniego), których prawdopodobieństwo wystąpienia można określić np. na: 0,50 – dla najbardziej realnego i po 0,25 – dla optymistycznego i pesymistycznego [20]. Stosowanie ograniczenia do trzech podstawowych scenariuszy (optymistycznego, realnego i pesymistycznego) obarczone jest jednak poważnymi wadami. Uwzględnia bowiem tylko kilka osobnych wariantów przedsięwzięcia oraz zakłada, że zmienne niepewne są skorelowane (wszystkie zmienne osiągają jednocześnie najlepsze lub najgorsze wartości) [21].

Wielkość oczekiwanej, zaktualizowanej wartości netto wyznacza się ze wzoru:

$$E(NPV) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot NPV_i$$

gdzie:

$E(NPV)$ – wartość oczekiwana NPV ,

p_i – prawdopodobieństwo wystąpienia i -tego scenariusza,

NPV_i – wartość NPV i -tego scenariusza.

Po obliczeniu wartości oczekiwanej NPV , ustala się wariancję zaktualizowanej wartości netto i odchylenie standardowe NPV .

Wariancję ustala się ze wzoru:

$$V(NPV) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot [NPV_i - E(NPV)]^2$$

a odchylenie standardowe:

$$\sigma(NPV) = \sqrt{V(NPV)}$$

W oparciu o odchylenie standardowe i oczekiwaną wartość NPV można ustalić współczynnik zmienności wartości zdyskontowanej netto $C(NPV)$, który jest miarą ryzyka. Wielkość tę ustala się z zależności:

$$C(NPV) = \frac{\sigma(NPV)}{E(NPV)}$$

Inwestycję uznaje się za opłacalną, gdy wartość oczekiwana NPV będzie większa od zera. Odchylenie standardowe informuje natomiast, o ile średnio przyszła wielkość zaktualizowanej wartości netto może odchylić się od obliczonej oczekiwanej wartości NPV . Współczynnik zmienności określa, ile ryzyka przypada na jednostkę oczekiwanej wartości NPV . Kryterium oceny ryzyka jest tu minimalizacja ryzyka względem oczekiwanej wartości NPV (czyli maksymalizacja wartości oczekiwanej oraz minimalizacji odchylenia standardowego i wariancji).

Uwzględniając przedstawione założenia metody dokonano oceny ryzyka dla przywoływanej inwestycji infrastrukturalnej w transporcie kolejowym. Z przeprowadzonej analizy wrażliwości wynika, że strumieniami krytycznymi w tym projekcie są:

- nakłady inwestycyjne,
- oszczędności czasu podróży,
- oszczędności kosztów eksploatacji samochodów osobowych.

Wykorzystując metody heurystyczne, oszacowano prawdopodobieństwo, że strumienie te pozostaną bez zmian oraz że zmienią się o -20% , -10% , $+10\%$ i $+20\%$. Prawdopodobieństwo wystąpienia tych zdarzeń oszacowali eksperci, realizujący przywoływane studium wykonalności. Oszacowane wielkości prawdopodobieństwa dla strumieni krytycznych zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Prawdopodobieństwo zmian krytycznych strumieni pieniężnych

Zmiana wartości prognozowanej	Nakłady inwestycyjne	Korzyści ze skrócenia czasu podróży	Zmniejszenie kosztów eksploatacji pojazdów
wzrost o 20%	0,04	0,02	0,02
wzrost o 10%	0,13	0,13	0,13
wartość bez zmian	0,80	0,70	0,70
spadek o 10%	0,02	0,13	0,13
spadek o 20%	0,01	0,02	0,02

Źródło: opracowanie własne na podstawie oszacowania ekspertów technicznych

Możliwe wartości wskaźnika $ENPV$ oraz prawdopodobieństwo uzyskania określonego wskaźnika zdeterminowane są pięcioma możliwymi wielkościami trzech strumieni. Jednocześnie zakłada się, że pozostałe strumienie nie zmieniają się. W tej sytuacji wystąpi zatem 125 różnych scenariuszy, dla których konieczne jest obliczenie wartości $ENPV$ oraz prawdopodobieństwa wystąpienia takiego scenariusza.

Na podstawie obliczonych wartości wskaźników $ENPV$ dla poszczególnych scenariuszy oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia obliczono wartość oczekiwaną, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Miary ryzyka dla analizowanej inwestycji

Opis	Symbol	Wartość [tys. zł]
Oczekiwana ekonomiczna wartość bieżąca netto	[zł] E(ENPV)	607 491,20
Odchylenie standardowe	[zł] σ (ENPV)	45 191,40
Współczynnik zmienności	C(ENPV)	0,07

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie obliczonej wartości oczekiwanej $ENPV$, która uwzględnia ryzyko zmian kluczowych zmiennych według przyjętych rozkładów prawdopodobieństw oraz odchylenia standardowego, należy oczekiwać, że ekonomiczna wartość bieżąca netto dla analizowanego przedsięwzięcia wyniesie od 562 299,8 tys. zł do 652 682,6 tys. zł. Ponadto mała wartość współczynnika zmienności (0,07) przy przyjętych rozkładach prawdopodobieństwa zmian nakładów inwestycyjnych, korzyści z oszczędności czasu podróży oraz korzyści ze zmniejszenia kosztów eksploatacji pojazdów potwierdza, że przedsięwzięcie obciążone jest stosunkowo niskim ryzykiem i inwestycja będzie efektywna z ekonomiczno-społecznego punktu widzenia.

Wśród zidentyfikowanych w tabeli 2 czynników ryzyka szczególne znaczenie mają te, które mogą generować zwiększenie nakładów inwestycyjnych. Zaliczyć do nich można przekroczenie terminu realizacji inwestycji i zwiększenie jej zakresu. W konsekwencji są one czynnikami ryzyka, uzasadniającymi konieczność uwzględnienia rezerwy zgodnie z przywoływanym rozporządzeniem (WE) nr 1083/2006.

Charakter pierwszego z wymienionych czynników uzasadnia może zastosowanie rezerwy inflacyjnej. Zgodnie z zaleceniami Ministerstwa Rozwoju Regionalnego w projektach inwestycyjnych współfinansowanych z funduszy UE rezerwy takiej nie należy uwzględniać. Z tego powodu czynnik ten został w dalszych rozważaniach pominięty. Jest to zgodne z przyjętą zasadą prowadzenia analizy w cenach stałych. W takim przypadku inflacja nie jest uwzględniana w analizie.

Drugi z wymienionych czynników ryzyka uzasadnia uwzględnienie rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne. Z natury tych wydatków nie można przewidzieć jaka będzie ich wysokość. Można jednak ją oszacować z pewnym prawdopodobieństwem.

Prognozę rezerwy przeprowadzono wykorzystując prezentowane założenia metody probabilistyczno-statystycznej analizy ryzyka. Pozwala ona na obliczenie oczekiwanej wartości nakładów inwestycyjnych oraz ich odchylenia standardowego i współczynnika zmienności. Algorytm obliczeniowy przedstawiono w tabeli 5.

Rezerwę na nieprzewidziane wydatki techniczne w przyjętej metodycie obliczyć można ze wzoru:

$$R = N_{\max} - N$$

gdzie:

N_{\max} – maksymalna wartość nakładów,

N – nominalna wartość nakładów.

Maksymalną wartość nakładów obliczyć można ze wzoru:

$$N_{\max} = E(N) + \sigma(N)$$

gdzie:

$E(N)$ – wartość oczekiwana nakładów,

$\sigma(N)$ – odchylenie standardowe nakładów.

Rezerwa jest czasami obliczana jako iloczyn współczynnika zmienności i nominalnej wartości nakładów. Podejście takie nie jest w pełni poprawne. Współczynnik zmienności jest bowiem miarą ryzyka określającą jego poziom przypadający na jednostkę wartości oczekiwanej. Nie jest to tożsama miara z poziomem niezbędnej rezerwy. Poziom ten obliczać należy raczej ze wzoru:

$$WR = \frac{R}{N}$$

Podsumowanie

Prezentowane w niniejszym artykule rozważania dotyczące koncepcji prognozowania rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne są zapewne jednym z wielu możliwych podejść. Ma ono oparcie w teorii ekonomii, odnoszącej się do teorii efektywności ze szczególnym uwzględnieniem podstaw teoretycznych oceny ryzyka.

Szczegółowe założenia metodyczne analizy ryzyka oraz prognozowania rezerwy na nieprzewidziane wydatki powinny zostać ujęte w dokumentach metodycznych, dotyczących analizy kosztów i korzyści projektów infrastrukturalnych współfinansowanych z funduszy Unii Europejskiej. W szczególności powinny one zostać zawarte w Niebieskiej Księdze, stanowiącej podstawowy dokument metodyczny dla takich analiz w Polsce. Jest to tym bardziej istotne, że metody heurystyczne – wykorzystywane do oceny zmian strumieni pieniężnych i prawdopodobieństwa ich wystąpienia – charakteryzują się subiektywizmem ocen. U jego

podstaw są oczywiście wiedza, umiejętności i doświadczenia eksperta. Tym niemniej metody te pozwalają na pewną swobodę ocen, a konsekwencji mogą mieć wpływ na wyniki analizy. Tezę tę potwierdzają wyniki symulacji przeprowadzonych dla przykładowego projektu inwestycyjnego w infrastrukturze kolejowej. Przyjmując różne rozkłady prawdopodobieństwa dla nakładów inwestycyjnych obliczono wartość oczekiwaną i odchylenie standardowe ENPV oraz wartość i poziom rezerwy. Warto jednak podkreślić, że dokonując zmian w rozsądnych granicach wyniki obliczeń wymienionych wartości nie zmieniały się w sposób istotny. W każdym z analizowanych przypadków zmiany oscylowały w granicach błędu statystycznego. Potwierdza to poprawność proponowanej metodyki. Wskazuje także na celowość określenia ram rozkładów prawdopodobieństwa w Niebieskiej Księdze, podobnie jak dokonano tego dla innych wartości wykorzystywanych w analizach kosztów i korzyści (np. wskaźników korekty fiskalnej, jednostkowych kosztów wypadków, światowego wzrostu kosztów energii itp.).



Literatura

- [1] *Niebieska Księga. Sektor kolejowy – Infrastruktura i tabor*. Warszawa: JASPERS, grudzień 2008.
- [2] *Guide to COST-BENEFIT ANALYSIS of investment projects Structural Funds, Cohesion Fund and Instrument for Pre-Accession*, European Commission, Directorate General Regional Policy, Final Report Submitted by TRT Trasporti e Territorio and CSIL Centre for Industrial Studies, 16/06/2008.
- [3] *Wytyczne dotyczące przeprowadzania analizy kosztów i korzyści. Metodologiczne dokumenty robocze*. Dokument roboczy nr 4. Komisja Europejska, Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej, 2007.
- [4] *RAILPAG – Railway Project Appraisal Guidelines*. European Commission, European Investment Bank.
- [5] Rozporządzenie (WE) nr 1083/2006 z 11 lipca 2006 r. ustanawiające przepisy ogólne dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego oraz Funduszu Spójności i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1260/1999. Dz.Urz WE L 201 z 31.07.2007, s. 25–78.

Tabela 5

Algorytm obliczania rezerwy na nieprzewidziane wydatki techniczne dla przykładowej inwestycji infrastrukturalnej w transporcie kolejowym

Zmiana nakładów	Prawdopodobieństwo	Nakłady (wartość nominalna × kolumna 1)	Kolumna 2 × kolumna 3	Kolumna 3 – wartość oczekiwana	Kwadrat kolumny 5	Prawdopodobieństwo × kolumna 6
1	2	3	4	5	6	7
1,2 (+20%)	0,04	368 412,0	14 736,5	83 450,90	6 964 052 710,80	278 562 108,40
1,1 (+10%)	0,13	307 010,0	39 911,3	22 048,90	486 153 991,20	63 200 018,90
1 (bez zmian)	0,80	279 100,0	223 280,0	-5 861,10	34 352 493,20	27 481 994,60
0,9 (-10%)	0,02	251 190,0	5 023,8	-33 771,10	1 140 487 195,20	22 809 743,90
0,8 (-20%)	0,01	200 952,0	2 009,5	-84 009,10	7 057 528 882,80	70 575 288,80
Razem	1,00					
Wariancja (suma wartości kolumny 7)						462 629 154,60
Wartość oczekiwana (suma wartości kolumny 4)						[tys. zł] 284 961,10
Odchylenie standardowe (pierwiastek wariancji)						[tys. zł] 21 508,80
Współczynnik zmienności (iloraz odchylenia standardowego i wartości oczekiwanej)						0,075
Wartość nakładów maks. (suma odchylenia i wartości oczekiwanej)						[tys. zł] 306 469,90
Wartość rezerwy (różnica wartości nakładów maks. i wartości nominalnej nakładów)						[tys. zł] 27 369,90
Poziom rezerwy (iloraz wartości rezerwy i wartości nominalnej nakładów)						[%] 9,81

Źródło: opracowanie własne

Dokończenie na s. 88