

AKADEMIA EKONOMICZNA im. OSKARA LANGEGO we WROCŁAWIU  
WYDZIAŁ ZARZADZANIA I INFORMATYKI

T E R E S A   J A J U G A

PROBLEMY PODEJMOWANIA DECYZJI INWESTYCYJNYCH  
W WARUNKACH NIEPEWNOŚCI I RYZYKA

Rozprawa doktorska

Promotor:

Prof. dr hab. Wiesław Pluta

W R O C Ł A W   1 9 9 3

Panu Profesorowi Wiesławowi Plucie  
składam serdeczne podziękowania za  
opiekę w trakcie pisania tej pracy

## SPIS TREŚCI

WSTEP	1
1. INWESTYCJE W GOSPODARCE RYNKOWEJ	7
1.1. Cel firmy i wartość firmy	7
1.2. Inwestycje – uwagi wprowadzające	15
1.3. Klasyfikacja inwestycji	18
1.4. Rodzaje decyzji inwestycyjnych	23
1.5. Czas w inwestowaniu – technika dyskonta	25
1.6. Ryzyko i niepewność w inwestowaniu	29
2. NIEPEWNOŚĆ I RYZYKO A PODEJMOWANIE DECYZJI	33
2.1. Zarządzanie a podejmowanie decyzji	33
2.2. Indywidualne a grupowe podejmowanie decyzji	39
2.3. Ryzyko a niepewność	42
2.4. Podejmowanie decyzji w warunkach niepewności – kryteria nie uwzględniające ryzyka	47
3. KRYTERIA PODEJMOWANIA DECYZJI Z UWZGLĘDNIENIEM RYZYKA	57
3.1. Pomiar ryzyka za pomocą metod statystycznych	57
3.2. Idea teorii użyteczności	71
3.3. Funkcje użyteczności i ich własności	75
3.4. Krzywe obojętności	90
3.5. Inne koncepcje podejmowania decyzji z uwzględnieniem stosunku decydenta do ryzyka	97
4. WYBÓR PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM RYZYKA	101
4.1. Przegląd metod wyboru projektów inwestycyjnych	101
4.2. Metody bezpośredniego uwzględniania ryzyka w ocenie projektów inwestycyjnych	113
4.3. Metody szacowania ryzyka projektu	120
4.4. Ogólna koncepcja podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności	126
4.5. Informacje niezbędne do podejmowania decyzji inwestycyjnych	139
ZAKOŃCZENIE	143
LITERATURA	145

Inwestowanie jest jednym z najstarszych rodzajów działalności gospodarczej człowieka. Człowiek od dawna zdaje sobie sprawę, że pomnażanie kapitału jest warunkiem rozwoju społeczno-gospodarczego, a w związku z tym poprawy warunków egzystencji. Również od dawna ludzie poszukują najlepszych sposobów inwestowania.

Najstarsza metoda inwestowania zawiera Talmud, według którego człowiek powinien podzielić swoje bogactwo na trzy części, z których jedna trzecia stanowi ziemia, jedna trzecia jest ulokowana w handlu, a jedna trzecia stanowi bogactwo osobiste człowieka. Ta ogólna zasada dywersyfikacji doczekała się szczegółowych uzasadnień naukowych, stanowiących część teorii portfela inwestycji, uhonorowanej Nagrodą Nobla w dziedzinie ekonomii.

Teoria inwestowania stanowi kanon edukacji w zakresie ekonomii i zarządzania w krajach, w których dominuje gospodarka rynkowa lub gospodarka mieszana z przewagą elementów rynkowych. Zasady inwestowania ważne są zarówno dla indywidualnych inwestorów, którzy lokują swoje oszczędności, jak i dla instytucjonalnych inwestorów, takich jak fundusze powiernicze.

Przede wszystkim jednak zasady optymalnego inwestowania są ważne dla firm. Niezbędnym warunkiem przetrwania firm na rynku jest ich rozwój, do tego zaś konieczne jest podejmowanie właściwych decyzji inwestycyjnych. Zaliczane są one do decyzji w warunkach ryzyka i niepewności. Są to decyzje trudne i złożone. Doświadczenia krajów o rozwiniętej

gospodarce rynkowej wskazują, że do podejmowania decyzji inwestycyjnych w firmie konieczne jest stosowanie precyzyjnych metod ilościowych.

System gospodarczy panujący w naszym kraju do końca lat osiemdziesiątych w małym stopniu wymuszał konieczność stosowania przez firmy metod oceny projektów inwestycyjnych, a problem niepewności i ryzyka był całkowicie ignorowany.

Transformacja systemu gospodarczego z centralnie planowanego do systemu gospodarki mieszanej z przewagą elementów gospodarki rynkowej spowodowała zmiany zachowania firm. Radykalne zmiany nastąpiły również w obszarze inwestowania, gdzie firmy zaczynają stosować właściwe metody podejmowania decyzji inwestycyjnych.

Powyżej opisane fakty stanowiły główną motywację do powstania tej rozprawy. Omawia ona problemy podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności i ryzyka. Celem pracy jest:

- krytyczny przegląd światowego dorobku w zakresie podejmowania decyzji w warunkach niepewności ze szczególnym uwzględnieniem decyzji inwestycyjnych;
- zaproponowanie ogólnej koncepcji podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności.

Podstawowa teza, na której opierają się rozważania w tej pracy, jest wyróżnienie dwóch elementów determinujących ryzyko decyzji inwestycyjnej. Są nimi:

- ryzyko wynikające z niepewności co do przyszłości, tzn. niepewności natury,
- ryzyko wynikające ze skłonności decydenta do podejmowania ryzykownych decyzji.

W pracy staramy się powiązać dwa dominujące nurty

światowej teorii podejmowania decyzji. Są nimi:

- nurt normatywny, traktujący o tym, jak ludzie powinni podejmować decyzje,
- nurt deskryptywny, opisujący, jak ludzie w rzeczywistości podejmują decyzje.

Powiązanie obu nurtów jest możliwe dzięki przyjęciu tezy, że inwestorzy w swoich działaniach postępują racjonalnie kierując się zasadą maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Zasada ta wiąże nurt normatywny i nurt deskryptywny teorii podejmowania decyzji, uwzględniając oba wymienione elementy wpływające na ryzyko decyzji inwestycyjnej.

W pracy proponujemy ogólną koncepcję podejmowania decyzji inwestycyjnych, opierającą się właśnie na teorii użyteczności. Koncepcje te odnosimy do trzech podstawowych rodzajów decyzji inwestycyjnych podejmowanych przez firmę. Są to decyzje: przyjęcia lub odrzucenia projektu inwestycyjnego, wyboru jednego projektu spośród zestawu dostępnych projektów inwestycyjnych oraz tworzenia portfela projektów.

Rozważania przedstawione w pracy zawarte są w czterech rozdziałach.

Rozdział pierwszy ma charakter wprowadzający. Na wstępie formułujemy w nim podstawowy cel działania firmy w gospodarce rynkowej. Jest nim maksymalizacja wartości rynkowej firmy. Z celu tego wynika konieczność uwzględnienia przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych nie tylko zysku, ale również ryzyka. W dalszej części tego rozdziału zamieszczamy:

- rozważania na temat pojęcia "inwestycje",

- różne klasyfikacje inwestycji,
- omówienie podstawowych rodzajów decyzji inwestycyjnych podejmowanych przez firmę,
- omówienie znaczenia pojęcia czasu w analizie projektów inwestycyjnych,
- analizę różnych sposobów rozumienia ryzyka i niepewności występującej przy inwestowaniu.

Rozdział drugi dotyczy wpływu niepewności i ryzyka na podejmowanie decyzji. Na początku zamieszczamy w nim omówienie zależności między zarządzaniem a podejmowaniem decyzji, jak również między indywidualnym i grupowym podejmowaniem decyzji. To ostatnie zagadnienie ma szczególne znaczenie przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych w firmie. Istotną częścią rozdziału drugiego jest dyskusja, będąca próbą rozwiązania sporu związanego z terminami "ryzyko" i "niepewność". Efektem tej dyskusji jest wyróżnienie dwóch wymienionych uprzednio elementów wpływających na ryzyko decyzji. Rozdział kończymy krytycznym przedstawieniem klasycznych metod podejmowania decyzji w warunkach niepewności. Metody te nie uwzględniają stosunku decydenta do ryzyka. W niewielkim stopniu uwzględniają również niepewność natury.

Rozdział trzeci zawiera opis i uzasadnienie koncepcji podejmowania decyzji uwzględniającej niepewność natury i stosunek decydenta do ryzyka. Na początku omawiamy statystyczne metody mierzenia ryzyka, jak również trzy różne grupy kryteriów decyzyjnych, w których występują te miary ryzyka. Kryteria te mogą być stosowane wtedy, gdy nie możemy lub nie chcemy w podejmowaniu decyzji uwzględniać stosunku decydenta do ryzyka. Najważniejszą część rozważań w tym

rozdziale stanowi przedstawienie idei teorii użyteczności oraz zasady maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Oprócz tego przedstawiamy miary awersji do ryzyka, dokonujemy przeglądu właściwości różnych funkcji użyteczności, a także wyznaczamy miary awersji do ryzyka dla tych funkcji. Na zakończenie tego rozdziału omawiamy inne koncepcje podejmowania decyzji uwzględniające stosunek decydenta do ryzyka. Większość z nich można traktować jako uogólnienie zasady maksymalizacji oczekiwanej użyteczności.

Rozdział czwarty dotyczy uwzględniania ryzyka przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Na początku dokonujemy przeglądu istniejących w literaturze i stosowanych w praktyce sposobów oceny projektów inwestycyjnych, takich jak m.in. bieżąca wartość netto czy wewnętrzna stopa zwrotu. Kryteria te nie uwzględniają ryzyka, przeto muszą być zmodyfikowane. W tym rozdziale opisujemy proponowane w tym zakresie rozwiązania. Podzieliliśmy je na dwie grupy: metody bezpośredniego uwzględniania ryzyka oraz metody szacowania ryzyka projektu.

Zasadniczą część rozdziału czwartego stanowi nasza propozycja ogólnej koncepcji podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności. Opiera się ona na rozważaniach przedstawionych w rozdziale trzecim. Propozycja ta uwzględnia przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych zarówno niepewność co do przyszłości, jak i stosunek decydenta do ryzyka. Przedstawiamy kilka wariantów tej koncepcji. Umożliwiają one uwzględnienie czynników sytuacyjnych i motywacyjnych w trzech wymienionych rodzajach decyzji inwestycyjnych podejmowanych przez firmę. Rozdział kończą uwagi dotyczące informacji niezbędnych do



zastosowania koncepcji w praktyce, jak również sposobów ich uzyskiwania.

W zakończeniu pracy przedstawiamy problemy otwarte, które powinny być rozwiązane, a nad którymi będziemy pracować w przyszłości.

## 1. INWESTYCJE W GOSPODARCE RYNKOWEJ

### 1.1. Cel firmy i wartość firmy

Działalność każdej firmy związana jest z podejmowaniem wielu różnorodnych decyzji. Niezwykle ważne są zwłaszcza decyzje determinujące funkcjonowanie firmy w długim okresie, przede wszystkim decyzje inwestycyjne. Wykorzystanie wszystkich dostępnych informacji i sprawdzonych metod w procesie podejmowania decyzji może decydować o sukcesie firmy. Naturalne jest zatem poszukiwanie coraz doskonalszych metod podejmowania decyzji.

Wydaje się, że podstawowym kryterium oceny jakości podejmowanych przez firmę decyzji jest stopień realizacji celu działania firmy. Dyskusje na temat celu działania firmy trwają od lat. W początkowym stadium kapitalizmu, gdy dominowały firmy małe i średnie, gdy właściciel jednocześnie zarządzał przedsiębiorstwem, a liczba konkurencyjnych firm była niewielka, cel był jasny i prosty: maksymalizacja zysku. Wraz ze wzrostem wielkości i liczby działających podmiotów gospodarczych, w warunkach rosnącej konkurencji i przyspieszonego tempa rozwoju techniki i technologii, sytuacja uległa zmianie. Zmieniła się forma własności - zaczęły dominować spółki akcyjne. Coraz częściej nie bezpośrednio właściciel, lecz kontraktowi menedżerowie podejmują decyzje.

W sytuacji istnienia wielu skomplikowanych zależności między firmami i wzrostu niepewności co do przyszłej

sytuacji politycznej, społecznej i gospodarczej, celem działania firmy nie zawsze jest maksymalizacja zysku.

Powstało wiele konkurencyjnych teorii firmy, wielokrotnie też podejmowano próby sformułowania jednego, obiektywnego celu działania firmy. Dotychczasowe osiągnięcia w tym zakresie omawiają m.in. Griffiths i Wall (1991), Gough i Hill (1979) oraz Czekał i Owsiak (1992). Wymieniają oni trzy główne podejścia w zakresie rozważań nad celem działania firmy:

- neoklasyczne (inaczej: marginalistyczne),
- menedżerskie,
- behawiorystyczne.

Na początku dominowało podejście neoklasyczne. Przyjmuje się w nim, że głównym celem działania firmy jest maksymalizacja zysku. Takie sformułowanie celu możliwe jest pod warunkiem spełnienia wielu założeń. Są nimi m.in.: bezpośredni związek między własnością i zarządzaniem, działanie w warunkach bliskich pewności, doskonała konkurencja.

Realne warunki działania firm znacznie odbiegają od założeń przyjętych w modelu neoklasycznym. W związku z tym powstały inne teorie: behawiorystyczna i menedżerska. Teorie te lepiej opisują rzeczywiste zachowania firm.

W podejściu menedżerskim przyjmuje się (podobnie jak w przedstawionym wyżej ujęciu marginalistycznym), że firma maksymalizuje określoną funkcję celu, jednak funkcja ta nie musi być zyskiem. Z reguły ma ona bardziej złożony charakter i obejmuje te cele, które w swej działalności uwzględniają zarządcy. Maksymalizacja dotyczyć może zysku, wielkości sprzedaży, wielkości firmy, udziału firmy w rynku, czy też

wysokości płac. We współcześnie dominujących organizacjach gospodarczych (spółkach akcyjnych, a w szczególności w korporacjach) dążenia właścicieli (akcjonariuszy) i zarządzających firmą (menedżerów) często są konfliktowe.

Warto przytoczyć kilka poglądów, które powstały w ramach podejścia menedżerskiego. Opisują je szczegółowo Griffiths i Wall (1991). Na przykład W.J.Baumol sugeruje, że w firmach zarządzanych przez menedżerów głównym celem jest maksymalizacja sprzedaży, ponieważ wynagrodzenie i inne korzyści uzyskiwane przez zarząd są silniej powiązane z wielkością sprzedaży niż z wielkością zysku. Według O.E.Williamsona dążenie do maksymalizacji sprzedaży tłumaczyć należy nie tylko w kategoriach materialnych (wyższa pensja, lepszy samochód czy bardziej luksusowe biuro), lecz także satysfakcji ze wzrostu prestiżu i możliwości realizowania własnych aspiracji. Z kolei R.Marris uważa, że wspólnym celem właścicieli i zarządu jest dążenie do wzrostu wielkości firmy. Dla zarządu oznacza to możliwość zwiększenia produkcji i sprzedaży dóbr lub usług, co wpływa na wzrost dochodów i prestiżu firmy (a zatem i zarządu), dla właścicieli oznacza to wzrost ich bogactwa. Najczęściej akcjonariusze bardziej są zainteresowani bogaceniem się w długim okresie niż wzrostem bieżących dochodów. Implikuje to oczywiście określone zachowania w zakresie podejmowania decyzji.

Podjęcie behawiorystyczne jest odmienne. Twierdzi się w nim, że ze względu na istnienie w firmie wielu grup interesów (akcjonariuszy, menedżerów, robotników) można wyróżnić wiele, często konfliktowych, celów. W związku z tym jeden ogólny cel nie może być sformułowany. Ponadto, z uwagi

na złożoność organizacji i ich otoczenia oraz niepewność, niemożliwe jest rozpatrzenie wszystkich alternatyw i wybór rozwiązań optymalnych.

Na podejściu behawiorystycznym opiera się kilka koncepcji. Jedną z wcześniejszych, teoria satysfakcji H.A.Simona, zakłada, że każda firma (a także jednostka) ma określony poziom aspiracji, który chce osiągnąć. Ten poziom aspiracji może być wyrażony w postaci wielkości firmy, zysku, sprzedaży lub wynagrodzenia. Ponieważ osiągnięcie maksimum nie jest możliwe, należy dążyć do osiągnięcia właśnie tego satysfakcjonującego poziomu. Przy tym poziom aspiracji grupy jest wynikiem pewnego consensusu.

R.M.Cyert i J.G.March analizowali problem celu działania firmy w konwencji koalicji. Koalicje tworzyć mogą akcjonariusze, którzy dążą do maksymalizacji zysków (w długim okresie), menedżerowie, którzy zadają władzy i prestiżu, czy robotnicy, urzędnicy i menedżerowie, którzy walczą o wyższe zarobki lub lepsze warunki pracy. Prawo formułowania celu ma zwycięska koalicja, a cel z reguły jest wynikiem pewnego kompromisu i może być zmieniony, gdy zmienia się układ sił.

W podejściu sytuacyjnym (ang. *contingency theory*), mieszczącym się również w nurcie behawiorystycznym, przyjmuje się, że działalność firmy jest silnie zdeterminowana nie tylko sytuacją wewnętrzną, ale i warunkami zewnętrznymi.

Wzrost złożoności firmy oraz zmienności i złożoności jej otoczenia (tzw. turbulencja) powoduje zmianę celu działania wielu firm, a zwłaszcza korporacji. Konieczna jest ciągła analiza otoczenia, dlatego firmy znacznie zwiększyły swa

aktywność, rozbudowują działy analizy rynku ("agresywny" marketing, wyszukiwanie niszy rynkowych), tworzą systemy wczesnego ostrzegania (w celu błyskawicznej identyfikacji szans i zagrożeń), zmieniają metody zarządzania. Stosują coraz częściej zarządzanie typu portfelowego. Przy tym charakterystyczna dla tego typu zarządzania dywersyfikacja dotyczy może rynków, produktów, cykli ich życia, metod wytwarzania, dystrybucji itd. W związku z tym przyjmuje się, że cel firmy nie może być jednoznacznie wyrażony w kategorii maksymalnego lub satysfakcjonującego zysku (wielkości firmy, sprzedaży itd.), lecz jest ściśle związany ze specyfiką firmy i jej otoczenia i formułowany jest w oparciu o analizę pojawiających się szans i zagrożeń (por. Ansoff (1985)).

Powyżej przedstawiliśmy teoretyczne ujęcie problemu celu działania firmy. Interesujące jest również omówienie rezultatów studiów empirycznych. Badania przeprowadzone w firmach angielskich (por. Griffiths i Wall (1991)) wykazały, że najczęściej podstawowym celem działania firm jest maksymalizacja zysku w długim okresie. Z kolei dominującym celem w korporacjach amerykańskich jest maksymalizacja cen akcji firmy na rynku (por. Levy i Sarnat (1990)). Inne cytowane w literaturze badania wykazały, że lista celów realizowanych przez firmy jest na ogół dość obszerna i obejmuje co najmniej następujące pozycje (por. Levy i Sarnat (1990), Griffiths i Wall (1991)):

1. Maksymalizacja zysku.
2. Maksymalizacja sprzedaży.
3. Maksymalizacja wielkości firmy.
4. Maksymalizacja płac menedżerów.
5. Maksymalizacja udziału firmy w rynku.

6. Osiągnięcie satysfakcjonującego poziomu zysku.
7. Stabilizacja przyszłych dochodów.
8. Minimalny poziom zmian w zatrudnieniu.
9. Osiągnięcie "spokoju wewnętrznego" i dobrej atmosfery w pracy.

Nawet pobieżna analiza przytoczonej listy wskazuje, że wysiłki zarządu koncentrują się na dążeniu do maksymalizacji zysku (jak wykazały przytoczone badania, cele wymienione w punktach 2-6 są na ogół silnie powiązane z maksymalizacją zysku) oraz na działaniach zapewniających firmie bezpieczeństwo (cele wymienione w punktach 7-9). Dążenia te są w praktyce trudne do pogodzenia, z reguły bowiem większe zyski wiążą się z większym ryzykiem. W praktyce dylemat: zysk lub bezpieczeństwo (ang. *profit or safety*) rozstrzyga się stosując kryterium maksymalizacji bogactwa akcjonariuszy.

Również w literaturze poświęconej problemom podejmowania decyzji finansowych i inwestycyjnych (por. np. Brigham (1985), Levy i Sarnat (1988,1990), Ross, Westerfield i Jaffe (1990), Czekał i Owsiak (1992)), przyjmuje się, że obiektywnym celem działania firmy jest maksymalizacja jej wartości rynkowej, która prowadzi do maksymalizacji bogactwa jej akcjonariuszy.

Wartość rynkowa firmy określona jest według następującego wzoru:

$$W = n P ,$$

gdzie:

W - wartość rynkowa firmy,

n - liczba akcji firmy znajdujących się na rynku,

P - cena rynkowa akcji.

Wartość rynkowa firmy zależy nie tylko od jej wartości księgowej (tzn. wartości majątku netto posiadanego przez firmę), ale także od czynników pozabilansowych, które decydują o zdolności firmy do generowania dochodów w przyszłości. Są nimi np. rodzaj i efektywność podejmowanych inwestycji, renowacja firmy, jakość kadry zarządzającej oraz kwalifikacje pozostałej załogi.

Takie sformułowanie celu działania firmy możliwe jest pod warunkiem istnienia rozwiniętego i efektywnego rynku kapitałowego. Według tej koncepcji firma ma taką wartość, za jaką może być sprzedana. Na efektywnym rynku kapitałowym ceny akcji prawidłowo odzwierciedlają wartość firm. Ceny akcji firm kształtują się głównie pod wpływem przewidywanych dochodów, jakie przyniesie w przyszłości działalność tych firm. Kryterium maksymalizacji wartości rynkowej firmy uwzględnia zarówno decyzje krótkookresowe, jak i długookresowe. Zapewnia ono utrzymanie równowagi między dążeniem do maksymalizacji zysku i działaniami związanymi z zapewnieniem firmie bezpieczeństwa. Wymusza też konieczność analizowania wszelkich decyzji jednocześnie ze względu na poziom zysku i ryzyka.

Powstaje i w tym wypadku możliwość konfliktu interesów właściciel-menedżer (ang. *agency problem*), ale istnieją efektywne metody jego łagodzenia lub likwidacji (np. system zachęt materialnych czy w ekstremalnych sytuacjach możliwość zwolnienia zarządu). Jak jednak dowodzą cytowane wyżej badania, działania zgodne z tym kryterium w długim okresie zapewniają realizację interesów (także tych nie poddających się kwantyfikacji, jak: bezpieczeństwo, realizacja własnych aspiracji, prestiż, dążenia proekologiczne) wszystkich



zainteresowanych: akcjonariuszy, zarządzających i pozostałych pracowników (biurowych i produkcyjnych).

Kryterium maksymalizacji wartości rynkowej firmy jest łatwe do zaakceptowania ze względów psychologicznych, gdyż jest zgodne z tzw. pewnikiem Whiteheada, lub, jak mówią psychologowie behawioralni, Masłowa (por. Ansoff (1985)). Pewnik ten głosi: zachowanie każdej jednostki motywowane jest aspiracją bezpieczeństwa (przetrwania) i aspiracją osiągnięć.

Stawia się czasem pytanie, czy kryterium to nie jest identyczne z kryterium maksymalizacji zysku, często stosowanym w praktyce. Zasadnicze różnice dotyczą między innymi:

- horyzontu czasowego - maksymalizacja zysku może się odbywać kosztem ograniczenia wydatków na badania i rozwój oraz wydatków na inwestycje, które to wydatki w znacznym stopniu decydują o dochodach firmy w przyszłości;
- okresu zwrotu - maksymalizacja zysku może oznaczać ignorowanie różnic w rozkładzie przyszłych dochodów, preferowanie inwestycji o krótkim okresie zwrotu i rezygnowanie z często efektywniejszych programów długookresowych;
- stosunku do ryzyka - maksymalizacja zysku w krótkim okresie często związana jest z lekceważeniem ryzyka lub z niewykorzystaniem szans, które mogą się pojawić w przyszłości.

Dla teorii podejmowania decyzji charakterystyczne jest dążenie do poszukiwania funkcji kryterium o charakterze normatywnym, w postaci łatwej do kwantyfikacji i porównań. Wydaje się, że kryterium maksymalizacji wartości rynkowej

firmy spełnia te wymagania. Weryfikacja jakości zarządzania firma odbywa się na giełdzie, która (gdy jest efektywna) jest bezlitosna i wrażliwa jak barometr, reagując spadkiem cen akcji na błędy popełniane w firmie i wzrostem cen akcji w przypadku sukcesów. Często informacje o spadku cen akcji na giełdzie powodują zmiany w zarządzaniu firmą i odwrotnie, informacje o zmianach w firmie wpływają na ceny akcji na giełdzie.

Wszystkie decyzje podejmowane w firmie powinny być oceniane z punktu widzenia ich wpływu na realizację celu działania firmy. Dotyczy to zwłaszcza decyzji inwestycyjnych, gdyż inwestycje przynoszą efekty przez wiele lat. Prawidłowe decyzje inwestycyjne mogą zapewnić wysokie dochody i wzrost cen akcji, złe mogą prowadzić nawet do bankructwa. Rozwój i wzrost firmy, jej konkurencyjność, a także przetrwanie, zależą od efektywnego inwestowania. Inwestycje determinują zatem przyszłość firmy.

## 1.2. Inwestycje - uwagi wprowadzające

Termin "inwestycje" jest trudny do jednoznacznego zdefiniowania. Inwestycje to nie tylko pewien rodzaj aktywności, ale również jej efekt. Kwestia ta istnieje zresztą nie tylko w języku polskim (por. Massé (1962)).

W podręcznikach ekonomii przez inwestowanie rozumie się przeznaczanie kapitału na jego pomnażanie. Często wiązane jest to z tworzeniem majątku trwałego umożliwiającego uzyskiwanie dochodów ze sprzedaży wyrobów i usług. Podobne ujęcie, podkreślające wyłącznie fakt tworzenia majątku trwałego, występuje w literaturze polskiej (por. np. Martan

(1978), Płocica (1984)). Najczęściej podaje się w niej następujące definicje:

- inwestycje jako zakumulowane (nieskonsumowane) środki (dochody, produkty) przeznaczone na dalszy rozwój produkcji i usług;
- inwestycje jako nakłady gospodarcze na odtwarzanie i przyrost środków trwałych;
- inwestycje jako odtwarzanie i przyrost składników majątku rzeczowego w przedsiębiorstwie lub gospodarce.

Podkreśla się też, że definicja pierwsza - inwestycje jako oszczędności - to definicja "kapitalistyczna", natomiast definicja druga - inwestycje jako nakłady - to definicja "socjalistyczna". Należy zwrócić uwagę, że przytoczone definicje łącznie stanowią pełne określenie procesu inwestowania, gdzie oszczędności stają się najpierw nakładami inwestycyjnymi, a następnie przyjmują postać majątku trwałego niezbędnego do wytwarzania dóbr i świadczenia usług.

Przytoczone definicje ujmują problem zbyt wąsko, zwracają bowiem uwagę tylko na rzeczowe efekty procesu inwestowania w postaci majątku trwałego. Tymczasem inwestycje podejmowane są w celu pomnażania kapitału i w wielu przypadkach polegają na efektywnym lokowaniu oszczędności. Potocznie mówi się o inwestowaniu w nieruchomości, kosztowności, dzieła sztuki, waluty obce, papiery wartościowe. Można inwestować też w wykształcenie - por. poglądy na ten temat Gary Beckera (por. Becker (1990), laureata Nagrody Nobla z ekonomii w 1992 roku - w nadziei uzyskania korzyści (z reguły materialnych) w przyszłości.

Znacznie bardziej ogólna i bliższa rzeczywistości jest

definicja, która posługuje się William Sharpe (por. Sharpe (1985)) – laureat Nagrody Nobla z ekonomii w 1990 roku:

"Inwestycja to wyrzeczenie się aktualnych i pewnych dochodów na rzecz przyszłych i niepewnych korzyści".

Podobnie definiuje inwestycje Massé (1962):

"Inwestycja oznacza wyrzeczenie się natychmiastowej i pewnej satysfakcji w zamian za przyszłe, nie zawsze pewne i bezpieczne, oczekiwane korzyści".

P.Massé podkreśla znaczenie czasu oraz element gry (loterii), gdyż oczekiwane korzyści nie są tym samym, co pewne korzyści. Zwraca uwagę, że "inwestycja to nie prosta transformacja funduszy, ale i gra".

Wydaje się, że najpełniejsza i najbliższa idei tej pracy definicję inwestycji podaje J.Hirshleifer (1965):

"Inwestycja jest w swej istocie, bieżącym wyrzeczeniem dla przyszłych korzyści. Ale teraźniejszość jest względnie dobrze znana, natomiast przyszłość to tajemnica. Przeto inwestycja jest wyrzeczeniem się pewnego dla niepewnej korzyści".

Jest to definicja bardzo ogólna, ale podobnie jak określenia, które podali W.F.Sharpe i P.Massé, podkreśla charakterystyczne cechy inwestycji, ściśle z sobą związane: czas i ryzyko. Przy tym ryzyko jest tym większe, im dłuższy jest horyzont inwestowania. W procesach inwestycyjnych między momentem ponoszenia nakładów (często bardzo wysokich), a momentem uzyskania efektów musi upłynąć pewien czas (często długi). Z inwestowaniem wiąże się zatem podejmowanie ryzyka.

W przytoczonych trzech definicjach zwraca się uwagę, że inwestycja wiąże się z decyzją. Decyzja jest tu wyborem

spośród dwóch możliwości. Są nimi: inwestowanie (oszczędzanie i rezygnacja z natychmiastowych korzyści) albo skonsumowanie dochodów. Występuje tu też pewien element psychologiczny: konieczność wyrzeczenia się. Inwestujący musi zrezygnować z bieżącej konsumpcji. Nie jest to łatwa decyzja. Może się jednak zdarzyć, że rekompensata za bieżące ograniczenia konsumpcyjne i podjęte ryzyko będzie odpowiednio wysoka i w konsekwencji zagwarantuje decydentowi wyższy poziom satysfakcji.

Warto zauważyć, że podobnie jak inwestycje zdefiniować można inne działania ludzi, mianowicie hazard (ang. *gambling*) oraz spekulacje. Tu także niepewne korzyści osiąga się kosztem bieżących wyrzeczeń. Jednak podstawowe różnice wiążą się z czasem (znacznie krótszym niż w przypadku inwestycji), skalą zaangażowanych środków oraz aspektem moralnym (w przypadku spekulacji).

### 1.3. Klasyfikacja inwestycji

Przytoczone definicje obejmują nie tylko inwestycje, których efektem są dochody uzyskane ze sprzedaży dóbr i usług (zwane czasem inwestycjami rzeczowymi lub inwestycjami w majątek trwały), ale także inwestycje w różnego rodzaju instrumenty finansowe: akcje, obligacje, czy też lokowanie na rachunkach bankowych (tzw. inwestycje finansowe).

W nowoczesnej analizie inwestycji (por. Levy i Sarnat (1988), Sharpe (1985)) zwraca się uwagę na istotną rolę rynku finansowego, który umożliwia wszystkim podmiotom gospodarującym częściowe uniezależnienie decyzji konsumpcyjnych i inwestycyjnych od aktualnych możliwości

finansowych. Racjonalne jednostki (firmy i inwestorzy indywidualni) szukają najefektywniejszych form wykorzystania swych możliwości. Rynek finansowy umożliwia transfer zasobów kapitału od oszczędzających do tych, których kapitał własny nie pozwala na realizację zamierzeń inwestycyjnych lub konsumpcyjnych. Zgodnie z tą koncepcją (ang. *lending-borrowing*) nabywcy papierów wartościowych dostarczają funduszy ich emitentom. Ci ostatni dzięki temu mogą realizować swe plany inwestycyjne lub konsumpcyjne. Jednocześnie oszczędzający uzyskują możliwość lokowania w efektywne przedsięwzięcia bez konieczności dokonywania inwestycji rzeczowych.

Rynek finansowy, przede wszystkim giełda, umożliwia też właściwą alokację ryzyka, zapewnia bowiem niemal nieograniczona podzielność aktywów finansowych. Inwestor może lokować w papiery wartościowe emitowane przez różne firmy, papiery o różnym zysku i ryzyku, czyli tworzyć portfel papierów wartościowych, a również zmieniać skład tego portfela.

Istnieje ścisła zależność między inwestycjami rzeczowymi (realizowanymi głównie przez firmy czerpiące dochody ze sprzedaży dóbr i usług), a inwestycjami finansowymi (które podejmowane są przez indywidualnych lub instytucjonalnych inwestorów). Realizacja rentownych inwestycji rzeczowych gwarantuje wysokie dochody firmy w przyszłości, a zatem zwiększa jej wartość. Rośnie zatem bogactwo jej akcjonariuszy, którzy otrzymują część zysku w postaci dywidendy oraz zwiększają swój kapitał dzięki wzrostowi cen akcji. Wobec tego również inwestycja finansowa jest rentowna. Realizacja złych inwestycji rzeczowych (o niskich

przewidywanych dochodach lub obarczonych wysokim ryzykiem) oznacza mniejsza dywidende i niższa cene akcji, a zatem gorsza inwestycje finansowa.

Poza przytoczonym wyżej podziałem inwestycji na dwie grupy, rzeczowe i finansowe, w literaturze funkcjonuje wiele innych klasyfikacji inwestycji. Omówimy te podziały, które sa istotne z punktu widzenia sposobu realizacji celu działania firmy.

Inwestycje dokonywane przez firme umożliwiają realizacje jej podstawowego celu, tzn. maksymalizacje jej wartości rynkowej. Sposób realizacji jest ściśle związany z aktualna sytuacja firmy i długookresowa strategia działania. W zaleźności od tego w firmie moga występować następujące rodzaje inwestycji:

- wymiana zużytego wyposażenia w celu kontynuacji dotychczasowej produkcji cieszącej się powodzeniem na rynku,
- wymiana sprawnego, ale przestarzałego wyposażenia w celu obniżenia kosztów wytwarzania (oszczędność energii, surowców, pracy ludzkiej),
- zwiększenie mocy produkcyjnych prowadzące do zwiększenia produkcji lub/i rozszerzenia rynków zbytu,
- rozwój i promocja nowej produkcji oraz zdobycie nowych rynków zbytu,
- inwestycje związane z poprawą bezpieczeństwa i ochrona środowiska, sa to inwestycje obowiązkowe związane z realizacja zaleceń rządowych i postanowień kodeksu pracy,
- inne, związane z zapewnieniem prawidłowego funkcjonowania firmy oraz poprawą komfortu pracy (inwestycje te pośrednio wpływają na wzrost efektywności).

Należy dodać, że często realizowane inwestycje spełniają

jednocześnie kilka funkcji. Na przykład inwestycje polegające na wymianie zużytego wyposażenia z reguły nie tylko umożliwiają kontynuację dotychczasowej produkcji, ale także obniżają jej koszty, podnoszą jej jakość, poprawiają bezpieczeństwo i komfort pracy oraz są proekologiczne.

Przytoczona lista nie obejmuje wszystkich możliwych rodzajów inwestycji podejmowanych w celu zwiększenia wartości firmy. Inwestycje związane są także z realizacją innych działań (por. Douglas (1987)), takich jak:

- różnicowanie (dywersyfikacja) działalności firmy,
- przejmowanie innej firmy lub firm (np. poprzez nabywanie jej akcji),
- finansowanie kampanii reklamowej,
- nabywanie za wolne fundusze obligacji i innych instrumentów finansowych.

Przed podjęciem ostatecznej decyzji firmy oceniają dostępne projekty inwestycyjne. Projekty te klasyfikuje się według różnych kryteriów. Wymienimy te kryteria, które wpływają na wybór metody badania efektywności projektu.

Ze względu na stopień zależności ekonomicznej wyróżniamy:

- projekty niezależne (ang. *independent projects*), jeśli koszty i efekty związane z jednym projektem inwestycyjnym pozostają takie same w przypadku odrzucenia bądź przyjęcia drugiego projektu inwestycyjnego;
- projekty zależne (ang. *dependent projects*), jeśli koszty i efekty związane z jednym projektem inwestycyjnym zależą od przyjęcia bądź odrzucenia drugiego projektu inwestycyjnego.

Z kolei wśród projektów zależnych wyróżniamy:

- projekty komplementarne, jeśli korzyści związane z jednym



projektem inwestycyjnym rosną w przypadku przyjęcia drugiego projektu inwestycyjnego;

- projekty substytucyjne, jeśli korzyści związane z jednym projektem inwestycyjnym spadają w przypadku przyjęcia drugiego projektu inwestycyjnego;

- projekty wykluczające się (ang. *mutually exclusive projects*), jeśli przyjęcie pewnego projektu inwestycyjnego oznacza całkowity brak korzyści związanych z innym projektem inwestycyjnym bądź oznacza techniczną niemożliwość przyjęcia tego projektu.

Oprócz zależności ekonomicznej można mówić o zależności statystycznej między projektami. Możliwe są następujące sytuacje:

- korelacja dodatnia, gdy wzrostowi (spadkowi) zysku w jednym projekcie towarzyszy wzrost (spadek) zysku w drugim projekcie;

- korelacja ujemna, gdy wzrostowi (spadkowi) zysku w jednym projekcie towarzyszy spadek (wzrost) zysku w drugim projekcie;

- brak zależności statystycznej, gdy zyski z tytułu realizacji jednego projektu nie są powiązane z zyskami uzyskiwanymi w drugim projekcie.

Znajomość zależności statystycznej między projektami jest wykorzystywana do tworzenia portfela projektów inwestycyjnych. Umiejętne tworzenie tego portfela umożliwia bowiem znaczne zredukowanie ryzyka przy niezmiennym poziomie zysku. Problem ten omówiony jest w rozdziale czwartym.

Trzeba podkreślić, że projekty inwestycyjne, między którymi nie ma zależności ekonomicznej, mogą być

statystycznie zależne, gdy na zyski z obu projektów oddziałuje pewne zewnętrzne zjawisko.

Można oczywiście przytoczyć także inne klasyfikacje inwestycji (por. Bierman i Smidt (1988)), ale podziały te nie mają znaczenia z punktu widzenia metod podejmowania decyzji inwestycyjnych.

#### 1.4. Rodzaje decyzji inwestycyjnych

Generalnie wyróżnia się następujące typy decyzji inwestycyjnych (por. Gough i Hill (1979)):

- decyzje typu przyjąć/odrzuć, są to decyzje najprostsze, gdy należy odpowiedzieć na pytanie: przyjąć dany projekt czy odrzuć? W polskiej literaturze dotyczącej badania efektywności inwestycji (por. np. Czarnek (1982), Kryński (1978)) tego typu decyzje zaliczono do tzw. rachunku bezwzględnej efektywności inwestycji;
- wybór między alternatywnymi projektami różniącymi się wielkością, technologią, lokalizacją, sposobem finansowania itp. (tzw. względny lub porównawczy rachunek efektywności inwestycji);
- tworzenie portfela projektów inwestycyjnych.

Bardzo ważne znaczenie ma ten ostatni typ decyzji inwestycyjnych. Portfel jest tu rozumiany jako zestaw realizowanych projektów. W przypadku portfela zawierającego projekty inwestycji rzeczowych projekty są niepodzielne, tzn. dany projekt zostaje w całości włączony do portfela lub nie. Inaczej jest w przypadku portfela inwestycji finansowych, w szczególności portfela papierów wartościowych. Występuje tu duża podzielność projektów, gdyż

papiery wartościowe można nabywać w różnych ilościach, a zatem projekt polegający na zakupie akcji może mieć różny udział w portfelu.

Często proporcje projektów w portfelu ustalane są w taki sposób, aby zmniejszyć ryzyko. Wiąże się to z dywersyfikacją działalności firmy i zarządzaniem typu portfelowego, których celem jest wzrost wartości rynkowej firmy. Przy tym działania te dotyczyć mogą nie tylko przedsięwzięć nowych, ale także dołączania nowych zamierzeń do dotychczasowej działalności firmy. W pracy zajmujemy się głównie portfelem, w którego skład wchodzi inwestycje rzeczowe. Chcemy jednak podkreślić, że można te rozważania uogólnić na zagadnienie tworzenia dowolnego portfela, zawierającego inwestycje rzeczowe i finansowe.

Decyzje inwestycyjne mogą też być analizowane bardziej szczegółowo. Wyróżnić można np. decyzje typu: dzierżawa (ang. *leasing*) czy zakup (np. elementów wyposażenia), duża czy mała fabryka, produkować czy kupować (np. komponenty do produkcji). Są to decyzje związane z wyborem projektu inwestycyjnego spośród alternatywnych rozwiązań i nie wymagają stosowania specjalnych metod oceny.

Istnieje także pewna grupa decyzji, które, choć wpływają na efektywność inwestycji, zaliczyć raczej należy do decyzji finansowych. Są nimi np. decyzje dotyczące struktury i kosztu kapitału (to ostatnie pojęcie wyjaśnimy bliżej w dalszej części pracy), zasad wypłacania dywidendy itp. Decyzje te nie będą w pracy omawiane szczegółowo. Zakłada się bowiem, wzorem rozwiązań przyjętych w krajach o gospodarce rynkowej, że decyzje inwestycyjne podejmowane są w ścisłej współpracy z działem finansowym (w typowej

strukturze organizacyjnej dział inwestycji podlega dyrektorowi do spraw finansowych) i pewne wielkości wykorzystywane w ocenie projektów są określone przez dział finansowy.

Przestrzeganie zasad podejmowania decyzji jest szczególnie istotne w przypadku inwestycji wymagających wysokich nakładów inicjujących i o długim okresie realizacji. Metody oceny projektów inwestycyjnych (ang. *investment appraisal*) wchodzące w zakres budżetowania kapitału (ang. *capital budgeting*) przedstawione są w rozdziale czwartym.

Prawidłowe zdefiniowanie celu firmy i decyzji inwestycyjnych wymagało odwołania się do kategorii czasu i ryzyka (czy też niepewności). Intuicyjne znaczenie tych dwóch terminów jest zrozumiałe, jednak warto poświęcić im więcej uwagi ze względu na ich kluczowe znaczenie w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych.

#### 1.5. Czas w inwestowaniu - technika dyskonta

Czas odgrywa bardzo istotną rolę w różnego rodzaju działalności gospodarczej. Właściwe rozwiązanie problemów związanych z uwzględnieniem czasu jest szczególnie ważne w przypadku inwestycji. Procesy inwestycyjne tym bowiem różnią się od innych procesów gospodarczych (np. produkcji czy sprzedaży), że między momentem ponoszenia nakładów, a momentem uzyskania efektów upływa dłuższy okres czasu. Często też efekty jednorazowego (z reguły wysokiego) nakładu uzyskiwane są przez wiele kolejnych lat.

Zmienna wartość pieniądza w czasie znalazła

odzwierciedlenie w potocznych sentencjach, np. "czas to pieniądz" itp. U podstaw tego typu stwierdzeń leży fakt, że kwota, którą posiadamy aktualnie, ma wyższą wartość, niż kwota o tej samej wartości realnej, która możemy uzyskać w przyszłości. Przyczyny takiego wartościowania są następujące (por. Bierman i Smidt (1988)):

1. Ryzyko. Żyjemy w niepewnym świecie, przyszłość to większa niepewność, a zatem należy ją traktować z rezerwą i nieufnością.
2. Natychmiastowość. Natura ludzka jest taka, że wyżej cenimy sobie aktualną przyjemność (np. korzyść posiadania), niż jej obietnicę (por. ludowe "obiecanki cacanki ...").
3. Możliwość inwestowania. Posiadany zasób umiejętnie zainwestowany może w przyszłości mieć znacznie wyższą wartość.

W ekonomii powszechnie stosowana metoda uwzględniania wpływu czasu na wartość wielkości ekonomicznych, służąca do sprowadzania do porównywalności wielkości pieniężnych (lub ponoszonych) w różnych momentach, jest technika dyskonta.

Słowo dyskonto pochodzi od łacińskiego *discomputus*, co znaczy: "potrącanie przy wypłacie przed terminem". Historycznie rzecz biorąc, dyskonto początkowo było stosowane do rozliczeń bankowych. Klasyczne dyskonto polega na wcześniejszym, niż termin płatności, upłynięciu weksli lub innych papierów wartościowych, za cenę niższą, niż nominalna. Otrzymując przyszłą kwotę wcześniej, rezygnujemy z pewnej jej części (procentu) na rzecz osoby, która nabyła prawo do żądania w określonym terminie płatności pełnej kwoty nominalnej. Warto przypomnieć, choć brzmi to dziś anegdotycznie, że w Polsce przez wiele lat po wojnie (do

początku lat sześćdziesiątych) technika dyskonta nie była stosowana w oficjalnym rachunku efektywności, gdyż była uważana za relikwyt dawnego (tj. kapitalistycznego) systemu.

Wypada też nadmienić, że metoda ta również w krajach kapitalistycznych (pomimo propagowania jej przez naukowców w latach pięćdziesiątych) w praktyce stosowana była dość sporadycznie, głównie ze względu na prostotę tzw. metod niedyskontowych, czyli tych, które nie uwzględniają zmiennej wartości pieniądza w czasie.

Jak wykazały badania (por. Bierman i Smidt (1988)), w latach siedemdziesiątych większość firm stosowała metody dyskontowe, nie rezygnując jednak z metod niedyskontowych. Ostatnie badania (Brigham (1985), Levy i Sarnat (1990)) wykazały jednak, że tylko nieliczne firmy stosują wyłącznie metody niedyskontowe.

Formuła dyskontowania (aktualizacji), która jest odwrotnością formuły obliczania procentu składanego, jest następująca:

$$PV = FV_n / (1+r)^n ,$$

gdzie:

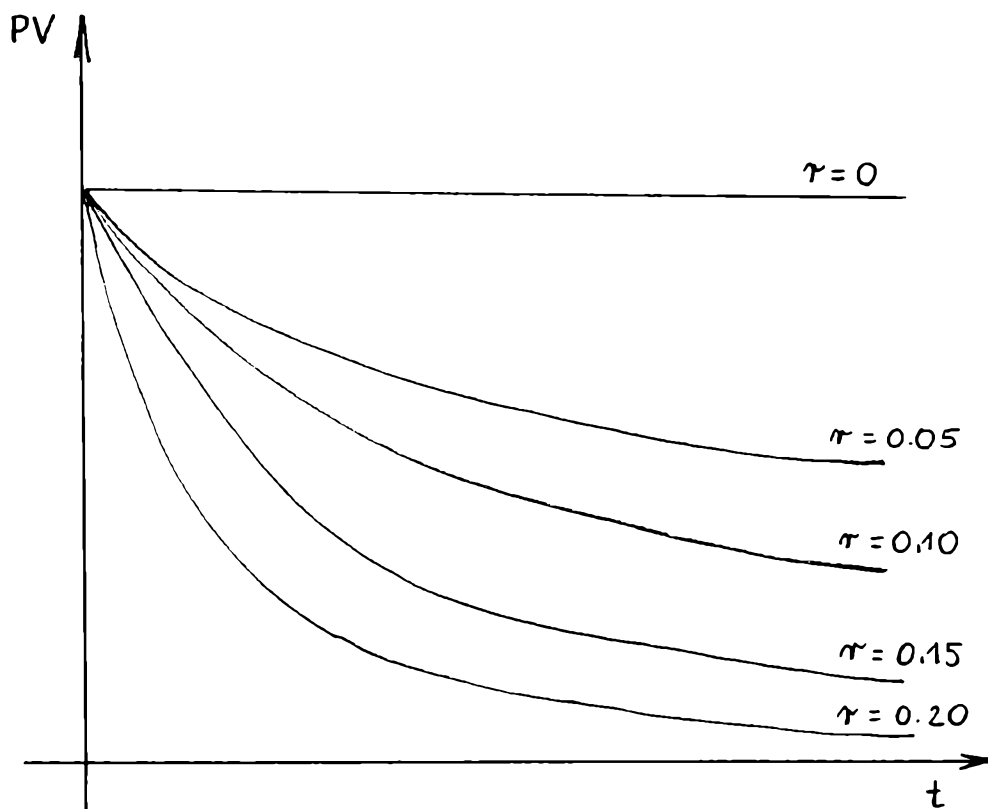
$FV_n$  - wartość przyszła, otrzymana po  $n$  okresach (ang. *future value*),

$PV$  - wartość bieżąca, inaczej aktualna (ang. *present value*),

$n$  - liczba okresów,

$r$  - stopa dyskontowa (inaczej stopa aktualizacji, stopa procentowa) dotycząca jednego okresu.

Jak widać, na wartość bieżącą wielkości otrzymanej w przyszłości wpływają następujące czynniki: wartość tej wielkości w przyszłości, czas (liczba okresów) oraz wysokość stopy dyskontowej. Ilustruje to rysunek 1.1.



Rys. 1.1.

Z rysunku wynika, że wartość bieżąca pewnej wielkości, która uzyskamy w danym okresie w przyszłości, jest tym niższa, im bardziej odległy jest ten okres, przy ustalonej wartości stopy procentowej. Jeśli zaś ustalony jest czas i wartość przyszła, to wartość bieżąca spada wraz ze wzrostem stopy procentowej.

Jest sprawa oczywista, że prawidłowe rezultaty uzyskuje się tylko pod warunkiem właściwego ustalenia wszystkich wielkości występujących we wzorze na wartość bieżącą, co w praktyce nie zawsze jest proste. Problemy dotyczą nie tylko poziomu stopy dyskontowej, ale także wartości w przyszłości. Obie te kategorie charakteryzują się dużą niepewnością.

## 1.6. Ryzyko i niepewność w inwestowaniu

Nieodłączna cecha wszelkich działań, których efekty uzyskiwane są w przyszłości, jest ryzyko. Przyjmijmy tymczasem, że ryzyko wiąże się z podejmowaniem decyzji (działań) w warunkach niepewności. Dokładne rozważania na temat natury niepewności i ryzyka, zależności między ryzykiem i niepewnością, jak również związanych z tym sporów terminologicznych, przedstawiamy w następnych rozdziałach.

Ryzyko oznacza możliwość, że wynik działania nie zawsze jest zgodny z oczekiwaniami. Ujęcie potoczne tego terminu jest bardziej radykalne. Ryzyko oznacza możliwość poniesienia szkody. Pogląd ten jest zresztą zbieżny z najczęściej spotykana interpretacja ekonomiczna. W ekonomii bowiem ryzyko najczęściej kojarzone jest ze stratą, a nawet, w skrajnych przypadkach, z bankructwem.

W przypadku decyzji inwestycyjnych ryzyko jest szczególnie wysokie, ponieważ czas oczekiwania na efekty decyzji z reguły jest długi. Ogranicza to możliwość precyzyjnego przewidywania przyszłej sytuacji, a zatem wzrost niepewności. Niepewność (a w konsekwencji ryzyko) zawsze rośnie w miarę wydłużania się horyzontu czasowego.

W literaturze (por. np. Brigham (1985)) stosuje się termin "ryzyko inwestycyjne" (ang. *investment risk*). Oznacza ono możliwość uzyskania zysków niższych niż przeciętne. Inwestycja jest tym bardziej ryzykowna, im większa jest różnica między zyskiem przeciętnym i najniższym, uzyskanym w najmniej sprzyjających warunkach.

Ryzyko związane z inwestowaniem jest zróżnicowane, zależy od wielu czynników, zarówno zewnętrznych (stan gospodarki, sytuacja międzynarodowa, zjawiska przyrodnicze),



jak i wewnętrznych (branża, wielkość firmy, kondycja finansowa firmy, umiejętności kadry menedżerskiej, sposób zarządzania, skłonność decydentów do ponoszenia ryzyka).

Na poziom ryzyka wpływa również rodzaj realizowanych inwestycji. Stosunkowo mniej ryzykowne są inwestycje umożliwiające kontynuację dotychczasowej produkcji (zwane czasem inwestycjami odtworzeniowymi), inwestycje związane z obniżeniem kosztów produkcji, poprawą warunków pracy (zwane czasem inwestycjami modernizacyjnymi) oraz inwestycje proekologiczne. Ryzyko jest natomiast wyższe w przypadku rozszerzania produkcji lub rynków zbytu. Największe ryzyko wiąże się z inwestycjami realizowanymi w celu wytwarzania nowych produktów, zdobywania nowych rynków zbytu oraz związanymi ze stosowaniem zupełnie nowych technologii. Są to tzw. inwestycje ekspansywne.

Istotny wpływ na poziom ryzyka ma także branża, w której inwestycja jest realizowana. Powszechnie uważa się, że inwestycje realizowane przez przedsiębiorstwa użyteczności publicznej są mniej ryzykowne niż inwestycje podejmowane przez przedsiębiorstwa przetwórcze, a inwestycje w przemyśle przetwórczym są pewniejsze niż te realizowane w przemyśle wydobywczym. Ryzyko jest tym większe, im większe nakłady zostały zaangażowane oraz im dłuższy jest czas oczekiwania na efekty.

Ryzyko jest zróżnicowane geograficznie - mówi się o krajach o wysokim ryzyku inwestycyjnym. Ten rodzaj ryzyka, zwany ryzykiem politycznym (ang. *political risk*, *foreign risk*) jest szczególnie istotny w przypadku inwestycji zagranicznych i międzynarodowych. W niektórych przypadkach wymienia się także ryzyko moralne (wynikające głównie z

"zaniedbania w optymalizacji działania" - por. Arrow (1985)), które jest ściśle związane z etyką działalności gospodarczej. Jak wszystkie patologie, ma ono charakter raczej marginesowy.

Ryzyko to kategoria niejednorodna, może być klasyfikowane według różnych kryteriów. W odniesieniu do firm mówi się o ryzyku firmy, które może mieć charakter ekonomiczny lub finansowy. Ryzyko ekonomiczne (ang. *economic risk, business risk*) zależy od ogólnej kondycji gospodarki oraz branży, w której działa firma. Ryzyko finansowe (ang. *financial risk, risk of leverage*) jest to dodatkowe ryzyko, na jakie naraża się firma, która podejmuje decyzje o finansowaniu inwestycji lub działalności (częściowo lub wyłącznie) przy wykorzystaniu kredytów (zadłużenia). Akcjonariusze, którzy posiadają akcje tylko jednej firmy, ponoszą ryzyko całkowite (ang. *total risk*), które jest sumą omówionych wyżej rodzajów ryzyka.

Z działalnością firmy wiąże się także ryzyko bankructwa (ang. *bankruptcy risk*), które zależy od stabilizacji przyszłych dochodów, zdolności kredytowej oraz wielkości, rodzaju i struktury posiadanych środków (tzw. płynności firmy) i jest oczywiście związane z ryzykiem finansowym i ekonomicznym. Wymienione rodzaje ryzyka pośrednio lub bezpośrednio związane są z działalnością inwestycyjną i poziomem ryzyka inwestycyjnego firmy.

Z kolei z każdym realizowanym w firmie projektem inwestycyjnym związane jest ryzyko projektu (ang. *project risk*). Jeżeli firma dywersyfikuje swoją działalność, realizuje projekty inwestycyjne o różnym poziomie zysku i ryzyka, to poprzez tworzenie portfela projektów

inwestycyjnych istnieje możliwość znacznego obniżenia ryzyka, na jakie narażeni są jej akcjonariusze.

Jeszcze inaczej klasyfikowane jest ryzyko w literaturze dotyczącej finansów (por. np. Brigham (1985)). Ryzyko związane z inwestycjami finansowymi składa się z dwóch części. Są nimi: ryzyko systematyczne (ang. *systematic risk*, *market risk*) oraz ryzyko specyficzne (ang. *specific risk*, *nonsystematic risk*). Ryzyko systematyczne lub rynkowe wynika z ogólnych warunków gospodarowania. Jest ono takie samo dla wszystkich rodzajów inwestycji, a inwestor nie ma żadnego wpływu na jego poziom. Z kolei ryzyko specyficzne związane jest z jednym rodzajem inwestycji (papieru wartościowego, projektu inwestycyjnego) i jest zróżnicowane. Inwestor poprzez umiejętne tworzenie swego portfela projektów może wpływać na poziom tego ryzyka. Możliwe jest nawet całkowite wyeliminowanie ryzyka specyficznego.

Ryzyka nie można uniknąć, można je jednak mierzyć i w związku z tym częściowo kontrolować. W tym celu przed podjęciem decyzji inwestycyjnej należy przeprowadzić analizę ryzyka.

## 2. NIEPEWNOŚĆ I RYZYKO A PODEJMOWANIE DECYZJI

### 2.1. Zarządzanie a podejmowanie decyzji

Wszelka działalność ludzka związana jest z podejmowaniem decyzji. Podejmowane są one w różnych sytuacjach i różnych warunkach. Nawet powstrzymanie się od działania wymaga podjęcia decyzji. W najszerszym ujęciu decyzja oznacza wszelki wybór, a więc także wybór nieświadomy, zautomatyzowany. Według zwolenników tzw. decyzyjonizmu (por. Koziński (1992)) wszystkie przejawy aktywności sprowadzić można do operacji wyboru. Ten radykalny pogląd nie został jednak empirycznie potwierdzony.

W ujęciu węższym, klasycznym, decyzja definiowana jest jako świadomy (a więc właściwy wyłącznie gatunkowi ludzkiemu) wybór spośród rozważanych możliwości. Oznacza to konieczność istnienia pewnej fazy przeddecyzyjnej, w której zdobywa się informacje niezbędne do podjęcia decyzji, wartościuje się przewidywane wyniki, określa się szanse ich uzyskania oraz możliwy poziom ryzyka. Podjęcie decyzji oznacza dokonanie wyboru, tzn. zaakceptowanie jednego działania i odrzucenie pozostałych. Wybór dokonywany jest na podstawie racjonalnych przesłanek.

O znaczeniu podejmowania decyzji świadczy między innymi fakt dynamicznego rozwoju teorii podejmowania decyzji. Teoria ta rozwija się w dwóch nurtach: **normatywnym** (zwanym także **postulatywnym**, **teoretycznym**), głównie jako statystyczna teoria decyzji, oraz **pozytywnym** (inaczej

deskryptywnym, empirycznym), głównie jako psychologiczna teoria decyzji.

W ujęciu normatywnym, charakterystycznym dla statystyków i ekonomistów, podaje się metody (lub algorytmy) postępowania prowadzące do uzyskania najlepszych rezultatów. Teoria normatywna mówi zatem, jak powinien postępować racjonalny decydent, aby osiągnąć optymalny wynik. W ujęciu deskryptywnym, typowym dla psychologów i socjologów, prezentuje się rzeczywiste zachowania decydentów w trakcie dokonywania wyboru, analizuje się wpływ czynników sytuacyjnych i osobowościowych na sposób podejmowania decyzji.

Oprócz tego opracowuje się metody ułatwiające podjęcie decyzji w realnych sytuacjach. Chodzi tu głównie o stosowanie tzw. analizy decyzyjnej, która jest swego rodzaju kompromisem między podejściem normatywnym i opisowym (por. Tyszka (1986)). Analiza decyzyjna polega na aktywnej współpracy decydenta i analityka w procesie podejmowania decyzji. Analityk pomaga decydentowi w strukturalizacji problemu i ustaleniu możliwych konsekwencji podjętych decyzji oraz w sformułowaniu i uporządkowaniu preferencji. Z kolei decydent wykorzystując zgromadzone informacje samodzielnie podejmuje decyzje.

Podział teorii decyzji na dwa nurty nie oznacza, że rozwijają się one zupełnie niezależnie. Można znaleźć coraz więcej przykładów tego, że ujęcia te wzajemnie się przenikają i inspirują, że następuje zbliżenie, korzystne zresztą dla obu stron (por. Koziński (1992), Nowakowska (1980), Tyszka (1986)).

Wydaje się, że zasadnicze różnice (pomijając oczywiście

genezę) między tymi podejściami dotyczy pojęcia racjonalności (por. Tyszka (1986)). W ujęciu normatywnym racjonalność określona jest rygorystycznie jako wewnętrzna zgodność preferencji decydenta, co implikuje możliwość sformułowania reguł postępowania decydenta prowadzących do optymalnego rozwiązania. Tak rozumiana racjonalność jest bliska racjonalności metodologicznej Kotarbińskiego, oznacza bowiem rozwiązywanie problemów zgodnie z regułami sztuki, co w tym przypadku oznacza wybór najlepszego wariantu na podstawie posiadanej wiedzy.

W ujęciu opisowym pojęcie racjonalności nie jest jasno określone. Na ogół podkreśla się ograniczone możliwości poznawcze człowieka, uproszczenia stosowane przez decydentów w zakresie strukturalizacji problemów czy stosowanych strategii decyzyjnych, dążenie do minimalizowania wysiłku (lenistwo) i nakładów oraz niejednokrotne traktowanie zadań. W wielu przypadkach trudno jest poznać wszystkie okoliczności wpływające na ostateczny wybór. Podaje się przykład zakupu jajek w droższym sklepie - co zgodnie z tradycyjnymi regułami jest nieracjonalne - tylko dlatego, że pracuje tam ładniejsza ekspedientka. Ponadto decydenci często są niekonsekwentni, wahają się, nagle zmieniają decyzje (por. Koziński (1992)).

Wszystko to implikuje częste posługiwanie się zaproponowanym przez Simona pojęciem racjonalności ograniczonej (por. Crozier i Friedberg (1982), Koźmiński i Obłój (1989), Tyszka (1986)) lub racjonalności subiektywnej (por. Koziński (1977)) i stosowanie jako reguły wyboru zasady satysfakcji. Według tej koncepcji znalezienie rozwiązania optymalnego nie jest możliwe. Racjonalne jest to

rozwiązanie, które decydent uznaje za satysfakcjonujące.

Mówi się także, w nawiązaniu do koncepcji "zarządzania jako gry", o racjonalności aktora w sytuacji gry. Chodzi tu o uwarunkowanie decyzji aktualna, często zmieniająca się sytuacja decydentów ("aktorów"), którzy w określonej sytuacji pragną maksymalizować swe wygrane lub w innej minimalizować straty (por. Crozier i Friedberg (1982), Koźmiński i Obłój (1989), Koźmiński i Zawiślak (1982)).

Mimo zgłaszanych przez praktyków zastrzeżeń (na przykład, że teoria decyzji w ujęciu normatywnym jest "bezduszna", że jest to teoria decyzji bez decydenta), jak również kłopotów aplikacyjnych, rośnie rola sformalizowanych metod podejmowania decyzji. Można też znaleźć dowody (por. np. Koziński (1977), Moore (1975), Tyszka (1986)), że stosowanie różnych opracowanych na podstawie ujęcia normatywnego reguł decyzyjnych pozytywnie wpływa na jakość (mierzona np. wysokością zysków) podejmowanych decyzji.

Wydaje się, że dynamiczny rozwój teorii decyzji w różnych jej postaciach ma podstawy czysto ekonomiczne. To głównie dążenie do sukcesu materialnego skłania ludzi do poszukiwania coraz efektywniejszych metod podejmowania decyzji, zwłaszcza, że rozwiązywane są coraz bardziej złożone problemy, a w grę wchodzi coraz większe pieniądze. Dążenie do powtórzenia sukcesu, chęć uniknięcia porażki, zrodziły refleksje nad sposobem podejmowania decyzji oraz przyczyniają się do stałego doskonalenia procedur decyzyjnych (por. Moore (1975), Krawczyk (1990), Koziński (1977)).

Należy jednak zwrócić uwagę, że prawidłowy przebieg procesu decyzyjnego nie zawsze gwarantuje sukces. Efektem

dobrej decyzji (tzn. podjętej zgodnie z "regułami sztuki") może być sukces, porażka lub niespodzianka (całkowicie nieprzewidziany skutek decyzji, korzystny lub niekorzystny, który może się pojawić w sytuacjach nowych i trudnych). Analiza sposobu podejmowania decyzji i efektów uzyskanych w wyniku ich podjęcia pozwala wykryć interesujące paradoksy: dobra decyzja - zły wynik i odwrotnie: zła decyzja - dobry wynik (por. Koziński (1992), Tyszka (1986), Zawiślak (1984)). Na ostateczny wynik działania wpływają bowiem także zdarzenia przypadkowe, nie kontrolowane przez ludzi. Oznacza to, że oceniać należałoby nie tyle efekty działania, co sposób działania (zgodnie z zasadą *optimo modo*, tzn. realizowane w najlepszy sposób).

Jest interesujące, że to właśnie wymienione wyżej paradoksy, a zwłaszcza nierozsadne decyzje podejmowane przez rozsądnych ludzi wpłynęły na rozwój nauki o zarządzaniu (por. Zawiślak (1984)).

Istnieje wiele koncepcji i definicji zarządzania, z najczęściej cytowanych definicji wynika, że zarządzanie jest celową działalnością realizowaną przez kierowników lub gremia kierownicze. Podkreśla się też, że w pełnieniu funkcji kierowniczych kluczową sprawą jest proces podejmowania decyzji. W wielu określeniach pojęcia "zarządzanie" bezpośrednio używa się terminu "podejmowanie decyzji" i podkreśla decyzyjny charakter tego procesu. Zawiślak (1984) pisze: "zarządzanie jest procesem decyzyjnym, przetwarzającym informacje w instrukcje działania" i dalej: "istota zarządzania jest proces decyzyjny". Podobnie definiują zarządzanie Koźmiński i Obłój (1989): "całość procesu zarządzania może być traktowana jako



wieloetapowy proces podejmowania decyzji". Według Simona (1982) proces podejmowania decyzji należy interpretować szeroko, tak, aby mógł on być prawie synonimem zarządzania.

Istnieje jeszcze jeden powód ścisłej zależności między zarządzaniem a podejmowaniem decyzji i stosowaniem coraz bardziej wyrafinowanych metod decyzyjnych. Jest nim niepewność. Wiek XX jest dość powszechnie nazywany wiekiem niepewności (por. Galbraith (1979)) i w wielu dziedzinach ludzkiej działalności jej ignorowanie jest po prostu niemożliwe. P.F.Drucker (por. Koźmiński i Zawiślak (1982)) uważa, że dotychczasowa ewolucja form organizacyjnych to nieustanny proces poszukiwania rozwiązań minimalizujących niepewność w dziedzinie zarządzania, a J.K.Galbraith (por. Wawrzyniak (1980)) pisze: "rozwój nowoczesnego przedsiębiorstwa może być rozumiany tylko jako kompleksowy wysiłek zmierzający do zmniejszenia ryzyka".

Wydaje się, że oznacza to także konieczność stosowania precyzyjnych metod podejmowania decyzji. Metody te co prawda nie gwarantują uniknięcia błędów, ale umożliwiają lepsze wykorzystanie ekspertyz, informacji oraz wiedzy i doświadczenia decydentów i ich doradców, a zatem podejmowanie lepszych decyzji. Moore (1975) pisze: "teoria podejmowania decyzji nie jest środkiem zastępującym rozsadek oraz indywidualne opinie, lecz metoda dokładniejszego i efektywniejszego ich wykorzystania".

Podkreślanie rangi podejmowania decyzji w procesie zarządzania nie świadczy jednak o powszechnej aprobacie i stosowaniu w praktyce racjonalnych (zgodnie z ujęciem normatywnym) procedur decyzyjnych. Mimo coraz powszechniejszego stosowania (np. w postaci komputerowych

systemów decyzyjnych oraz systemów ekspertowych) niektórych algorytmów decyzyjnych, wśród praktyków zarządzania niezwykle popularny jest pogląd, że zarządzania nie można nauczyć się z książek (por. Weber (1990)). Także potoczne twierdzenia, że "zarządzanie to najstarsza sztuka, lecz najmłodszy zawód" lub "zarządzanie to sztuka zarabiania pieniędzy za pomocą innych ludzi", nie pozostawiają wątpliwości, jak istotna w zarządzaniu jest rola intuicji.

Wydaje się, że jak zwykle prawda leży pośrodku. Zakres i rodzaj stosowanych metod podejmowania decyzji oraz stopień ich algorytmizacji ściśle zależą od rodzaju rozwiązywanych problemów, decydenta i okoliczności, tzn. od sytuacji decyzyjnej.

## 2.2. Indywidualne a grupowe podejmowanie decyzji

W bardzo wielu sytuacjach decyzyjnych mamy do czynienia z grupowym (kolektywnym, społecznym) podejmowaniem decyzji. Do takich zaliczyć należy również decyzje inwestycyjne. Mechanizm grupowego podejmowania decyzji jest stosunkowo słabo poznany i trudno tu podać w miarę racjonalne (tzn. prowadzące do zadowalającego rezultatu) reguły decyzyjne.

Potocznie uważa się, że grupowe rozwiązywanie problemów zwiększa trafność podjętej decyzji (por. ludowe "co dwie głowy to nie jedna", czy słynne zdanie wojaka Szwejka: "co głowa to rozum. Ten doradzi to, tamten owo i w ten sposób zbożne dzieło powstanie").

Jednak nie brak i głosów przeciwnych. Już starożytni Rzymianie mawiali, że senatorowie to porządni ludzie, senat zaś to zła bestia (łac. *senatores boni viri, senatus autem*

*mala bestia*) – por. Sienkiewicz (1989), Zawislak (1984). Na niebezpieczeństwo grupowego myślenia zwracają też uwagę psychologowie (tzw. syndrom grupowego myślenia, ujemny efekt synergetyczny, woluntaryzm itd.). Ponadto zbiorowa odpowiedzialność (tzn. w praktyce brak odpowiedzialności) powoduje, że decyzje te są często bardziej ryzykowne niż decyzje indywidualne.

Głównym problemem w grupowym podejmowaniu decyzji jest zintegrowanie decyzji indywidualnych w jedną decyzję tak, aby możliwie dobrze reprezentowała indywidualne interesy członków grupy i była akceptowana przez wszystkich jej członków. Możliwe są co najmniej dwa podejścia do rozwiązania tego problemu: dynamiczne i statyczne.

Sposób dynamiczny oznacza pewien proces dochodzenia do zgodności sądów (decyzji, opinii, poglądów). W zależności od charakteru podejmowanych decyzji nazywa się go naradą, pertraktacją, głosowaniem, negocjacją, konsultacją społeczną. Proces ten, mimo istnienia pewnych powszechnie akceptowanych reguł postępowania, nie doczekał się ścisłej formalizacji. Jedynie niektóre kategorie negocjacji można stosunkowo dobrze opisać na gruncie teorii gier (por. Tyszka (1978, 1986)).

W praktyce grupowego podejmowania decyzji najczęściej stosowane są procedury głosowania (na zasadzie jednomyślności lub większości głosów) i consensusu (tzn. powszechnej zgody będącej wynikiem negocjacji). Należy dodać, że niejednokrotnie wiąże się to ze stosowaniem przez istniejące grupy interesów różnorodnych technik manipulacyjnych. Oznacza to, że w praktyce proces decyzyjny to także gra społeczna, która pojawia się tam, gdzie nauka

jest bezradna, zaś większość nie potrafi demokratycznie uzgodnić stanowiska (por. Zawiślak (1984), Kozmiński i Zawiślak (1982), Sienkiewicz (1989)).

Statyczny sposób formułowania decyzji zbiorowej polega na opracowaniu pewnych względnie stałych reguł łączenia decyzji indywidualnych w grupową. Możliwe są tu trzy ujęcia: heurystyczne, aksjomatyczne, aproksymacyjne.

W ujęciu heurystycznym (odwołującym się do intuicji, zdrowego rozsądku, doświadczenia i tradycji) stosuje się tzw. zasady heurystyczne. W przypadku grupowego podejmowania decyzji może to być zasada złotego środka (tzn. wykorzystywanie różnego rodzaju średnich) lub zasada większości.

Ujęcie aksjomatyczne definiowania zbiorowej funkcji decyzji (preferencji, gustu, opinii) polega na określeniu własności (tzn. zbioru aksjomatów określających dezyderaty społecznie pożądane) "dobrej" funkcji, a następnie na znalezieniu takiej funkcji. W praktyce jednak trudno o pozytywne przykłady takiego rozwiązania (por. Ostasiewicz (1986) - uwagi nt. teorii dobrobytu Arrowa).

W ujęciu aproksymacyjnym proponuje się zastąpienie zbioru zróżnicowanych decyzji indywidualnych jedną decyzją. Decyzja zbiorowa musi być dobrym przybliżeniem (aproksymacją) poglądów indywidualnych, a jednocześnie musi być akceptowana przez grupę. Jednak i tu ścisła formalizacja jest trudna.

Okazuje się, że stosunkowo najdokładniej opisać można proces agregowania zbioru decyzji indywidualnych w decyzje grupową przy wykorzystaniu teorii zbiorów rozmytych (por. Ostasiewicz (1986)).

Nie oznacza to wszakże, że metody statystycznej teorii decyzji w przypadku decyzji grupowych są zupełnie bezużyteczne. Zastosowanie ich umożliwia bowiem strukturalizację wielu problemów, poznanie następstw różnorodnych decyzji i związanego z nimi ryzyka oraz poznanie i uporządkowanie preferencji grupy. Wszystkie uzyskane w ten sposób informacje ułatwiają z reguły uzgodnienie stanowisk i w konsekwencji podjęcie decyzji.

W praktyce grupowego podejmowania decyzji stosuje się różne metody, zarówno dynamiczne (głosowanie, negocjacje, grupa jako wieloosobowy decydent itd.), jak i statyczne (średnia grupowa, agregacja preferencji przez nadrzędnego decydenta, wykorzystanie opinii eksperta).

### 2.3. Ryzyko a niepewność

Ryzyko i niepewność to terminy, które pojawiają się w tej pracy wielokrotnie. Są to określenia ściśle z sobą związane, ale nie tożsame. W literaturze z zakresu podejmowania decyzji (por. Sadowski (1977), Tyszka (1986), Koziński (1977), Moore (1975)) przeważa tendencja do zamiennego ich stosowania. Często spotykane rozróżnienie: pewność - ryzyko - niepewność, wiązane jest ze stopniem poinformowania decydenta o przyszłości.

Warunki pewności oznaczają, że decydent wie wszystko o możliwych sposobach i rezultatach działania. Warunki ryzyka odnoszą się do sytuacji, w której wiedza decydenta może być opisana za pomocą rozkładu prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych wyników. Z kolei warunki niepewności oznaczają, że decydent wie co najwyżej, jakie wyniki

działania mogą wystąpić w przyszłości. W tym ostatnim wypadku najczęściej też podkreśla się, że w każdej sytuacji możliwa jest prognoza przyszłości (sporządzona przez decydenta lub jego doradców na podstawie analizy danych historycznych, informacji dostarczanych przez systemy wczesnego ostrzegania, na podstawie analogii czy intuicji), a zatem może być podany rozkład prawdopodobieństwa przyszłych wyników. Dlatego zgodnie uważa się (por. Sadowski (1977), Tyszka (1986), Moore (1975), Levy i Sarnat (1990), Bierman i Smidt (1988)), że rozróżnienie między ryzykiem a niepewnością jest zbędne.

Jednak spór terminologiczny nie został definitywnie rozstrzygnięty. Proponujemy inne rozwiązanie tego dylematu. Wynika ono z konieczności uwzględnienia dwóch aspektów podejmowania decyzji, mianowicie: niepewności natury i stosunku decydenta do ryzyka.

Niepewność uważamy za immanentną cechę rzeczywistości, wynikająca z liczby, złożoności i zmienności podmiotów oraz zależności w niej zachodzących, jak również z ograniczonej możliwości kontrolowania przez ludzi czynników ją kształtujących. Wobec tego można mówić o niepewności natury, zwanej też niepewnością obiektywną, zewnętrzną, egzogeniczną lub niezależną. Źródłem tej niepewności jest środowisko zewnętrzne, w którym zachodzą procesy wymykające się precyzyjnemu przewidywaniu i kontroli.

Z kolei termin ryzyko odnosić będziemy do decyzji, a właściwie do działania podjętego w jej efekcie. Mówić będziemy przeto o podejmowaniu ryzykownych decyzji. Według tej koncepcji ryzyko decyzji wynika nie tylko z niepewności natury. Ryzyko decyzji w sytuacji decyzyjnej z identycznym

poziomem niepewności natury może być różne dla różnych decydentów. Poziom ryzyka związanego z daną decyzją zależy bowiem nie tylko od niepewności natury, ale i od stosunku decydenta do ryzyka, tzn. od skłonności do podejmowania działań ryzykownych.

Można przeto powiedzieć, że na ryzyko decyzji, w szczególności ryzyko decyzji inwestycyjnej, wpływają:

- ryzyko wynikające z niepewności natury,
- ryzyko wynikające ze stosunku decydenta do ryzyka.

Problem ryzyka jest tak wszechstronny, że stwarza okazje do podejmowania działalności w wielu dziedzinach. Wiele instytucji utrzymuje się z tego, że zmniejsza ryzyko, sprzedając wiedzę ekspertów. Instytucje ubezpieczeniowe postępują inaczej, nie zmniejszają ryzyka, ale za pewną cenę czynią bardziej znośnymi jego konsekwencje. Z kolei przemysł hazardowy żyje ze wzbogacania ludzi w ekscytujące, ale bardzo niepewne perspektywy. Istnieje także "przemysł" analizy decyzyjnej, utrzymujący się z doskonalenia i stosowania formalnych metod podejmowania decyzji w warunkach niepewności (por. von Winterfeldt (1985)).

Przedstawione sposoby wykorzystywania niepewności w praktycznych działaniach ściśle związane są z informacyjnym aspektem tego zjawiska. Brak kompletnej informacji o przyszłych warunkach gospodarowania, preferencjach decydenta, a w konsekwencji o rzeczywistych skutkach podejmowanych decyzji, powoduje, że działamy w warunkach niepewności (w przeciwnym razie byłyby to warunki pewności, w zasadzie nie spotykane w praktyce gospodarczej), a decyzje obarczone są ryzykiem.

Dodatkowa informacja najczęściej zmienia rozkład

prawdopodobieństwa i zmniejsza niepewność, a w konsekwencji ryzyko związane z działaniem. K.J.Arrow (1985) pisze: "niepewność polega na tym, że nie wiemy, który ze stanów jest prawdziwy" i dalej: "uzyskanie informacji polega na przekształcaniu prawdopodobieństw". Z kolei A.Zawiślak (1977) uważa, że: "kiedy zapotrzebowanie na informacje nie zostaje zaspokojone, pojawia się niepewność" oraz: "eliminacja niepewności wymaga dodatkowej informacji".

Informacja jest niezwykle cenna. Wszystkie zasygnalizowane transakcje (ekspert - decydent, towarzystwo ubezpieczeniowe - właściciel polisy, gracz - przemysł hazardowy), a także inne, np. uczeń - nauczyciel, pacjent - lekarz, możliwe są pod warunkiem istnienia przewagi informacyjnej jednej ze stron. W warunkach niepewności informacja staje się towarem, posiadacz informacji osiąga korzyści, a także posiada władzę.

Przedstawimy teraz poglądy na temat definicji ryzyka. W literaturze definiowane jest ono na różne sposoby. Niezwykle popularny jest pogląd (teorie F.Knighta i O.Langego, por. Arrow (1979)), że ryzyko to ta część niepewności, którą można zmierzyć, tzn. podać rozkład prawdopodobieństwa zjawiska.

W ekonomii i teorii decyzji ryzyko oznacza sytuację niedeterministyczną, w której to sytuacji określone są prawdopodobieństwa zarówno pozytywnych, jak i negatywnych wyników. W najbardziej powszechnym znaczeniu ryzyko odnosi się do całego widma skutków niepożądanych wraz z przypisanymi im prawdopodobieństwami (por. Jennergren i Kenny (1985)). Podobnie określa ryzyko Koziellecki (1988). Według niego ryzyko "stanowi funkcję dwóch zmiennych:



prawdopodobieństwa niepowodzenia i wielkości straty".

Współczesne słowniki (Słownik Języka Polskiego, Słownik Wyrazów Obcych PWN) określają ryzyko jako możliwość poniesienia szkody, straty, niebezpieczeństwa, lub jako przedsięwzięcie, którego wynik jest nieznan, niepewny, problematyczny. Podkreślają zatem wyłącznie negatywne skutki. Podobnie uważa T. Pszczołowski (1978), który pisze: "przeciwieństwem ryzyka jest szansa".

Tymczasem łacińskie słowo *risicum* oznacza szansę, prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia pozytywnego lub negatywnego, sukcesu lub porażki (por. Levy i Sarnat (1990)). Współczesna analiza decyzyjna wraca do pierwotnego ujęcia i definiuje ryzyko za pomocą odchylenia możliwych wyników od przeciętnego. Jest to zatem rozproszenie możliwych wyników wokół oczekiwanego.

Zatem zgodnie z powyższą definicją ryzyko może być traktowane jako szansa. Uważa się, że wszelki rozwój ma miejsce, ponieważ ludzie podejmują działania związane z ryzykiem. Także w ekonomii ryzyko powinno kojarzyć się nie tylko ze stratą (a tak jest przeważnie), ale i z możliwością uzyskania znacznych korzyści. Dodatkowo odchylenia oznaczają bowiem wyniki wyższe niż przeciętne. Nie bez przyczyny wśród cech dobrego menedżera wymienia się odwagę w podejmowaniu działań obarczonych ryzykiem i umiejętność efektywnego działania w warunkach niepewności (por. Komar (1989), Zawiślak (1984)). Większe zyski bowiem z reguły związane są z większym ryzykiem.

Ryzyko to zjawisko powszechne i "jak każde zjawisko powszechne zasługuje na poznanie i na szacunek" (por. Koziński (1988)). Skoro ryzyka nie można uniknąć, trzeba

nauczyć się z nim żyć, aby wykorzystywać pojawiające się szanse i unikać zagrożeń.

#### 2.4. Podejmowanie decyzji w warunkach niepewności - kryteria nie uwzględniające ryzyka

Jak już wskazywaliśmy, podejmowanie decyzji od dawna zajmowało teoretyków i praktyków. Interesujące było zwłaszcza ustalenie pewnych prawidłowości postępowania w procesie podejmowania decyzji w celu powtórzenia określonej sekwencji działań, jeżeli kończyła się sukcesem, bądź w celu jej uniknięcia, jeżeli efektem była porażka. Szczególnie przy tym ważne są efektywne algorytmy podejmowania decyzji w warunkach niepewności.

Sytuacje decyzyjne mogą być klasyfikowane w różny sposób. W jednym z podziałów wyróżnia się:

- sytuacje decyzyjne otwarte - według terminologii H.Simona związane z rozwiązywaniem problemów o słabo określonej strukturze (ang. *ill-defined problems, ill-structured problems*) lub o nieokreślonej strukturze (ang. *unstructured problems*);

- sytuacje decyzyjne zamknięte - według H.Simona dotyczą rozwiązywania problemów dobrze ustrukturalizowanych (ang. *well-structured problems*).

Sytuacje decyzyjne, w których niemożliwe jest zidentyfikowanie wszystkich alternatyw działania i ich wyników, nazywane są sytuacjami otwartymi. W takich przypadkach (często spotykanych w praktyce) decydent musi najpierw sformułować warianty działania, przewidzieć jego skutki, a następnie dokonać wyboru. Mechanizm podejmowania

decyzji w takich sytuacjach nie jest dokładnie poznany. W praktyce wyboru dokonuje się w oparciu o kryterium ograniczonej (subiektywnej) racjonalności, a zasada optymalizacji zastąpiona jest zasadą satysfakcji (por. Koźmiński i Obłój (1989), Koziński (1992)). Oznacza to, że nie szuka się rozwiązań najlepszych, lecz takich, które decydent uzna za zadowalające.

W ekonomii do sytuacji otwartych należą te, w których podejmuje się na przykład decyzje związane z wyborem celu działania, w tym także decyzje strategiczne, determinujące działanie firmy w długim okresie (por. np. Bierman i Smidt (1988), Koziński (1992), Zawislak (1984)). W przypadku tego rodzaju decyzji podkreśla się, że niezwykle istotna jest intuicja decydenta oraz takie cechy, jak odwaga w podejmowaniu ryzyka i umiejętność twórczego myślenia. Jednak ze względu na znaczenie tego typu decyzji w procesie wyboru wykorzystuje się wszystkie możliwe sposoby poszukiwania rozwiązań najlepszych, a więc także metody statystycznej teorii podejmowania decyzji.

W praktyce rozwiązywania problemów otwartych stosuje się pewne uproszczenia. Na przykład, wykorzystując dostępne ekspertyzy, prognozy i intuicję, generuje się skończoną liczbę scenariuszy działania. Następnie każdy z nich traktuje się jak zadanie zamknięte i rozwiązuje za pomocą metod proponowanych przez teorię decyzji.

W sytuacjach decyzyjnych zamkniętych decydent zna wszystkie możliwe sposoby działania i ich prawdopodobne konsekwencje. Stosując odpowiednie strategie postępowania wybiera wariant najlepszy z danego zbioru. Do sytuacji decyzyjnych zamkniętych należą te, w których wybiera się

sposób realizacji celu.

Jak już wspomniano, w literaturze dotyczącej podejmowania decyzji tradycyjnie wyróżnia się (w zależności od zakresu posiadanych informacji o przyszłości) trzy możliwe sytuacje decyzyjne: warunki pewności, ryzyka oraz niepewności. Powszechny jest też pogład, że w praktyce na ogół nie odróżnia się sytuacji ryzyka od sytuacji niepewności, przyjmuje się, że z reguły istnieje możliwość mniej lub bardziej precyzyjnego oszacowania (przynajmniej subiektywnego) rozkładu prawdopodobieństwa.

Zgodnie z przedstawioną wcześniej koncepcją przyjmiemy, że będziemy mieli do czynienia z warunkami pewności (gdy nasza wiedza o przyszłości jest pełna, a zatem prawie nigdy) albo z warunkami niepewności (zazwyczaj). Warunki niepewności występują wtedy, gdy nasza wiedza o przyszłości jest ograniczona, tzn. znamy co najwyżej rozkład prawdopodobnych wyników.

Wybór w tej sytuacji jest loteria. Wynik tej loterii zależy zarówno od wyboru dokonanego przez decydenta, jak i rezultatu procesu losowego (stanu natury), na który człowiek nie ma wpływu. Oznacza to, że decydent nie wie, jaki stan natury wystąpi, ale przeważnie zna prawdopodobieństwa wystąpienia różnych stanów, czyli ich rozkład. W niektórych sytuacjach (rzut moneta, kostka) prawdopodobieństwa te są dokładnie znane, częściej (zwłaszcza w przypadku decyzji ekonomicznych) dostępne są co najwyżej jedynie ich oszacowania.

Różnorodność sytuacji decyzyjnych oraz indywidualizm decydentów powoduje zróżnicowanie kryteriów decyzyjnych. Wybór kryterium zależy od decydenta i warunków, w jakich

podejmowana jest decyzja. Zasadnicze różnice między tymi kryteriami wynikają również z zakresu informacji o przyszłości (pewność, niepewność, znany lub nieznan rozkład prawdopodobieństwa) oraz ze sposobu uwzględniania niepewności i stosunku decydenta do ryzyka.

W warunkach pewności podstawowym kryterium wyboru jest zasada maksymalizacji wartości. Zgodnie z nią spośród wielu możliwych działań wybiera się to, które zapewnia uzyskanie najlepszego (w zależności od sytuacji maksymalnego lub minimalnego) wyniku. W praktyce kryterium to stosowane jest także wtedy, gdy (świadomie lub nie) ignoruje się niepewność i stosunek decydenta do ryzyka. Jest to kryterium obiektywne, ponieważ posługuje się jako miara wartością pieniężną. Ponieważ z warunkami pewności mamy do czynienia niezmiernie rzadko, kryterium to z reguły nie może być stosowane.

Obecnie omówimy te metody podejmowania decyzji w warunkach niepewności, które nie uwzględniają stosunku decydenta do ryzyka oraz częściowo niepewności natury.

Każda sytuacje decyzyjna w warunkach niepewności charakteryzują następujące wielkości:

- $n$  możliwych wariantów decyzji (strategii decyzyjnych, sposobów działania),
- $m$  możliwych stanów otoczenia (stanów natury),
- $m$  możliwych rezultatów każdej podjętej decyzji, właściwych dla poszczególnych stanów natury.

Wprowadzimy następujące oznaczenia:

$r_{ij}$  - rezultat  $i$ -tej decyzji w przypadku  $j$ -tego stanu natury ( $i=1, \dots, n$ ;  $j=1, \dots, m$ ), zwany również wypłatą;

$l_{ij}$  - potencjalna strata w przypadku podjęcia  $i$ -tej decyzji

dla  $j$ -tego stanu natury ( $i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$ );

$p_j$  - prawdopodobieństwo wystąpienia  $j$ -tego stanu natury ( $j=1, \dots, m$ ).

Rezultaty wszystkich decyzji dla poszczególnych stanów natury przedstawia się w postaci macierzy wypłat. Jest to macierz o wymiarach  $n \times m$ , której elementami są  $r_{ij}$ . Skutki działania mogą być przedstawione także w innej macierzy o wymiarach  $n \times m$ , której elementami są  $l_{ij}$ . Jest to tzw. macierz potencjalnych strat. Przy tym potencjalna strata jest różnicą między wypłatą możliwą do uzyskania (potencjalna) przy podjęciu decyzji najlepszej dla danego stanu natury a wypłatą uzyskaną w wyniku podjęcia danej decyzji. Określona jest ona według wzoru:

$$l_{ij} = \max_l r_{il} - r_{ij}$$

W przypadku, gdy nie są znane prawdopodobieństwa (ze względu na niemożliwość ich wiarygodnego oszacowania - na przykład w przypadku decyzji strategicznych o bardzo długim horyzoncie czasowym lub ze względu na uproszczenia stosowane przez decydentów), wykorzystywana jest tylko i wyłącznie macierz wypłat lub macierz potencjalnych strat. Omówimy teraz skrótowo (ze względu na to, że są one stosunkowo powszechnie znane) możliwe kryteria stosowane w tym wypadku.

#### 1. Kryterium maksymaksowe.

Oznacza podjęcie tej decyzji, dla której wyrażenie:

$$\max_j r_{ij}$$

osiąga maksimum.

Kryterium to polega na wyznaczeniu dla każdej decyzji maksymalnej wypłaty, a następnie wyborze tego wariantu, dla

którego ta wartość maksymalna jest najwyższa. Kryterium to nazywane bywa "kryterium optymisty", gdyż w przypadku każdej decyzji bierze się pod uwagę jedynie wynik uzyskany w najbardziej sprzyjających warunkach.

## 2. Kryterium maksymalne (kryterium Walda).

Oznacza podjęcie tej decyzji, dla której wyrażenie:

$$\min_j r_{ij}$$

osiąga maksimum.

Kryterium to polega na wyznaczeniu dla każdej decyzji minimalnej wypłaty, a następnie wyborze tego wariantu, dla którego ta wartość minimalna jest najwyższa. Kryterium Walda nazwać można "kryterium pesymisty", ponieważ w przypadku każdej decyzji pod uwagę jest brany wynik uzyskany w najmniej sprzyjającej sytuacji. Jest ono stosowane przez decydentów ostrożnych, przezornych, zabezpiecza przed zbyt wysoką stratą.

## 3. Kryterium Hurwicza.

Oznacza podjęcie tej decyzji, dla której wyrażenie:

$$\alpha \min_j r_{ij} + (1-\alpha) \max_j r_{ij}$$

osiąga maksimum, przy czym:

$\alpha$  - tzw. współczynnik pesymizmu ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ),

$1-\alpha$  - tzw. współczynnik optymizmu.

Kryterium to polega na obliczeniu dla każdej decyzji średniej ważonej minimalnej i maksymalnej wypłaty, przy czym wagami są współczynnik optymizmu i pesymizmu. Im wyższy jest współczynnik pesymizmu (a niższy optymizmu), tym większą wagę przyporządkowuje się wynikowi uzyskanemu w najmniej sprzyjających warunkach. Im niższy jest współczynnik pesymizmu (a wyższy optymizmu), tym większą jest waga wyniku

najlepszego, osiągniętego w najbardziej sprzyjającej sytuacji. Wybiera się oczywiście ten wariant, dla którego średnia ważona jest najwyższa. Kryterium to jest typowe dla decydentów przedsiębiorczych, nie pomijających możliwości uzyskania najlepszych rezultatów.

Współczynniki optymizmu i pesymizmu (a właściwie jeden z nich, bo drugi powstaje przez odjęcie pierwszego od jedności) są określane na podstawie przewidywanego (prognozowanego) stanu otoczenia. Kryterium Hurwicza stanowi uogólnienie omówionych poprzednio dwóch kryteriów. Gdy przyjmiemy, że współczynnik pesymizmu równy jest 1, to otrzymamy kryterium maksyminowe, gdy ten współczynnik równy jest 0 - kryterium maksymalne.

#### 4. Kryterium Savage'a (inaczej: minimaksowe).

Oznacza podjęcie tej decyzji, dla której wyrażenie:

$$\max_j l_{ij}$$

osiąga minimum.

Kryterium to polega na obliczeniu dla każdego stanu natury maksymalnej potencjalnej straty, a następnie wyborze tego wariantu, dla którego ta wartość jest najniższa. Jest to kryterium chętnie stosowane przez decydentów unikających przegranej. Wykorzystuje się tu oczywiście nie macierz wypłat, a macierz potencjalnych strat.

Przedstawione kryteria są racjonalne w tym sensie, że służą osiągnięciu założonego przez decydenta celu. Na przykład pesymista podejmuje takie decyzje, które nawet w najgorszych okolicznościach gwarantują mu najlepsze rezultaty (kryterium maksyminowe). Kryteria te uwzględniają subiektywne cechy decydentów i w konkretnych sytuacjach umożliwiają podejmowanie przez konkretnych decydentów



rozsadnych decyzji.

#### 5. Kryterium Laplace'a.

Często, gdy rozkład prawdopodobieństwa jest nieznan, zakłada się, że wszystkie zdarzenia są jednakowo prawdopodobne. Wtedy otrzymuje się kryterium Laplace'a. Polega ono na wyborze tego wariantu działania, dla którego wyrażenie:

$$\sum_{j=1}^m r_{ij}$$

osiąga maksimum.

Kryterium to oznacza maksymalizację średniej arytmetycznej wypłat. Stosują je często racjonalni decydenci w sytuacji, gdy rozkład prawdopodobieństwa stanów natury jest nieznan.

Jeżeli znane są prawdopodobieństwa wystąpienia różnych stanów natury, stosowane są inne kryteria. Wymienimy trzy spośród nich. Można powiedzieć, że te kryteria uwzględniają niepewność natury, ale nie biorą pod uwagę ryzyka decyzji, a przede wszystkim nie uwzględniają stosunku decydenta do ryzyka.

#### 6. Kryterium maksymalnego prawdopodobieństwa.

Oznacza ono podjęcie takiej decyzji, dla której wyrażenie:

$$r_{il}$$

osiąga maksimum,

przy czym  $l$  jest numerem tego stanu natury, któremu odpowiada największe prawdopodobieństwo. Zakłada się zatem, że wystąpi najbardziej prawdopodobny stan natury i podejmuje decyzję dająca w tej sytuacji najlepszy wynik.

#### 7. Kryterium maksymalizacji wartości oczekiwanej wypłat.

Zwane jest ono również kryterium maksymalizacji oczekiwanej wartości pieniężnej lub kryterium bayesowskim. Oznacza podjęcie takiej decyzji, dla której wyrażenie:

$$\sum_{j=1}^m p_j r_{ij}$$

osiąga maksimum.

Oznacza to, że dla każdego wariantu działania obliczana jest wartość oczekiwana wypłat. Jest to średnia ważona możliwych do uzyskania wyników, przy czym wagami są prawdopodobieństwa wystąpienia określonych stanów natury. Wybierany jest ten wariant działania, dla którego tak obliczona wartość jest najwyższa.

8. Kryterium minimalizacji wartości oczekiwanej strat potencjalnych.

Kryterium wartości oczekiwanej może być przedstawione także w innej wersji, gdy wykorzystuje się macierz potencjalnych strat. Wybiera się taki wariant działania, dla którego wyrażenie:

$$\sum_{j=1}^m p_j l_{ij}$$

osiąga minimum.

Oznacza to, że wybiera się ten wariant działania, który minimalizuje oczekiwane potencjalne straty.

Dwa ostatnie kryteria oparte na wartości oczekiwanej, a także kryterium maksymalnego prawdopodobieństwa, w przeciwieństwie do kryteriów omówionych wcześniej, uwzględniają niepewność. Jednak kryteria oparte na wartości oczekiwanej spotkały się z licznymi zarzutami. Najpoważniejsze z nich podkreślają, że kryteria te mogą być bez zastrzeżeń stosowane tylko wtedy, gdy działa prawo

wielkich liczb, tzn. decyzja jest podejmowana wielokrotnie w identycznej sytuacji decyzyjnej. Ponadto uważa się, że w wielu sytuacjach (np. ubezpieczenia czy hazard) ludzie postępują niezgodnie z tymi kryteriami. Nie uwzględniają one bowiem subiektywnego wartościowania wyników oraz stosunku decydenta do ryzyka.

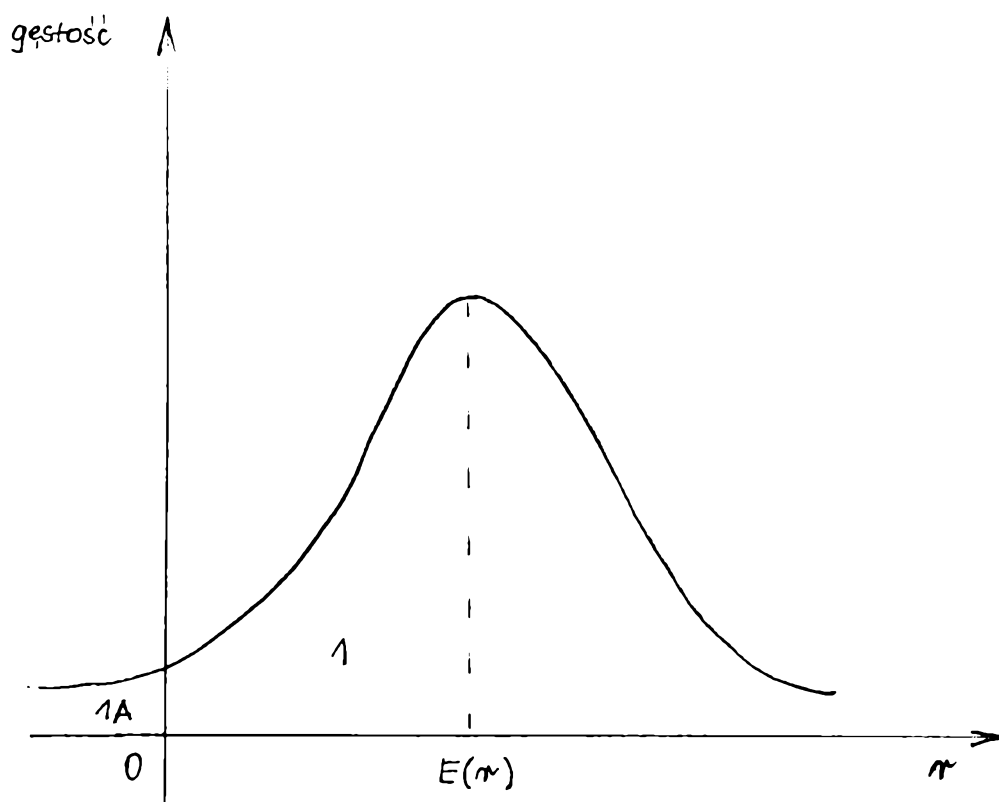
Kryterium, które stosunkowo najlepiej odzwierciedla realne procesy decyzyjne, tzn. uwzględnia zarówno niepewność natury, jak i stosunek decydenta do ryzyka, jest kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Rozważania na temat teorii użyteczności i omówienie tego kryterium zawiera rozdział trzeci.

W sytuacji niepewności możliwe jest również stosowanie pewnych kryteriów decyzyjnych uwzględniających dodatkowe informacje o przyszłości. Jak pisaliśmy wcześniej, dodatkowe informacje zmniejszają niepewność i powinny być oczywiście wykorzystane, należy jednak w każdej sytuacji decyzyjnej sprawdzić, czy koszt zdobycia dodatkowych informacji jest uzasadniony, tzn. nie przekracza związanych z tym korzyści. Kryteria te (por. Moore (1975), Sadowski (1977), Jędrzejczak (1992)) również nie uwzględniają stosunku decydenta do ryzyka, czyli nie całkiem prawidłowo opisują rzeczywiste sytuacje decyzyjne.

### 3. Kryteria podejmowania decyzji z uwzględnieniem ryzyka

#### 3.1. Pomiar ryzyka za pomocą metod statystycznych

Poglądy na temat sposobu pomiaru ryzyka są bardzo zróżnicowane. Ekonomiści najczęściej identyfikują ryzyko jako rozproszenie rozkładu zysków, przy czym zwykle większą uwagę zwracają na zyski mniejsze od zysku oczekiwanego, w tym także na straty. Ilustruje to rysunek 3.1.



Rys. 3.1.

Na rysunku tym przedstawiony jest wykres rozkładu zysku. Jest to rozkład normalny z wartością oczekiwaną równą  $E(r)$ . Inwestor jest zainteresowany uniknięciem zysków niższych od

oczekiwanego (obszar 1 na rysunku), a zwłaszcza uniknięciem strat (obszar 1A na rysunku).

W statystycznej teorii podejmowania decyzji koncepcja mierzenia ryzyka poprzez rozproszenie rozkładu zysków przybiera postać konkretnych miar. Omówimy teraz najważniejsze spośród nich.

Przy tym dla ujednoczenia prezentacji zakładamy będziemy, że rozkład zysku opisywany jest przez  $m$  różnych wartości zysku, oznaczonych przez  $r_i$  ( $i=1, \dots, m$ ), a prawdopodobieństwo osiągnięcia  $i$ -tej możliwej wartości zysku wynosi  $p_i$  ( $i=1, \dots, m$ ). Dla tego rozkładu można wyznaczyć wartość oczekiwaną (będącą oczekiwanym zyskiem), według wzoru:

$$E(r) = \sum_{i=1}^m p_i r_i ,$$

gdzie:

$E(r)$  - wartość oczekiwana zysku.

Na tej wielkości opiera się kryterium maksymalizacji oczekiwanej wartości pieniężnej, przedstawione w poprzednim rozdziale.

Najczęściej stosowane miary ryzyka są następujące.

#### 1. Wariancja i odchylenie standardowe.

Koncepcja ta wywodzi się bezpośrednio z przedstawionej w rozdziale 2 ogólnej definicji ryzyka. Wariancja (ściślej wariancja zysku) obliczana jest według wzoru:

$$V(r) = \sum_{i=1}^m p_i (r_i - E(r))^2 ,$$

gdzie:

$V(r)$  - wariancja zysku (krótko: wariancja).

Z powyższego wzoru wynika, że wariancja jest to wartość

oczekiwana kwadratu różnicy możliwej wartości zysku i wartości oczekiwanej zysku. Im ta różnica jest większa, tym większe jest ryzyko. Jest to najczęściej stosowana miara ryzyka. Na przykład J.M.Keynes (por. Levy i Sarnat (1972,1977)) utożsamia ryzyko z wariancją zysku. Według niego: im większe jest rozproszenie zysku względem przeciętnego poziomu zysku, tym mniej atrakcyjna jest inwestycja.

Jak widać, wariancja wyrażona jest w jednostkach zysku podniesionych do kwadratu. Często zamiast wariancji stosuje się odchylenie standardowe zysku, wyrażone w tych samych jednostkach co zysk, a obliczane według wzoru:

$$s(r) = [V(r)]^{0.5} ,$$

gdzie:

$s(r)$  - odchylenie standardowe zysku (krótko: odchylenie standardowe).

Ze względu na prostotę obliczeń i interpretacji wariancja i odchylenie standardowe to obecnie najczęściej stosowane miary ryzyka.

## 2. Semiwariancja.

Ta miara nawiązuje do poglądów, które utożsamiają ryzyko z możliwością wystąpienia zysków niższych od oczekiwanego, w tym również strat. Semiwariancję oblicza się według wzoru:

$$SV(r) = \sum_{i=1}^m p_i d_i^2 ,$$

gdzie:

$SV(r)$  - semiwariancja,

$$d_i = \begin{cases} r_i - E(r), & \text{gdy } r_i - E(r) < 0 \\ 0, & \text{gdy } r_i - E(r) \geq 0 \end{cases}$$

Jak widać, przy obliczaniu semiwariancji pod uwagę bierze się jedynie ujemne odchylenia od oczekiwanego zysku. Czasem zamiast semiwariancji stosuje się **semiodchylenie standardowe**, obliczane według wzoru:

$$ss(r) = [SV(r)]^{0.5}$$

gdzie:

$ss(r)$  - semiodchylenie standardowe.

Podejście oparte na semiwariancji jest o tyle ważne i przydatne, że w przypadku rzeczywistych decyzji ekonomicznych wysiłki decydentów skierowane są często na unikanie zysku niższego niż przeciętny (w tym również straty), czyli odchyłeń ujemnych. Odchylenia dodatnie (czyli wzrost zysku ponad wartość przeciętną), choć oczywiście pożądane, nie są tak ściśle kontrolowane. Pomiar ryzyka za pomocą semiwariancji stosowany jest zwłaszcza wtedy, gdy istnieją przypuszczenia, że rozkład zysku nie jest symetryczny. Jak wykazały liczne badania (por. np. Koziński (1992)), takie asymetryczne wartościowanie wyników dodatnich i ujemnych jest również prawidłowością psychologiczną.

3. Poziom bezpieczeństwa lub ufności (ang. *lower confidence level*).

Koncepcja ta stanowi formalizację poglądów głoszonych między innymi przez W.J.Baumola. Sadzi on (por. Levy i Sarnat (1972,1977)), że wzrost wariancji sam w sobie nie zawsze oznacza wzrost ryzyka. Podobny pogląd głoszą E.Domar i R.A.Musgrave (por. Levy i Sarnat (1972,1977)). Określają oni ryzyko za pomocą dwóch wielkości: wysokości straty i prawdopodobieństwa straty. Koncentrują zatem uwagę na zysku mniejszym niż przeciętny (oczekiwany) i prawdopodobieństwie

jego wystąpienia. Ich zdaniem, większa wariancja niekoniecznie oznacza większe ryzyko.

W.J.Baumol sugeruje, aby o ryzyku mówić wtedy, gdy istnieje możliwość, że zysk osiągnie bardzo niską wartość. Proponuje on, aby za tę wartość, oznaczoną przez  $L(r)$ , przyjąć wyrażenie:

$$L(r) = E(r) - k s(r) ,$$

gdzie:

$k$  - stała dodatnia, ustalana przez decydenta.

Interpretacja powyższego wyrażenia wynika ze znanej nierówności Czebyszewa:

$$P\{ |(r-E(r))/s(r)| > k \} < 1/k^2 ,$$

gdzie:

$r$  - zysk,

$k$  - stała dodatnia.

Po przekształceniu powyższej nierówności okazuje się, że:

$$P\{r < L(r)\} < 1/k^2$$

Oznacza to, że zdarzenie polegające na osiągnięciu zysku mniejszego od wartości  $L(r)$ , czyli mniejszego o  $k$  odchyłeń standardowych od oczekiwanego zysku, jest zdarzeniem mało prawdopodobnym. Gdy np.  $k=3$ , to prawdopodobieństwo tego zdarzenia jest mniejsze niż  $1/9$ , a gdy  $k=5$ , wówczas jest mniejsze niż  $0.04$ .

Powyższe rozważania prowadzą do miary ryzyka, nazywanej poziomem bezpieczeństwa. Oznaczony jest on przez  $r_b$  i określony relacją:

$$P(r < r_b) = \alpha ,$$

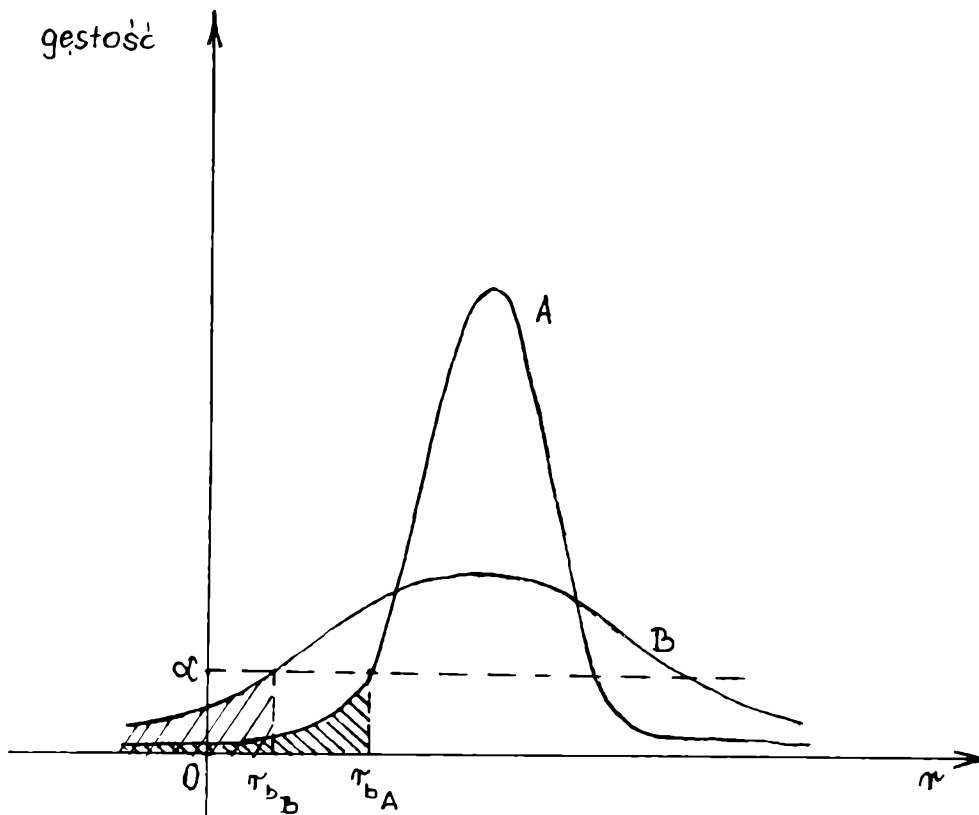


gdzie:

$\alpha$  - wartość prawdopodobieństwa bliska 0, np. 0.05; oznacza ona prawdopodobieństwo osiągnięcia zysku mniejszego niż poziom bezpieczeństwa.

Jest to zatem taka wartość, że prawdopodobieństwo nie osiągnięcia jej jest bliskie zeru. Jak widać, w powyższym wzorze  $r_b$  odpowiada wartości  $L(r)$ , proponowanej przez Baumola. Przy tym oczywiście im mniejsza wartość  $r_b$ , tym większe ryzyko.

Ilustracje poziomu bezpieczeństwa przedstawia rysunek 3.2.



Rys. 3.2.

Na rysunku tym przedstawione są dwa rozkłady zysku. Dla obu zaznaczone są powierzchnie pod krzywymi gęstości odpowiadające ustalonemu prawdopodobieństwu  $\alpha$  (powierzchnie

te są zatem równe). Jak widać, rozkład oznaczony przez  $A$  ma wyższy próg bezpieczeństwa, a zatem odpowiada mu mniejsze ryzyko.

Podejście oparte na poziomie bezpieczeństwa stosowane jest w wielu realnych problemach decyzyjnych, zwłaszcza w sytuacji zagrożenia. Wysiłki decydentów koncentrują się na tym, aby poziom bezpieczeństwa (określony w odniesieniu do zysku) był jak najwyższy. Poziom bezpieczeństwa jest to taka wartość zysku, że osiągnięcie wartości niższej od niej jest mało prawdopodobne. Takie traktowanie ryzyka jest typowe w przypadku strategii zorientowanych na przetrwanie.

#### 4. Prawdopodobieństwo nie osiągnięcia poziomu aspiracji (ang. *aspiration level*).

Zgodnie z tym kryterium ryzyko interpretowane jest jako prawdopodobieństwo tego, że zysk spadnie poniżej poziomu ustalonego przez decydenta, zwanego poziomem aspiracji. Poziom aspiracji jest wielkością subiektywną, zależną od sytuacji decyzyjnej oraz aspiracji decydenta. Miara ryzyka jest tutaj prawdopodobieństwo nie osiągnięcia poziomu aspiracji. Ta miara ryzyka jest zatem (w przeciwieństwie do poprzednio przedstawionych koncepcji) wyrażona nie w kategoriach zysku, lecz w kategoriach prawdopodobieństwa.

Prawdopodobieństwo nie osiągnięcia poziomu aspiracji oznacza się przez  $P_a$  i określa według wzoru:

$$P_a = P(r < r_a) ,$$

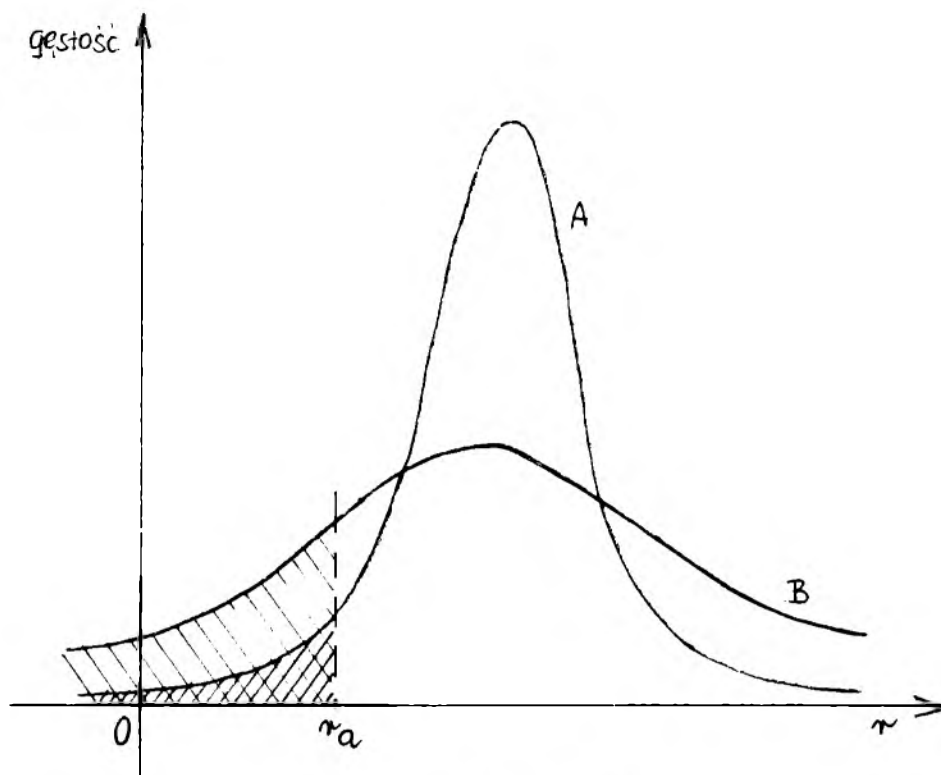
gdzie:

$r$  - osiągnięty zysk,

$r_a$  - zysk wyrażający poziom aspiracji.

Przy tym im wyższe jest prawdopodobieństwo  $P_a$ , tym większe jest ryzyko.

Ilustracje tej miary ryzyka przedstawia rysunek 3.3.



Rys. 3.3.

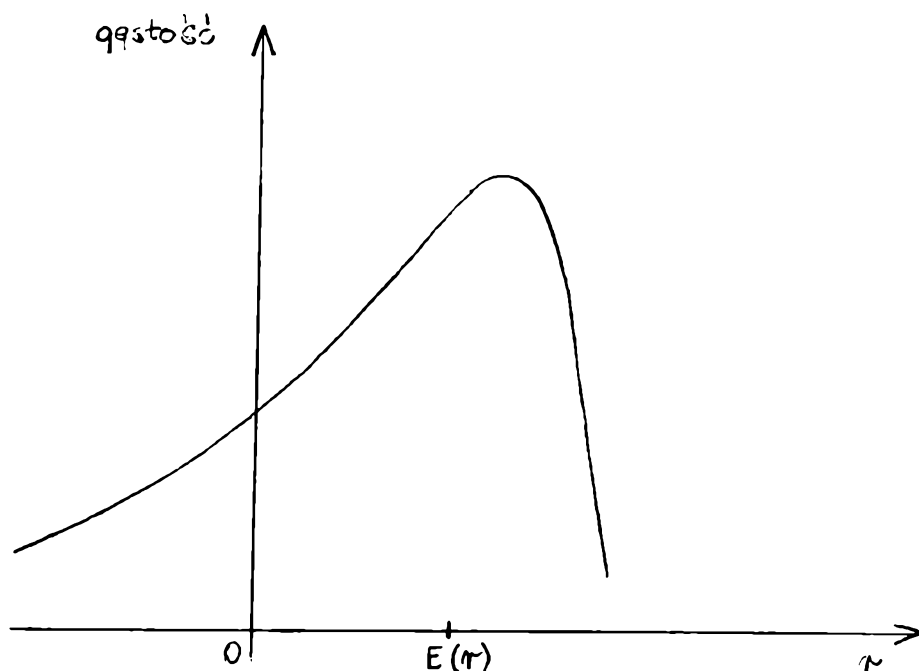
Przedstawione są na nim dwa rozkłady zysku. Na rysunku zaznaczony jest ustalony przez decydenta poziom aspiracji. Jak widać, rozkładowi oznaczonemu przez A odpowiada mniejsze ryzyko, gdyż zaznaczona powierzchnia pod krzywą gęstości jest mniejsza.

Porównując powyższą koncepcję z koncepcją wykorzystującą poziom bezpieczeństwa widać podstawową różnicę między nimi. Tkwi ona w tym, że w koncepcji opartej na poziomie ufności ustala się prawdopodobieństwo (bliskie zera) nie osiągnięcia pewnego poziomu bezpieczeństwa i maksymalizuje się ten poziom, natomiast w koncepcji opartej na poziomie aspiracji ustala się poziom (aspiracji), a minimalizuje się prawdopodobieństwo nie osiągnięcia tego poziomu. Inna

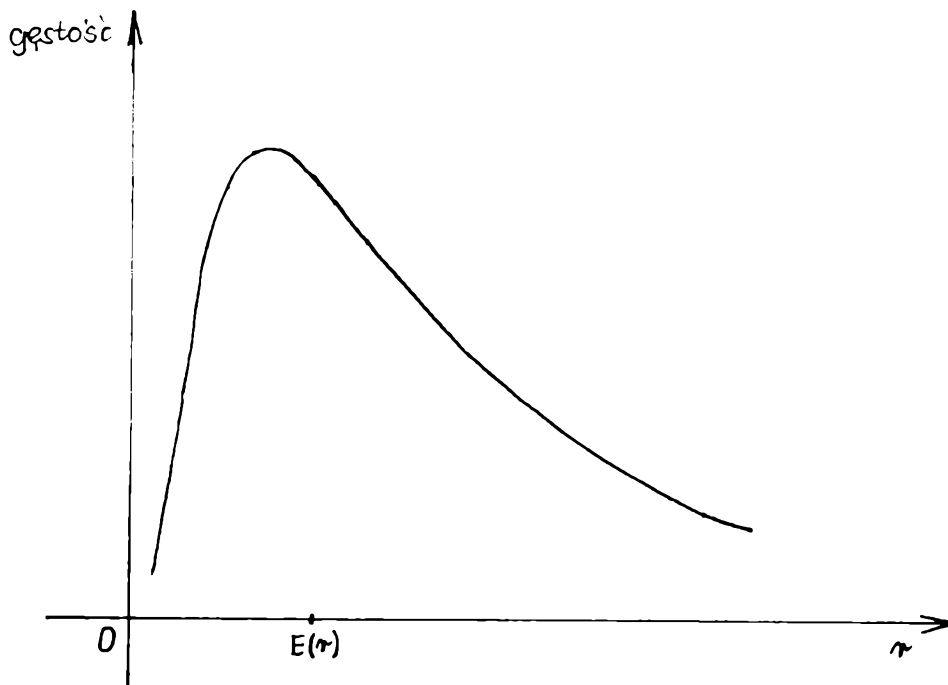
różnica wynika z faktu, że w przypadku większości decydentów poziom bezpieczeństwa jest z reguły niższy niż poziom aspiracji.

W literaturze (por. np. Levy i Sarnat (1977)) opisano także inne koncepcje mierzenia ryzyka, od bardzo prostych (np. ryzyko mierzone rozstępem, czyli różnica między maksymalnym a minimalnym możliwym zyskiem), do bardziej skomplikowanych, na przykład koncepcji wykorzystującej pojęcie entropii. Ich omówienie pomijamy, ze względu na mniejsze znaczenie aplikacyjne. Przedstawione są one także w pracy Eltona i Grubera (1991).

Oprócz ryzyka (mierzonego rozproszeniem rozkładu zysku) czasem rozpatruje się również problem skośności (ang. *skewness*) rozkładu zysku. Na przykład J.M. Keynes zwraca uwagę, że jeżeli rozkład zysków nie jest symetryczny, należałoby rozważać także jego skośność. Problem skośności ilustrują rysunki 3.4 i 3.5.



Rys. 3.4.



Rys. 3.5.

Na obu rysunkach przedstawiony jest rozkład zysku. W obu przypadkach wartość oczekiwana zysku jest taka sama, podobnie jak i wariancja. Oznacza to taki sam zysk i takie samo ryzyko dla obu wariantów. Widać jednak, że w przypadku rozkładu na rysunku 3.4 istnieje możliwość osiągnięcia wysokich strat, a możliwe do osiągnięcia zyski w najlepszym przypadku nie są dużo wyższe od oczekiwanego zysku. Z kolei w przypadku rozkładu na rysunku 3.5 istnieje możliwość osiągnięcia wysokich zysków, a w najgorszym przypadku możliwe zyski nie są dużo niższe od oczekiwanego zysku. Wynika z tego, że należałoby preferować wariant o rozkładzie przedstawionym na rysunku 3.5. Jest to rozkład prawostronnie skośny, dla którego współczynnik skośności jest dodatni. Z kolei rozkład na rysunku 3.4 jest rozkładem lewostronnie skośnym, dla którego współczynnik skośności jest ujemny.

Z powyższych rozważań wynika, że w sytuacji asymetrycznego rozkładu zysku przy rozpatrywaniu ryzyka

należałoby uwzględnić również współczynnik skośności. Prowadzi to do konieczności stosowania bardziej skomplikowanych narzędzi formalnych (por. np. Francis i Archer (1979)). Problemem tym w pracy nie będziemy się zajmować.

W dalszych rozważaniach jako miary ryzyka używać będziemy odchylenia standardowego (lub ewentualnie wariancji), które dominuje jako miara ryzyka w teorii podejmowania decyzji.

Jak już wspomniano w tej pracy, podejmowanie decyzji w warunkach niepewności musi uwzględniać prawidłowy sposób obliczania efektów decyzji oraz ryzyka z nią związanego. Zastosowanie metod statystycznych umożliwia obliczenie obu wielkości (tzn. wartości oczekiwanej zysku oraz ryzyka) niezbędnych do podjęcia decyzji.

Można zatem zaproponować pewne kryteria decyzyjne, które biorą pod uwagę zarówno wynik działania, jak i ryzyko. Idealne byłoby kryterium jednoczesnego maksymalizowania zysku i minimalizowania ryzyka. W praktyce takie postępowanie oczywiście jest niezwykle trudne. Na ogół bowiem z większym zyskiem wiąże się większe ryzyko. Dlatego można zaproponować pewne kryteria kompromisowe. Kryteria te podzielimy na trzy grupy:

- kryteria maksymalizacji zysku przy danym poziomie ryzyka,
- kryteria minimalizacji ryzyka przy danym poziomie zysku,
- kryteria łączne uwzględniające maksymalizację zysku i minimalizację ryzyka.

Grupa pierwsza odnosi się do sytuacji, w której przy danym poziomie ryzyka (mierzonego jednym ze sposobów przedstawionych powyżej) maksymalizuje się wartość

oczekiwana zysku. Oznacza to, że spośród rozważanych wariantów o identycznym poziomie ryzyka wybiera się ten, w którym oczekiwany efekt jest maksymalny. Mamy tu zatem do czynienia z optymalizacją warunkową.

Do tej grupy zalicza się kryterium Telsera (por. Elton i Gruber (1991)), występujące czasem przy tworzeniu portfela papierów wartościowych. Przy zastosowaniu tego kryterium otrzymujemy następujące zadanie optymalizacyjne:  
zmaksymalizować

$$E(r)$$

przy warunku

$$P(r < r_b) < \alpha .$$

Jak widać, jest to zadanie maksymalizowania zysku przy poziomie ryzyka nie większym niż określony poziom bezpieczeństwa.

Grupa druga to metody minimalizujące ryzyko związane z uzyskaniem określonego (satysfakcjonującego lub bezpiecznego) zysku. Oznacza to, że spośród dostępnych wariantów działania zapewniających jednakowy oczekiwany zysk wybiera się ten, z którym związane jest najmniejsze ryzyko. Jest to również zagadnienie optymalizacji warunkowej.

Do grupy tej można zaliczyć kryterium Kataoki (por. Elton i Gruber (1991)), proponowane czasem przy tworzeniu portfela papierów wartościowych. Przy zastosowaniu tego kryterium otrzymujemy następujące zadanie optymalizacyjne:  
zmaksymalizować

$$r_a$$

przy warunku

$$P(r < r_a) < \alpha .$$

Jak widać, jako miara ryzyka stosowane jest tutaj prawdopodobieństwo nie osiągnięcia poziomu aspiracji, które jest ustalone (nie większe niż  $\alpha$ ). Z kolei maksymalizuje się sam poziom aspiracji, który odzwierciedla zysk.

Przedstawione kryteria traktują każdą z wielkości (zysk i ryzyko) oddzielnie, decydujący wpływ na wybór kryterium ma sytuacja konkretnego decydenta (lub jego firmy). Ustala się wartość tej spośród dwóch wielkości (zysku i ryzyka), która z różnych względów powinna być uzyskana.

Do obu grup zaliczyć można kryterium zaproponowane przez Harry Markowitza, laureata Nagrody Nobla z ekonomii w 1990 roku. Kryterium to, znane w literaturze (por. Levy i Sarnat (1972)) pod nazwą kryterium Markowitza, zaleca wybór wariantu (projektu lub portfela) w oparciu o analizę wartości oczekiwanej zysku i wariancji zysku (ang. *mean-variance criterion*). Reguła Markowitza może być stosowana w dwóch wersjach:

1. Spośród rozważanych wariantów różniących się wyłącznie oczekiwanym zyskiem (poziom ryzyka jest ustalony), wybieramy ten, w którym oczekiwany zysk jest maksymalny.
2. Z badanych wariantów o jednakowym poziomie zysku wybieramy ten, z którym wiąże się najmniejsze ryzyko.

Grupa trzecia to metody, w których obie wielkości (oczekiwany zysk i ryzyko) traktuje się łącznie. Tworzy się kryterium będące funkcją oczekiwanego zysku i ryzyka. Mamy tu zatem do czynienia z optymalizacją bezwarunkową.

Do grupy tej zalicza się współczynnik zmienności (ang. *coefficient of variation*). Współczynnik ten wskazuje, ile ryzyka przypada na jednostkę oczekiwanego zysku. Oblicza się go zgodnie z następującym wzorem:



$$CV(r) = s(r)/E(r) ,$$

gdzie:

$CV(r)$  - współczynnik zmienności.

Wybierany jest oczywiście ten wariant, który wiąże się z najmniejszym ryzykiem przypadającym na jednostkę zysku, tzn. minimalizuje się współczynnik zmienności.

Dodajmy, że w każdej z powyżej opisanych grup można wyróżnić co najmniej kilka różnych kryteriów, gdyż ryzyko (a także oczekiwany zysk) można mierzyć różnymi sposobami. Jako przykłady podaliśmy jedynie te, które opisano w literaturze.

Należy zauważyć, że wszystkie przedstawione propozycje uwzględniają ryzyko wynikające z niepewności natury. Nie uwzględniają natomiast stosunku decydenta do ryzyka, tzn. zakładają, że wszyscy decydenci posługują się identyczną, obiektywną skalą wartości, a na wybór wpływają wyłącznie okoliczności zewnętrzne.

Tymczasem w rzeczywistości w identycznej sytuacji różni decydenci podejmują różne decyzje. Omówione w poprzednim rozdziale kryteria decyzyjne niezbyt adekwatnie opisują realne procesy decyzyjne, bowiem nie wszystkie w wystarczającym stopniu uwzględniają indywidualny stosunek decydenta do ryzyka.

W związku z powyższym pojawiła się potrzeba stworzenia kryteriów podejmowania decyzji, które z jednej strony uwzględniają niepewność natury, z drugiej strony uwzględniają stosunek decydenta do ryzyka, tzn. jego skłonność do podejmowania ryzykownych decyzji. Takim jest kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Przedstawimy je w następnych podrozdziałach.

### 3.2. Idea teorii użyteczności

Poszukiwania kryteriów decyzyjnych dobrze opisujących realne procesy decyzyjne w warunkach niepewności prowadzi się co najmniej od czasów Bernoulliego. Najstarszym dowodem na to, że ludzie w swych wyborach nie zawsze kierują się zasadą maksymalizacji oczekiwanej wartości pieniężnej (w szczególności wartości oczekiwanej zysku) jest paradoks petersburski.

Rozważa się w nim grę polegającą na rzucie monetą, przy czym rzuca się do momentu pojawienia się reszki. Wygrana w tej grze wynosi  $2^n$  dukatów, gdzie  $n$  oznacza liczbę wykonanych rzutów. Jeśli zatem za pierwszym razem wypadnie reszka, wygrana wynosi 2 dukaty, jeżeli za drugim, to 4 dukaty, jeżeli za trzecim, to 8 dukatów itd. Pojawia się w związku z tym pytanie: jaka jest oczekiwana wygrana w tej grze, tzn. ile powinien zapłacić gracz za udział w grze, aby była to gra sprawiedliwa?

Okazuje się, że wygrana (tzn. wartość oczekiwana gry), oznaczona przez  $E(G)$ , w tej grze ma wartość nieskończona, gdyż:

$$E(G) = 1/2 \cdot 1 + 1/4 \cdot 2 + 1/8 \cdot 4 + 1/16 \cdot 8 + \dots =$$

$$1/2 + 1/2 + 1/2 + 1/2 + \dots = \infty .$$

Oznacza to, że gracz posługujący się zasadą maksymalizacji wartości oczekiwanej powinien być skłonny zapłacić za udział w grze każdą stawkę, ponieważ różnica między wygraną a ceną udziału w grze jest nieskończona. Okazuje się jednak, że prawie nikt nie jest skłonny grać wysoko. Jak wykazały badania (przeprowadzone współcześnie w grupie studentów amerykańskich), maksymalne stawki w takiej

grze nie przekraczają kwoty kilku dolarów (dukatów) (por. Koziński (1977), Arrow (1979)).

Ten właśnie paradoks - niskie stawki w grze o nieskończonej wygranej - doprowadził Daniela Bernoulliego już w 1738 roku do sformułowania zasady maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Zgodnie z tą zasadą człowiek dąży do maksymalizacji pewnej subiektywnej korzyści (zwanej powszechnie użytecznością, a także satysfakcją, wartością relatywną, a czasem nawet "ekonomiczną miarą szczęścia"). Jest ona ściśle związana z preferencjami decydenta, sytuacją, w której się znajduje, motywacjami, stosunkiem do ryzyka, a więc głównie czynnikami natury psychologicznej.

Idea maksymalizacji oczekiwanej użyteczności wiąże się z filozofią utilitaryzmu, zgodnie z którą ludzie w swych działaniach są egoistyczni, a preferencje pozwalają im wybierać działania maksymalizujące poczucie szczęścia i dobrobytu, tzn. użyteczność (por. np. Lucas (1992), Becker (1990)). Jest to koncepcja teoretyczna, ale pozwala wyjaśnić wiele zachowań w dziedzinie ekonomii. Osoba racjonalna potrafi uporządkować swe preferencje i wybierać działania maksymalizujące użyteczność, nie tylko w sferze zachowań ściśle ekonomicznych, ale także tych, które z pozoru odległe są od jakichkolwiek kalkulacji (por. Becker (1990)).

Nowoczesny, sformalizowany wykład teorii użyteczności przedstawili w 1947 J.von Neumann i O.Morgenstern. Przedstawimy teraz w dużym skrócie podstawy tej teorii.

W tym celu rozważymy trzy możliwe wyniki podjętych decyzji, oznaczone przez  $r_1, r_2, r_3$ . Zakłada się, że decydent potrafi uporządkować wyniki w taki sposób, że  $r_1 > r_2 > r_3$ , tzn. wynikiem najbardziej pożądanym jest  $r_1$ , a najmniej pożądanym

jest wynik  $r_2$ .

Decydent staje przed możliwością wyboru:

1. Uzyskanie wyniku  $r_2$  z pewnością.
2. Wzięcie udziału w grze (loterii), w której prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $r_1$  wynosi  $p$ , a uzyskania wyniku  $r_2$  wynosi  $1-p$ . Loterie tę oznacza się jako  $(r_1, p, r_2)$ .

Postępowanie decydenta w tej sytuacji zależy oczywiście od wartości  $p$ . Dla  $p$  bliskiego 1 decydent wybierze loterię. Oznacza to bowiem bliskie pewności otrzymanie najbardziej pożądanej wartości  $r_1$ . Gdy z kolei  $p$  jest bliskie 0, decydent oczywiście odrzuci loterię. Istnieje jednak taka wartość  $p$ , że oba warianty decydent traktuje równoważnie, tzn. jest obojętny, jeśli chodzi o wybór.

Kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności oznacza wybór przez decydenta tego spośród dwóch wariantów, który ma wyższą oczekiwaną użyteczność. Oczekiwana użyteczność jest to po prostu wartość oczekiwana użyteczności.

Oznaczmy użyteczność wyniku  $r$  przez  $u(r)$ . W opisanej wyżej sytuacji decyzyjnej oczekiwana użyteczność pierwszego wariantu jest równa  $u(r_2)$ . Z kolei oczekiwana użyteczność drugiego wariantu wynosi:

$$p u(r_1) + (1-p) u(r_2)$$

Jeśli przyjmiemy dla uproszczenia, że użyteczność zawiera się w przedziale  $[0;1]$ , wtedy  $u(r_1)=1$  i  $u(r_2)=0$ , a oczekiwana użyteczność drugiego wariantu wynosi  $p$ .

Widać zatem, że prawdopodobieństwo  $p$ , w przypadku którego decydent tak samo ceni wynik  $r_2$ , jak wynik loterii  $(r_1, p, r_2)$ , jest względną miarą użyteczności wyniku  $r_2$  (wynik  $r_2$  nazywany jest także równoważnikiem pewności tej loterii).

Należy zwrócić uwagę, że jest to miara behawioralna, ponieważ decydent sam dokonuje wyboru. Miara ta uwzględnia zatem również stosunek decydenta do ryzyka.

W literaturze polskiej obszerne przedstawienie teorii użyteczności znajduje się wyłącznie w literaturze z zakresu psychologii decyzji (por. Koziński (1977), Coombs, Dawes i Tversky (1977)). Teoria użyteczności opiera się na następujących aksjomatach (por. Francis i Archer (1979)):

1. Ludzie mają stałe preferencje. W przypadku konieczności wyboru między dwoma wynikami  $r_1$  i  $r_2$ , decydent:

- albo wybiera  $r_1$ , tzn.  $u(r_1) > u(r_2)$ ,

- albo jest obojętny co do wyboru między  $r_1$  i  $r_2$ , tzn.  $u(r_1) = u(r_2)$ ,

- albo wybiera  $r_2$ , tzn.  $u(r_1) < u(r_2)$ .

2. Zachodzi przechodność wyboru, tzn. jeżeli  $r_1$  jest preferowane w stosunku do  $r_2$  i  $r_2$  jest preferowane w stosunku do  $r_3$ , to  $r_1$  jest preferowane w stosunku do  $r_3$ .

3. Wyniki, których użyteczność jest równa, są tak samo pożądane, tzn. jeżeli  $u(r_1) = u(r_3)$  i  $u(r_1) > u(r_2)$ , to  $u(r_3) > u(r_2)$ .

4. Jeżeli  $u(r_1) > u(r_2)$  i  $u(r_2) > u(r_3)$ , to istnieje loteria łącząca  $r_1$  i  $r_3$ , mająca taką samą oczekiwaną użyteczność jak  $r_2$ , tzn.:

$$p u(r_1) + (1-p) u(r_3) = u(r_2) ,$$

gdzie:

$p$  - prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $r_1$ ,

$1-p$  - prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $r_3$ .

5. Jeżeli wyniki są uporządkowane, to dodanie do każdego z nich pewnej wielkości, nie związanej z nimi, nie zmienia uporządkowania. Oznacza to, że jeżeli  $u(r_1) > u(r_2)$ , a  $r_3$  jest

pewna wielkością nie związana z  $r_1$  i z  $r_2$ , to:

$$u(r_1+r_2) > u(r_2+r_1) ,$$

6. Użyteczność decyzji jest równa oczekiwanej użyteczności wyników możliwych do otrzymania w efekcie tej decyzji. Jeżeli efektem decyzji może być m różnych wyników, to oczekiwana użyteczność oblicza się według wzoru:

$$E(u) = \sum_{i=1}^m p(r_i) u(r_i) ,$$

gdzie:

$p(r_i)$  - prawdopodobieństwo uzyskania wyniku  $r_i$ ,

$u(r_i)$  - użyteczność wyniku  $r_i$ .

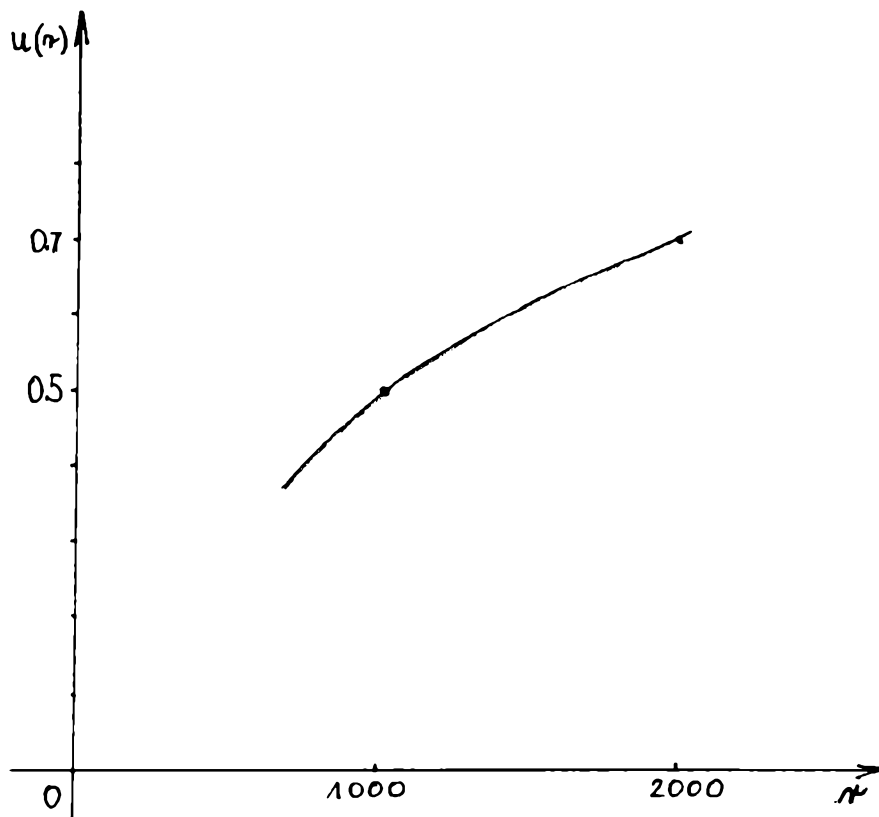
Kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności polega na wyborze wariantu, dla którego oczekiwana użyteczność  $E(u)$  jest maksymalna.

W dotychczasowych rozważaniach mówiliśmy o użyteczności wyników decyzji. W ekonomii najczęściej rozpatruje się użyteczność bogactwa (ang. *utility of wealth*), w której użyteczności przyporządkowane są wartościom bogactwa. W dalszej części rozpatrywać będziemy użyteczność zysku (ang. *utility of return*). Poprawność takiego podejścia uzasadniają na przykład Francis i Archer (1979).

### 3.3. Funkcje użyteczności i ich własności

Do zastosowania kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności konieczna jest znajomość funkcji użyteczności, tzn. funkcji przyporządkującej różnym możliwym wynikom (np. różnym wartościom zysku) różne użyteczności. Oczywiście każdy człowiek, w szczególności każdy decydent, ma "swoją

własna" funkcje użyteczności zysku. Przykład funkcji użyteczności zawiera rysunek 3.6.



Rys. 3.6.

Na rysunku tym przedstawiona jest funkcja użyteczności zysku pewnego decydenta. Funkcja ta wartościom pieniężnym zysku przyporządkowuje użyteczności, np.  $u(1000)=0.5$ ,  $u(2000)=0.7$ .

Jakkolwiek każdy decydent ma inną funkcję użyteczności, można mówić o pewnych własnościach wspólnych dla funkcji użyteczności większości decydentów (por. Elton i Gruber (1991), Moore (1975), Arrow (1979)).

Pierwsza własność wiąże się z tym, że wzrost zysku powoduje wzrost użyteczności. Gdyby było inaczej, wówczas ludzie woleliby być biedni niż bogaci. Jak zauważa Galbraith (1979), człowiek jest taką istotą, która zawsze

chce mieć choć trochę więcej pieniędzy niż już posiada. Jeżeli  $r$  oznacza zysk, a  $u(r)$  użyteczność zysku, to własność tę zapisać można następująco:

$$u(r) < u(r+d) ,$$

gdzie  $d > 0$ .

Oznacza to, że funkcja użyteczności zysku jest funkcją rosnącą, czyli pierwsza pochodna funkcji użyteczności jest dodatnia:

$$u'(r) > 0 ,$$

gdzie:

$u'(r)$  - pierwsza pochodna funkcji użyteczności.

Druga własność funkcji użyteczności dotyczy jej zmienności. Okazuje się, że najczęściej jest tak, że w miarę wzrostu zysku te same jego przyrosty powodują coraz mniejsze przyrosty użyteczności  $u(r)$ , tzn. przyrost użyteczności jest malejąca funkcją zysku. Występuje tu prawo malejącej krańcowej użyteczności. Oznacza to, że funkcja użyteczności zysku jest wklęsła, czyli druga pochodna funkcji użyteczności jest ujemna:

$$u''(r) < 0 ,$$

gdzie:

$u''(r)$  - druga pochodna funkcji użyteczności.

Ta własność jest ściśle związana ze stosunkiem decydenta do ryzyka. Zgodnie z prawem malejącej krańcowej użyteczności każdy powinien odczuwać niechęć do podejmowania działań ryzykownych, tak też jest najczęściej w przypadku decyzji ekonomicznych. Jak pisze Arrow (1979), od czasów D.Bernoulliego zwykło się dowodzić, że jednostki wykazują awersję (niechęć) do ryzyka i że taka właśnie postawa



tłumaczy wiele z pozoru "dziwnych" (nieracjonalnych) zachowań ekonomicznych (np. ubezpieczenia, czy trzymanie bezpłodnej - według Arystotelesa - gotówki).

Jednak w wielu sytuacjach (hazard, sport, niektóre formy rekreacji, a nawet niektóre decyzje ekonomiczne - zwłaszcza w sytuacji ekstremalnego zagrożenia lub posiadania pewnych, ale poufnych informacji) zachowania świadczą o obojętności wobec ryzyka, albo wręcz o skłonności do ryzyka. Różne postawy wobec ryzyka, ich wpływ na przebieg funkcji użyteczności oraz metody pomiaru awersji do ryzyka przedstawimy w dalszej części rozdziału.

Jest szereg funkcji spełniających wymagania stawiane funkcji użyteczności rozsądnego decydenta. Najczęściej przyjmuje się jeden z trzech rodzajów funkcji użyteczności: kwadratowa, logarytmiczna oraz potęgowa, a zwłaszcza szczególny przypadek tej ostatniej, pierwiastkowa. Dokonamy teraz ich szczegółowego przedstawienia.

#### 1. Kwadratowa funkcja użyteczności.

Jest to funkcja następującej postaci:

$$u(r) = br - ar^2 ,$$

gdzie:

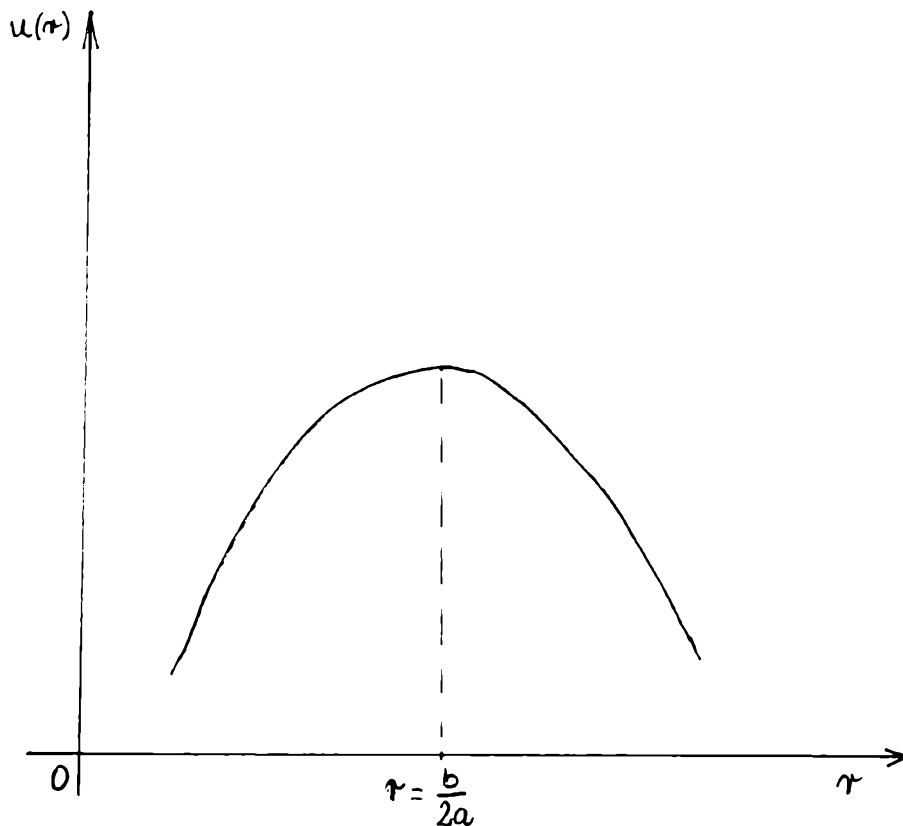
$a, b > 0$ .

Przedstawiona jest ona na rysunku 3.7.

Pochodne tej funkcji użyteczności są następujące:

$$u'(r) = b - 2ar; u''(r) = -2a .$$

Ponieważ druga pochodna jest ujemna, oznacza to wklęsłą postać funkcji użyteczności, czyli funkcjonowanie prawa malejącej krańcowej użyteczności.



Rys. 3.7.

Rozpatrzmy teraz pierwszą pochodną. Wcześniej wskazywaliśmy, że pierwsza pochodna funkcji użyteczności powinna być dodatnia, gdyż wraz ze wzrostem zysku inwestora rośnie jego użyteczność. W przypadku kwadratowej funkcji użyteczności pierwsza pochodna jest dodatnia, gdy:

$$r < b/2a$$

Jak widać, funkcja ta rośnie tylko do momentu, gdy zysk osiąga wartość  $b/2a$  (na rysunku odpowiada jej punkt A). Po przekroczeniu tej wartości występuje tzw. syndrom Midasa: wzrost zysku powoduje spadek użyteczności. Fakt ten powoduje, że kwestionuje się przydatność funkcji kwadratowej w teorii użyteczności.

Można jednak założyć, że inwestor zazwyczaj nie osiągnął zysku powodującego wystąpienie syndromu Midasa, tzn. znajduje się w przedziale zysku  $[0; b/2a]$ . Przy takim

założeniu kwadratowa funkcja użyteczności może być z powodzeniem stosowana.

Dowodzi się (por. Francis i Archer (1979)), że w przypadku funkcji kwadratowej oczekiwana użyteczność zależy od jedynie od dwóch wartości, mianowicie od oczekiwanego zysku  $E(r)$  i od ryzyka, mierzonego za pomocą odchylenia standardowego  $s(r)$ . Oznacza to, że racjonalnie zachowujący się decydent (tzn. odczuwający awersję do ryzyka, a jednocześnie lubiący duży zysk) powinien podejmować takie decyzje, które minimalizują ryzyko przy danym poziomie oczekiwanego zysku, lub przy danym poziomie ryzyka maksymalizują oczekiwany zysk. W takiej sytuacji stosuje się kryteria przedstawione w poprzednim podrozdziale. Oznacza to również, że do analizy zachowania decydenta wykorzystać można tzw. krzywe obojętności (omówimy je w dalszej części tego rozdziału).

## 2. Pierwiastkowa funkcja użyteczności.

Inna funkcja użyteczności jest funkcja pierwiastkowa. Stosował ją już G.Cramer, który podał ją w liście do D.Bernoulliego, w którym to liście zamieścił rozwiązanie paradoksu petersburskiego. Ma ona następującą postać:

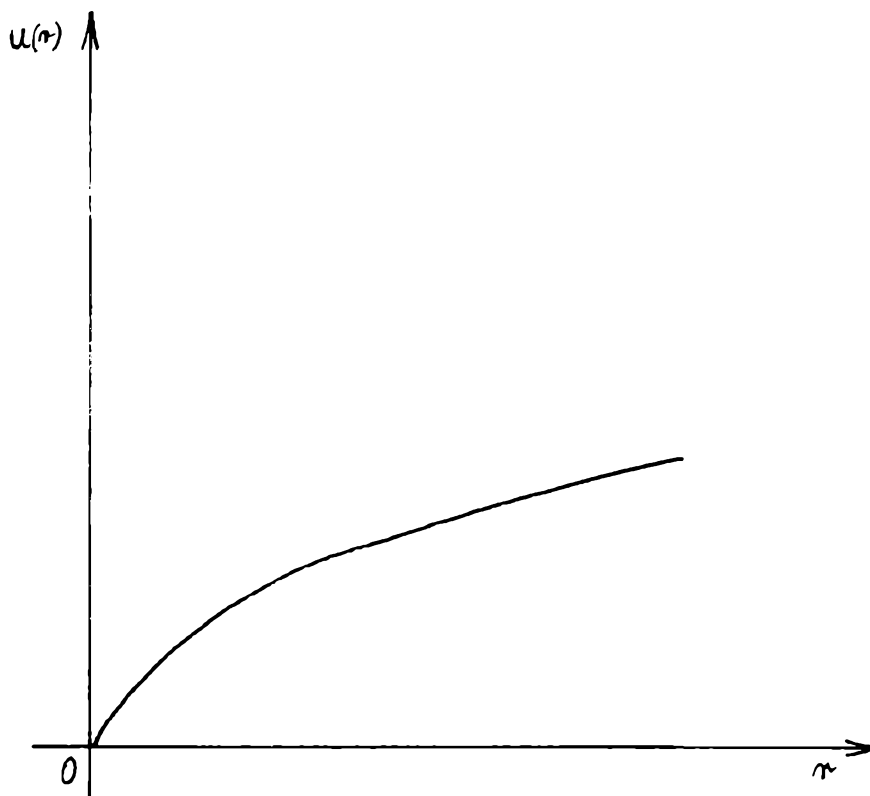
$$u(r) = r^{0.5}$$

Funkcja ta przedstawiona jest na rysunku 3.8.

Pochodne tej funkcji użyteczności są równe:

$$u'(r) = 0.5/r^{0.5}; \quad u''(r) = -0.25/r^{1.5}$$

Jak widać, pierwsza pochodna jest dodatnia, a druga ujemna, co oznacza, że inwestor o pierwiastkowej funkcji użyteczności charakteryzuje się wzrostem użyteczności w miarę wzrostu zysku i malejącą krańcową użytecznością.



Rys. 3.8.

### 3. Logarytmiczna funkcja użyteczności.

Pewna wersje tej funkcji stosował już D. Bernoulli do rozwiązania paradoksu petersburskiego. Postać tej funkcji jest następująca:

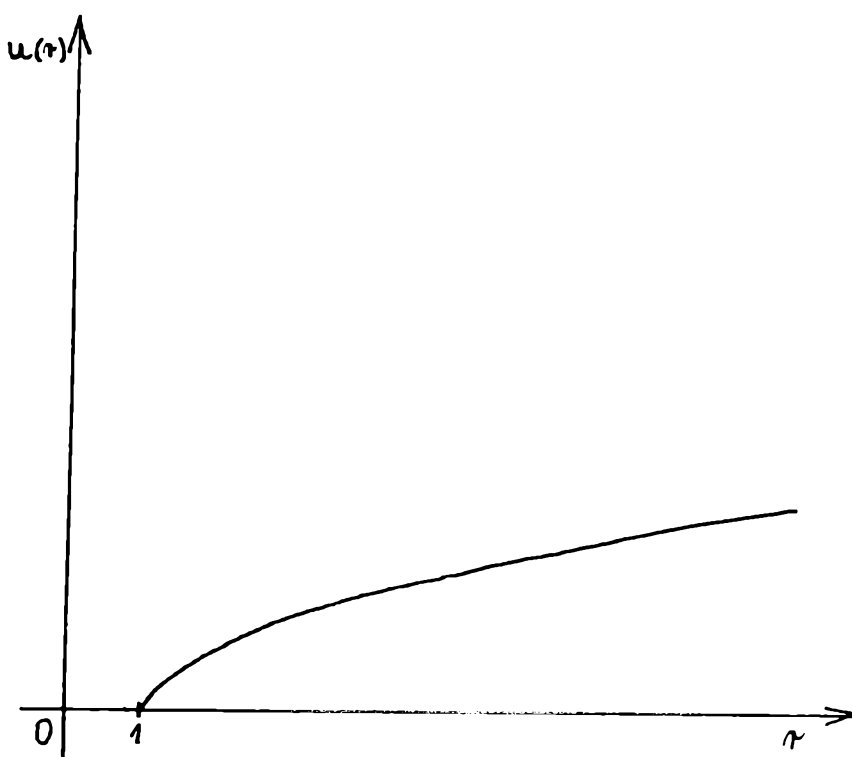
$$u(r) = \ln(r)$$

Przedstawiona jest ona na rysunku 3.9.

Pochodne logarytmicznej funkcji użyteczności są równe:

$$u'(r) = 1/r; \quad u''(r) = -1/r^2$$

Jak widać, pierwsza pochodna jest dodatnia, a druga ujemna, co oznacza, że inwestor o logarytmicznej funkcji użyteczności charakteryzuje się wzrostem użyteczności w miarę wzrostu zysku i malejącą krańcową użytecznością.



Rys. 3.9.

Postać funkcji użyteczności konkretnego decydenta zdeterminowana jest jego zachowaniem w warunkach niepewności, tzn. stosunkiem do ryzyka i wartościowaniem wyników. Teoretycznie możliwe są trzy postawy decydenta wobec ryzyka związanego z działaniem w warunkach niepewności:

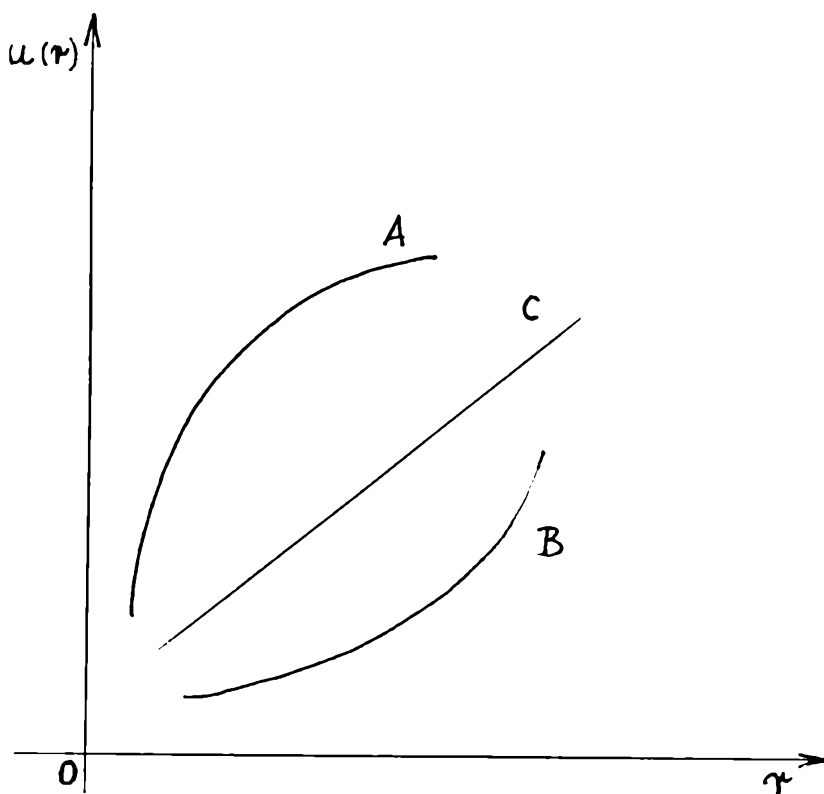
- awersja (niechęć) do ryzyka (ang. *risk-averse decision maker*),
- obojętność wobec ryzyka (ang. *risk-neutral decision maker*),
- skłonność do ryzyka (ang. *risk-seeking decision maker*).

Jak wspomniano wcześniej, zgodnie z prawem malejącej krańcowej użyteczności, dla zachowań ekonomicznych typowa jest awersja do ryzyka.

Awersja do ryzyka (por. np. Douglas (1987)) definiowana

jest jako poczucie braku komfortu psychicznego (ang. *disutility, dissatisfaction*) w sytuacji niepewności. Nie oznacza to, że ryzyko nie jest akceptowane *per se*, ale to, że wymagana jest odpowiednia rekompensata za jego ponoszenie. Decydent charakteryzujący się awersją do ryzyka rozpatruje je jako złe (nieakceptowalne), gdy rekompensata w postaci wyższego zysku jest za niska, lub jako dobre, gdy wzrost ryzyka jest premiiowany odpowiednio wysokim wzrostem zysku.

Typowe kształty funkcji użyteczności decydentów, którzy w różny sposób zachowują się w ryzykownej sytuacji, przedstawia rysunek 3.10.



Rys. 3.10.

Na rysunku krzywa A jest to funkcja użyteczności decydenta wykazującego awersję do ryzyka, krzywa B -

decydenta skłonnego do ryzyka, a linia C - decydenta obojętnego względem ryzyka.

Postawę wobec ryzyka najczęściej (por. Elton i Gruber (1991), Tyszka (1986)) definiuje się za pomocą stosunku decydenta do tzw. sprawiedliwej loterii. Zakłada się, że decydent może dokonać wyboru spośród dwóch możliwości. Są nimi:

1. Wzięcie udziału w loterii, w której wartość oczekiwana wygranej wynosi  $E(r)$ .
2. Otrzymanie bez gry wartości  $E(r)$ .

Jeśli decydent rezygnuje z udziału w grze, to wykazuje awersję do ryzyka. Oznacza to, że użyteczność wartości oczekiwanej loterii jest większa niż oczekiwana użyteczność tej loterii:

$$u[E(r)] > E[u(r)]$$

Funkcja użyteczności takiego decydenta jest wklęsła (krzywa A na rysunku 3.10).

Odwrotnie postępuje decydent skłonny do ryzyka, wybiera on udział w loterii, co oznacza, że:

$$u[E(r)] < E[u(r)]$$

Funkcja użyteczności takiego decydenta jest wypukła (krzywa B na rysunku 3.10).

W przypadku osoby obojętnej względem ryzyka oczywiście spełniona jest równość:

$$u[E(r)] = E[u(r)]$$

Wtedy funkcja użyteczności jest liniowa. Kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności jest tu równoważne kryterium maksymalizacji wartości oczekiwanej zysku.

Awersja do ryzyka może być wyrażona w sposób ilościowy.

Służą do tego tzw. miary awersji do ryzyka Arrowa-Pratta (por. Francis i Archer (1979), Arrow (1979)). Umożliwiają one określenie bezwzględnej (absolutnej) i względnej awersji decydenta do ryzyka.

Miara bezwzględnej awersji do ryzyka (ang. *absolute risk aversion*) obliczana jest według wzoru:

$$AR(r) = -u''(r) / u'(r) ,$$

gdzie:

$AR(r)$  - miara bezwzględnej awersji do ryzyka.

Jeśli miara bezwzględnej awersji do ryzyka rośnie (maleje), oznacza to, że w miarę wzrostu zysku suma środków przeznaczonych na ryzykowne lokaty maleje (rośnie). Jeśli zaś jest stała, wówczas suma środków przeznaczonych na ryzykowne lokaty nie zmienia się w miarę wzrostu zysku.

Miara względnej awersji do ryzyka (ang. *relative risk aversion*) obliczana jest według wzoru:

$$RR(r) = -u''(r) r / u'(r) ,$$

gdzie:

$RR(r)$  - miara względnej awersji do ryzyka.

Jeśli miara względnej awersji do ryzyka rośnie (maleje), oznacza to, że w miarę wzrostu zysku procent środków przeznaczonych na ryzykowne lokaty maleje (rośnie). Jeśli zaś jest stała, wówczas procent środków przeznaczonych na ryzykowne lokaty jest stały.

Na podstawie obserwacji kształtowania się wartości tych miar przy wzroście zysku można przewidywać zachowania decydentów w obliczu niepewności. Według K.J.Arrowa prawdziwe są dwie hipotezy:

1. Malejąca bezwzględna awersja do ryzyka.



## 2. Rosnaca względna awersja do ryzyka.

Niektórzy badacze twierdzą natomiast (powołując się na wyniki badań empirycznych), że większość inwestorów charakteryzuje się stałą względną awersją do ryzyka.

Tablica 3.1 przedstawia wartości miar awersji do ryzyka dla omówionych trzech funkcji użyteczności.

Tablica 3.1. Miary awersji do ryzyka dla niektórych funkcji użyteczności.

Funkcja	$u'(r)$	$u''(r)$	$AR(r)$	$RR(r)$
$u(r)=br-ar^2$	$b-2ar$	$-2a$	$2a/(b-2ar)$	$2ar/(b-2ar)$
$u(r)=r^{0.5}$	$0.5/r^{0.5}$	$-0.25/r^{1.5}$	$0.5/r$	$0.5$
$u(r)=\ln(r)$	$1/r$	$-1/r^2$	$1/r$	$1$

Z powyższej tablicy wynika, że:

1. Kwadratowa funkcja użyteczności jest właściwa dla inwestora, który charakteryzuje się:

- rosnąca bezwzględna awersja do ryzyka,
- rosnąca względna awersja do ryzyka.

2. Pierwiastkowa funkcja użyteczności jest właściwa dla inwestora, który charakteryzuje się:

- malejąca bezwzględna awersja do ryzyka,
- stała względna awersja do ryzyka.

3. Logarytmiczna funkcja użyteczności jest właściwa dla inwestora, który charakteryzuje się:

- malejąca bezwzględna awersja do ryzyka,
- stała względna awersja do ryzyka.

Malejąca bezwzględna awersja do ryzyka decydentów o

pierwiastkowej i logarytmicznej funkcji użyteczności jest logiczna i realistyczna. Oznacza to bowiem, że w miarę wzrostu zysku decydent skłonny jest zaangażować większe środki na działania obarczone ryzykiem. Natomiast rosnąca bezwzględna awersja do ryzyka decydenta o kwadratowej krzywej użyteczności oznacza, że w miarę wzrostu zamożności coraz mniejsze kwoty przeznaczają na działania ryzykowne, co wydaje się być nierealne.

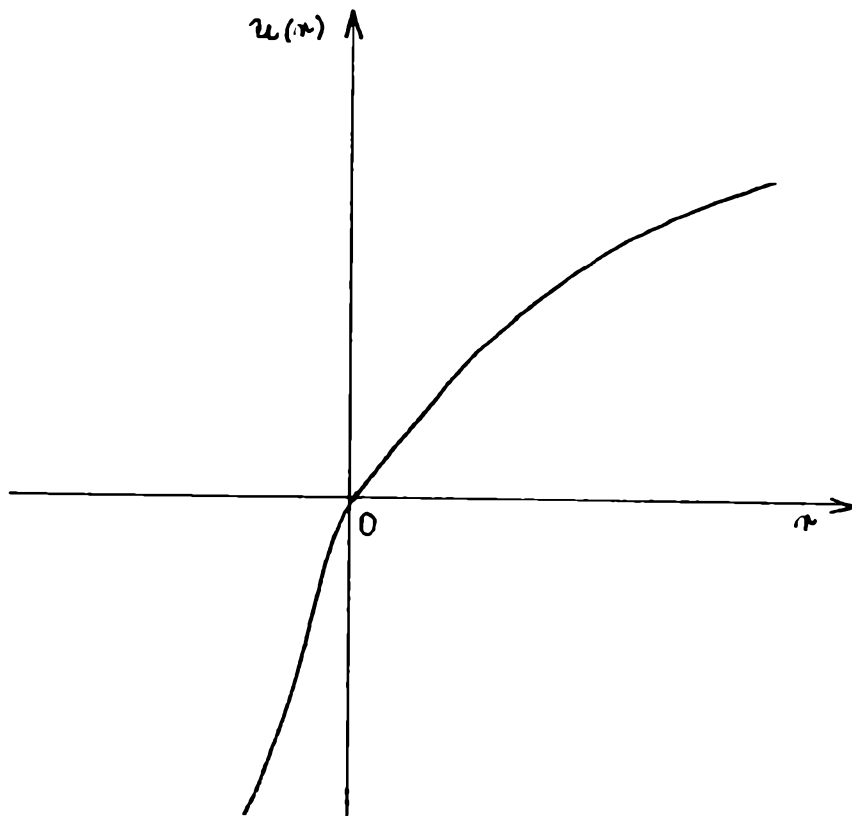
Stała względna awersja do ryzyka (występująca w przypadku decydentów o pierwiastkowej i logarytmicznej funkcji użyteczności) oznacza, że w miarę wzrostu bogactwa udział procentowy decyzji ryzykownych nie zmienia się. Natomiast decydent, którego funkcja użyteczności jest kwadratowa, w miarę wzrostu zysku skłonny jest przeznaczać coraz mniejszą część swych zasobów na ryzykowne działania.

Ekonomiści są zgodni (por. Francis i Archer (1979)), że "sensowna" funkcja użyteczności musi odzwierciedlać dodatnią, ale malejącą krańcową użyteczność oraz malejącą bezwzględną awersję do ryzyka.

Kształt funkcji użyteczności często spotykanej w praktyce (potwierdzony także przez badania empiryczne - por. Koziński (1987,1992)) przedstawia rysunek 3.11.

Tutaj krzywa użyteczności składa się z dwóch segmentów: wypukłego (dla strat) i wklęsłego (dla zysków). Taki kształt krzywej użyteczności umożliwia wytłumaczenie nie tylko postępowania racjonalnych inwestorów, ale także takich zachowań, jak ubezpieczenie i hazard. Dotychczasowe rozważania prowadzone były wyłącznie dla segmentu wklęsłego, ponieważ badane były zachowania związane z podejmowaniem decyzji inwestycyjnych, a te prawidłowo opisuje właśnie

funkcja wklęsła.



Rys. 3.11.

Należy także zwrócić uwagę na wyraźną asymetrię w wartościowaniu zysków i strat. Oceny dotyczące zysków są konserwatywne, tzn. jednakowe przyrosty zysku powodują coraz mniejsze przyrosty użyteczności. Z kolei negatywna użyteczność straty oceniana jest radykalnie, tzn. jednakowe straty powodują coraz większe przyrosty użyteczności negatywnej. Wartość bezwzględna użyteczności straty bywa często znacznie wyższa (doświadczenie wskazuje, że nawet trzykrotnie) niż użyteczność zysku o tej samej wartości bezwzględnej co strata (por. Koziński (1987,1992)).

Decydent w realnych sytuacjach decyzyjnych podejmuje decyzje maksymalizujące oczekiwaną użyteczność, a to oznacza konieczność analizowania działań ze względu na dwie

wielkości: oczekiwany zysk  $E(r)$  oraz ryzyko  $s(r)$ . Wyraża to następująca zależność:

$$E(u(r)) = f[E(r), s(r)] ,$$

gdzie:

$E(u(r))$  - oczekiwana użyteczność,

$E(r)$  - oczekiwany zysk,

$s(r)$  - ryzyko,

$f$  - funkcja.

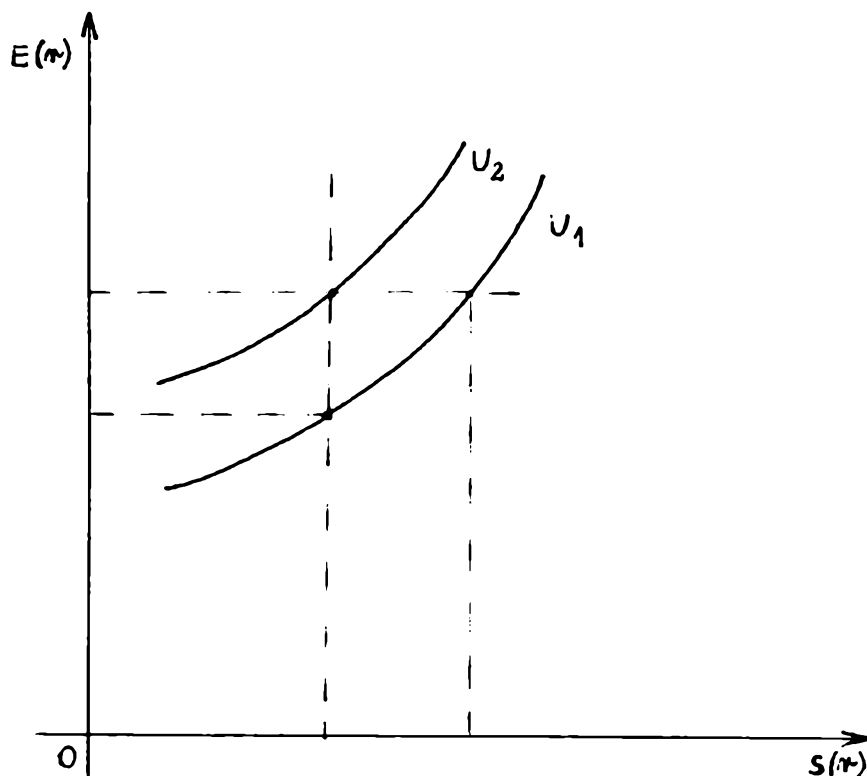
Powyższa zależność jest prawdziwa jedynie dla kwadratowej funkcji użyteczności. Oznacza to, że inwestor mający kwadratową funkcję użyteczności przy podejmowaniu decyzji powinien brać pod uwagę jedynie oczekiwany zysk i ryzyko. Jednak zależność ta w przybliżeniu zachodzi również dla inwestorów charakteryzujących się inną funkcją użyteczności, która jest dobrze przybliżana funkcją kwadratową. Do takich należą w szczególności funkcja logarytmiczna i pierwiastkowa. Są one dobrze aproksymowane przez rosnący segment funkcji kwadratowej.

Dodajmy również, że gdy rozkład zysku jest normalny, wówczas dla dowolnej funkcji użyteczności oczekiwana wartość użyteczności zależy tylko od oczekiwanego zysku i ryzyka (por. Elton i Gruber (1991)).

Z powyższych rozważań wynika, że gdy stosujemy kryterium maksymalizacji oczekiwanej użyteczności, zasadne jest rozpatrywanie jedynie oczekiwanego zysku i ryzyka (mierzonego odchyleniem standardowym).

### 3.4. Krzywe obojętności

Przy rozpatrywaniu działań ze względu na oczekiwany zysk i ryzyko najdogodniejszą formą analizy są krzywe obojętności (ang. *indifference curves*), zwane także izokwantami użyteczności (ang. *utility isoquants*). Krzywa obojętności jest określona w dwuwymiarowym układzie współrzędnych, przy czym na osi odciętych mierzy się ryzyko  $s(r)$ , a na osi rzędnych oczekiwany zysk  $E(r)$ . Każdy punkt leżący na danej krzywej obojętności ma tę samą wartość funkcji użyteczności. Ilustruje to rysunek 3.12.

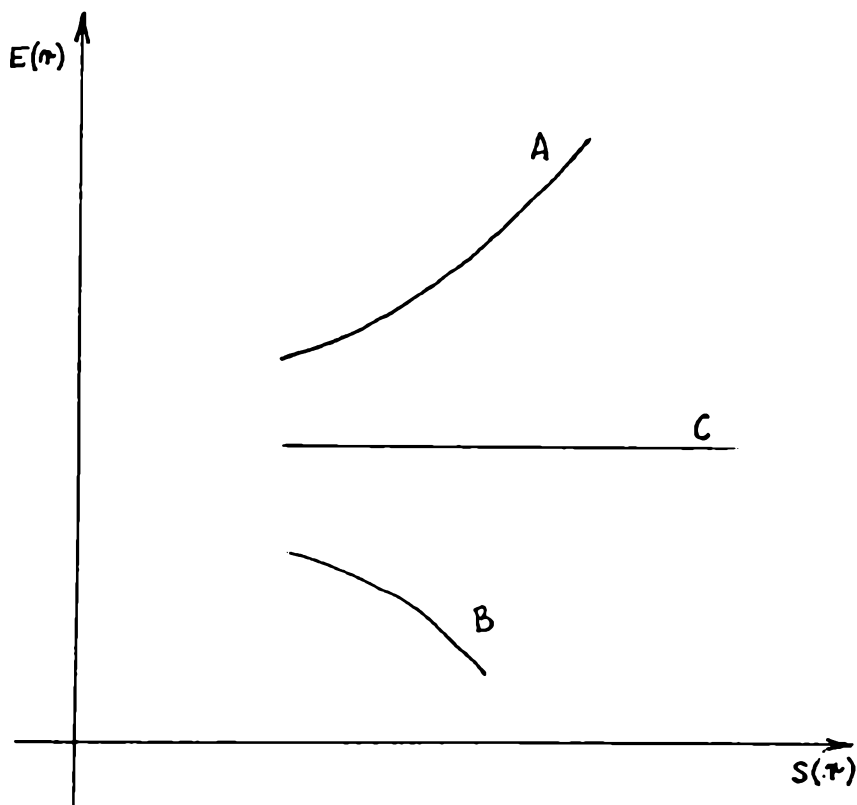


Rys. 3.12.

Jak widać na tym rysunku, dana wartość użyteczności może być osiągnięta przy różnych możliwych kombinacjach oczekiwanego zysku i ryzyka. Wzrost użyteczności, tzn. przejście na "wyższą" krzywą obojętności, tj. krzywa

odpowiadająca wyższej wartości funkcji użyteczności (np. z  $U_1$  na  $U_2$ ) związany jest dla ustalonego poziomu oczekiwanego zysku z koniecznością zmniejszenia ryzyka, zaś dla ustalonego poziomu ryzyka wymaga odpowiedniego zwiększenia oczekiwanego zysku.

Kształt krzywych obojętności zależy od stosunku decydenta do ryzyka. Ilustruje to rysunek 3.13, który przedstawia krzywe obojętności trzech decydentów charakteryzujących się różnym stosunkiem do ryzyka.



Rys. 3.13.

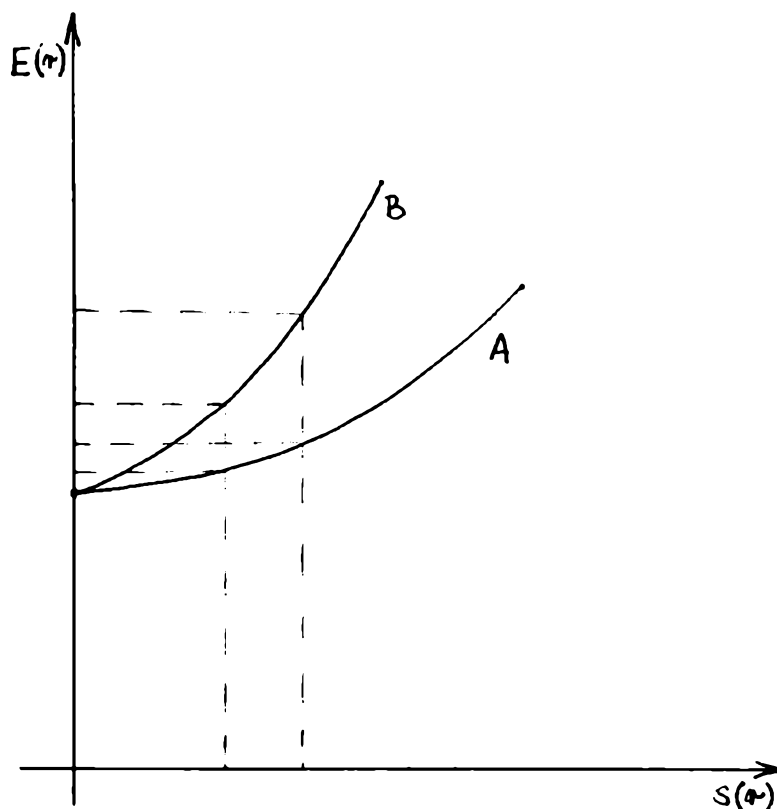
Gdy krzywe obojętności są rosnące, mamy do czynienia z awersją decydenta do ryzyka (krzywa A na rysunku 3.13). W takim przypadku przyrosty ryzyka wymagają przyrostów zysku, aby zachować daną wartość użyteczności.

Gdy krzywe obojętności są malejące, mamy do czynienia ze

skłonnością decydenta do ryzyka (krzywa B na rysunku 3.13). W takim przypadku przyrosty ryzyka wymagają spadków zysku, aby zachować daną wartość użyteczności.

Gdy zaś krzywe obojętności są liniami, tzn. są stałe, mamy do czynienia z obojętnością (neutralnością) decydenta względem ryzyka (linia C na rysunku 3.13). W takim przypadku niezależnie od wielkości ryzyka stała wartość oczekiwanego zysku gwarantuje stałą wartość funkcji użyteczności.

Z kolei nachylenie krzywych obojętności zależy od tego, jak silna jest awersja decydenta do ryzyka. Ilustruje to rysunek 3.14, przedstawiający krzywe obojętności dwóch decydentów charakteryzujących się awersją do ryzyka, przy czym różny jest stopień tej niechęci.



Rys. 3.14.

Awersja do ryzyka decydenta, któremu odpowiada krzywa

obojętności A, jest mniejsza niż awersja do ryzyka decydenta, któremu odpowiada krzywa obojętności B. Widać, że taki sam wzrost ryzyka wymaga różnych przyrostów zysku dla obu decydentów (dla zachowania tej samej użyteczności). Decydent, którego awersja do ryzyka jest większa (krzywa B), żąda większej premii za ponoszenie ryzyka niż decydent o mniejszej awersji do ryzyka (krzywa A), aby jego użyteczność nie zmieniła się.

Decydent skłonny do ryzyka, którego krzywa obojętności jest krzywa B na rysunku 3.13, jest hazardzista, wybiera działania obarczone ryzykiem, bo właśnie one maksymalizują jego oczekiwaną użyteczność. Przy tym podobnie jak w przypadku osób o awersji do ryzyka, nachylenie krzywych jest tym większe, im wyższa jest skłonność decydenta do podejmowania ryzyka.

Należy podkreślić, że decydenci obojętni względem ryzyka i decydenci skłonni do ryzyka zachowują się niezgodnie z ogólnie akceptowanymi zasadami racjonalnego postępowania. Postępowanie takie traktowane jest nawet jako patologia. Zachowania takie są natomiast spotykane (a nawet uzasadnione) w przypadku innych przejawów aktywności człowieka (rozrywka, sport, nauka).

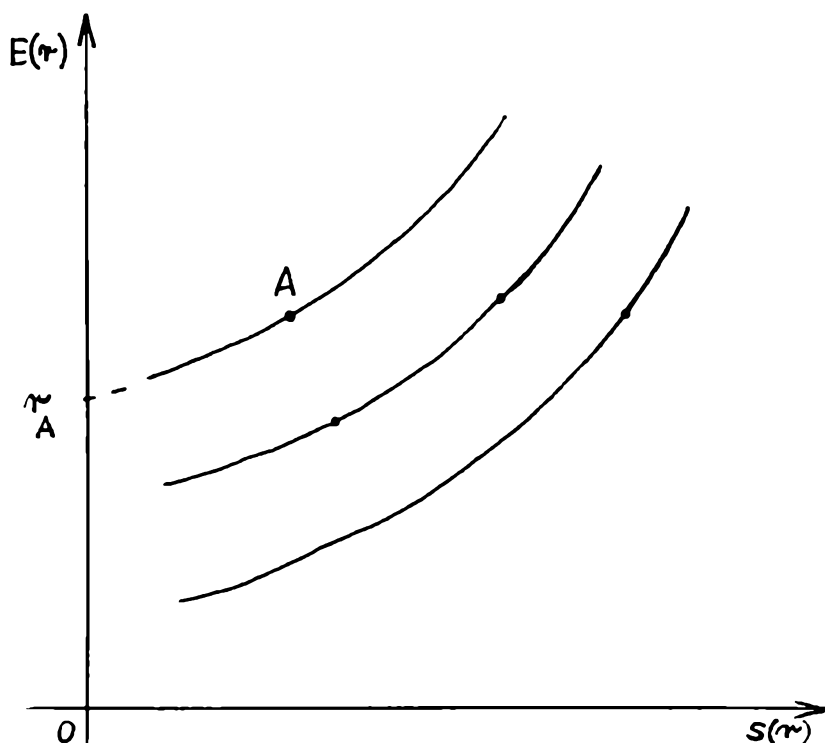
Można jednak znaleźć przykłady takich wyborów, w których działania pewne są ewidentnie gorsze od niepewnych, przy tym samym oczekiwanym zysku. Koziielecki (1992) podaje przykład następującego wyboru: można z pewnością stracić 750 lub można wziąć udział w loterii, w której nie wygrywa się nic lub przegrywa 1000 z prawdopodobieństwem 0.75. Oczekiwany zysk jest ten sam, ale w tej sytuacji racjonalny jest udział w loterii.



Zgodnie zaś z portfelową teorią ryzyka Coombsa, każda osoba ma swój indywidualny poziom ryzyka, który preferuje, a zatem unika zarówno ryzyka większego, jak i mniejszego od niego (por. Coombs, Dawes i Tversky (1977)).

Należy w tym kontekście zauważyć, że menedżer powinien się charakteryzować mniejszą niż przeciętna awersja do podejmowania działań ryzykownych (por. Zawiślak (1984), Koźmiński i Obłój (1989), Komar (1989)).

Jak wynika z powyższych rozważań, każda decyzja podejmowana w warunkach niepewności może być opisana za pomocą dwóch wielkości: oczekiwanego zysku i ryzyka. Oznacza to, że porównywane warianty decyzyjne mogą być przedstawione w postaci punktów w dwuwymiarowym układzie współrzędnych. Przy tym na osi odciętych zaznaczone są wartości ryzyka, a na osi rzędnych wartości oczekiwanego zysku. Ilustruje to rysunek 3.15.



Rys. 3.15.

Na rysunku tym przedstawione są różne warianty inwestycyjne, w postaci punktów, jak również krzywe obojętności inwestora. Dokładna analiza tego wykresu pozwala na identyfikację wariantu zapewniającego maksymalną użyteczność. Jest nim wariant A, leżący na krzywej obojętności odpowiadającej najwyższej wartości funkcji użyteczności.

Opisany sposób wyboru optymalnego wariantu inwestycyjnego jest równoważny wyborowi wariantu na podstawie równoważnika pewności. Równoważnik pewności wariantu inwestycyjnego definiuje się jako zysk otrzymany w wariancie pewnym (a więc o ryzyku zerowym), który ma taką samą użyteczność, jak dany wariant, a zatem leży na tej samej krzywej obojętności. Jak widać na rysunku 3.15, wariant A ma najwyższy równoważnik pewności, równy  $r_A$ .

W związku z powyższymi rozważaniami dotyczącymi maksymalizacji oczekiwanej użyteczności pojawia się oczywiste pytanie: Jak dla decydenta można określić jego funkcję użyteczności, a w związku z tym jego krzywe obojętności? Sprawa nie jest prosta. Najbardziej naturalnym sposobem, wynikającym z idei funkcji użyteczności, jest zastosowanie metody doboru odpowiednich loterii (por. Tyszka (1986), Moore (1975)).

Proponowana procedura jest tu następująca. Ustala się najbardziej i najmniej atrakcyjne dla decydenta wyniki, oznaczając je przez  $x_1$  i  $x_n$ . Przy tym wynikowi najlepszemu przypisuje się użyteczność równą 1, a najmniej pożądanemu użyteczność równą 0, tzn.:

$$u(x_1)=1, u(x_n)=0 .$$

Użyteczności wszystkich pośrednich wyników ustala się

stosując ciąg odpowiednich loterii. Przy tym zakłada się, że na każdej loterii wygrać można  $x_1$  z prawdopodobieństwem  $p$  i  $x_n$  z prawdopodobieństwem  $1-p$ . Decydent ma możliwość wyboru między loterią a otrzymaniem bez gry wartości  $x_i$ .

Wyznaczanie użyteczności polega na ustaleniu takiego prawdopodobieństwa, przy którym decydent jest obojętny, jeśli chodzi o wybór pomiędzy otrzymaniem wypłaty a wzięciem udziału w loterii. Najczęściej dla dużej wartości  $p$  decydent wybiera grę (loterię). Z kolei dla małej wartości  $p$  z reguły wybiera wypłatę  $x_i$ . Istnieje taka wartość  $p$ , przy której decydentowi jest obojętnie, czy zagrać na loterii czy wybrać pewną wartość  $x_i$ . Tak określona wartość  $p$  jest właśnie użytecznością wyniku  $x_i$ . Wynika to z przedstawionej w tym rozdziale idei teorii użyteczności. W ten sam sposób wyznacza się użyteczności pozostałych wyników, a na tej podstawie funkcje użyteczności decydenta.

W takim postępowaniu ujawniają się osobiste preferencje decydenta i cechy jego charakteru. Urodzony ryzykant może zagrać nawet przy niewielkiej szansie (ale gdyby przegrana groziła katastrofą, nawet on nie postawi wszystkiego na jedną kartę), natomiast asekurant może nie zagrać nawet wtedy, gdy szansa wygranej jest niemal stuprocentowa.

W praktyce wyznaczanie funkcji użyteczności jest jednak dosyć kłopotliwe. Niezwykle istotne jest bowiem skonstruowanie takiej loterii, która przypomina realne wybory dokonywane przez decydentów w praktyce.

Funkcja użyteczności może być także ustalona na podstawie analizy sposobu dokonywania wyboru w przeszłości (por. Sadowski (1977)). Zakłada się bowiem, że funkcja użyteczności konkretnego decydenta nie zmienia się. Pogląd

ten jest jednak dyskusyjny, gdyż w rzeczywistości na kształt funkcji użyteczności wpływają okoliczności, motywacje itd.

### 3.5. Inne koncepcje podejmowania decyzji z uwzględnieniem stosunku decydenta do ryzyka

Teoria użyteczności w ujęciu von Neumanna i Morgensterna stanowiła pierwsze pozytywne rozwiązanie problemu racjonalnego podejmowania decyzji w warunkach niepewności. W literaturze przedmiotu znana jest ona jako model oczekiwanej użyteczności – EU (ang. *expected utility*). Stanowi ona nadal inspirację do tworzenia innych teorii, dokładniej opisujących realne procesy decyzyjne. Omówimy teraz cztery spośród nich. Są nimi:

- model subiektywnej oczekiwanej użyteczności,
- model motywacji do osiągnięć Atkinsona,
- model M.Nowakowskiej,
- teoria preferencji stanów.

Powszechnie uważa się (por. Koziński (1977,1992), Nowakowska (1980), Tyszka (1986)), że najbardziej adekwatnym modelem zachowania się decydentów w sytuacji niepewności jest model subiektywnej oczekiwanej użyteczności, tzw. model SEU (ang. *subjectively expected utility*). W modelu tym obiektywne rozkłady prawdopodobieństwa, występujące w modelu EU, zastąpione są rozkładami subiektywnymi, łatwiejszymi do określenia.

Teoria użyteczności w przedstawionym wyżej ujęciu wywołała wiele dyskusji. Zastrzeżenia budził zwłaszcza aksjomat przechodniości preferencji. Według laureata Nagrody Nobla z 1988 roku, M.Allais (por. Coombs, Dawes i Tversky

(1977), Tyszka (1986)), teoria użyteczności stawia zbyt duże wymagania decydentom i w związku z tym nie jest adekwatna do rzeczywistych sytuacji. M.Allais przedstawił sytuację decyzyjną, w której badani dokonują wyboru zgodnie ze swymi preferencjami. Dokładna analiza procesu podejmowania decyzji może wykazać sprzeczność z aksjomatami teorii użyteczności. Okazuje się, że decydujący wpływ na wybór ma sposób prezentacji problemu. Zmiana sformułowania zadania niejednokrotnie powoduje zmianę postępowania (odwrócenie preferencji). W praktyce oznacza to brak konsekwencji w postępowaniu, a zatem nieracjonalność.

W wielu sytuacjach decyzyjnych nie są tworzone globalne oceny użyteczności rozpatrywanych wariantów, tak jak to zakłada teoria użyteczności. Zamiast tego warianty są oceniane na podstawie poszczególnych atrybutów, takich jak np. prawdopodobieństwo wygranej, prawdopodobieństwo przegranej itd. Często, zwłaszcza w przypadku rozwiązywania szczególnie ważnych problemów, ponowna analiza uświadamia decydentom niekonsekwencje i prowadzi do zmiany decyzji (por. np. Tyszka (1986)). Najprawdopodobniej w przypadku decyzji podejmowanych bez pomocy analizy decyzyjnej, tylko w oparciu o intuicję, takie niekonsekwencje nie są likwidowane, co rzutuje na jakość decyzji.

Inne zastrzeżenia w odniesieniu do modeli opartych na teorii użyteczności pojawiły się w pracach J.W. Atkinsona. W modelu SEU zakłada się, że między użytecznościami poszczególnych wyników a prawdopodobieństwami ich uzyskania nie ma zależności. Założenie to często jest słuszne. Zdarza się jednak, że czasem istnieje zależność między stopniem trudności osiągnięcia celu (tzn. prawdopodobieństwem), a

satysfakcja (tzn. użytecznością wyniku) z jego osiągnięcia.

W modelu motywacji do osiągnięć J.W. Atkinsona (por. Nowakowska (1980)) przyjmuje się, że użyteczność wyniku decyzji może być obliczona w następujący sposób:

$$U = (M-F) p (1-p) ,$$

gdzie:

U - użyteczność wyniku decyzji,

M - ogólny poziom motywacji do osiągania sukcesu,

F - ogólny poziom obawy przed niepowodzeniem,

p - subiektywne prawdopodobieństwo sukcesu,

1-p - subiektywne prawdopodobieństwo porażki.

Jeżeli  $M > F$ , tzn. decydent bardziej ceni sukces niż obawia się niepowodzenia, to maksymalna użyteczność wystąpi dla  $p=0.5$ . Oznacza to, że decydent wybiera zadania średnio trudne.

Jeżeli  $M < F$ , tzn. decydent przede wszystkim obawia się niepowodzenia, to powyższa funkcja ma dwa maksima, dla  $p=0$  i  $p=1$ , co oznacza, że wybierane są zadania skrajnie łatwe lub skrajnie trudne (w tym drugim wypadku porażka nie jest tak kompromitująca).

Warto także wspomnieć o modelu zaproponowanym przez M. Nowakowską, który jest pewnym rozwinięciem modelu SEU, uwzględnia bowiem zmienne o charakterze ekonomicznym (jak model SEU) oraz motywacje (jak model Atkinsona). Model ten dotyczy problemu wyboru jednej z dwóch decyzji: bezpiecznej (takiej, której efekt jest znany decydentowi) oraz ryzykownej, która może skończyć się sukcesem lub niepowodzeniem. W tym drugim przypadku sukces oznacza zysk wyższy niż w przypadku decyzji bezpiecznej, a niepowodzenie zysk niższy niż w sytuacji bezpiecznej. Decydent wybiera tę

decyzje, której oczekiwany wynik, zależny od subiektywnego prawdopodobieństwa sukcesu, jest wyżej ceniony (por. Nowakowska (1980)).

Jeszcze inne postępowanie zaleca podejście preferencji stanów (ang. *state-preference theory*). Jej autorami są m.in. laureaci Nagrody Nobla K.Arrow i G.Debreu. W przeciwieństwie do teorii użyteczności przyjmuje się w nim, że preferencje decydenta zdeterminowane są okolicznościami zewnętrznymi, tzn. ta sama wartość pieniężna może mieć różną użyteczność w różnej sytuacji. Inna jest wartość złotówki w warunkach recesji, inna w warunkach prosperity, inna w czasach wojny, inna w czasach pokoju. Na proces wartościowania wyników wpływają bowiem możliwości konsumpcyjne, a te są zdeterminowane przez okoliczności zewnętrzne (a także poziom zamożności i różnice kulturowe). Teoria preferencji stanów jest wyczerpująco opisana przez Levy'ego i Sarnata (1972).

W ujęciu deskryptywnym (por. np. Tyszka (1986)) opisano także inne metody podejmowania decyzji w warunkach niepewności, takie jak: reguła dominacji, reguły oparte na eliminacji alternatyw (koniunkcyjna, alternatywna, eliminacja według kolejnych aspektów). Większość z nich opiera się na zasadzie satysfakcji H.Simona. Są to metody proste, często stosowane (jak wskazują wyniki badań empirycznych). Jednak ze względu na przyjętą w pracy zasadę propagowania normatywnych reguł podejmowania decyzji, opis tych metod pomijamy.

#### 4. WYBÓR PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM RYZYKA

##### 4.1. Przegląd metod wyboru projektów inwestycyjnych

Podejmowanie decyzji inwestycyjnych to jeden z etapów procesu budżetowania kapitału (ang. *capital budgeting*).

Proces budżetowania kapitału obejmuje następujące etapy:

- formułowanie długookresowych celów działania firmy,
- poszukiwanie nowych efektywnych sposobów wykorzystania funduszy inwestycyjnych,
- przygotowanie technicznych, marketingowych i finansowych prognoz i ocen,
- opracowanie budżetu inwestycji zintegrowanego z ogólną działalnością firmy,
- ocena ekonomiczna dostępnych projektów oraz wybór rozwiązań najlepszych (tzn. podjęcie decyzji inwestycyjnej),
- kontrola zrealizowanych projektów.

Jakość decyzji inwestycyjnej zależy w dużej mierze od przebiegu czynności w etapach bezpośrednio poprzedzających podejmowanie decyzji. Dostarczają one informacji niezbędnych do oceny ekonomicznej projektów. Podjęcie decyzji oznacza porównanie dostępnych projektów i zaakceptowanie tych, które zapewniają realizację celu firmy, tzn. maksymalizację bogactwa jej akcjonariuszy. Wykorzystuje się tu różne kryteria decyzyjne.

Metody oceny projektów inwestycyjnych omawiane w literaturze i stosowane w praktyce dziela się na dwie grupy:

- metody nie uwzględniające zmiennej wartości pieniądza w



czasie, tzn. nie wykorzystujące techniki dyskonta, tzw. metody proste;

- metody uwzględniające zmienną wartość pieniądza w czasie, tzn. wykorzystujące techniki dyskonta, tzw. metody rozwinięte.

Metody nie wykorzystujące techniki dyskonta są co prawda łatwe w obliczeniach, w zasadzie nie powinny być jednak stosowane w rachunku efektywności inwestycji. Wykorzystują one bowiem wielkości nieporównywalne (średnie z całego okresu eksploatacji lub odnoszące się do tzw. typowego roku). Ich stosowanie w odniesieniu do projektów o długim okresie życia może prowadzić do wyboru projektów nierentownych.

W dalszych rozważaniach zajmiemy się jedynie metodami wykorzystującymi techniki dyskonta. Procesy inwestycyjne są bowiem z reguły wieloletnie. Zatem takie elementy rachunku efektywności inwestycji, jak dochody oraz koszty, pojawiają się w różnych, często odległych od siebie, momentach. W celu zapewnienia poprawności rachunku efektywności elementy te należy sprowadzić do porównywalności (zaktualizować, ustalić ich wartość bieżącą). Do tego celu stosowana jest właśnie przedstawiona w rozdziale pierwszym technika dyskonta.

Przed omówieniem rozwiniętych metod wyboru projektu inwestycyjnego wprowadzimy następujące oznaczenia:

$CF_t$  - przepływ pieniężny (ang. *cash flow*) w okresie  $t$  (z reguły okresem jest rok); nazywany jest on również strumieniem dochodów netto lub strumieniem pieniądza; jest to różnica między wpływami a wydatkami; do przepływów pieniężnych zalicza się również nakłady inicjujące, z których większość ponoszona jest w okresie zerowym;

n – okres eksploatacji inwestycji, nazywany również okresem życia projektu;

r – stopa dyskontowa, określana także jako koszt kapitału lub norma efektywności, oznacza minimalną wymaganą stopę zysku z inwestycji.

W literaturze przedmiotu omawiane są następujące metody oceny projektów inwestycyjnych uwzględniające zmienną wartość pieniądza w czasie:

- metoda zdyskontowanego okresu zwrotu,
- metoda współczynnika rentowności (zyskowności),
- metoda bieżącej wartości netto,
- metoda wewnętrznej stopy zwrotu,
- metoda zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu.

Powyższe metody można traktować również jako kryteria, gdyż służą one bezpośrednio do podejmowania decyzji inwestycyjnych.

Kryterium zdyskontowanego okresu zwrotu (ang. *discounted payback*) polega na obliczeniu takiej minimalnej wartości k, dla której zachodzi warunek:

$$\sum_{t=0}^k [CF_t / (1+r)^t] > 0$$

Jak widać, w metodzie tej wyznacza się okres, po upływie którego suma zdyskontowanych przepływów pieniężnych osiągnie wartość dodatnią. W pierwszych latach życia projektu suma ta jest ujemna, gdyż wśród przepływów pieniężnych dominują nakłady inicjujące.

Następnie zdyskontowany okres zwrotu porównuje się z okresem ustalonym przez inwestora (może to być np. okres spłaty kredytów długoterminowych). Jeśli jest on krótszy niż okres określony przez inwestora, to projekt inwestycyjny

jest przyjmowany do realizacji.

Kryterium to jest chętnie stosowane przez praktyków w przypadku szczególnie ryzykownych projektów, gdy istotne jest to, aby środki zaangażowane w niepewny projekt zwróciły się jak najszybciej.

Współczynnik rentowności - PI (ang. *profitability index*, *benefit/cost ratio*) określa się według wzoru:

$$PI = \left[ \sum_{t=0}^n [CIF_t / (1+r)^t] \right] / \left[ \sum_{t=0}^n [COF_t / (1+r)^t] \right],$$

gdzie:

$CIF_t$  - dodatni przepływ pieniężny (ang. *cash inflow*) w okresie  $t$ ,

$COF_t$  - ujemny przepływ pieniężny (ang. *cash outflow*) w okresie  $t$ .

Oczywiście dla danego okresu  $t$  występuje albo  $CIF_t$  albo  $COF_t$ , w zależności od znaku  $CF_t$ . Współczynnik rentowności określony jest zatem jako stosunek sumy zdyskontowanych dodatnich przepływów pieniężnych do sumy zdyskontowanych ujemnych przepływów pieniężnych. Gdy  $PI > 1$ , wówczas projekt inwestycyjny jest przyjmowany do realizacji.

Wartość bieżąca netto - NPV (ang. *net present value*) jest obliczana według wzoru:

$$NPV = \sum_{t=0}^n [CF_t / (1+r)^t]$$

Jak widać z powyższego wzoru, NPV jest to suma zdyskontowanych przepływów pieniężnych w okresie eksploatacji. Projekt inwestycyjny jest przyjmowany do realizacji, gdy  $NPV > 0$ .

Kryterium wewnętrznej stopy zwrotu - IRR (ang. *internal rate of return*) znane jest również pod innymi nazwami,

takimi jak: stopa zwrotu inwestycji, graniczna efektywność kapitału (ang. *marginal efficiency of capital*), metoda inwestora (ang. *investors method*). W kryterium tym wykorzystuje się koncepcję NPV. Wyznacza się taką stopę dyskontową  $r_x$ , dla której  $NPV=0$ . Tak wyznaczona stopa dyskontowa nazywana jest wewnętrzną stopą zwrotu projektu. Wynika z tego, że w celu wyznaczenia  $IRR=r_x$  należy rozwiązać następujące równanie:

$$\sum_{t=0}^n [CF_t / (1+r_x)^t] = 0$$

Gdy  $n > 3$ , rozwiązanie powyższego równania w sposób analityczny w zasadzie nie jest możliwe. Stosuje się przeto metody przybliżone.

Projekt inwestycyjny przyjmuje się do realizacji, gdy  $r_x > r$ , przy czym  $r$  jest to koszt kapitału.

Koszt kapitału to pojęcie z zakresu finansów, ściśle jednak związane z decyzjami inwestycyjnymi realizowanymi przez firmę oraz bogactwem jej właścicieli. Koszt kapitału jest to taka stopa zysku (zwrotu), która firma musi uzyskać z tytułu realizacji inwestycji, aby wartość rynkowa jej akcji nie uległa zmianie. Jednocześnie jest to stopa zysku, której spodziewają się wierzyciele (np. nabywcy obligacji czy banki) danej firmy (por. Gitman (1991), Brealey i Myers (1988) i in.). Przy stałym poziomie ryzyka akceptacja projektów ze stopą zysku wyższą niż koszt kapitału powoduje wzrost wartości firmy.

Wszystkie przedstawione metody są stosowane w praktyce. Okazuje się, że kryteria NPV, PI oraz IRR prowadzą do tych samych wyników w przypadku decyzji typu przyjąć/odrzuć. Sytuacja jednak zmienia się w przypadku decyzji dotyczącej

wyboru jednego (lub kilku) projektu z zestawu możliwych projektów. Wówczas różne metody prowadzić mogą do różnych decyzji. Pojawia się zatem pytanie: która metoda (kryterium) powinna być stosowana?

Uważa się powszechnie, że należy preferować te metody, których zastosowanie zapewnia realizację celu firmy, a zatem te, które gwarantują wybór projektów powodujących wzrost wartości rynkowej firmy. Jeśli tych metod jest kilka, to należy stosować te, które łatwiej wykorzystać w praktyce.

Istnieją zalecenia, których spełnienie warunkuje poprawność wyboru projektu inwestycyjnego. Są one następujące (por. np. Brigham (1985)):

1. Należy brać pod uwagę przepływy pieniężne w całym okresie eksploatacji projektu.
2. Należy uwzględnić zmienną wartość pieniądza w czasie, co implikuje wykorzystanie techniki dyskonta.
3. W przypadku, gdy metody stosowane są do wyboru jednego spośród wielu wzajemnie wykluczających się projektów, należy stosować kryterium NPV. Prowadzi ono do wyboru projektu zapewniającego maksymalny przyrost zysku, a w konsekwencji wzrost ceny rynkowej akcji firmy.

Przedstawione zalecenia dyskwalifikują kryterium zdyskontowanego okresu zwrotu, które nie bierze pod uwagę całego okresu eksploatacji projektu, jak również metody proste, które nie uwzględniają zmiennej wartości pieniądza w czasie.

Preferowane są zatem kryteria NPV, IRR i PI. W przypadku wyboru spośród projektów niezależnych wszystkie trzy wymienione kryteria prowadzą do podjęcia identycznych decyzji. W przypadku projektów zależnych zalecana jest

metoda NPV. Różnice w wyborze wynikają z tego, że metody IRR i PI nie uwzględniają możliwych różnic w skali projektów i w rozkładzie czasowym przepływów pieniężnych.

Trzeba podkreślić, że przewaga metody NPV ma charakter zarówno teoretyczny, jak i praktyczny. Wynika to z następujących faktów (por. Levy i Sarnat (1990)):

1. Metoda NPV bierze pod uwagę absolutną wielkość zysku z tytułu realizacji danego projektu. Jest to zgodne z postępowaniem firm, które częściej koncentrują swą działalność na maksymalizacji zysku niż stopy zysku.

2. Metoda NPV zakłada realną stopę reinwestycji zysków z projektu. Stopa ta jest równa kosztowi kapitału. Z kolei metoda IRR zakłada możliwość takiego reinwestowania, w którym stopa zysku równa jest wewnętrznej stopie zwrotu (która w wypadku zaakceptowania projektu jest wyższa niż koszt kapitału), co w praktyce z reguły nie jest spełnione.

Inny argument za stosowaniem NPV wynika z kłopotów związanych z IRR w przypadku projektów inwestycyjnych z tzw. niekonwencjonalnymi przepływami pieniężnymi. Są to takie projekty, w których kilkakrotnie występuje zmiana znaku przepływów pieniężnych. W przypadku projektów inwestycyjnych z tzw. konwencjonalnymi przepływami pieniężnymi zmiana znaku przepływów pieniężnych z ujemnego na dodatni jest tylko raz, gdyż nakłady inicjujące i większe wydatki pieniężne występują tylko w początkowym okresie eksploatacji.

Dla projektów z niekonwencjonalnymi przepływami pieniężnymi możliwa jest sytuacja, w której wewnętrzna stopa zwrotu nie może być ustalona lub w której wystąpi więcej niż jedna jej wartość (por. Brealey i Myers (1988)).

Oprócz tego kryterium IRR nie uwzględnia faktu, że koszt

kapitału może być zmienny w okresie życia projektu.

Mimo wymienionych wad metoda IRR jest chętnie stosowana przez praktyków, głównie ze względu na jej prostą interpretację ekonomiczną i możliwość bezpośredniego porównania z kosztem kapitału. Metoda ta zalecana jest w niektórych problemach decyzyjnych. Jeden z nich pojawia się wtedy, gdy koszt kapitału nie jest znany (np. nie podjęto ostatecznej decyzji o sposobie finansowania inwestycji). Wtedy stosuje się IRR do ustalenia maksymalnego możliwego do przyjęcia kosztu kapitału. Metoda IRR jest często stosowana do wstępnej selekcji projektów inwestycyjnych w przypadku, gdy ograniczone fundusze nie pozwalają na realizację wszystkich projektów.

W odpowiedzi na zapotrzebowania praktyków, którzy wolały kryterium w postaci stopy zysku (stopy zwrotu), zaproponowano kryterium zmodyfikowanej wewnętrznej stopy zwrotu – MIRR (ang. *modified internal rate of return*). W przeciwieństwie do metody IRR, w tym kryterium zakłada się realną stopę reinwestowania. Kryterium MIRR powstaje w wyniku rozwiązania następującego równania:

$$\sum_{t=0}^n [COF_t / (1+r)^t] = \sum_{t=0}^n [CIF_t (1+r)^{n-t}] / (1+r_M)^n,$$

gdzie:

$CIF_t$  – dodatni przepływ pieniężny w okresie  $t$ ,

$COF_t$  – ujemny przepływ pieniężny w okresie  $t$ ,

$r$  – stopa dyskontowa, równa kosztowi kapitału,

$r_M$  – zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu projektu.

W celu zinterpretowania MIRR przeanalizujemy powyższy wzór. Lewa strona jest to wartość bieżąca ujemnych przepływów pieniężnych związanych z projektem, przy czym

stopa dyskontowa równa jest kosztowi kapitału. Z kolei licznik prawej strony wzoru to wartość przyszła dodatnich przepływów pieniężnych, otrzymana przy założeniu, że będą one reinwestowane po koszcie kapitału. Jest to wartość końcowa (ang. *terminal value*) dodatnich przepływów pieniężnych. Jak wynika z powyższego wzoru, zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu jest to taka wartość stopy dyskontowej, przy której zaktualizowana (zdyskontowana) wartość końcowa dodatnich przepływów pieniężnych równa jest wartości bieżącej ujemnych przepływów pieniężnych.

Z powyższego wzoru wynika, że:

$$r_M = \left( \sum_{t=0}^n [CIF_t (1+r)^{n-t}] \right)^{1/n} / \left( \sum_{t=0}^n [COF_t / (1+r)^t] \right)^{1/n} - 1$$

Kryterium to stosuje się podobnie jak kryterium IRR, tzn.  $r_M$  porównuje się z kosztem kapitału.

Należy podkreślić, że wybór kryterium oceny projektów inwestycyjnych zależy także od zakresu posiadanych informacji. Jeśli koszt kapitału jest dany (np. jako stopa oprocentowania kredytów długoterminowych), to stosujemy kryterium NPV lub IRR (ewentualnie PI). IRR oznacza rzeczywistą stopę zwrotu (stopę zysku) zainwestowanego w dany projekt kapitału, która jest bezpośrednio porównywalna z ceną kapitału na rynku.

Jeśli koszt kapitału jest trudny do ustalenia (np. gdy nie zapadła decyzja dotycząca źródeł finansowania projektu), to należy raczej stosować kryterium IRR. Możliwe jest wtedy ustalenie najlepszych proporcji między kapitałem własnym a zewnętrznym (np. ze względu na zobowiązania wobec akcjonariuszy), a także optymalnych warunków kredytowych, gdyż IRR jednocześnie oznacza maksymalną cenę kapitału,



która nie może być przekroczona.

Jeżeli stopa dyskontowa prawidłowo odzwierciedla rzeczywisty koszt kapitału danej firmy (tzn. zobowiązania wobec akcjonariuszy, oprocentowanie kredytów długoterminowych i krótkoterminowych, premie za ponoszenie ryzyka), to lepsze jest kryterium NPV. Podaje ono bowiem aktualną wartość efektu netto za cały okres eksploatacji projektu. Ponadto jeśli  $NPV > 0$ , to również  $IRR > r$ .

Powyższe rozważania wskazują, że stosowanie uniwersalnego kryterium wyboru projektów inwestycyjnych nie zawsze jest możliwe. Na ostateczną decyzję wpływają różne czynniki, np. zakres posiadanych informacji, hierarchia celów decydenta i dostępność środków.

Jeżeli głównym celem inwestora jest efektywność wykorzystania środków, np. ze względu na ich ograniczoność lub konieczność realizacji maksymalnej (w ramach posiadanych funduszy) liczby projektów, powinien posługiwać się kryterium PI lub IRR. Kryteria te stosowane są zwłaszcza w stosunku do projektów realizowanych ze środków rządowych i społecznych.

W literaturze przedmiotu (por. Levy i Sarnat (1990), Bierman i Smidt (1988)) w odniesieniu do spółek akcyjnych zaleca się stosowanie metody NPV, gdyż kryterium to bezpośrednio określa wpływ realizowanego projektu na wartość firmy, a zatem na bogactwo akcjonariuszy.

Należy jednak zauważyć, że każda z prezentowanych metod dostarcza innych informacji. Jeśli z określeniem wartości każdego z przedstawionych kryteriów nie ma kłopotów (zastosowanie komputera), sensowne jest obliczenie wszystkich kryteriów. Jest to szczególnie ważne w warunkach

niepewności, bowiem informacja zmniejsza ryzyko związane z decyzją.

Preferowana w większości sytuacji metoda NPV informuje o zysku, nie zawiera jednak informacji o ryzyku związanym z realizacją projektu. Metoda IRR podaje stopę zysku i określa margines bezpieczeństwa (ang. *safety margin*) jako różnicę między stopą zysku a kosztem kapitału (tzn. minimalna wymagana stopa zysku z inwestycji). Jednak zbyt duża różnica między IRR a kosztem kapitału może oznaczać przyjęcie nierealnych założeń projektowych. Także zdyskontowany okres zwrotu można interpretować w kategoriach ryzyka: krótki okres zwrotu gwarantuje szybkie odzyskanie zainwestowanego kapitału, a zatem redukuje ryzyko. Jednak zbyt krótki okres zwrotu oznaczać może małą płynność projektu i niemożność wywiązywania się firmy z bieżących zobowiązań, a zatem wzrost ryzyka.

Omówione kryteria decyzyjne stosowane są w praktyce do podejmowania trzech podstawowych rodzajów decyzji inwestycyjnych wymienionych w rozdziale pierwszym. W przypadku decyzji typu przyjąć/odrzuć wystarczającym warunkiem podjęcia decyzji jest spełnienie wymogu akceptowalności ( $NPV > 0$ ,  $PI > 1$ ,  $IRR > r$ ,  $MIRR > r$ , gdzie  $r$  oznacza koszt kapitału). Gdy decyzja dotyczy wyboru najlepszego projektu, wtedy maksymalizuje się wartość stosowanego kryterium.

Bardziej skomplikowana jest procedura tworzenia portfela projektów inwestycyjnych. Możliwe są tutaj dwie sytuacje. Pierwsza występuje wtedy, gdy decyzja dotyczy wyłącznie optymalnego wykorzystania określonego budżetu inwestycyjnego, druga, gdy przedmiotem decyzji jest także

optymalizacja samego budżetu. Metody postępowania w tym przypadku uwzględniające kryteria NPV, IRR oraz PI przedstawione są w pracy Brigham (1985), a ciekawe rozważania na ten temat przedstawia Pluta (1992).

Podstawowa cecha wszystkich wymienionych metod jest to, że zakładają one możliwość podjęcia optymalnej decyzji inwestycyjnej na podstawie jednej liczby - wartości obliczonego kryterium. Nawet jeżeli proces zbierania i przetwarzania informacji wykorzystywanych do jej obliczenia był prawidłowy, a liczba ta oznacza wartość oczekiwaną danego kryterium, to takie podejście do problemu jest dużym uproszczeniem. Oznacza bowiem, że założono działanie w warunkach pewności, identyczny poziom ryzyka badanych projektów lub zupełnie zignorowano ryzyko. Ponieważ charakterystyczną cechą decyzji inwestycyjnych jest ryzyko, opieranie się tylko na przedstawionych kryteriach jest uproszczeniem.

W następnych dwóch podrozdziałach przedstawimy proponowane w literaturze sposoby uwzględniania ryzyka przy podejmowaniu decyzji inwestycyjnych. Jakkolwiek w literaturze są one opisywane łącznie, sensownie jest podzielić je na dwie jakościowo różne grupy:

- metody bezpośredniego uwzględniania ryzyka przy podejmowaniu decyzji;
- metody szacowania ryzyka projektu.

#### 4.2. Metody bezpośredniego uwzględniania ryzyka w ocenie projektów inwestycyjnych

Z rozważań przeprowadzonych w tej pracy wynika, że ryzyko odnoszone do inwestycji oznacza możliwość uzyskania zysku (lub stopy zysku) niższego lub wyższego niż przewidywano. Bezpośrednie zastosowanie opisanych kryteriów może prowadzić do zaakceptowania projektów, które w realnych warunkach nie spełniają wymogu efektywności. Konieczna jest zatem taka modyfikacja opisanych w poprzednim podrozdziale kryteriów, aby uwzględniały one ryzyko.

Uwzględnienie ryzyka w ocenie projektu oznacza nie tylko konieczność traktowania NPV (oraz IRR, MIRR i PI) jako wartości oczekiwanych, ale także włączenie do analizy projektów ryzyka, jako wielkości wpływającej na ostateczną decyzję.

W literaturze zaproponowano kilka metod bezpośredniego uwzględniania ryzyka w ocenie projektów inwestycyjnych. W metodach tych stosowane kryterium (z reguły jest to NPV) modyfikowane jest w taki sposób, aby uwzględnić ryzyko.

Wśród metod bezpośrednich wyróżnić trzeba trzy rozwiązania. Pierwsze rozwiązanie polega na uwzględnieniu ryzyka w przewidywanych przepływach pieniężnych uzyskiwanych w całym okresie życia projektu. W drugim rozwiązaniu dokonuje się skorygowania wartości stopy dyskontowej poprzez zastosowanie tzw. stopy dyskontowej uwzględniającej ryzyko (ang. *risk-adjusted discount rate*). Trzecie rozwiązanie polega na zastosowaniu współczynnika zmienności, w którym zawarte są informacje odnośnie ryzyka. Metody te omówimy dokładniej, ponieważ są one dość powszechnie stosowane w praktyce (por. np. Gitman (1991), Brigham (1985), Levy i

Sarnat (1988,1990)).

### Równoważnik pewności

Pierwsza z wymienionych grup metod jest metoda współczynnika równoważnika pewności (ang. *certainty equivalent factor*). Idea tej metody wywodzi się z teorii użyteczności i jest związana ze stosunkiem decydenta do ryzyka. Jak pamiętamy, równoważnik pewności definiuje się jako wartość otrzymana z pewnością, która ma tę samą użyteczność, co wartość oczekiwana niepewnej decyzji. Idee równoważnika pewności zilustrowaliśmy graficznie w rozdziale trzecim.

Metode tę w praktyce wykorzystuje się poprzez zastąpienie niepewnych wartości przepływów pieniężnych w kolejnych latach życia projektu odpowiednimi równoważnikami pewności. Wykorzystuje się do tego celu uproszczony wzór:

$$NPVC = \sum_{t=0}^n [a_t CF_t / (1+r)^t] ,$$

gdzie:

NPVC – wartość NPV skorygowana (wolna od ryzyka),

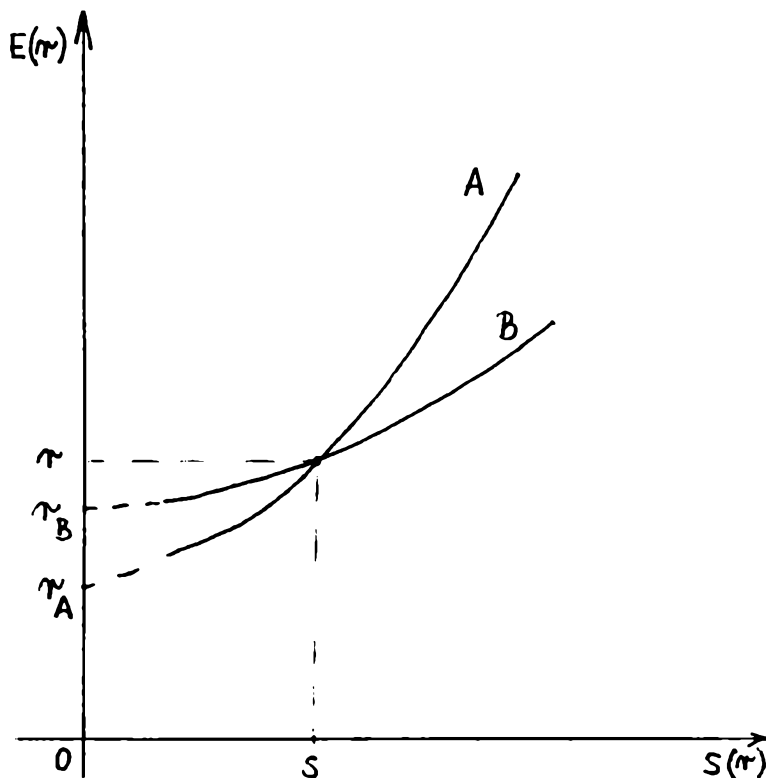
$a_t$  – tzw. współczynnik równoważnika pewności w roku  $t$ ,

$r$  – tzw. stopa dyskontowa wolna od ryzyka (ang. *risk-free discount rate*).

Równoważnik pewności przepływu pieniężnego (niepewnego) w roku  $t$ , oznaczony w powyższym wzorze przez  $a_t CF_t$ , interpretuje się jako tę część wartości przepływu pieniężnego otrzymana z pewnością, która decydent ceni w tym samym stopniu, jak oczekiwana wartość tego przepływu. W literaturze podkreśla się, że współczynniki  $a_t$ , nazywane współczynnikami równoważnika pewności, zależą od ryzyka

związanego z określonym przepływem pieniężnym. Przy tym im większe jest ryzyko, tym niższa wartość tego współczynnika. Wynika z tego, że skorygowana wartość NPV, oznaczona tu przez NPVC, jest niższa niż wartość oczekiwana NPV.

Wartości  $a_t$  są ustalane przez decydenta. Prawidłowa wartość równoważnika pewności zależy nie tylko od niepewności związanej z przepływami pieniężnymi w przyszłości, ale również od stosunku decydenta do ryzyka. Im bowiem awersja decydenta do ryzyka jest wyższa, tym wartość równoważnika jest niższa, bo większa musi być premia za ryzyko, które ponosi inwestor. Ilustruje to rysunek 4.1.



Rys. 4.1.

Rysunek ten przedstawia krzywe obojętności decydentów A i B, przy czym awersja do ryzyka decydenta A jest wyższa niż awersja do ryzyka decydenta B. Punkt U reprezentuje

użyteczność oczekiwanego zysku  $r$ , gdy ryzyko wynosi  $s$ . Równoważnik pewności dla decydenta A to zysk w wysokości  $r_A$ , a dla decydenta B – zysk w wysokości  $r_B$ , przy czym  $r_B > r_A$ .

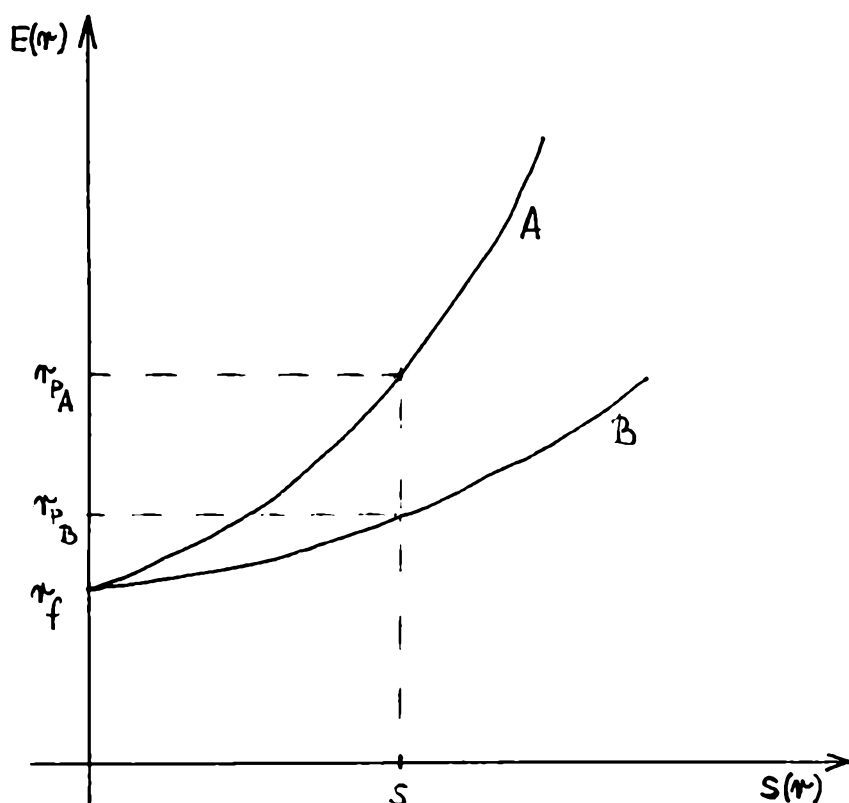
Należy dodać, że przedstawiona powyżej metoda uwzględniania ryzyka zgodna jest z proponowaną w pracy ogólna koncepcją podejmowania decyzji w warunkach niepewności. Uwzględnia ona bowiem zarówno niepewność natury (gdyż dotyczy wartości oczekiwanych), jak i subiektywna skłonność decydenta do ryzyka (gdyż korzysta z teorii użyteczności). Niestety w praktyce idea ta jest wykorzystywana w wersji uproszczonej w postaci współczynnika równoważnika pewności. Jest to liczba, do otrzymania której nie są stosowane funkcje użyteczności i krzywe obojętności. Zauważmy ponadto, że korygowane (ze względu na ryzyko) są tutaj jedynie przepływy pieniężne. Stopa dyskontowa, będąca tutaj stopą zysku wolną od ryzyka, jest traktowana jako wielkość pewna.

#### **Stopa dyskontowa uwzględniająca ryzyko**

Metoda stopy dyskontowej uwzględniającej ryzyko jest drugim z możliwych rozwiązań w zakresie bezpośredniego uwzględniania ryzyka w ocenie projektów inwestycyjnych. Wielokrotnie podkreślaliśmy fakt, że wyższy zysk przeważnie wiąże się z większym ryzykiem. Oznacza to, że ryzykowne decyzje podejmowane są tylko wtedy, gdy w ich efekcie uzyskuje się wyższy zysk (w stosunku do zysku uzyskanego z tytułu realizacji projektów wolnych od ryzyka). Ten dodatkowy zysk stanowi cenę ryzyka lub premię za ryzyko (ang. *risk premium*) – por. np. Brigham (1985), Levy i Sarnat (1988, 1990), Pappas i Hirschey (1990), Gitman (1991).

Idea zróżnicowanej (w zależności od ryzyka) stopy dyskontowej może być również uzasadniona na gruncie teorii użyteczności i stosunku decydenta do ryzyka. Wyższe ryzyko może być zaakceptowane tylko pod warunkiem uzyskania odpowiedniej rekompensaty w postaci wzrostu zysku, przy czym premia za ryzyko musi być tym wyższa, im większa jest awersja decydenta do ryzyka. Prawidłowa stopa dyskontowa powinna bowiem odzwierciedlać nie tylko niepewność związana z danym projektem, ale również stosunek decydenta do ryzyka.

Zależność między oczekiwanym zyskiem (lub stopą zysku) i ryzykiem oraz wpływ awersji do ryzyka na wysokość premii za ryzyko ilustruje rysunek 4.2.



Rys. 4.2.

Rysunek ten przedstawia krzywe obojętności decydenta A i decydenta B. Przy tym decydemt A wykazuje większą awersję do



ryzyka niż decydent B. Jak widać, z ryzykiem związana jest wyższa wymagana stopa zysku (tzn. premia za ryzyko). Przy tym premia ta jest tym wyższa, im większa jest awersja decydenta do ryzyka.

W tym ujęciu większe ryzyko projektu oznacza niższą wartość NPV, ponieważ stopa dyskontowa stosowana do obliczania NPV jest zwiększana (przez dodanie premii za ryzyko). W praktyce niestety nie wykorzystuje się krzywych obojętności, lecz stosuje się uproszczony sposób ustalania wartości premii za ryzyko. Najczęściej wymagana stopa zysku ustalana jest na podstawie porównania ryzyka danego projektu z ryzykiem przeciętnego projektu realizowanego przez firmę. Jeżeli ryzyko projektu jest większe niż przeciętne, to do obliczenia NPV należy zastosować wyższą stopę dyskontową. Jeżeli ryzyko projektu jest większe niż przeciętne, to wyższy koszt kapitału należy porównywać z IRR (lub MIRR).

W tym przypadku wzór na obliczenie wartości NPV ze stopą dyskontową uwzględniającą ryzyko jest następujący:

$$NPVC = \sum_{t=0}^n [CF_t / (1+r_r)^t] ,$$

gdzie:

NPVC - wartość NPV skorygowana (wolna od ryzyka),

$r_r$  - stopa dyskontowa uwzględniająca ryzyko.

Stopa dyskontowa uwzględniająca ryzyko jest to zatem taka stopa zysku z inwestycji, która rekompensuje inwestorowi ryzyko związane z przyjęciem danego projektu. W praktyce stopę zysku uwzględniającą ryzyko oblicza się jako sumę stopy zysku wolnej od ryzyka i wymaganej premii za ryzyko, według wzoru:

$$r_r = r_f + r_p ,$$

gdzie:

$r_f$  - stopa zysku wolna od ryzyka,

$r_p$  - premia za ryzyko.

Należy zwrócić uwagę, że obie opisane metody, tzn. metoda współczynnika równoważnika pewności i metoda stopy zysku uwzględniającej ryzyko, służą do obliczenia wartości NPV wolnej od ryzyka. W obu przypadkach nie zmienia się kryterium wyboru, a decyzja zależy od wartości NPV. W istocie nie dokonuje się zatem analizy ryzyka.

### **Współczynnik zmienności**

Inna proponowana w literaturze metoda uwzględniania ryzyka w procesie podejmowania decyzji jest zastosowanie współczynnika zmienności. Metody tej nie można zaliczyć do żadnego z dwóch przedstawionych rozwiązań, polegających bądź na korygowaniu przepływów pieniężnych bądź na korygowaniu stopy dyskontowej.

Jak już wskazywaliśmy w podrozdziale 3.1, współczynnik zmienności jest to względna miara ryzyka. Stosowany jest do porównywania projektów różniących się wielkością zysku i ryzyka. Współczynnik zmienności obliczany jest dla projektu według wzoru:

$$CV(NPV) = s(NPV) / E(NPV) ,$$

gdzie:

$CV(NPV)$  - współczynnik zmienności, obliczony dla NPV,

$s(NPV)$  - ryzyko projektu, mierzone za pomocą odchylenia standardowego NPV,

$E(NPV)$  - wartość oczekiwana NPV.

Jak widać, w tej metodzie nie eliminuje się ryzyka z wartości NPV (jak w poprzednich dwóch rozwiązaniach), lecz

jest ono bezpośrednio wykorzystywane w procesie decyzyjnym. Dla każdego projektu obliczane jest ryzyko względne (przypadające na jednostkę zysku). Następnie spośród projektów różniących się poziomem zysku i ryzyka wybierany jest ten, w którym wielkość ryzyka przypadającego na jednostkę zysku jest najmniejsza, czyli ten, którego współczynnik zmienności jest najmniejszy. Należy zwrócić uwagę, że współczynnik zmienności nie uwzględnia stosunku decydenta do ryzyka.

O sposobach szacowania ryzyka projektu, oznaczonego tu przez  $s(NPV)$ , traktuje następny podrozdział.

#### 4.3. Metody szacowania ryzyka projektu

Druga grupa metod oceny projektów inwestycyjnych, w których rozpatrywane jest ryzyko, to metody szacowania ryzyka projektu. Możemy je nazwać metodami pośrednimi, gdyż ryzyko jest tu szacowane po to, aby następnie je uwzględnić w omówionych w rozdziale trzecim ogólnych metodach podejmowania decyzji w warunkach ryzyka, w szczególności metodzie opartej na teorii użyteczności. Można je również stosować w omówionej w poprzednim podrozdziale metodzie współczynnika zmienności. Są to zatem metody uzyskiwania informacji (tzn. zmniejszania niepewności). Ich znaczenie jest duże, gdyż umożliwiają dokładniejszą analizę projektów.

Omówimy tu trzy sposoby szacowania ryzyka projektu. Są nimi:

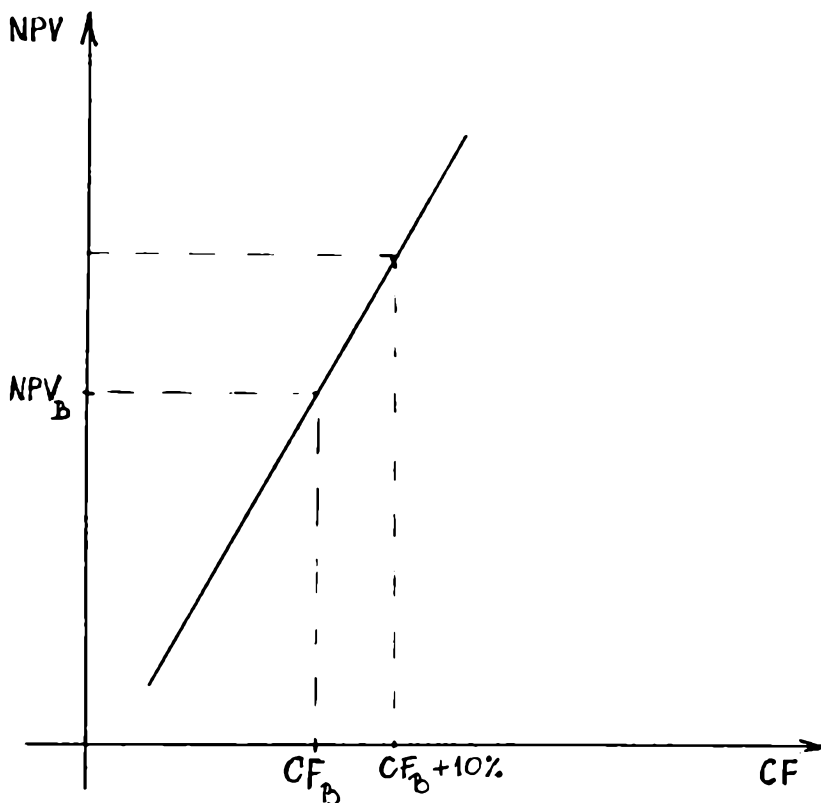
- analiza wrażliwości (ang. *sensitivity analysis*, "what if analysis"),
- analiza scenariuszy (ang. *scenario analysis*),

- analiza symulacyjna (ang. *simulation analysis*).

### Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na sprawdzaniu, czy podjęta decyzja będzie aktualna w przypadku, gdy przyjęte do obliczeń wartości zmienia się. Idee analizy wrażliwości wyjaśnimy na przykładzie najbardziej ogólnego wariantu jej stosowania.

Jak wiadomo, w warunkach niepewności każdy z czynników determinujących wartość NPV powinien być traktowany jak zmienna losowa. Jak wynika ze wzoru na NPV, zależy ona od dwóch wielkości, mianowicie od przepływów pieniężnych i od stopy dyskontowej. W klasycznym postępowaniu przyjmuje się oczywiście wartości przeciętne, oczekiwane, uzyskując oczekiwaną wartość NPV.



Rys. 4.3.

Analiza wrażliwości polega na badaniu, w jaki sposób zmienia się wartość NPV, gdy wartość jej elementu składowego, np. przepływu pieniężnego zmieni się o pewien procent. Polega to na obliczeniu wartości NPV dla nowej wartości przepływu pieniężnego. Podstawiając różne wartości przepływu pieniężnego uzyskuje się różne wartości NPV. Ilustruje to rysunek 4.3.

Zauważmy, że otrzymuje się w ten sposób funkcję, odzwierciedlającą zależność NPV od przepływu pieniężnego, przy założeniu, że pozostałe elementy determinujące wartość NPV nie zmieniają się. Nachylenie otrzymanej prostej wskazuje na wrażliwość NPV na zmiany danego przepływu pieniężnego. Przy tym im bardziej nachylona jest prosta, tym ta wrażliwość jest większa. Zauważmy, że analiza wrażliwości pozwala również na określenie tej wartości przepływu pieniężnego, dla której wartość NPV równa jest 0, a więc dla której projekt przestaje być opłacalny. Jest to zatem dopuszczalny (ze względu na akceptowalność projektu) próg wartości przepływu pieniężnego.

Oczywiście podobne postępowanie można przeprowadzić dla przepływów pieniężnych otrzymanych w dowolnym okresie, jak również dla stopy dyskontowej. Co więcej, analizie wrażliwości można stosować w bardziej szczegółowym wariacie, w którym przepływ pieniężny w każdym okresie dekomponuje się na części składowe (np. wartość sprzedaży, wartość kosztów itd). W takiej sytuacji otrzymuje się tyle wykresów zależności NPV od czynników wpływających na jej wartość, ile ich rozpatrujemy.

Z powyższych rozważań wynika, że ryzyko związane z decyzją dotyczącą zaakceptowania projektu jest tym mniejsze,

im większe wahania zmian wartości czynników składowych nie powodują zmiany decyzji, tzn. im większa jest odporność decyzji na zmiany warunków działania. Analiza wrażliwości pozwala w ten sposób ustalić czynniki, których wpływ na wartość NPV jest szczególnie istotny i które w związku z tym wymagają precyzyjnego określenia.

Niestety, w analizie wrażliwości każdy z czynników wpływających na wartość NPV rozpatrywany jest odrębnie. Tymczasem w praktyce nie można wykluczyć wzajemnej zależności między czynnikami, np. istnieje zależność między przepływami pieniężnymi otrzymanymi w różnych okresach życia projektu. Wynika z tego, że analiza wrażliwości nie jest metoda dokładnego szacowania ryzyka, ale raczej metoda sprawdzania, jak duże zmiany poszczególnych czynników mogą spowodować odrzucenie projektu.

Jest to metoda pożyteczna i powinna być stosowana, ale pod warunkiem uprzedniego zaakceptowania projektu w oparciu o analizę wartości oczekiwanej NPV i ryzyka projektu.

#### **Analiza scenariuszy**

Idea tej metody jest następująca. Na podstawie posiadanych informacji sporządza się możliwe warianty przyszłego rozwoju sytuacji (tzw. scenariusze). Najczęściej opracowuje się trzy scenariusze: optymistyczny (najlepszy), średni (oczekiwany) i pesymistyczny (najgorszy). Dla każdego z nich określa się wartości czynników wpływających na wartość NPV i obliczana jest wartość NPV.

W efekcie otrzymuje się trzy różne wartości NPV, tzn.:

- $NPV_{\min}$  - odpowiada scenariuszowi pesymistycznemu,
- $NPV_{\max}$  - odpowiada scenariuszowi optymistycznemu,

-  $NPV_a$  - odpowiada scenariuszowi oczekiwanemu (zwykle równa NPV uzyskanej w tradycyjnym postępowaniu nie uwzględniającym ryzyka).

Metoda ta jednak nie zawsze ułatwia podjęcie decyzji. Jednoznaczna decyzja możliwa jest tylko w dwóch przypadkach:

- gdy wszystkie trzy wartości NPV są dodatnie - wówczas należy przyjąć projekt;
- gdy wszystkie trzy wartości NPV są ujemne - wówczas należy odrzucić projekt.

W najczęściej spotykanych sytuacjach zdarza się tak, że  $NPV_{max}$  oraz  $NPV_a$  są dodatnie, a  $NPV_{min}$  jest ujemna. Pewne wskazówki daje wówczas porównanie  $NPV_a$  z  $|NPV_{min}|$ . Im większa jest ta pierwsza wartość, tym mniejsza jest groźba przyjęcia nieefektywnego projektu.

Przydatność analizy scenariuszy wynika z faktu, że pozwala ona wybrać projekty efektywne nawet w najgorszych warunkach (i oczywiście wykluczyć projekty złe). Oprócz tego analiza scenariuszy dostarcza informacji, które mogą być wykorzystane do określenia (np. za pomocą opisaną poniżej analizy symulacyjnej) rozkładu wartości czynników wpływających na wartość NPV.

### Analiza symulacyjna

Najbardziej poprawna z teoretycznego punktu widzenia metoda szacowania ryzyka projektu jest analiza symulacyjna, czyli symulacja komputerowa (ang. *computer simulation*, *Monte Carlo simulation*). Symulacja polega na wielokrotnym powtórzeniu procedury obliczania wartości NPV (zgodnie z odpowiednim modelem) dla generowanych losowo wartości czynników wpływających na tę wartość. Idee analizy

symulacyjnej wyjaśnimy na ogólnym przykładzie, w którym rozpatruje się NPV w uzależnieniu od przepływów pieniężnych i stopy dyskontowej.

Analiza symulacyjna rozpoczyna się od określenia hipotetycznego rozkładu wartości dla przepływu pieniężnego w każdym okresie oraz dla stopy dyskontowej. Najprościej stosować tu jedno z dwóch rozwiązań:

- rozkład normalny - wówczas do określenia konkretnego rozkładu wystarczy podanie wartości oczekiwanej i odchylenia standardowego rozkładu;

- rozkład jednostajny - wówczas do określenia konkretnego rozkładu wystarczy podanie wartości minimalnej i wartości maksymalnej rozkładu.

Należy podkreślić, że pomocne mogą tu być informacje, które są uzyskane w analizie scenariuszy.

Po określeniu tych rozkładów przeprowadza się pewną liczbę eksperymentów symulacyjnych. W pojedynczym eksperymencie dla każdego z przepływów pieniężnych i dla stopy dyskontowej generuje się za pomocą algorytmu komputerowego liczbę losową, która może być traktowana jako realizacja pochodząca z przyjętego rozkładu. Następnie w każdym eksperymencie oblicza się na podstawie wygenerowanych liczb losowych wartość NPV. Stosuje się tu wzór na NPV podstawiając wartości przepływów pieniężnych i stopy dyskontowej.

Procedurę tę powtarza się tyle razy, ile zdecydowano się przeprowadzić eksperymentów symulacyjnych. W końcu na podstawie tych wartości estymuje się wartość oczekiwaną  $E(NPV)$  i odchylenie standardowe  $s(NPV)$ . Stosuje się tu zwykle średnią arytmetyczną i odchylenie standardowe



rozkładu empirycznego wartości NPV otrzymanych w wyniku symulacji.

Wynika z tego, że dokładność oszacowania  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$  wzrasta wraz ze wzrostem liczby przeprowadzonych eksperymentów. Postęp w zastosowaniu techniki komputerowej powoduje, że nie ma dziś najmniejszych kłopotów z przeprowadzeniem kilkuset, a nawet kilku tysięcy powtórzeń.

Zakres stosowania analizy symulacyjnej jest bardzo zróżnicowany. Może być stosowana w odniesieniu do każdej wielkości wpływającej na wartość przepływów pieniężnych (sprzedaży, kosztów itd.). Można również generować wektory liczb losowych, będące realizacjami łącznego (wielowymiarowego) rozkładu wszystkich czynników wpływających na NPV. W ten sposób uwzględnia się powiązania między czynnikami. Zakres symulacji jest uwarunkowany m.in. posiadanymi informacjami, znaczeniem projektu (skala, nakłady, okres życia itp.), czasem, kwalifikacjami zarządu itp.

Należy na zakończenie podkreślić, że analiza symulacyjna dostarcza jedynie informacji ułatwiających podejmowanie decyzji, ale nie jest metodą podejmowania decyzji ani eliminacji ryzyka.

#### 4.4. Ogólna koncepcja podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności

W rozdziale trzecim przedstawiliśmy ogólną koncepcję podejmowania decyzji w warunkach niepewności. W koncepcji tej ryzyko podejmowanej decyzji zależy od niepewności natury oraz od stosunku decydenta do ryzyka. Wyróżniliśmy tam dwa

generalne podejścia w podejmowaniu decyzji w warunkach niepewności.

W pierwszym podejściu w ryzyku decyzji pod uwagę bierze się jedynie niepewność natury, nie uwzględnia się natomiast stosunku decydenta do ryzyka. W takiej sytuacji można stosować trzy grupy metod, w zależności od wybranego kryterium (omówiliśmy je w podrozdziale 3.1), mianowicie:

- kryterium maksymalizacji zysku przy danym ryzyku,
- kryterium minimalizacji ryzyka przy danym zysku,
- kryterium łączne, będące funkcją zysku i ryzyka.

W drugim podejściu oprócz niepewności natury uwzględnia się również stosunek decydenta do ryzyka, który wpływa na ryzyko decyzji. Preferowanym kryterium jest tutaj maksymalizacja oczekiwanej użyteczności.

Przedstawimy teraz zastosowanie tej ogólnej koncepcji podejmowania decyzji w warunkach niepewności do zagadnienia podejmowania decyzji inwestycyjnych. W tej pracy wyróżniliśmy trzy podstawowe rodzaje decyzji inwestycyjnych, mianowicie:

- decyzje typu przyjąć/odrzuć,
- wybór między alternatywnymi projektami,
- tworzenie portfela inwestycyjnego.

Omówimy zastosowanie wymienionej ogólnej koncepcji w odniesieniu do każdego z tych trzech rodzajów decyzji. Przy tym nasze rozważania prowadzi będziemy dla kryterium NPV, które jak już wskazaliśmy, powinno być preferowane. Większość z proponowanych rozwiązań może być jednak łatwo adaptowana również do innych kryteriów, takich jak stopa zysku (czyli IRR).

## 1. Przyjęcie bądź odrzucenie projektu inwestycyjnego

Często decyzje podejmuje się w oparciu o jedną liczbę, mianowicie NPV (jest to właściwie wartość oczekiwana NPV). W tej sytuacji nie uwzględnia się ryzyka. Proponujemy ten sposób rozszerzyć poprzez oszacowanie  $E(NPV)$ , czyli wartości oczekiwanej NPV, oraz  $s(NPV)$ , czyli odchylenia standardowego NPV, będącego miarą ryzyka projektu. Te dwie wielkości mogą być określone różnymi sposobami, z których dwa, w pewnym sensie krańcowe, omówimy.

Pierwszy sposób, najbardziej skomplikowany, polega na określeniu  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$  na podstawie rozkładu wartości NPV otrzymanego w wyniku symulacji komputerowej, o czym pisaliśmy w poprzednim podrozdziale.

Drugi sposób, stosunkowo najprostszy, to przyjęcie trzech wielkości NPV:

- przeciętnej, oznaczonej przez  $NPV_a$ ; można ją otrzymać za pomocą klasycznego sposobu określania NPV, gdy ryzyko nie jest uwzględniane, bądź za pomocą analizy scenariuszy (scenariusz przeciętny, oczekiwany);
- minimalnej, oznaczonej przez  $NPV_{min}$ ; można ją otrzymać za pomocą analizy scenariuszy (scenariusz pesymistyczny);
- maksymalnej, oznaczonej przez  $NPV_{max}$ ; można ją otrzymać za pomocą analizy scenariuszy (scenariusz optymistyczny).

Proponujemy na podstawie tych trzech wielkości określić  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$ . Przy tym z oczywistych powodów:

$$E(NPV) = NPV_a$$

Z kolei do określenia  $s(NPV)$  proponujemy zastosować nierówność Czebyszewa:

$$P ( |(NPV - E(NPV)) / s(NPV)| > 4 ) < 1/16$$

Po przekształceniach otrzymujemy:

$$P [NPV > E(NPV) + 4s(NPV)] + P [NPV < E(NPV) - 4s(NPV)] < 1/16$$

Jak widać zatem, suma dwóch prawdopodobieństw jest zdarzeniem mało prawdopodobnym. Za takie przyjęliśmy zdarzenie, którego prawdopodobieństwo jest mniejsze niż 1/16. Można przeto przyjąć, że:

$$E(NPV) + 4 s(NPV) = NPV_{\max}$$

$$E(NPV) - 4 s(NPV) = NPV_{\min}$$

Wynika z tego, że:

$$s(NPV) = (NPV_{\max} - NPV_{\min}) / 8 .$$

Decydent może być bardziej "liberalny", jeśli chodzi o oszacowanie ryzyka i przyjąć w powyższej metodzie liczbę mniejszą niż 4. Gdy np. przyjmie on 3 (wówczas powyżej określone prawdopodobieństwo jest mniejsze tylko od 1/9), wtedy oczywiście:

$$s(NPV) = (NPV_{\max} - NPV_{\min}) / 6 .$$

Po wyznaczeniu  $E(NPV)$ , czyli oczekiwanego zysku oraz  $s(NPV)$ , czyli ryzyka, można zastosować jedno z dwóch podejść, w zależności od tego, czy chcemy brać pod uwagę stosunek decydenta do ryzyka, czy też nie.

#### 1A. Postępowanie w przypadku nieuwzględniania stosunku decydenta do ryzyka

Proponujemy wówczas jako warunek przyjęcia projektu inwestycyjnego przyjąć wyrażenie NPVS, będące NPV zmodyfikowanym z uwzględnieniem ryzyka:

$$NPVS = E(NPV) - k s(NPV) ,$$

gdzie:

$k$  – jest liczbą z przedziału  $[0;3]$ ; przy tym liczba ta jest określana przez inwestora w zależności od konkretnej sytuacji; im większe są ujemne konsekwencje błędnej decyzji o realizacji nierentownego przedsięwzięcia, tym wyższa powinna być wartość  $k$ .

Projekt inwestycyjny powinien być przyjęty do realizacji, gdy

$$NPVS > 0$$

Jak widać, w powyższej propozycji stawia się bardziej surowy warunek przyjęcia inwestycji, niż w klasycznym postępowaniu opartym na NPV, w związku z uwzględnieniem ryzyka.

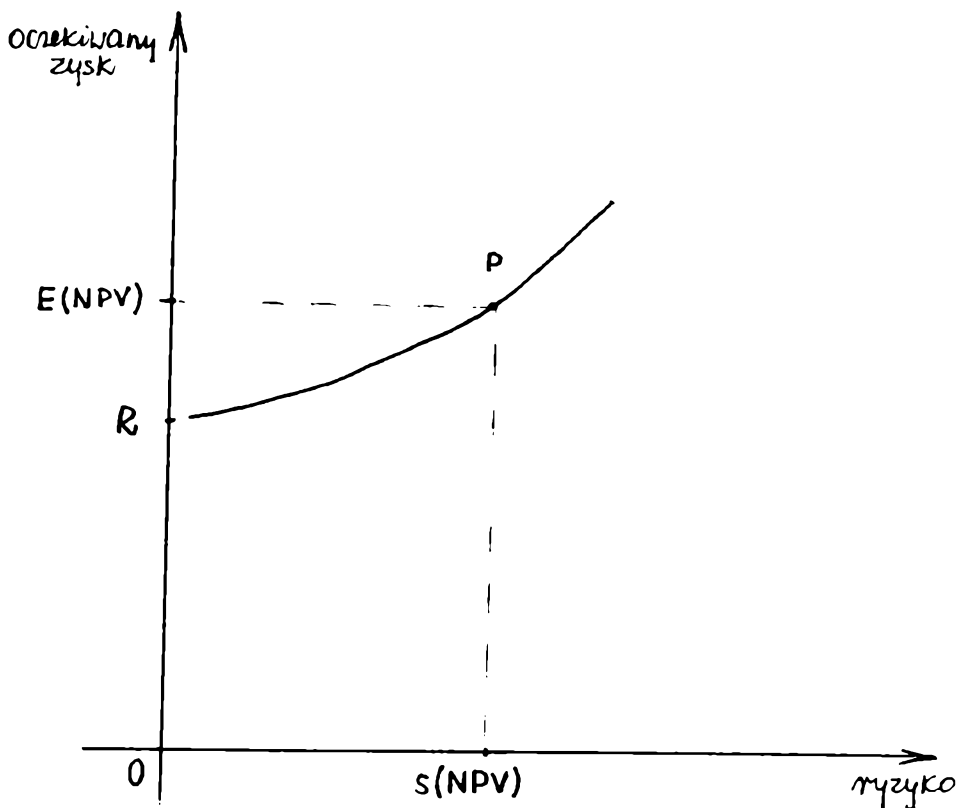
#### **1B. Postępowanie w przypadku uwzględniania stosunku decydenta do ryzyka**

Proponujemy wówczas warunek przyjęcia projektu inwestycyjnego oprzeć na wartości NPVE, będącej równoważnikiem pewności wartości  $E(NPV)$  przy ryzyku  $s(NPV)$ . Przy tym projekt inwestycyjny jest przyjmowany, gdy

$$NPVE > 0$$

Idea tej propozycji przedstawiona jest na rysunku 4.4.

Na rysunku tym rozpatrywany projekt inwestycyjny dany jest w postaci punktu P o współrzędnych  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$ . Do wyznaczenia równoważnika pewności niezbędna jest znajomość krzywych obojętności decydenta. Jak widać, punkt R, będący równoważnikiem pewności projektu inwestycyjnego, leży na tej samej krzywej obojętności, co punkt P.



Rys. 4.4.

Jeśli nie ma możliwości wyznaczenia krzywych obojętności, wówczas można stosować współczynnik równoważnika pewności, opisany w podrozdziale 4.2.

## 2. Wybór spośród alternatywnych projektów

W tym przypadku chodzi o wybór jednego projektu spośród zbioru projektów dostępnych do realizacji. Jest to zatem wybór spośród wzajemnie wykluczających się projektów. Z punktu widzenia ogólnej koncepcji podejmowania decyzji sytuacja tu jest najprostsza. Mamy bowiem do czynienia z klasycznym zadaniem wyboru jednego wariantu spośród dostępnych wariantów. Wybór ten opiera się na dwóch charakterystykach, mianowicie na oczekiwanym zysku i ryzyku, danych wartościami  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$ . Wartości te można

obliczyć za pomocą tych samych metod, jak opisane powyżej (w odniesieniu do decyzji typu przyjąć/odrzuć).

Podobnie jak poprzednio, proponujemy rozpatrzyć osobno dwie sytuacje, w zależności od tego, czy chcemy uwzględnić stosunek decydenta do ryzyka, czy też ignorować go.

## 2A. Postępowanie w przypadku nieuwzględniania stosunku decydenta do ryzyka

W tym przypadku mamy do dyspozycji trzy opisane już metody, które się stosuje w zależności od konkretnej sytuacji:

- maksymalizacja oczekiwanego zysku przy danym ryzyku,
- minimalizacja ryzyka przy danym oczekiwanym zysku,
- łączne kryterium uwzględniające oczekiwany zysk i ryzyko.

W pierwszej sytuacji prowadzi to do rozwiązania zadania: zmaksymalizować

$$E(NPV)$$

przy warunku

$$s(NPV) \leq s_0 ,$$

gdzie:

$s_0$  - poziom ryzyka, ustalony przez decydenta (najwyższy możliwy do zaakceptowania).

Jak widać, sprowadza się to do wyboru spośród projektów o ryzyku (mierzonym za pomocą  $s(NPV)$ ) nie przekraczającym  $s_0$  takiego projektu, dla którego  $E(NPV)$  jest najwyższe.

W drugiej sytuacji mamy do czynienia z zadaniem: zminimalizować

$$s(NPV)$$

przy warunku

$$E(NPV) \geq E_0 ,$$

gdzie:

$E_0$  - poziom oczekiwanego zysku, ustalony przez decydenta (najniższy możliwy do zaakceptowania).

Jak widać, sprowadza się to do wyboru spośród projektów o oczekiwanym zysku równym co najmniej  $E_0$  takiego projektu, dla którego  $s(\text{NPV})$  jest najniższe.

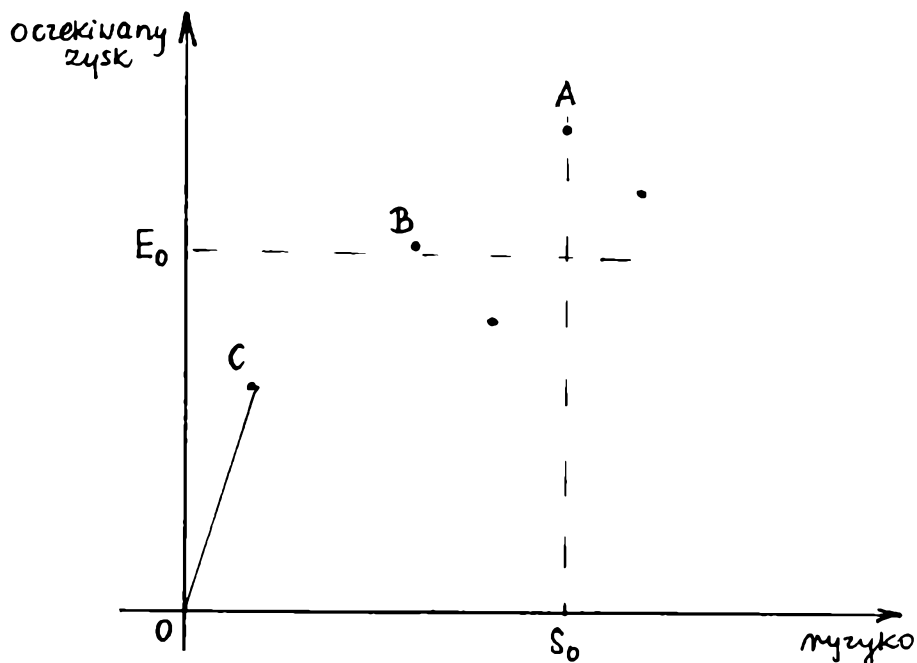
W trzeciej sytuacji stosuje się łączne kryterium uwzględniające zysk i ryzyko. Najprostszym sposobem jest zastosowanie współczynnika zmienności. Mamy wówczas do czynienia z zadaniem:

zminimalizować

$$s(\text{NPV}) / E(\text{NPV})$$

Zadanie to sprowadza się zatem do wyboru tego projektu, dla którego wielkość ryzyka przypadająca na jednostkę oczekiwanego zysku jest najmniejsza.

Ilustracja graficzna wszystkich trzech sytuacji przedstawiona jest na rysunku 4.5.



Rys. 4.5.



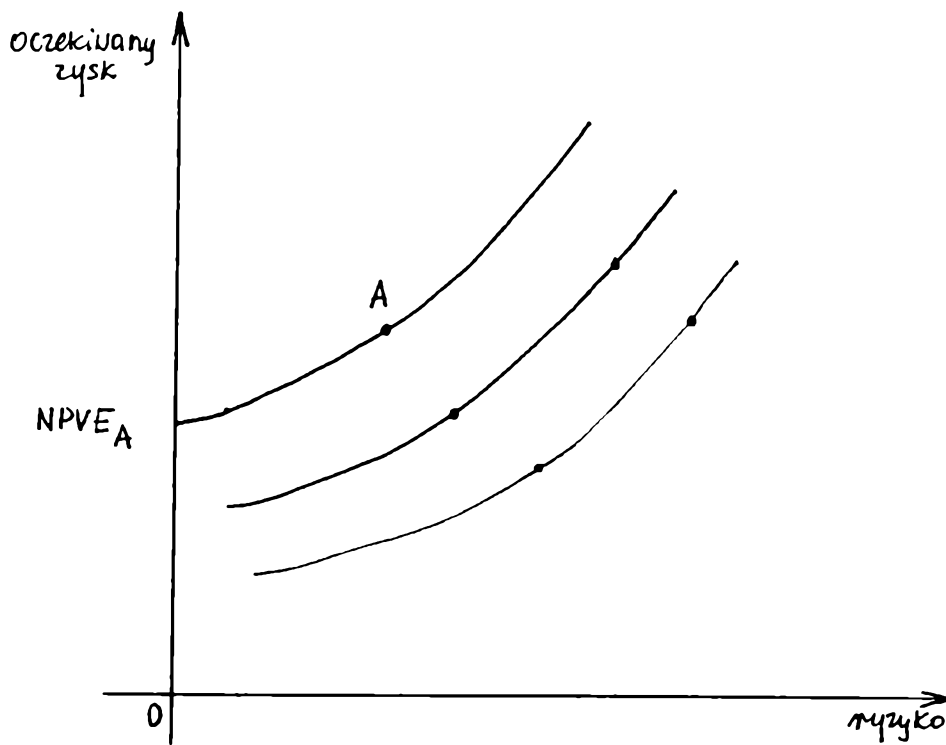
Na rysunku tym analizowane są różne projekty, ilustrowane za pomocą punktów, których współrzędnymi są  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$ . Załóżmy najpierw, że decydent akceptuje ryzyko w wysokości co najwyżej  $s_0$ . Widać, że maksymalizacja oczekiwanego zysku prowadzi do wyboru projektu, któremu odpowiada punkt A.

Następnie załóżmy, że decydent ma wymagania co do oczekiwanego zysku, który musi być równy co najmniej  $E_0$ . Teraz minimalizuje się ryzyko. Z rysunku widać, że prowadzi to do wyboru projektu, któremu odpowiada punkt B.

Wreszcie rozpatrzmy trzecią sytuację, gdy decydent minimalizuje współczynnik zmienności. Zauważmy, że współczynnik zmienności to stosunek odciętej do rzędnej. Wobec tego zadanie minimalizacji współczynnika zmienności to zadanie maksymalizacji kąta nachylenia prostej łączącej punkt odpowiadający projektowi do osi odciętych. Z rysunku widać, że decydent kierujący się tym kryterium wybierze projekt odpowiadający punktowi C.

## **2B. Postępowanie w przypadku uwzględniania stosunku decydenta do ryzyka**

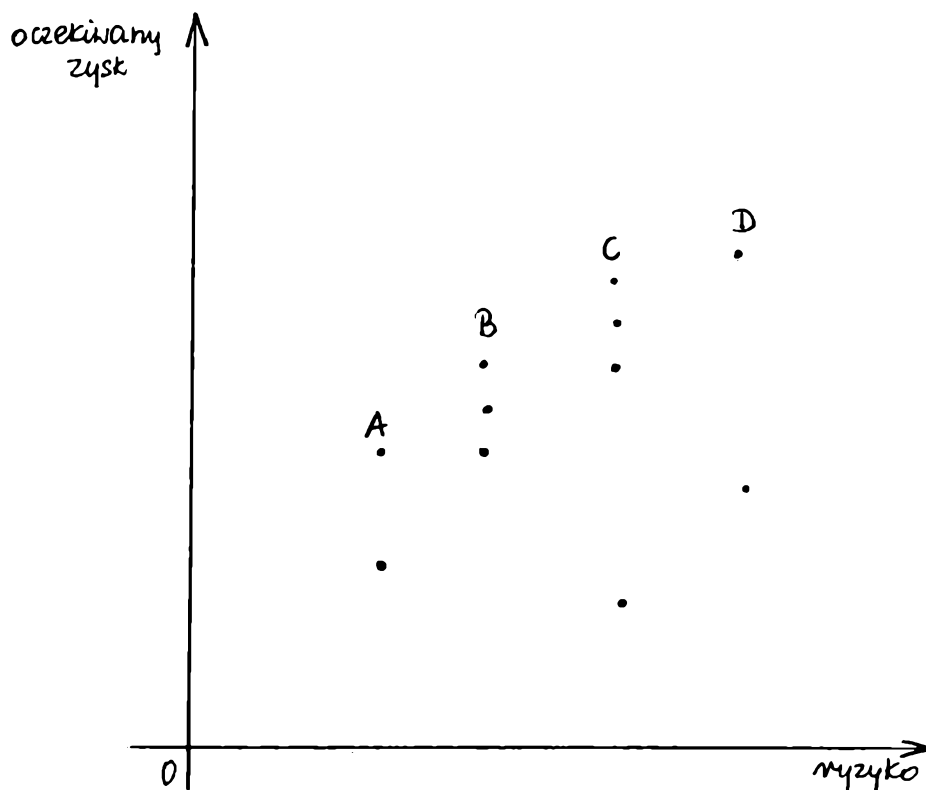
Jest to klasyczny przypadek, opisany w rozdziale trzecim, w którym inwestor stosuje zasadę maksymalizacji oczekiwanej użyteczności. Decydent wybiera ten projekt, który leży na krzywej obojętności, odpowiadającej najwyższej wartości użyteczności decydenta. Jest to oczywiście tożsame z wyborem projektu, któremu odpowiada najwyższa wartość równoważnika pewności, oznaczonego przez NPVE. Przedstawiona zasada wyboru ilustruje rysunek 4.6.



Rys. 4.6.

Podobnie jak poprzednio, projekty inwestycyjne analizowane są ze względu na wartości  $E(NPV)$  i  $s(NPV)$ . Jak widać, decydent wybierze projekt A, który leży na najwyższej krzywej obojętności. Zauważmy również, że projektowi temu odpowiada najwyższa wartość równoważnika pewności, czyli  $NPVE_A$ .

Na zakończenie dodajmy, że analiza projektów inwestycyjnych ze względu na oczekiwany zysk  $E(NPV)$  i ryzyko  $s(NPV)$  może być przeprowadzona w sposób uproszczony na rysunku. Jeśli decydent nie chce (lub nie może) kierować się żadnym z proponowanych przez nas czterech kryteriów (uwzględniających i nie uwzględniających stosunku decydenta do ryzyka), może wówczas przeanalizować projekty metoda graficzna, jak na rysunku 4.7.



Rys. 4.7.

Z rysunku wynika, że decydent powinien wybrać jeden z czterech projektów: A, B, C, D. Są to tzw. projekty efektywne, będące jednocześnie projektami optymalnymi w sensie Pareto. Charakteryzują się tym, że:

- przy danym poziomie oczekiwanego zysku minimalizują ryzyko,
- przy danym poziomie ryzyka maksymalizują oczekiwany zysk.

Pozostałe projekty należy pominąć, gdyż są zdominowane (w sensie jednoczesnego rozpatrywania zysku i ryzyka) przez projekty efektywne. Wobec tego decydent powinien dokonać wyboru tylko spośród projektów efektywnych. Trzeba jednak dodać, że jakkolwiek decydent z pozoru przy tym wyborze nie stosuje zasady maksymalizacji oczekiwanej użyteczności (nie są konstruowane krzywe obojętności), ale jego stosunek do

ryzyka i tak będzie podświadomie uwzględniony.

### 3. Tworzenie portfela projektów

Jest to najbardziej ogólny typ sytuacji decyzyjnej w zakresie podejmowania decyzji inwestycyjnych. Podobnie jak w przypadku pojedynczych projektów, tak i tutaj podstawowymi charakterystykami są oczekiwany zysk i ryzyko. Można zatem mówić o  $E(\text{NPV})$  i  $s(\text{NPV})$  portfeli. Do określenia tych dwóch wielkości stosuje się następujące wzory:

$$E_p(\text{NPV}) = \sum_{i=1}^n E_i(\text{NPV}) ,$$

$$s_p(\text{NPV}) =$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n (s_i(\text{NPV}))^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (s_i(\text{NPV}) s_j(\text{NPV}) \rho_{ij}) \right]^{0.5}$$

gdzie:

$n$  - liczba projektów inwestycyjnych wchodzących w skład portfela,

$E_p(\text{NPV})$  - oczekiwany zysk portfela,

$E_i(\text{NPV})$  - oczekiwany zysk  $i$ -tego projektu,

$s_p(\text{NPV})$  - ryzyko portfela,

$s_i(\text{NPV})$  - ryzyko  $i$ -tego projektu,

$\rho_{ij}$  - współczynnik korelacji NPV  $i$ -tego i  $j$ -tego projektu.

Jak widać z powyższych wzorów, oczekiwany zysk i ryzyko portfela określa się za pomocą oczekiwanego zysku i ryzyka pojedynczych projektów wchodzących w skład portfela, przy czym jako miarę zysku stosuje się NPV. W przypadku ryzyka należy uwzględnić również powiązanie oczekiwanych zysków w różnych projektach, odzwierciedlone za pomocą współczynnika korelacji. Dodatnia korelacja oznacza, że wzrost NPV jednego

projektu występuje wraz ze wzrostem NPV drugiego projektu i vice versa. Z kolei ujemna korelacja oznacza, że wzrost NPV jednego projektu występuje wraz ze spadkiem NPV drugiego projektu i vice versa.

Powyższe wzory są szczególnymi przypadkami zależności występujących w przypadku portfela papierów wartościowych w klasycznej wersji proponowanej przez Markowitza (por. np. Jajuga i Jajuga (1993)). Z wzorów tych wynika, że:

- oczekiwany zysk portfela projektów jest sumą oczekiwanych zysków pojedynczych projektów wchodzących w skład portfela,
- ryzyko portfela projektów zależy od ryzyka pojedynczych projektów i od współczynników korelacji, czyli powiązań zysków pojedynczych projektów; przy tym ryzyko jest tym mniejsze, im bardziej ujemnie (lub mniej dodatnio) skorelowane są zyski pojedynczych projektów.

Jak zatem widać, w przypadku tworzenia portfela projektów istnieje możliwość redukcji ryzyka przy jednoczesnym wzroście NPV portfela. Jest to możliwe wtedy, gdy w portfelu znajdują się projekty o ujemnej (ewentualnie niskiej dodatniej) korelacji. To postępowanie nazywa się dywersyfikacją portfela.

Dodajmy jeszcze, że do praktycznego zastosowania wzoru na ryzyko portfela projektów oprócz znajomości oczekiwanej wartości NPV oraz odchylenia standardowego NPV (sposoby określania tych wartości podaliśmy powyżej) niezbędna jest znajomość współczynników korelacji projektów wchodzących w skład portfela. Można tu zastosować również analizę symulacyjną - w tym przypadku łącznie dla pary projektów i na tej podstawie określić współczynnik korelacji otrzymanego rozkładu empirycznego.

Przedstawione powyżej wzory pozwalają na określenie  $E_p$  (NPV) i  $s_p$  (NPV) każdego z portfeli projektów możliwych do utworzenia spośród dostępnych projektów. Ponieważ jest skończona liczba dostępnych projektów, wobec tego jest również skończona liczba tych portfeli. Oczywiście pod uwagę bierze się te portfele, których realizacja może być sfinansowana. Ze względu na ograniczenia finansowe liczba możliwych portfeli będzie stosunkowo nieduża, jakkolwiek większa od liczby dostępnych pojedynczych projektów.

Zauważmy, że po wyznaczeniu  $E_p$  (NPV) i  $s_p$  (NPV) wszystkich rozpatrywanych portfeli, można każdy portfel projektów potraktować jako pojedynczy projekt inwestycyjny. Wówczas oczywiście wszystkie rozważania przedstawione w odniesieniu do wyboru jednego projektu spośród wykluczających się projektów przenoszą się na wybór portfela projektów spośród dostępnych, wykluczających się portfeli.

#### 4.5. Informacje niezbędne do podejmowania decyzji inwestycyjnych

Podejmowanie decyzji możliwe jest pod warunkiem, że posiadamy nie tylko efektywne metody podejmowania decyzji, ale i informacje niezbędne do ich zastosowania. Jest to szczególnie istotne, gdy decyzje podejmowane są w warunkach niepewności.

W przypadku podejmowania decyzji inwestycyjnych niezbędne są informacje na temat przewidywanych wartości przepływów pieniężnych w całym okresie życia projektu oraz informacje na temat stopy dyskontowej, czyli kosztu kapitału. Wielkości te są obarczone szczególnie dużą

niepewnością, gdyż odnoszą się do odległych okresów, a ich wartości zależą od wielu, wzajemnie powiązanych czynników. Stosunkowo najmniej problemów wiąże się z szacowaniem inicjujących nakładów inwestycyjnych, które traktowane są wręcz jako wartości pewne (por. Gitman (1991)).

Prawidłowa estymacja przewidywanych przepływów pieniężnych wymaga określenia prawdopodobnych wartości wszystkich czynników wpływających na przyszłe dochody i wydatki. Wiąże się to z koniecznością prognozowania takich wielkości, jak: popyt, ceny (produktów, surowców i materiałów, siły roboczej itp.), koszty produkcji, stopa oprocentowania kredytów, stopa podatku itd. Zdobycie i przetworzenie wszystkich informacji wymaga aktywnej współpracy wielu działów firmy. Badanie musi także obejmować prawdopodobne zachowania konkurentów i nabywców. Procedura gromadzenia i zakres niezbędnych informacji szczegółowo opisana jest w wielu ogólnie dostępnych pozycjach, dlatego jej opis pomijamy.

Wymienimy tylko generalne zasady postępowania w tym zakresie:

- uwzględniać należy wyłącznie dochody i wydatki związane z danym projektem inwestycyjnym;
- musi być uwzględniony wpływ realizowanego projektu na dotychczasową działalność firmy, tzn. musi być brany pod uwagę przyrost dochodów i wydatków pośrednich związanych z realizacją danego projektu;
- powinno być uwzględnione opodatkowanie;
- należy uwzględniać tzw. koszty utraconych możliwości (ang. *opportunity or alternative costs*);
- nie należy włączać kosztów poniesionych przed podjęciem

decyzji (ang. *sunk costs*).

Najwięcej kłopotów, zarówno teoretycznych, jak i praktycznych, stwarza ustalenie stopy dyskontowej stosowanej do obliczenia wartości NPV. Każdy projekt powinien być oceniany z zastosowaniem indywidualnej stopy dyskontowej odzwierciedlającej rzeczywisty koszt kapitału związany z jego finansowaniem. Stopa ta definiowana jest także jako stopa zysku możliwa do uzyskania w przypadku realizacji projektu o identycznym (lub zbliżonym) poziomie ryzyka (ang. *opportunity cost of capital*). Oznacza to, że ustalenie prawidłowej stopy zysku możliwe jest po zmierzeniu ryzyka związanego z projektem. Często zatem stosowana jest następująca procedura:

- na podstawie analizy przewidywanych przepływów pieniężnych ustala się ryzyko związane z danym projektem,
- porównuje się to ryzyko z ryzykiem przeciętnego projektu realizowanego przez firmę i odpowiednio koryguje się (zmniejsza lub zwiększa) przeciętną stopę zysku (koszt kapitału firmy).

W praktyce stosowane są różne metody ustalania stopy dyskontowej. Najczęściej (por. Bierman i Smidt (1988)) wymienia się następujące metody:

- średni ważony koszt kapitału firmy - WACC (ang. *weighted average cost of capital*); jest to najczęściej stosowany sposób;
- stopa oprocentowania kredytów po opodatkowaniu (ang. *debt borrowing rate after tax*), w przypadku gdy projekt finansowany jest za pomocą kredytu;
- stopa dyskontowa uwzględniająca ryzyko (ang. *risk-adjusted discount rate*); idee tej metody przedstawiliśmy w



podrozdziale 4.2; stopa ta ustalana może być jako średnia dla firmy lub dla każdego projektu zgodnie z subiektywnie ustalonym podziałem projektów na kategorie (por. np. Brigham (1985), Gitman (1991));

- koszt kapitału akcyjnego (ang. *cost of equity*), w przypadku, gdy projekt finansowany jest ze środków własnych.

Dodajmy jeszcze, że stopa dyskontowa może być również ustalana przy wykorzystaniu modelu CAPM (por. Gitman (1991), Dobbins, Frackowiak i Witt (1992)), jest to jednak metoda uproszczona i powinna być stosowana bardzo ostrożnie (por. Bierman (1986)).

Tak obliczona stopa dyskontowa jest odpowiednio korygowana, jeżeli ryzyko konkretnego projektu (a właściwie ryzyko związane z przepływami pieniężnymi projektu) różni się od średniego ryzyka w firmie.

Należy jednak podkreślić, że koszt kapitału to kategoria finansowa i jej ustalenie to w gruncie rzeczy decyzja finansowa, choć ściśle związana z inwestycyjną.

Na zakończenie chcemy podkreślić, że przedstawiona w pracy koncepcja podejmowania decyzji inwestycyjnych w warunkach niepewności wykorzystuje te same (pod względem merytorycznym) informacje, co omówione wcześniej metody nie uwzględniające ryzyka. W każdym przypadku należy rozwiązać zatem te same problemy związane z wyborem właściwych wielkości.

## ZAKOŃCZENIE

Przedstawiona w pracy ogólna koncepcja podejmowania decyzji inwestycyjnych nie jest oczywiście gotowa recepta umożliwiająca podejmowanie optymalnych decyzji. Jednak, jak wykazują rozważania przeprowadzone w rozdziale pierwszym, podstawowym celem firmy funkcjonującej w gospodarce rynkowej jest maksymalizacja bogactwa jej akcjonariuszy. Takie zaś sformułowanie celu wymusza konieczność analizowania nie tylko zysku, ale także związanego z nim ryzyka. Wydaje się, że opisana koncepcja spełnia to zadanie. Omówione w pracy zróżnicowane kryteria decyzyjne oraz metody pomiaru ryzyka umożliwiają stworzenie odpowiednich (w zależności od sytuacji i motywacji decydenta) algorytmów decyzyjnych.

Każda praca będąca efektem dociekań naukowych niesie z sobą problemy otwarte, dyskusyjne i wątpliwości. Nie inaczej jest w przypadku tej rozprawy. Problemy otwarte, jakie pojawiły się w trakcie badań, mają charakter zarówno teoretyczny, jak i praktyczny. Do najważniejszych należy zaliczyć:

- rozszerzenie praktycznego stosowania zasady maksymalizacji oczekiwanej użyteczności na różne rodzaje funkcji użyteczności,
- rozszerzenie praktycznego stosowania zasady maksymalizacji oczekiwanej użyteczności na różne rodzaje rozkładów zysku,
- praktyczne sposoby wyznaczania funkcji użyteczności dla indywidualnego decydenta,

- zastosowanie ogólnych koncepcji podejmowania decyzji z uwzględnieniem stosunku decydenta do ryzyka (przedstawionych w podrozdziale 3.5) w przypadku decyzji inwestycyjnych,
- uwzględnianie wpływu różnych czynników psychologicznych, motywacyjnych i sytuacyjnych na kształt funkcji użyteczności,
- metody uzyskiwania informacji niezbędnych do podejmowania decyzji inwestycyjnych, przede wszystkim sposoby ustalania stopy dyskontowej,
- sposoby praktycznej implementacji analizy symulacyjnej, przede wszystkim uwzględniania zależności przepływów pieniężnych w czasie, zależności między zmiennymi determinującymi przepływy pieniężne oraz zależności między przepływami pieniężnymi w różnych projektach tej samej firmy,
- uwzględnianie wpływu inflacji na podejmowanie decyzji inwestycyjnych.

Pewne założenia leżące u podstaw proponowanej koncepcji opartej na teorii użyteczności również wymagają dalszych badań, gdyż mogą budzić wątpliwości. Należą do nich:

- założenie niezależności funkcji użyteczności od czynników sytuacyjnych, kulturowych czy materialnych decydenta,
- założenie o powszechnym dążeniu do minimalizacji ryzyka; skłaniamy się raczej ku koncepcji portfelowej teorii ryzyka Coombsa.

Wymienionymi problemami zamierzamy się zająć w dalszych badaniach.

## LITERATURA

1. Ansoff H.I. (1985), Zarządzanie strategiczne, PWE, Warszawa.
2. Arrow K.J. (1979), Eseje z teorii ryzyka, PWN, Warszawa.
3. Arrow K.J. (1985), Granice organizacji, PWN, Warszawa.
4. Becker G.S. (1990), Ekonomiczna teoria zachowań ludzkich, PWN, Warszawa.
5. Bierman H., Smidt S. (1988) The capital budgeting decision, Macmillan Publishing Company, New York.
6. Bierman H. (1986), Implementation of capital budgeting techniques, survey i synthesis, Financial Management Association, Tampa.
7. Brealey R.A., Myers S.C. (1988), Principles of corporate finance, McGraw-Hill, New York.
8. Brigham E.F. (1985), Financial management. Theory and practice, Dryden Press, New York.
9. Coombs C.H., Dawes R.M., Tversky A. (1977), Wprowadzenie do psychologii matematycznej, PWN, Warszawa.
10. Crozier M., Friedberg E. (1982), Człowiek i system, PWE, Warszawa.
11. Czarnek J. (1982), Rachunek efektywności inwestycji i postępu technicznego w przemyśle, PWE, Warszawa.
12. Czekał J., Owsiak S. (1992), Finansowy mechanizm alokacji zasobów w gospodarce rynkowej, PWN, Warszawa.
13. Dobbins R., Frackowiak W., Witt S.F. (1992), Praktyczne zarządzanie kapitałami firmy, Paanpol, Poznań.

14. Douglas E.J. (1987), *Managerial economics. Analysis and strategy*, Prentice Hall, London.
15. Elton E.J., Gruber M.J. (1991), *Modern portfolio theory and investment analysis*, Wiley, New York.
16. Francis J.K., Archer S.H. (1979), *Portfolio analysis*, Prentice Hall, London.
17. Galbraith J.K. (1979), *Wiek niepewności*, Warszawa.
18. Gitman L.J. (1991), *Principles of managerial finance*, Harper Collins, New York.
19. Gough J., Hill S. (1979), *Fundamentals of managerial economics*, Macmillan Press, London.
20. Griffiths A., Wall S. (1991), *Applied economics*, Longman, London.
21. Hirshleifer J. (1965), *Investment decision under uncertainty - choice theoretic approaches*, *The Quarterly Journal of Economics*, 744, s. 509-536.
22. Jajuga K., Jajuga T. (1993), *Jak inwestować w papiery wartościowe*, PWN, Warszawa.
23. Jennergren L.P., Kenny R.L. (1985), *Metody oceny ryzyka*, w: Findeisen W. (red.), *Analiza systemowa - podstawy i metodologia*, PWN, Warszawa.
24. Jędrzejczak K. (1992), *Elementy analizy decyzyjnej*, Poznań.
25. Komar Z. (1989), *Jak się robi pieniądze? O inwestowaniu, ryzyku i instrumentach finansowych*, Puls, Londyn.
26. Koziński J. (1977), *Psychologiczna teoria decyzji*, PWN, Warszawa.
27. Koziński J. (1987), *Koncepcja transgresyjna człowieka. Analiza psychologiczna*, PWN, Warszawa.
28. Koziński J. (1988), *O człowieku wielowymiarowym. Eseje*

psychologiczne, PWN, Warszawa.

29. Koziński J. (1992), *Podjęcie decyzji*, w: Tomaszewski T. (red.), *Psychologia ogólna*, PWN, Warszawa.

30. Koźmiński A.K., Obłój K. (1989), *Zarys teorii równowagi organizacyjnej*, PWE, Warszawa.

31. Koźmiński A.K., Zawiślak A.M. (1982), *Pewność i gra. Wstęp do teorii zachowań organizacyjnych*, PWE, Warszawa.

32. Krawczyk S. (1990), *Matematyczna analiza sytuacji decyzyjnych*, PWE, Warszawa.

33. Kryński H. (1978), *Rachunek ekonomicznej efektywności zamierzeń inwestycyjnych*, PWE, Warszawa.

34. Levy H., Sarnat M. (1972), *Investment and portfolio analysis*, Wiley, New York.

35. Levy H., Sarnat M. (1977), *Financial decision making under uncertainty*, Academic Press, New York.

36. Levy H., Sarnat M. (1988), *Principles of financial management*, Prentice Hall, New York.

37. Levy H., Sarnat M. (1990), *Capital investment and financial decisions*, Prentice Hall, New York.

38. Lucas R. (1992), *Wstęp do gospodarki rynkowej dla Polski*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków.

39. Martan L. (1978), *Procesy inwestycyjne*, PWN, Warszawa.

40. Massé P. (1962), *Optimal investment decisions*, Prentice Hall, New York.

41. Moore P.C. (1975), *Ryzyko w podejmowaniu decyzji*, PWE, Warszawa.

42. Nowakowska M. (1980), *Nowe idee w naukach społecznych*, Ossolineum, Wrocław.

43. Ostasiewicz W. (1986), *Zastosowanie zbiorów rozmytych w ekonomii*, PWN, Warszawa.

44. Pappas J.L., Hirschey M. (1990), *Managerial economics*, Dryden Press, Orlando.
45. Pluta W. (1992), *Koncepcje pomiaru efektywności inwestowania w udziały kapitałowe*, w: *Udziały w spółkach. Zarządzanie i rachunkowość*, Wrocław.
46. Płocica A. (1984), *Podstawy systemu i polityki inwestycyjnej*, ANS, Warszawa.
47. Pszczołowski T. (1978), *Mała encyklopedia prakseologii i organizacji*, Ossolineum, Wrocław.
48. Ross S.A., Westerfield R.W., Jaffe J.F. (1990), *Corporate finance*, Irwin, Boston.
49. Sadowski W. (1977), *Decyzje i prognozy*, PWE, Warszawa.
50. Sharpe W. F. (1985), *Investments*, Prentice Hall, New York.
51. Sienkiewicz P. (1989), *Systemy kierowania*, WP, Warszawa.
52. Simon H.A. (1982), *Podjęmowanie decyzji kierowniczych*, PWE, Warszawa.
53. Tyszka T. (1978), *Konflikty i strategie. Niektóre zastosowania teorii gier*, WNT, Warszawa.
54. Tyszka T. (1986), *Analiza decyzyjna i psychologia decyzji*, PWN, Warszawa.
55. von Winterfeldt (1985), *Decyzje w warunkach niepewności*, w: Findeisen W. (red.), *Analiza systemowa - podstawy i metodologia*, PWN, Warszawa.
56. Wawrzyniak B. (1980), *Decyzje kierownicze w teorii i praktyce zarządzania*, PWE, Warszawa.
57. Weber R.A. (1990), *Zasady zarządzania organizacjami*, PWE, Warszawa.
58. Zawiślak A.M. (1977), *Planowanie w warunkach niepewności*, IOPM, Warszawa.

59. Zawiślak A. M. (1984), Pułapy i pułapki zarządzania,  
Glob, Szczecin.