

Arkadiusz BANASIK  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Ekonomii i Informatyki

## TEORIA MOŻLIWOŚCI JAKO NARZĘDZIE WSPOMAGANIA DECYZJI INWESTYCYJNYCH

**Streszczenie.** Artykuł prezentuje sposób zastosowania teorii możliwości w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych. Podstawowym celem jest tu wskazanie kierunków aplikacyjnych wspomnianej teorii i efektów, jakie przypuszczalnie wnosi ona do procesu decyzyjnego w inwestowaniu.

## THEORY OF POSSIBILITY AS A TOOL FOR DECISION SUPPORT IN INVESTMENT

**Summary.** Article presents a way of application of possibility theory to investment decision support. The main aim is to present application areas for above mentioned theory and probable effects which may be seen in decision making process in investment.

### 1. Wprowadzenie

„Skąd mamy pewność, że następnego dnia w gniazdku będzie prąd, na stacji benzynowej paliwo, a w supermarkecie żywność? Przecież same tam nie przyjdą – trzeba je wyprodukować, przetworzyć, dowieźć [1].” Stwierdzenie to wskazuje, iż do każdego działania niezbędne są nakłady, które wpływają na powstawanie wszelkich dóbr i ich dostępność dla ludzi. Każde nakłady wiążą się z inwestycjami, które są nieodłącznym elementem działalności gospodarczej. Ten typ inwestycji wiąże się z nakładami na bieżącą działalność operacyjną przedsiębiorstw. Jednym z innych rodzajów inwestowania jest alokacja kapitału w taki sposób, aby przynosił jak największe profity dla inwestora.

Inwestowanie, opisywane jako proces, który ma przynieść korzyści z wykorzystanego kapitału, wymaga zebrania jak największej ilości informacji i zbudowania na ich podstawie wiedzy, z której korzysta się w procesie decyzyjnym. W tym celu stosuje się wiele środków i technik, które ułatwiają analizę zebranych informacji. Podstawą takiej analizy są metody i techniki sztucznej inteligencji, które są coraz częściej wykorzystywane w świecie finansów [2].

Właściwe wykorzystanie dostępnych środków – metod i technik sztucznej inteligencji – powoduje szybsze podejmowanie decyzji i pełniejsze gromadzenie wiedzy na temat kluczowych zjawisk zachodzących na rynku inwestycyjnym. Ze względu na nieprecyzyjny charakter części zbieranych informacji konieczne jest zastosowanie aparatu matematycznego, który jest w stanie podjąć się analizy sytuacji – logiki rozmytej [3] i opartej na niej teorii możliwości [4].

## 2. Obszar aplikacyjny – proces inwestycyjny

Proces inwestycyjny jest nierozzerwalnie związany z inwestycjami, które rozumie się jako nakład gospodarczy, mający na celu tworzenie lub zwiększanie majątku trwałego w przedsiębiorstwie.

Tego typu podejście dotyczy także wyrzeczenia się pewnych korzyści, uzyskanych w danym czasie, na rzecz tych, które mogą pojawić się w przyszłości, ale wiążą się z niepewnością. W takim ujęciu można wyróżnić inwestycje bezpośrednie – dotyczące dóbr materialnych – oraz inwestycje pośrednie – dotyczące długoterminowych papierów finansowych. Inwestycje w rozumieniu niniejszego artykułu koncentrować się będą na inwestycjach w papiery finansowe.

Istotą procesu inwestycyjnego jest działanie zmierzające do uzyskania korzyści w postaci dochodu. Podstawowym założeniem takiego podejścia jest zaangażowanie środków w określony rodzaj papierów wartościowych przy zakładanym poziomie ryzyka. Odpowiednia analiza papierów wartościowych i ich dobór determinują sukces w procesie inwestowania.

W dzisiejszych czasach szybkość zmian na rynkach powoduje konieczność dogłębnej analizy danych historycznych oraz prognozowania zmian w okresach przyszłych. W tym celu niezbędne staje się zastosowanie zdolności obliczeniowej komputerów dla szybszego – i przez to bardziej efektywnego – decydowania o inwestycjach.

Proces inwestycyjny w przedsiębiorstwie, tak jak w przypadku innych uczestników rynku finansowego, przebiega w czterech fazach [5]:

- Wstępna ocena – podczas której przedstawiany jest zarys inwestycji i zbierane są informacje dotyczące danej propozycji w ramach porozumienia pomiędzy działem odpowiedzialnym za inwestycje a zarządem [5].
- Analiza – proces dogłębnej analizy i weryfikacji informacji zdobytych na temat potencjalnej inwestycji, który obejmuje dostarczenie inwestorowi danych dotyczących danego przedsięwzięcia, w szczególności w obszarach: przedsiębiorstwa, jego otoczenia, kadry zarządzającej, analizy finansowej oraz wyników z lat poprzednich, planów na przyszłość i aktualnie realizowanych projektów [5].
- Negocjacje – są prowadzone równolegle z pozostałymi etapami i ich zadaniem jest pozyskiwanie informacji niezbędnych do sporządzenia analizy (badanie tego typu nosi nazwę z ang. *due diligence* [6]) oraz sprowadzenie założeń projektu inwestycyjnego do postaci warunkowej, która będzie podlegała akceptacji Komitetu Inwestycyjnego (ciała odpowiedzialnego za przyjęcie i nadzorowanie inwestycji) [5].
- Zatwierdzenie i realizacja – projekt przedstawiany jest Komitetowi Inwestyjnemu, który podejmuje decyzję o jego akceptacji bądź odrzuceniu oraz wyznacza osoby, które mają być odpowiedzialne za realizację inwestycji [5].

W praktyce opisane wyżej etapy często są przeprowadzane równolegle, co jest przejawem większej elastyczności w dostosowaniu do wymagań czasowych konkretnej inwestycji. Podstawami szybkiego podejmowania decyzji inwestycyjnych są: skrócenie ścieżki decyzyjnej oraz ograniczony do niezbędnego minimum skład osobowy Komitetu Inwestycyjnego [5].

Wykorzystanie narzędzi wspomagających członków Komitetu Inwestycyjnego jest kluczowym aspektem decydującym o prawidłowości ich wyborów oraz o szybkości działania tego grona. Umiejętność wykorzystania niepełnych i nieprecyzyjnych danych jest niezmiernie ważna w szybkości podejmowania decyzji. Narzędziami wspomagającymi takie podejście są, wspomniane wcześniej, logika rozmyta i teoria możliwości.

### 3. Teoria możliwości

Zanim będzie można mówić o teorii możliwości, konieczne jest zapoznanie się z podstawowymi założeniami logiki rozmytej, gdyż ta pierwsza opiera się na założeniach wprowadzonych przez Lotfiego Zadeha. Dlatego też rozważania należy rozpocząć od zdefiniowania zbioru rozmytego.

Zbiór rozmyty jest obiektem, który jest charakteryzowany przez jego funkcję przynależności. Funkcja ta opisuje każdy obiekt w zbiorze i zawiera się w przedziale od 0

do 1. Funkcja przynależności (charakterystyczna) jest stopniem przynależności danego obiektu we wspomnianym zbiorze [3]. W funkcji tej niezmiernie ważna jest jej właściwa interpretacja, która obejmuje [8]:

1. Stopień podobieństwa. W tym przypadku przez  $\mu_A(x)$  rozumie się miarę bliskości elementu  $x$  do prototypu (wzorca) zbioru rozmytego  $A$ . Ta interpretacja jest szczególnie istotna w rozmytym grupowaniu danych, a wartość funkcji przynależności wyraża stopień podobieństwa do prototypu grupy.
2. Stopień preferencji. W tym przypadku zbiór rozmyty  $A$  przedstawia zbiór bardziej lub mniej preferowanych obiektów. Funkcja przynależności  $\mu_A(x)$  reprezentuje intensywność preferencji, dotyczącą obiektu  $x$  jako reprezentanta zmiennej  $X$ . Można powiedzieć, iż zbiór rozmyty reprezentuje elastyczne ograniczenie na wartość  $X$ . Podejście to stosowane jest w rozmytej optymalizacji.
3. Stopień niepewności. W tym przypadku funkcja  $\mu_A(x)$  przedstawia stopień możliwości, że zmiennej  $X$  przypisujemy wartość  $x$ , gdy jedyną wiedzą, jaką posiadamy, jest stwierdzenie „ $X$  jest  $A$ ”. Innymi słowy, funkcja przynależności opisuje stopień wiarygodności tego, że zmienna  $X$  przyjmie wartość  $x$ .

Problemem, który należy rozwiązać, jest zmierzenie wartości funkcji przynależności. Bezpośredni pomiar nie jest możliwy, dlatego możliwe jest jej wyznaczenie w sposób pośredni przez pomiar [8]:

1. odległości. Metoda ta jest oczywista, gdy jako stopień podobieństwa stosujemy interpretację funkcji przynależności. Jeżeli przez  $x'$  oznaczymy prototypowy (wzorcowy) element zbioru rozmytego  $A$ , to  $\mu_A(x)$  można wyznaczyć jako malejącą funkcję odległości  $d(x, x')$ . Przykładem tego typu wyznaczania funkcji przynależności jest grupowanie rozmyte;
2. częstości. W tym przypadku funkcja przynależności  $\mu_A(x)$  jest wprost proporcjonalna do prawdopodobieństwa  $P(A|x)$ , tj. względnej częstości, z jaką element  $x$  w losowym eksperymencie był uznawany za należący do zbioru  $A$ . Trzeba zauważyć, że funkcja przynależności nie powinna być mylona z funkcją gęstości prawdopodobieństwa ze względu na niespełnianie warunku normalizacyjnego;
3. kosztu. W tym przypadku funkcja przynależności  $\mu_A(x)$  odpowiada kosztowi (cenie), jaki musimy ponieść (zapłacić) za uznanie, że element  $x$  należy do zbioru  $A$ . Przy tym podejściu zerowy koszt odpowiada pełnej przynależności do zbioru, a nieskończony koszt odpowiada brakowi przynależności.

Na podstawie wskazanych założeń powstała teoria będąca alternatywą dla teorii prawdopodobieństwa – teoria możliwości. Podejście to wynika bezpośrednio ze zdolności istot żywych do podejmowania decyzji na podstawie niepełnej i nieprecyzyjnej informacji, która pojawia się w stwierdzeniach języka naturalnego. Przy korzystaniu ze stwierdzeń tego języka pojawia się zdolność do wyrażania informacji w skróconej formie, co powoduje rozmytość stosowanych pojęć.

Rozkład możliwości pełni funkcję taką jak rozkład prawdopodobieństwa, wiadomo jednak, iż te teorie się różnią. Niech  $X$  będzie zmienną przyjmującą wartości z przestrzeni  $X$ . Przez  $A$  oznaczmy zbiór rozmyty, będący podzbiorem przestrzeni  $X$ , który jest reprezentowany przez funkcję przynależności  $\mu_A(x)$ .

Stwierdzeniu  $p = "X \text{ jest } A"$  przyporządkowujemy rozkład możliwości oznaczony (1) [7]:

$$\Pi_X^{(p)} = A \quad (1)$$

Z kolei funkcja rozkładu możliwości dla zmiennej  $X$  jest oznaczona  $\pi_X$  i jest równa funkcji przynależności do zbioru  $A$  (2)[7]:

$$\pi_X(x) = \mu_A(x) \quad (2)$$

Bazując na powyższych założeniach, można określić, iż możliwość, że  $X = x$ ,  $x \in X$  jest równa  $\mu_A(x)$ . Wartość  $\pi_{X,x} = 0$  oznacza, że  $X = x$  jest niemożliwe, a  $\pi_{X,x} = 1$  oznacza, że  $X = x$  jest w pełni możliwe (całkowicie dozwolone). Pomiędzy wskazanymi przypadkami istnieje cała gama rozwiązań pośrednich [7].

Warunki ograniczające w teorii możliwości to rozmyte ograniczenia, spełniające mniejszą liczbę wymogów formalnych w porównaniu z teorią prawdopodobieństwa, przez co są bardziej adekwatne do zmieniających się warunków otoczenia w procesie inwestycyjnym – w szczególności przy niepełnej i niekompletnej informacji, jaką dysponuje inwestor przy podejmowaniu decyzji.

#### 4. Perspektywy wykorzystania

Podstawą aplikacji teorii możliwości w procesie inwestycyjnym jest odpowiednia budowa mechanizmu pozyskiwania wiedzy z danych, które są dostarczane przez wszelkie dostępne dla inwestora źródła. Ze względu na liczbę i różnorodność danych dostarczanych do procesu

podejmowania decyzji inwestycyjnych konieczne jest stworzenie bazy danych pozwalających na odkrywanie prawidłowości i tworzenie wiedzy z przeprowadzonych analiz.

Odkrywanie wiedzy w bazach danych opiera się na metodach eksploracji danych (ang. *data-mining*). Zagadnienie wciąż ewaluje. Zainteresowanie nim wkracza w kręgi takich obszarów badawczych, jak: uczenie maszynowe, rozpoznawanie obrazów, bazy danych, statystyka, sztuczna inteligencja, pozyskiwanie wiedzy do systemów ekspertowych, wizualizacja danych oraz wysokowydajne systemy obliczeniowe [9]. Zadaniem jednoczącym wszystkie te dziedziny nauki jest pozyskiwanie wiedzy wysokiego poziomu z niskopoziomowych danych w kontekście dużych zbiorów danych.

Proces pozyskiwania wiedzy jest interaktywny oraz iteracyjny i składa się z wielu decyzji podejmowanych przez użytkownika, a podstawowe jego etapy prezentują się następująco [9]:

1. Tworzenie i rozumienie podstaw tworzonej aplikacji i założeń dotyczących wiedzy oraz identyfikacja celu tworzenia systemu pozyskiwania wiedzy w bazach danych z punktu widzenia zamawiającego.
2. Tworzenie docelowego zbioru danych: wybór zbioru danych, tworzenie podzbioru zmiennych lub próbek danych, na których ma być prowadzone odkrywanie.
3. Wstępne przetwarzanie i oczyszczanie danych – operacje usuwające zakłócenia, procedury dotyczące niepełnych lub uszkodzonych danych itp.
4. Redukcja danych i ich projekcja – ze szczególnym uwzględnieniem celu pozyskiwania wiedzy w zadaniu.
5. Łączenie wytycznych z kroku pierwszego z metodami eksploracji danych.
6. Analiza eksploracji, wybór modeli i hipotez do wyszukiwania wzorców danych.
7. Eksploracja danych – wyszukiwanie wzorców, które interesują nas z punktu widzenia formy reprezentowania przez stosowanie: reguł klasyfikacji, drzew decyzyjnych, regresji i klasteringu.
8. Interpretacja odkrytych wzorców – możliwy powrót do każdego z wcześniejszych kroków.
9. Korzystanie z odkrytej wiedzy w praktyce lub przedstawienie rezultatów przeprowadzonego procesu.

Proces pozyskiwania wiedzy może składać się z większej liczby iteracji, a pomiędzy dowolnymi dwoma krokami może zawierać sprzężenia zwrotne.

Stworzenie odpowiedniej bazy wiedzy dla systemu wspomagania decyzji jest kluczowym aspektem prawidłowych wyborów inwestora przez Komitet Inwestycyjny.

## 5. Podsumowanie i kierunki dalszych prac

Artykuł przedstawia teoretyczne aspekty wykorzystania teorii możliwości w ramach systemu wspomaganie decyzji inwestycyjnych. Ma on charakter pogładowy i wprowadzający, przez co nie obejmuje procedur implementacyjnych, jednak jednoznacznie wskazuje na wieloaspektowe podejście do problemu wyboru najlepszych dla inwestora decyzji na rynku finansowym.

Poziom skomplikowania sytuacji na giełdzie wymaga precyzyjnego opisu matematycznego zachodzących tam zjawisk, co przy poziomie złożoności nie jest w 100% możliwe. Dlatego też lukę w opisie matematycznym wypełnia system wspomaganie decyzji.

Bazy wiedzy powstają w wyniku połączenia informacji ilościowych i jakościowych, dzięki zastosowaniu logiki rozmytej wyrażonych także w języku naturalnym (zmienne lingwistyczne). Takie podejście powoduje, iż reguły generowane przez system są lepiej przyswajalne – inwestorzy mają poczucie, iż pracowali nad nimi eksperci.

Tworzenie systemów hybrydowych stanowi powszechną tendencję w obecnych, trudnych do właściwej oceny (burzliwych), czasach. Tworzenie konkretnych zestawów narzędzi jest innowacją, której przydatność i funkcjonalność są weryfikowane zarówno przez użytkownika (klienta), jak i zmieniającą się sytuację na rynku.

Krokiem, który należy podjąć, jest wysiłek aplikacji teorii możliwości do systemu eksploracji wiedzy z danych dostarczanych przez Giełdę Papierów Wartościowych i ekspertów, którzy się nią zajmują, oraz zbadanie skuteczności zastosowania proponowanych rozwiązań na podstawie danych historycznych.

## Bibliografia

1. Fedorowicz A.: Megakrach przyszłości. „Sekrety Nauki”, nr 6, 2011, G+J Gruner + Jahr Polska Sp. z o. o. & Co., Warszawa 2011, s. 52-57.
2. Barabazon A., O'Neill M., Dempsey I.: An Introduction to Evolutionary Computing in Finance. IEEE Computational Intelligence Magazine, November 2008, Volume 3, Number 4, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., New York 2008, p. 42-55.
3. Zadeh L.: Fuzzy Sets. *Information and Control* 8. 1965, p. 338-353.
4. Zadeh L.: Fuzzy Sets as a Basis for Theory of Possibility. *Fuzzy Sets and Systems* 100 Supplement, 1999, p. 9-43.
5. KBC Private Equity: Proces inwestycyjny, <http://www.kbcpe.be/pl/investprocedure.htm>, (dostęp: 15.12.2007).

6. Private Equity Consulting: Due diligence, <http://www.private-equity.pl/duedili.html>, (dostęp: 29.12.2007).
7. Łęski J.: Systemy neuronowo-rozmyte. WNT, Warszawa 2008.
8. Łęski J.: Zbiory rozmyte i ich interpretacja, wprowadzenie do teorii możliwości, [w:] Chojcan J., Łęski J. (red.): Zbiory rozmyte i ich zastosowania. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
9. Fayyad U., Piatetsky-Shapiro G., Smyth P.: From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases. American Association for Artificial Intelligence, AI Magazine, Fall 1996.

## Abstract

Every source of information and its transformation into knowledge is useful for investor. That approach provides the key aspect of this paper. Information for investor is expressed in natural language or investor uses queries in natural language to obtain it. Evaluation of assets is the clue for investor which of them to buy. Creation of knowledge base for investor is a way that should be followed. Presented paper indicates the first step into that aim – shows applicable mathematical apparatus to cope with natural language statements in databases and knowledge discovery process for the fuzzy system for investor. This mathematical apparatus – theory of possibility – is a key point to create decision support system for investor.