



**Sebastian Majewski**

Uniwersytet Szczeciński

## **WIELOKRYTERIALNOŚĆ W PROCESIE DECYZYJNYM W ASPEKCIE PSYCHOLOGICZNYM**

### **STRESZCZENIE**

Praca dotyczy problemu wielokryterialności w procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych. Złożoność powiązań między poszczególnymi inwestycjami prowadzi często do prób automatyzacji procesu decyzyjnego. Badanie przeprowadzone w tym zakresie ma odpowiedzieć na pytanie, w jaki sposób stosowanie wielokryterialnego modelu behawioralnego portfela papierów wartościowych i modelu klasycznego wpływa na zachowania się krzywej użyteczności teorii perspektyw, i jaki ma to wydzźwięk ekonomiczny.

**Słowa kluczowe:** wielokryterialność, finanse behawioralne, decyzje.

### **Wprowadzenie**

Inwestorzy giełdowi niekiedy stawiają sobie niezależnie dwa cele do osiągnięcia (lub więcej), które teoretycznie nie są ze sobą powiązane. Nie jest to problemem w przypadku, gdy osiągając jeden cel, stwarza się warunki do osiągnięcia kolejnego. Można się natomiast zastanawiać, czy stawianie sobie celów kierunkowo sprzecznych nie stwarza komplikacji do realizacji globalnego zadania. Analizując przykłady giełdowe, można się domyślać, że inwestorzy nie zawsze (czasami wcale) analizują związki pomiędzy budowanymi przez siebie inwestycjami, które w efekcie tworzą portfel inwestycyjny. Gdyby jednak spró-

bować przeanalizować stawiane autonomicznie cele, mogłoby się okazać, że w jednym przypadku inwestor dąży do maksymalizacji zysku przy zadanym poziomie ryzyka, zaś z drugiej strony minimalizuje potencjalne straty związane z innymi inwestycjami. Tak rozumiany portfel papierów wartościowych mija się zupełnie z teorią portfolio, u której podstaw leży klasyczny model Markowitza. Bliżej zaś jest takiemu portfelowi do teorii behawioralnego portfela papierów wartościowych, który uwzględnia na przykład efekt księgowości umysłowej (*mental accounting*) czy efekt framingu (*framing effect*).

W niniejszej pracy zostanie przedstawione badanie, które jest próbą odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób stosowanie wielokryterialnego modelu behawioralnego portfela papierów wartościowych i modelu klasycznego wpływa na zachowania się krzywej użyteczności teorii perspektyw i jaki ma to wydźwięk ekonomiczny. W tym celu zostaną skonstruowane portfele papierów wartościowych, przy założeniu odpowiednich poziomów współczynników *framingu FC*, po czym zostaną one porównane z modelami: behawioralnym i klasycznym, zbudowanymi na podstawie procedury Markowitza.

### **Wielokryterialność a budowa portfeli w warunkach obciążeń psychologicznych**

Problem wielokryterialności znany jest człowiekowi w zasadzie od początków jego działalności, nie tylko gospodarczej. Człowiek często stara się go rozwiązywać, włączając automatyzm, który z kolei jest wynikiem rozwoju wiedzy i umiejętności, o czym świadczy szereg modeli automatyzacyjnych opisywanych w literaturze<sup>1</sup>. Próby opanowania złożonego problemu podejmowania decyzji w warunkach wielokryterialności niekiedy koncentrują się na zapewnieniu odpowiedniej uwagi problemowi. Przez uwagę określa się, nieformalnie, skupienie świadomości, formalnie zaś, zastosowanie środków, dzięki którym skąpe lub ograniczone zasoby przetwarzania są przydzielane do wykonywania pracy wielozadaniowej.

Psychologia wyróżnia w tym zakresie trzy rodzaje uwag: wybiórczą, skoncentrowaną oraz podzielną. Uwaga wybiórcza jest ze swojej natury ograniczona, gdyż człowiek ze swej natury może jednocześnie reagować na ograniczoną liczbę bodźców. Zatem przedkłada jedne zadania nad inne. Skupiona uwaga

---

<sup>1</sup> *Modeling Human and Organizational Behavior: Application to Military Simulations*, R. Pew, A. Mavor (eds.), Washington, D.C., National Academy Press 1995, s. 112–128.

oznacza, że człowiek odrzuca zupełnie bodźce, które uznaje za nieistotne, skupia się natomiast na wybranych. Podzielna uwaga to próba rozdysponowania swoich ograniczonych możliwości między zadania, które należy wykonać. W tym momencie pojawia się automatyzacja.

Wielokryterialność w inżynierii może być rozumiana jako rozszerzenie teorii i modeli uwagi. Znakomitym przykładem jest teoria kolejek, którą można odnaleźć w badaniach operacyjnych, dotycząca systemów wymagających rozwiązania kolejności dostępu w celu optymalnego wykorzystania zasobów. Wielokryterialność odnajdujemy również w teorii kontroli, które z kolei mają swoje korzenie w teorii optymalnego sterowania. Zastosowanie teorii optymalnej kontroli do ludzkich zachowań jest oparte na założeniu, że w systemie ciągłym w wyniku doświadczenia systemy pracy człowieka zbliżają się do systemów zautomatyzowanych.

Psychologiczne modele i teorie w tym zakresie różnią się od inżynierskich przede wszystkim skoncentrowaniem na wyjaśnieniu procesów i mechanizmów leżących u podstaw zachowań. Teorie i modele zasobów głoszą pogląd, że człowiek dysponuje ograniczonymi zasobami w postaci kanałów wzrokowych lub dźwiękowych, które musi rozdzielić między konkurencyjne bodźce napływające z różnych źródeł.

W finansach od lat funkcjonują modele optymalizacyjne, starające się zwolnić człowieka z odpowiedzialności za część lub całość procesu decyzyjnego. Jednym z najbardziej znanych jest model Harry'ego Markowitza służący do budowy optymalnego portfela papierów wartościowych. Jego założenia są następujące:

1. Każdy inwestor dąży do maksymalizacji użyteczności posiadanego majątku<sup>2</sup>.
2. Ryzyko jest szacowane proporcjonalnie do oczekiwanej stopy zwrotu.
3. Podstawą do podejmowania decyzji inwestycyjnych jest oczekiwana stopa zwrotu wraz z prawdopodobieństwem jej osiągnięcia. Dla każdego inwestora stopa zwrotu jest parametrem o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa jej zrealizowania się.
4. Inwestorzy przy danej stopie zwrotu wybiorą inwestycję o minimalnym ryzyku, natomiast przy danym ryzyku – inwestycję o maksymalnej stopie zwrotu.

---

<sup>2</sup> J.C. Francis, R.W. Taylor, *Podstawy inwestowania*, Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2001, s. 401–402,

5. Wszyscy inwestorzy poszukują inwestycji na ten sam okres.
6. Rynek jest idealny – brak kosztów transakcyjnych oraz opodatkowania dochodów z inwestycji.

Głównym założeniem modelu jest fakt występowania rozkładu normalnego dla stóp zwrotu z dowolnych aktywów finansowych. Model Markowitza minimalizujący ryzyko w postaci macierzowej ma następujący kształt:

$$S_p^2 = X' \cdot D \cdot X,$$

gdzie:

- $S$  – wariancja portfela papierów wartościowych,
- $X$  – wektor udziałów walorów w portfelu,
- $D$  – macierz wariancji i kowariancji między stopami zwrotu z aktywów portfela.

Drugą możliwością jest maksymalizacja stopy zwrotu z portfela wyrażona wzorem:

$$R_p = X' \cdot R,$$

gdzie:

- $X$  – wektor udziałów walorów w portfelu,
- $R$  – wektor stóp zwrotu z aktywów portfela.

Przy zastosowaniu formuły maksymalizacyjnej stosowane jest założenie o stałości wariancji portfela, tak aby spełniony był warunek maksymalnego zwrotu przy akceptowalnym przez inwestora poziomie ryzyka.

Efekt *mental accounting* oznacza księgowanie umysłowe, które w podświadomości każdego inwestora każe rozpatrywać wszystkie składniki portfela oddzielnie. Każdy inwestor, decydując się na wybór określonych aktywów do portfela, określa z góry przeznaczenie inwestycji, pomijając tak ważny czynnik, jak korelacje pomiędzy stopami zwrotu ze składników portfela.

Efekt *framingu*, z którego skorzystano przy konstrukcji wskaźnika *FC*, może być wyjaśniany za pomocą dwóch stwierdzeń:

„Termin zależności *framingowej* oznacza, że sposób, w jaki ludzie reagują, zależy od tego czy problem, który mają rozwiązać jest ograniczony ramami”<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> H. Shefrin, *Beyond Greed and Fear. Understanding Behavioural Finance and Psychology of Investing*, Harvard Business School Press, Boston 2000, s. 14–21.

„Teoria racjonalnego wyboru zakłada niezmienność założeń wstępnych, np. ekwiwalentu pewności wyboru, który powinien prowadzić do tego samego celu<sup>4</sup>. Wbrew temu założeniu istnieje wiele dowodów, które prowadzą do stwierdzenia, że zmiana ram (ograniczeń) rozpatrywanej opcji powoduje zmiany w preferencjach”.

Współczynnik *framingu* (*FC*) opracowany w pracy A. Majewskiej i S. Majewskiego<sup>5</sup> korzysta z wniosków wyciągniętych na podstawie krzywej Kahnemana i Tversky’ego<sup>6</sup>, mówiących o tym, że odczucia inwestora po stracie mogą być powetowane przez wygenerowanie zysku około 2,5 razy wyższego niż strata (niesymetryczność krzywej względem punktu C). Współczynnik ten wyraża się następującym wzorem:

$$FC = \frac{R_p}{S_p},$$

gdzie:

$R_p$  – logarytmiczna stopa zwrotu,

$S_p$  – wartość narażona na ryzyko.

Ze względu na opisywane powyżej potrzeby człowieka do rozpatrywania kilku zadań jednocześnie nie można wykluczyć sytuacji złożonej, w której mogą dla poszczególnych grup ryzyka wystąpić odmienne funkcje celu – maksymalizujące stopę zwrotu i minimalizujące ryzyko. Można zatem wprowadzić zapis uogólniony, że podstawowe parametry portfela papierów wartościowych są złożeniem różnych funkcji celów postaci:

$$R_{sj} = \sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot R_{ij} \rightarrow \max \quad \text{i} \quad S_{pj} = \sqrt{X^T \cdot D \cdot X} \rightarrow \min$$

przy:

$$x_{ij} \geq 0 \tag{1}$$

<sup>4</sup> K.J. Arrow, *Risk Perception in Psychology in Economics*, “Economic Inquiry” 1982, No. 20, s. 1–9.

<sup>5</sup> A. Majewska, S. Majewski, *Results of Mistaken Time Period in Analysis in the Case of Framing Effect for Some Capital Markets’ Models*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych” nr X, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009 s. 163–175.

<sup>6</sup> D. Kahneman, A.Tversky, *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*, “Econometrica” 1979, Vol. 47, No. 2, s. 279.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (2)$$

oraz dla pierwszej funkcji celu:

$$S_{pj} = \sqrt{X^T \cdot D \cdot X} = \alpha_j \quad (3)$$

gdzie  $\alpha_j$  jest wartością stałą.

Na poziomie całego portfela papierów wartościowych najważniejszym parametrem będzie stopa zwrotu  $R_p$ , natomiast parametr ryzyka  $S_p$  będzie miał znaczenie drugoplanowe ze względu na jego optymalizację wewnątrz poszczególnych portfeli związanych z konkretnym celem inwestycyjnym, nie zaś na poziomie całego portfela. W takiej sytuacji rzadkim przypadkiem będzie występowanie portfeli optymalnych, to jest takich, które odnaleźć można na granicy efektywnej.

### Badanie empiryczne

W celu dokonania weryfikacji założeń postawionych we wstępie do artykułu wybrano losowo po trzy spółki reprezentujące: kapitał wysokiego ryzyka z Giełdy Papierów Wartościowych w Warszawie (ADV.pl, BGSENERGY, READGENE) oraz trzy reprezentujące spółki o wysokiej kapitalizacji, a zatem reprezentujące stabilne walory, trudno poddające się spekulacji giełdowej (Agora, Asseco Polska, BRE). Badany okres obejmował ceny giełdowe od stycznia do końca kwietnia 2010 roku.

Dla wylosowanych spółek zbudowano portfele: bezpieczny (składający się z akcji spółek z WIG20) i agresywny (składający się z akcji spółek z NEWCONNECT). Ważnym elementem scalającym oba subportfele w jeden jest fakt, że wzorem *mental accounting* zakłada się brak wpływu współczynników korelacji na kształt portfela papierów wartościowych (portfele traktuje się jako łączną inwestycję tylko ze względu na fakt występowania jednego inwestora – właściciela portfela). Dlatego też wykorzystano w tym miejscu współczynnik *FC* jako punkt normatywny.

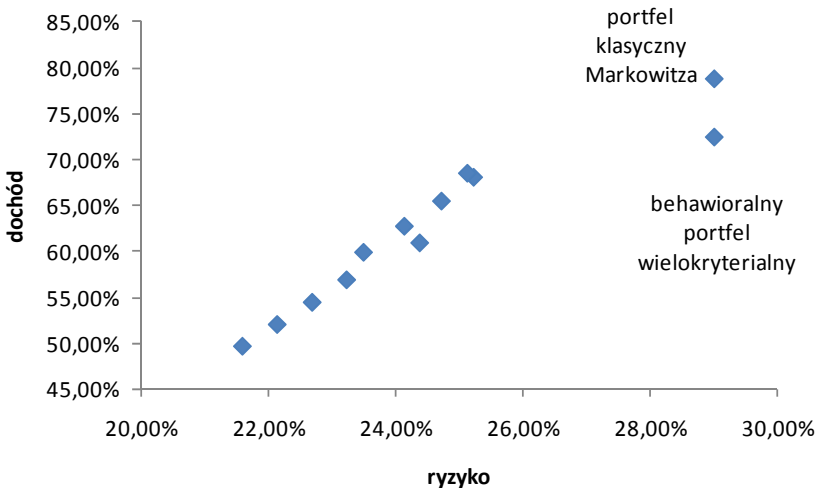
Co więcej, żeby zbadać wpływ zmian współczynnika  $FC$  na parametry modelu, dokonywano kalkulacji portfeli, zmieniając poziom tego współczynnika co 0,05 od 2,30 do 2,75, przy standardowych warunkach ograniczających, oddzielnych dla każdego z subportfeli, a także przy założeniu, że dla ogólnego portfela suma składników nie przekroczy 100% i brak jest krótkiej sprzedaży. W ten sposób otrzymana funkcja celu miała postać:

$$FC \rightarrow \kappa,$$

gdzie  $\kappa$  jest liczbą z przedziału (2,30; 2,75).

Dla porównania na wykresie zestawiono podstawowe charakterystyki portfeli: klasycznego i behawioralnego z portfelami uzyskanymi przez optymalizację współczynnika  $FC$ , z wyłączeniem korelacji między subportfelami. Wyniki przeprowadzonych symulacji zamieszczono na rysunku 1.

Rysunek 1. Prezentacja dochodów portfeli na tle ryzyka budowanych na podstawie dwóch funkcji celu



Źródło: obliczenia własne.

Na rysunku 1 można zaobserwować, że punkty przedstawiające główne charakterystyki portfeli są położone w zdecydowanie znacznej odległości od portfeli behawioralnego czy też klasycznego portfela Markowitza. Klasyczny model wykazuje się w tym wypadku relatywnie wysokim ryzykiem przy najwyższej spo-

śród badanych stopie zwrotu. Nieco gorszy z punktu widzenia stosunku ryzyko – dochód jest portfel behawioralny. Dla całościowego zobrazowania przeprowadzonego badania poszczególne wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki analizy portfeli papierów wartościowych z punktu widzenia wybranych charakterystyk rynkowych

FC	Rp (%)	Sp (%)	Udział P1 (%)	Udział P2 (%)	VaR/10000 (%)	Vs (%)
2,30	49,7	21,6	27,8	72,2	2,38	43,48
2,35	52,0	22,1	25,1	74,9	2,44	42,55
2,40	54,5	22,7	22,3	77,7	2,51	41,67
2,45	56,9	23,2	19,3	80,7	2,57	40,82
2,50	60,9	24,4	16,2	83,8	2,70	40,00
2,50	72,5	29,0	12,3	87,7	3,22	40,00
2,72	78,9	29,0	0,3	99,7	3,19	36,77
2,55	59,9	23,5	12,6	87,4	2,81	39,22
2,60	62,8	24,1	9,3	90,7	2,60	38,46
2,65	65,5	24,7	5,8	94,2	2,68	37,74
2,70	68,1	25,2	2,1	97,9	2,75	37,04
2,73	68,6	25,1	0,0	100,0	2,81	36,65

Źródło: obliczenia własne.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań zawartych w tabeli, można wnioskować, że obniżanie współczynnika  $FC$  powoduje po pierwsze wzrost współczynnika zmienności  $Vs$ . Po drugie obniżanie znaczenia w portfelu wartości narażonej na ryzyko. Zdecydowanie wysoki jest udział  $VaR$  w wartości portfela dla portfela behawioralnego (2,5) oraz dla portfela klasycznego (2,72). Niemniej jednak te portfele prezentują zdecydowanie najlepsze wskaźniki inwestycyjne.

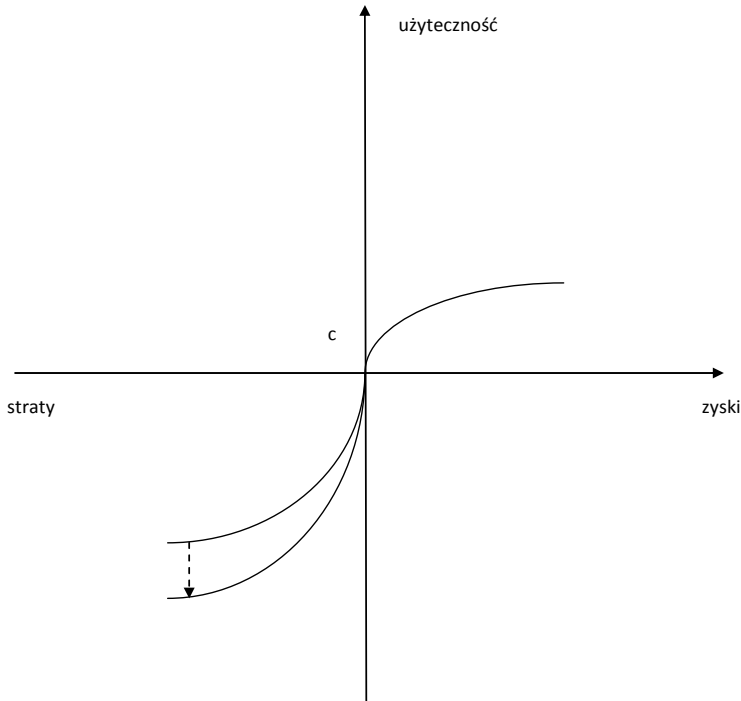
## Podsumowanie

Obniżanie współczynnika  $FC$  oznacza obniżanie wrażliwości inwestora na straty i zrównywanie jej z odczuciami związanymi z użytecznością zysków. Z drugiej strony prowadzi do zmniejszania potencjalnej stopy zwrotu w modelu dwukryterialnym i zwiększenia współczynnika zmienności.



Z matematycznego punktu widzenia krzywa użyteczności względem strat wskazuje przy tym samym poziomie strat wyższą wrażliwość inwestora (skutkuje to zmianą krzywej – rysunek 2).

Rysunek 2. Krzywa użyteczności z przesunięciem w części dotyczącej strat



Źródło: opracowanie własne na podstawie pracy  
D. Kahnemann, A. Tversky, *op.cit.*

Zmiana krzywej następuje tylko w obrębie strat, ponieważ człowiek reaguje bardziej na informacje o silniejszym zabarwieniu emocjonalnym, a takimi są na pewno informacje o stratach.

Drugim zasadniczym wnioskiem wynikającym z badania jest stwierdzenie, że model klasycznej optymalizacji daje lepsze rezultaty od modelu dwukryterialnego chociaż dzieje się tak skutkiem wyższej awersji do strat. W związku z tym, być może, chęć kontrolowania przez inwestora poziomów ryzyka inwestycji i nieufanie do końca optymalizacji (modelowi), powoduje rzadsze stosowanie narzędzi ilościowych (optymalizacyjnych) w procesach podejmowania decyzji inwestycyjnych.

## Literatura

- Arrow K.J., *Risk Perception in Psychology in Economics*, "Economic Inquiry" 1982, No. 20, s. 1–9.
- Francis J.C., Taylor R.W., *Podstawy inwestowania*, Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2001, s. 401–402.
- Kahneman D., Tversky A., *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*, "Econometrica" 1979, Vol. 47, No. 2, s. 279.
- Majewska A., Majewski S., *Results of Mistaken Time Period in Analysis in the Case of Framing Effect for some Capital Markets' Models*, "Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych", nr X, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2009.
- Majewski S., *Obciążenia poznawcze w procesie korzystania z zależności na rynkach papierów wartościowych*, PN UE, Wrocław 2010.
- Modeling Human and Organizational Behavior: Application to Military Simulations*, R. Pew, A. Mavor (eds.), Washington, D.C., National Academy Press, 1995, s. 112–128.
- Shefrin H., *Beyond Greed and Fear. Understanding Behavioural Finance and Psychology of Investing*, Harvard Business School Press, Boston 2000, s. 14–21.
- Tarczyński W., *Rynki kapitałowe. Metody ilościowe*, Wydawnictwo Placet, Warszawa 1997.

## MULTITASKING IN MAKING DECISIONS PROCESS – PSYCHOLOGICAL ASPECTS

### Summary

This paper treats about multitasking in making decisions process. The complexity of the interactions between investments often leads to attempts to automate the decision making process. This main goal of this article is to show the meaning of multitasking in portfolio models on the example of behavioral portfolio model and classical Markowitz model. Second result of this research is the presentation of an influence of multitasking on utility curve.

*Translated by Sebastian Majewski*

**Keywords:** multitasking, behavioural finance, decisions.