

Ewa MICHALSKA  
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach  
ewa.michalsk@ue.katowice.pl

## OCENA EFEKTYWNOŚCI WARIANTÓW DECYZYJNYCH NA GRUNCIE TEORII PERSPEKTYWY

**Streszczenie.** Wskaźnik omega jest obiektywną miarą efektywności inwestycji uwzględniającą pełną informację o rozkładzie prawdopodobieństwa, definiowaną jako iloraz oczekiwanych zysków i oczekiwanych strat wyznaczanych względem punktu referencyjnego. Jednak jak pokazują w swoich badaniach twórcy teorii perspektywy, decydenci oceniając losowy wariant decyzyjny dokonują subiektywnej deformacji względnych wyników i ich prawdopodobieństw oraz wykazują awersję do strat. Celem pracy jest zaproponowanie wskaźnika efektywności omega-PT wariantów decyzyjnych uwzględniającego aspekty behawioralne podejmowania decyzji.

**Słowa kluczowe:** subiektywny wskaźnik omega, miara efektywności, teoria perspektywy

## EVALUATION OF THE DECISION ALTERNATIVES PERFORMANCE UNDER PROSPECT THEORY

**Abstract.** The omega ratio is an objective measure of investment performance which takes into account full information about probability distribution. It is defined as the quotient of expected gains and expected losses calculated in relation to the some threshold level. However, the authors of the Prospect Theory show in their research that when decision makers evaluate a random decision they subjectively deform the relative outcomes and their probabilities and reveal loss aversion. The aim of this paper is to propose the omega-PT ratio which takes into account the behavioural aspects of decision-making.

**Keywords:** subjective omega ratio, performance measure, prospect theory

## 1. Wprowadzenie

Wśród proponowanych w literaturze nieklasycznych metod oceny efektywności inwestycji najszerszą grupę stanowią wskaźniki analizujące stopy zwrotu z uwzględnieniem ryzyka (*risk-adjusted performance measures*) oraz wskaźniki zysków i strat (*gains-to-losses measures*) [Domański 2011]. Zaproponowany w 2002 roku przez Keatinga i Shadwicka wskaźnik omega będący reprezentantem drugiej wspomnianej grupy wskaźników jest obiektywną miarą efektywności inwestycji, uwzględniającą pełną informację o rozkładzie [Keating, Shadwick 2002]. Wskaźnik ten definiuje się jako iloraz oczekiwanych zysków i oczekiwanych strat wyznaczanych względem wybranego punktu referencyjnego (wartości progowej oznaczającej np. akceptowany poziom bogactwa, stopy zwrotu). Jednym z głównych obszarów zastosowań wskaźnika  $\Omega$  jest ocena efektywności inwestycji, w tym efektywności portfela inwestycyjnego [Mausser, Saunders, Seco 2006; Kapsos, Christofides, Rustem 2014; Michalska, Kopańska-Bródka 2015; Kopańska-Bródka, Dudzińska-Baryła, Michalska 2016]. W ostatnich latach powstają także publikacje, w których prezentowane są nowe obszary zastosowań wskaźnika omega [Cascon, Keating, Shadwick 2003; Michalska 2015; Gaspars-Wieloch, Michalska 2016], a także prace, w których badane są jego własności oraz związki z innymi miarami [Kaplan, Knowles 2004; Kazemi, Schneeweis, Gupta 2004; Michalska, Dudzińska-Baryła 2015(a); Michalska, Dudzińska-Baryła 2015(b); Michalska, Dudzińska-Baryła 2017].

Decydent instytucjonalny, w swoich wyborach posiłkuje się miarami obiektywnymi. W przypadku decydenta indywidualnego jego wybór zależy może od subiektywnej oceny wariantu decyzyjnego (inwestycji). Jak pokazują w swoich badaniach twórcy teorii perspektywy Kahneman i Tversky, decydenci, oceniając losowy wariant decyzyjny, dokonują subiektywnej oceny (deformacji) względnych wyników i ich prawdopodobieństw oraz wykazują awersję do strat [Kahneman, Tversky 1979]. W celu zmodelowania takiego zachowania Kahneman i Tversky wprowadzili funkcję wartości oraz funkcję ważenia prawdopodobieństw służące przewartościowaniu względnych wyników oraz ich prawdopodobieństw [Tversky, Kahneman 1992]. Nawiązując do teorii perspektywy, Watanabe proponuje pewną modyfikację wskaźnika efektywności Sortino, dokonując przewartościowania ujemnych wyników z wykorzystaniem współczynnika awersji do strat [Watanabe 2014].

Celem pracy jest zaproponowanie wskaźnika efektywności omega-PT ( $\Omega_{PT}$ ) losowych wariantów decyzyjnych uwzględniającego aspekty behawioralne podejmowania decyzji (subiektywne deformacje względnych wyników oraz ich prawdopodobieństw). W pracy przedstawiono także przykład wykorzystania wskaźnika efektywności  $\Omega_{PT}$  do wspomagania podejmowania decyzji w warunkach ryzyka.

## 2. Ocena losowych wariantów decyzyjnych w teorii perspektywy

W 1979 roku Kahneman i Tversky rozszerzyli koncepcję oczekiwanej użyteczności o behawioralne aspekty podejmowania decyzji [Kahneman, Tversky 1979]. Zaproponowana przez nich teoria perspektywy (*PT – Prospekt Theory*) zawiera trzy ważne elementy odróżniające ją od teorii oczekiwanej użyteczności (*EUT – Expected Utility Theory*). Rozpatrywane w teorii oczekiwanej użyteczności bezwzględne wyniki decyzji  $x_i$ , losowego wariantu decyzyjnego  $D = (x_1, p_1; x_2, p_2; \dots; x_n, p_n)$  oznaczające np. poziom bogactwa, zastąpiono wynikami względnymi  $z_i = x_i - L$ , oznaczającymi zyski lub straty wyznaczone względem ustalonego punktu referencyjnego  $L$  (wartości progowej). Ponadto jak zaobserwowano w prowadzonych eksperymentach decydenci inaczej reagują na zyski a inaczej na straty. Funkcja użyteczności została więc zastąpiona funkcją wartości  $v(z)$ , odzwierciedlającą awersję decydenta do ryzyka w obliczu zysków i skłonność decydenta do ryzyka w obliczu strat (funkcja wklęsła dla zysków i wypukła dla strat). Funkcja ta jest bardziej stroma dla strat niż dla zysków, ponieważ jak wykazano w badaniach decydenci mocniej odczuwają stratę niż zysk o tej samej wartości bezwzględnej. W literaturze najczęściej przywoływana jest funkcja wartości postaci

$$v(z) = \begin{cases} z^\alpha & z \geq 0 \\ -\lambda \cdot (-z)^\beta & z < 0 \end{cases} \quad (1)$$

gdzie współczynnik awersji do strat  $\lambda = 2,25$ , ponadto  $\alpha = \beta = 0,88$  [Tversky, Kahneman 1992]. W teorii perspektywy uwzględnia się także subiektywne prawdopodobieństwa (deformacje prawdopodobieństw  $p_i$ ) wyrażane funkcją  $w(p)$ , modelującą zachowania decydentów takie jak skłonność do przeszacowywania małych wartości prawdopodobieństw i niedoszacowywanie wartości dużych. Jedną z proponowanych w literaturze postaci funkcji ważenia prawdopodobieństwa jest następująca

$$w(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{1/\gamma}} \quad (2)$$

przy czym  $\gamma = 0,61$ , gdy prawdopodobieństwo dotyczy zysków i  $\gamma = 0,69$  w przypadku strat.

Zaproponowana przez Kahnemana i Tversky'ego [1979] ocena wariantu decyzyjnego dwuwynikowego  $D_{L=L_0} = (x_1 - L_0, p_1; x_2 - L_0, p_2) = (z_1, p_1; z_2, p_2)$ , dla  $p_1 + p_2 \leq 1$  oraz  $z_1 \cdot z_2 < 0$  jest obliczana według formuły

$$PT(D_{L=L_0}) = v(z_1) \cdot w(p_1) + v(z_2) \cdot w(p_2) \quad (3)$$

Zgodnie z zasadą preferencji opartą na ocenie PT powiemy, że losowy wariant decyzyjny  $D1_{L=L_0}$  jest preferowany nad losowym wariantem decyzyjnym  $D2_{L=L_0}$ , co zapisujemy  $D1_{L=L_0} \phi_{PT} D2_{L=L_0}$  wtedy i tylko wtedy, gdy zachodzi nierówność  $PT(D1_{L=L_0}) > PT(D2_{L=L_0})$ .

Ograniczenia teorii perspektywy powodowane możliwością oceny losowych wariantów decyzyjnych, o co najwyżej dwóch niezerowych wynikach zostały z czasem wyeliminowane. Jak sugerują sami autorzy teorii perspektywy rozszerzenie wzoru (3) na losowe warianty decyzyjnej o większej liczbie wyników jest proste i wymaga co najwyżej dodatkowych uproszczeń w fazie edycji [Kahneman, Tversky 1979]. Jednak jak wykazali Birnbaum i Navarrete łączenie jednakowych wyników może wpływać na wybory decydenta. W przeprowadzonym eksperymencie zaproponowali wybór pomiędzy losowymi wariantami decyzyjnymi<sup>1</sup>  $D1 = (12, \frac{5}{100}; 14, \frac{5}{100}; 96, \frac{5}{100}; 96, \frac{85}{100})$  oraz  $D2 = (12, \frac{5}{100}; 12, \frac{5}{100}; 90, \frac{5}{100}; 96, \frac{85}{100})$ . Przy takim przedstawieniu wariantów decyzyjnych 90% ankietowanych wybrało wariant D1. Zsumowanie prawdopodobieństw odpowiadających takim samym wynikom i przedstawienie wariantów decyzyjnych w zmienionej postaci  $D1' = (12, \frac{5}{100}; 14, \frac{5}{100}; 96, \frac{90}{100})$  oraz  $D2' = (12, \frac{10}{100}; 90, \frac{5}{100}; 96, \frac{85}{100})$ , spowodowało, że 70% ankietowanych wybrało tym razem wariant D2' [Birnbaum, Navarrete 1998].

W pracach poruszających tematykę teorii perspektywy, autorzy stosują często ocenę wariantów decyzyjnych o wielu wynikach (dodatnich i ujemnych), będącą rozszerzeniem wzoru (3) i nie wymagającą redukcji ilości wyników, przedstawianą jako suma oceny zysków i oceny strat [Camerer, Ho 1994; Fennema, Wakker 1997]

$$PT(D) = \sum_{i=1}^n v(z_i) \cdot w(p_i) = \sum_{i, z_i \geq 0} v(z_i) \cdot w(p_i) + \sum_{i, z_i < 0} v(z_i) \cdot w(p_i) = PT^+(D) + PT^-(D) \quad (4)$$

Nieliniowa deformacja prawdopodobieństw w przypadku wariantów decyzyjnych o bardzo dużej lub nieskończonej liczbie wyników może powodować rozbieżność oceny wariantu decyzyjnego do nieskończoności. Problem ten zaobserwował wcześniej Karmarkar w modelu subiektywnej ważonej użyteczności (*SWU – Subjectively Weighted Utility*) i zaproponował wprowadzenie normalizacji wag, dzięki czemu wagi sumują się do jeden i waga danego wyniku zależy od prawdopodobieństw pozostałych wyników [Karmarkar 1978]. Dokonując analogicznego przekształcenia Rieger i Wang zaproponowali znormalizowaną formułę  $PT_N$  oceny wariantów decyzyjnych o bardzo dużej lub nieskończonej liczbie wyników [Rieger, Wang 2008]

<sup>1</sup> Losowy wariant decyzyjny dla punktu referencyjnego  $L=0$ , oznaczany będzie symbolem D.

$$PT_N(D) = \frac{\sum_{i=1}^n w(p_i) \cdot v(z_i)}{\sum_{i=1}^n w(p_i)} = \frac{\sum_{i, z_i \geq 0} w(p_i) \cdot v(z_i)}{\sum_{i=1}^n w(p_i)} + \frac{\sum_{i, z_i < 0} w(p_i) \cdot v(z_i)}{\sum_{i=1}^n w(p_i)} = PT_N^+(D) + PT_N^-(D). \quad (5)$$

Teoria perspektywy (*PT*) w swojej pierwotnej postaci narusza zasadę dominacji stochastycznych (*SD* – *Stochastic Dominance*). Rozwiązanie tego problemu przyniosła zaproponowana kilkanaście lat później, również przez Kahnemana i Tverskiego kumulacyjna teoria perspektywy (*CPT* – *Cumulative Prospect Theory*) [Tversky, Kahneman 1992]. Jednak rzeczywiste wybory decydentów (jak wykazano w eksperymentach) często nie są zgodne z zasadami dominacji stochastycznych. We wspomnianym już eksperymencie, który przeprowadzili Birnbaum i Navarrete 70% ankietowanych wybrało wariant D2', choć jest to wariant zdominowany przez D1'. Ponadto, jak twierdzą Rieger i Wang [2008] choć uważa się, że (*CPT*) ma matematycznie „bardziej eleganckie własności”, to jednak badania empiryczne pokazują, że (*PT*) wychwytuje pewne procesy psychologiczne, których nie da się przewidzieć na gruncie (*CPT*). Szerzej o różnicach pomiędzy (*PT*) i (*CPT*) traktuje praca [Fennema, Wakker 1997].

### 3. Wskaźnik efektywności wariantów decyzyjnych – podejście behawioralne

Poszukiwania miary efektywności, która uwzględniałaby pełną informację o rozkładzie zmiennej losowej doprowadziły do zaproponowania funkcji omega [Keating, Shadwick 2002]. Funkcja ta jest definiowana jako iloraz

$$\Omega(D_L) = \frac{\int_L^b (1 - F(t)) dt}{\int_a^L F(t) dt} = \frac{E[\max\{X - L; 0\}]}{E[\max\{L - X; 0\}]} \quad (6)$$

gdzie  $F$  oznacza dystrybuantę zmiennej losowej  $X$  o wartości oczekiwanej  $E(X)$ , symbolem  $L \in (a, b)$  oznaczono punkt referencyjny (wartość progową, względem której realizacje zmiennej losowej  $X$  są dzielone na zyski, wartości większe od  $L$  oraz straty czyli wartości mniejsze od  $L$ ). Zmienna losowa  $X$  może oznaczać np. losową stopę zwrotu inwestycji, a wartość progowa  $L$  określony przez decydenta poziom stopy zwrotu, wtedy wartość funkcji omega jest ilorazem wartości oczekiwanej zysków i wartości oczekiwanej strat (6).

Funkcja omega dla argumentu  $L \in (a, b)$  jest funkcją ciągłą i malejącą, a jej wartości należą do przedziału  $(0, +\infty)$ . W szczególności, jeśli wartość progowa  $L$  jest równa wartości oczekiwanej zmiennej losowej  $X$ , wówczas funkcja omega ma wartość 1.

Wartość funkcji omega dla ustalonej wartości progowej  $L = L_0$  jest nazywana wskaźnikiem omega i wyraża oczekiwany względny zysk przypadający na jednostkę oczekiwanych względnych strat. Wskaźnik omega losowego wariantu decyzyjnego o rozkładzie dyskretnym  $D = (x_1, p_1; x_2, p_2; \dots; x_n, p_n)$ , który dla ustalonej wartości progowej  $L = L_0$  ma postać  $D_{L=L_0} = (x_1 - L_0, p_1; x_2 - L_0, p_2; \dots; x_n - L_0, p_n) = (z_1, p_1; z_2, p_2; \dots; z_n, p_n)$  obliczamy na podstawie ilorazu

$$\Omega(D_{L=L_0}) = \frac{\sum_{i, z_i \geq 0} z_i \cdot p_i}{\left| \sum_{i, z_i < 0} z_i \cdot p_i \right|} \quad (7)$$

Za efektywny uznaje się taki wariant decyzyjny, dla którego wartość wskaźnika omega jest większa od 1. Porównując dwa warianty decyzyjne na podstawie wyznaczonych wartości wskaźnika omega preferowany będzie wariant, dla którego wartość wskaźnika omega jest większa.

W przypadku decydenta indywidualnego jego wybór może zależeć od subiektywnej oceny wariantu decyzyjnego. Uzasadnione jest zatem uwzględnienie we wskaźniku efektywności deformacji wyników i ich prawdopodobieństw, modelowanych na gruncie teorii perspektywy funkcją wartości  $v(z)$  i funkcją ważenia prawdopodobieństw  $w(p)$ . Proponowany behawioralny wskaźnik efektywności  $\Omega_{PT}$  wielowynikowego wariantu decyzyjnego będzie zatem ilorzem subiektywnych ocen zysków i strat

$$\Omega_{PT}(D_{L=L_0}) = \frac{\sum_{i, z_i \geq 0} v(z_i) \cdot w(p_i)}{\left| \sum_{i, z_i < 0} v(z_i) \cdot w(p_i) \right|} \quad (8)$$

Subiektywny wskaźnik efektywności  $\Omega_{PT}$  odzwierciedla rzeczywiste wybory decydentów lepiej niż wskaźnik  $\Omega$ . Porównując przykładowe losowe warianty decyzyjne  $D1 = (-15, \frac{3}{10}; 15, \frac{6}{10}; 25, \frac{1}{10})$  oraz  $D2 = (-15, \frac{2}{10}; 5, \frac{6}{10}; 25, \frac{2}{10})$  dla punktu referencyjnego  $L = 0$ , większość decydentów wybierze bez wahania wariant  $D1$ . Również wskaźnik  $\Omega_{PT}$  rekomenduje jako bardziej efektywny wariant  $D1$ , natomiast wskaźnik  $\Omega$  rekomenduje wybór wariantu  $D2$ .

W tabeli 1 przedstawiono rzeczywiste oraz przewartościowane (zdeformowane) wyniki i ich prawdopodobieństwa, otrzymane na podstawie funkcji wartości  $v(z)$  i funkcji ważenia

prawdopodobieństw  $w(p)$  oraz wartości wskaźników efektywności dla wariantów decyzyjnych D1 i D2.

Tabela 1

Rzeczywiste i przewartościowane pary wyników i ich prawdopodobieństw oraz wartości wskaźników efektywności

Wariant decyzyjny	Pary wyników i ich prawdopodobieństw				Wskaźnik efektywności
D1	$(z; p)$	$(-15; 0,3)$	$(15; 0,6)$	$(25; 0,1)$	$\Omega=2,5556$
	$(v(z); w(p))$	$(-24,3861; 0,3276)$	$(10,8383; 0,4739)$	$(16,9898; 0,1863)$	$\Omega_{PT}=1,0391$
D2	$(z; p)$	$(-15; 0,2)$	$(5; 0,6)$	$(25; 0,2)$	$\Omega=2,6667$
	$(v(z); w(p))$	$(-24,3861; 0,2570)$	$(4,1219; 0,4739)$	$(16,9898; 0,2608)$	$\Omega_{PT}=1,0184$

Źródło: Opracowanie własne.

Rezultaty te ukazują skalę deformacji wyników oraz prawdopodobieństw po ich przewartościowaniu. Strata jest odczuwana o wiele bardziej niż zysk o tej samej wartości bezwzględnej. Małe wartości prawdopodobieństw są przeszacowywane, a duże zaniżane.

#### 4. Ocena efektywności wariantów decyzyjnych w warunkach ryzyka

Proponowany w pracy wskaźnik efektywności  $\Omega_{PT}$  może być stosowany do wspomagania podejmowania decyzji w warunkach ryzyka. Decyzje w warunkach ryzyka dotyczą sytuacji, kiedy znany jest rozkład prawdopodobieństwa stanów natury (warunków zewnętrznych niezależnych od decydenta, wpływających na rezultat podjętej decyzji), a tym samym prawdopodobieństwa rezultatów wynikających z podjętej decyzji.

##### *Przykład*

Właściciel firmy ma podjąć decyzję dotyczącą zakupu towaru: D1 – zwiększyć dotychczasowe zamówienie, D2 – nie zmieniać, D3 – zmniejszyć zamówienie. Na zysk mają wpływ popyt na towar oraz przyszłe koszty magazynowania nieznane w chwili podejmowania decyzji. W tabeli 2 podano szacunkowe wielkości zysku dla poszczególnych wariantów decyzyjnych. Badania sytuacji gospodarczej kraju pozwalają decydentowi przypuszczać, że przyszłe koszty magazynowania: wzrosną z prawdopodobieństwem 0,2, pozostaną takie same jak dotychczas z prawdopodobieństwem 0,75 lub zostaną obniżone z prawdopodobieństwem 0,05. Ze względu na planowane nowe inwestycje w firmie jej właściciel jest zainteresowany zyskiem większym niż 10 tys. zł i chce wybrać decyzję optymalną.

Tabela 2

## Szacunkowe wielkości zysku (w zł)

Decyzje	Koszty magazynowania		
	S1 – wzrost	S2 – bez zmian	S3 – spadek
D1	7000	11000	16000
D2	10000	12000	13000
D3	14000	9000	8000
Prob{S <sub>j</sub> } = p <sub>j</sub>	p <sub>1</sub> =0,2	p <sub>2</sub> =0,75	p <sub>3</sub> =0,05

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Kopańska-Bródka 2006].

Oznaczając elementy macierzy zysków jako  $x_{ij}$ , gdzie  $i, j = 1, 2, 3$ , zakres wartości punktu referencyjnego ustalamy następująco  $L \in (\max_i \{\min_j \{x_{ij}\}\}; \min_i \{\max_j \{x_{ij}\}\})$ . W rozważanym przykładzie wartości  $L \in (10000; 13000)$ . Rankingi wariantów decyzyjnych utworzone dla wskaźników  $\Omega_{PT}$ ,  $\Omega$  oraz oceny PT w zależności od wartości punktu referencyjnego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

## Rankingi wariantów decyzyjnych w zależności od wartości punktu referencyjnego

Zakres punktu referencyjnego	Pozycja w rankingu	Kryterium		
		$\Omega_{PT}$	$\Omega$	PT
$L \in (10000; 10935)$	I	D2*	D2**	D2
	II	D1	D1***	D1
	III	D3	D3	D3
$L \in (10936; 11980)$	I	D2*	D2**	D2
	II	D1	D3	D1
	III	D3	D1	D3
$L \in (11981; 12018)$	I	D2	D3	D2
	II	D1	D2	D1
	III	D3	D1	D3
$L \in (12019; 12035)$	I	D1	D3	D2
	II	D2	D2	D1
	III	D3	D1	D3
$L \in (12036; 12070)$	I	D1	D3	D2
	II	D2	D1	D1
	III	D3	D2	D3
$L \in (12071; 13000)$	I	D1	D3	D2
	II	D3	D1	D1
	III	D2	D2	D3

(\*) - oznacza wariant decyzyjny efektywny dla punktów referencyjnych  $L \in (10000; 11207)$   
(\*\*) - oznacza wariant decyzyjny efektywny dla punktów referencyjnych  $L \in (10000; 11650)$   
(\*\*\*) - oznacza wariant decyzyjny efektywny dla punktów referencyjnych  $L \in (10000; 10450)$

Źródło: Opracowanie własne.

Zaciemnione pola tabeli wskazują warianty decyzyjne rekomendowane jako najlepsze według rozważanych kryteriów przy danym zakresie<sup>2</sup> punktu referencyjnego. Ponadto warianty decyzyjne D1 i D2 są oceniane jako efektywne (dla określonych wartości punktu

<sup>2</sup> Dla uproszczenia analizy w przykładzie rozważano jedynie całkowite wartości punktu referencyjnego.



referencyjnego). Jeśli właściciel firmy zdecyduje, że satysfakcjonuje go zysk w wysokości 10400 zł, wszystkie wskaźniki jako najlepszą rekomendują decyzję D2, czyli decyzję by nie zmieniać wielkości zamówienia. Według wskaźnika omega, dla  $L=10400$  efektywna jest również decyzja D1, choć nie jest to decyzja optymalna.

Dla punktu referencyjnego  $L=12500$ , każde z rozważanych kryteriów rekomenduje jako najlepszy inny wariant decyzyjny. Według subiektywnego wskaźnika efektywności  $\Omega_{PT}$  optymalną jest decyzja by zwiększyć dotychczasowe zamówienie. Nie jest to efektywny wariant decyzyjny jednak w tym przypadku straty rozumiane jako nieosiągnięcie referencyjnego zysku (w odczuciu decydenta) będą najmniejsze.

## 5. Podsumowanie

Proponowany w pracy subiektywny wskaźnik efektywności  $\Omega_{PT}$  nie tylko uwzględnia behawioralne aspekty podejmowania decyzji, przez co odzwierciedla rzeczywiste wybory decydenta. Przedstawiając go jako iloraz subiektywnych ocen zysków i strat, otrzymujemy tę samą postać wskaźnika bez względu na to czy dotyczyć on będzie wariantów decyzyjnych o małej, dużej czy też bardzo dużej ilości wyników. Stosowana w teorii perspektywy ocena PT może być wykorzystana jako kryterium komplementarne oceny efektywności inwestycji. Oceniając efektywność wariantów decyzyjnych należy rozważać tylko te, dla których ocena PT będzie większa od zera, co oznacza przewagę zysków nad stratami. Wskaźnik efektywności może też rozstrzygać wybór wariantu w sytuacji, gdy otrzymamy takie same wartości oceny PT przy różnych wartościach składników stanowiących subiektywną ocenę zysków i strat.

## Bibliografia

1. Birnbaum M.H., Navarrete J.B.: Testing descriptive utility theories: violations of stochastic dominance and cumulative independence. "Journal of Risk and Uncertainty", vol. 17, 1998, p. 49-78.
2. Camerer C., Ho T.-H.: Violations of the betweenness axiom and nonlinearity in probability. "Journal of Risk and Uncertainty", vol. 8, 1994, p. 167-196.
3. Cascon A., Keating C., Shadwick W.: The Mathematics of the Omega Function, The Finance Development Centre, London 2002.
4. Domański Cz. (red.): Nieklasyczne metody oceny efektywności i ryzyka. PWE, Warszawa 2011.

5. Fennema H., Wakker P.: Original and cumulative prospect theory: A discussion and empirical differences. "Journal of Behavioral Decision Making", vol. 10, 1997, p. 53-64.
6. Gasparis-Wieloch H., Michalska E.: On two applications of the Omega ratio:  $\max\Omega_{\min}$  and  $\Omega(H+B)$ . *Metody i zastosowania badań operacyjnych. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* 446, Wrocław 2016, p. 21-36.
7. Kahneman D., Tversky A.: Prospect theory: an analysis of decision under risk. "Econometrica", vol. 47, 1979, p. 263-291.
8. Kaplan P., Knowles J.: Kappa: A Generalized Downside Risk-Adjusted Performance Measure. "Journal of Performance Measurement", vol. 8, 2004, p. 42-54.
9. Kapsos M., Christofides N., Rustem B.: Worst-case Robust Omega Ratio. "European Journal of Operational Research", vol. 234(2), 2014, p. 499-507.
10. Karmarkar U.S.: Subjectively weighted utility: A descriptive extension of the expected utility model. "Organizational Behavior and Human Performance", vol. 21, 1978, p. 61-72.
11. Kazemi H., Schneeweis T., Gupta R.: Omega As a Performance Measure. "Journal of Performance Measurement", vol. 8, 2004, p. 16-25.
12. Keating C., Shadwick W.: A Universal Performance Measure. "Journal of Performance Measurement", vol. 6, 2002, p. 59-84.
13. Kopańska-Bródka D. (red.): Wybrane metody badań operacyjnych w zarządzaniu. Problemy i zadania. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2006.
14. Kopańska-Bródka D., Dudzińska-Baryła R., Michalska E.: Zastosowanie funkcji omega w ocenie efektywności portfeli dwuskładnikowych. *Metody i zastosowania badań operacyjnych. Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* 446, Wrocław 2016, s. 106-114.
15. Mausser H., Saunders D., Seco L.: Optimizing Omega. "Risk Magazine", 2006, p. 88-92.
16. Michalska E., Dudzińska-Baryła R.: Comparison of rankings of decision alternatives based on the omega function and prospect theory. [in:] Conference Proceedings, 35rd International Conference Mathematical Methods in Economics, Czech Republic 2017.
17. Michalska E., Dudzińska-Baryła R.: Wskaźnik omega w ocenie wariantów decyzyjnych o rozkładach ciągłych, "Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach", nr 241, 2015(a), s. 112-124.
18. Michalska E., Dudzińska-Baryła R.: Związek funkcji omega z dominacją stochastyczną, "Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach", nr 237, 2015(b), s. 70-78.
19. Michalska E., Kopańska-Bródka D.: The Omega Function for Continuous Distribution, [in:] Martinčík D., Ircingová J., Janeček P. (eds.): Conference Proceedings, 33rd International Conference Mathematical Methods in Economics, University of West Bohemia, Plzeň 2015, p. 543-548.

20. Michalska E.: Zastosowanie wskaźnika omega w podejmowaniu decyzji przy niepełnej informacji liniowej, [w:] Gajda J.B., Jadczyk R. (red.): *Badania Operacyjne. Przykłady zastosowań*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2015, s. 153-165.
21. Rieger M.O., Wang M.: Prospect theory for continuous distributions. "Journal of Risk and Uncertainty", vol. 36, 2008, p. 83-102.
22. Tversky A., Kahneman D.: Advances in prospect theory: cumulative representation of uncertainty. "Journal of Risk and Uncertainty", vol. 5, 1992, p. 297-323.
23. Watanabe Y.: New prospect ratio: application to hedge funds with higher order moments. "Journal of Performance Measurement", vol. 19(1), 2014, p. 41-53.