Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe
Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach
ISSN 2083-8611 Nr 221 · 2015

Współczesne Finanse 1

Tadeusz Czernik

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Wydział Finansów i Ubezpieczeń
Katedra Matematyki Stosowanej
tadeusz.czernik@ue.katowice.pl

STRATEGIA *STOP-LOSS* & *PROFIT* – OPTYMALIZACJA PORTFELA INWESTYCYJNEGO

Streszczenie: Jednym z celów działań człowieka jest pomnażanie posiadanego majątku. Inwestorzy, podejmując działania na rynku kapitałowym, stosują bardzo zróżnicowane strategie. Poniższe opracowanie przedstawia strategię *stop-loss* & *profit*. Ponadto zaprezentowano tu optymalizację powyższej strategii z punktu widzenia wybranych miar atrakcyjności/ryzyka.

Słowa kluczowe: strategia inwestycyjna, ryzyko, procesy losowe.

Wprowadzenie

Wszelkim działaniom, a w szczególności aktywności inwestycyjnej, towarzyszy ryzyko. Stąd potrzeba jego identyfikacji, kwantyfikacji oraz optymalizacji. Klasyczne miary atrakcyjności i ryzyka rozważane w analizie portfelowej to między innymi: oczekiwana stopa zwrotu, wariancja stopy zwrotu, semiodchylenie standardowe, wartość zagrożona oraz maksymalna strata [Szegö, 2004; Czernik, Iskra, 2012]. Spośród strategii inwestycyjnych do najczęściej stosowanych należą: strategia stałej struktury ilościowej (niezmienna w horyzoncie inwestycji liczba akcji, strategia kup i trzymaj) oraz stała struktura wartościowa (niezmienny w horyzoncie inwestycji odsetek kapitału zainwestowany w odpowiednie akcje) [Meucci, 2005]. Ponadto w analizie portfelowej uwzględnia się pewne zdarzenia determinujące specyfikę portfela. W strategii *stop-loss* spadek wartości inwestycji poniżej określonego poziomu jest bodźcem do rozwiązania portfela (sprzedaż aktywów). W niniejszym opracowaniu zaproponowano strategię *stop-loss & profit*. W strategii tej zamykamy pozycje na rynku kapitałowym w dwóch sytuacjach: jeżeli wartość portfela spadnie poniżej określonego poziomu (ograniczenie strat) lub gdy wartość portfela wzrośnie powyżej ustalonego z góry poziomu (konsumpcja zysku). Powyższa strategia została poddana optymalizacji ze względu na wybrane miary atrakcyjności/ryzyka.

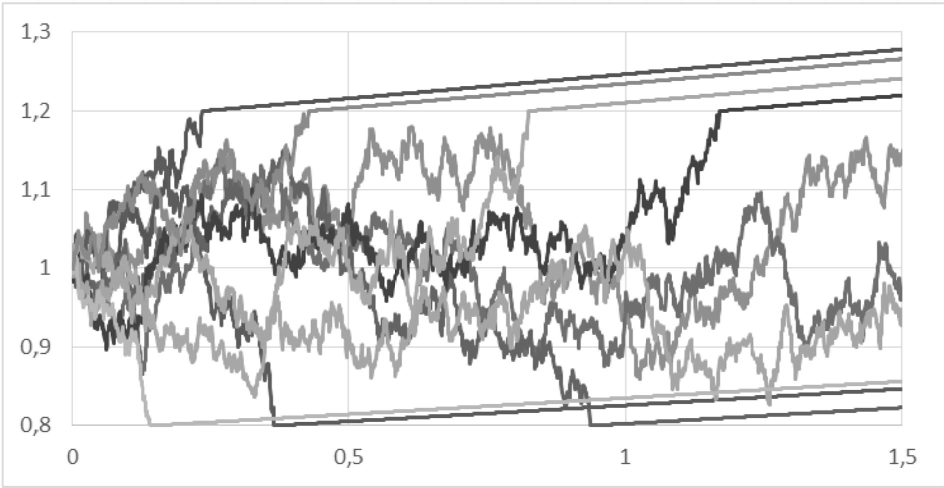
Celem opracowania jest porównanie optymalnych strategii inwestycyjnych w przypadku strategii *stop-loss & profit* oraz klasycznej strategii bez barier.

1. Strategia *stop-loss & profit*

Jak wspomniano wyżej, strategia *stop-loss & profit* jest pewną modyfikacją strategii *stop-loss*. Polega ona na tym, że poza poziomem ograniczającym stratę wprowadzono poziom determinujący rozwiązanie portfela akcji w sytuacji, gdy wartość portfela będzie większa lub równa wartości pożądanego zysku z inwestycji w instrumenty rynku akcji. Ponadto w momencie rozwiązania portfela akcji następuje konwersja wartości portfela na środki pieniężne ulokowane w instrumencie wolnym od ryzyka oprocentowanym według stopy wolnej od ryzyka. W celu oceny atrakcyjności i optymalizacji wartość końcowa (wartość końcowa portfela akcji lub wartość końcowa ulokowana w instrumencie wolnym od ryzyka) będzie dyskontowana na początek okresu inwestycji. Stopa dyskonta jest równa tej samej stopie wolnej od ryzyka.

Warto także nadmienić, iż w pracy Czernika [2007] zaproponowano pewną miarę ryzyka opartą na strategii podobnej do strategii *stop-loss & profit.*

Rysunek 1 przedstawia przykładowe realizacje wartości inwestycji. Jak wynika z rysunku 1, wartość końcowa inwestycji jest ograniczona od góry przez wartość 1,2 (liczba przykładowa, dobrana w celu prezentacji strategii) oprocentowaną na cały okres trwania inwestycji. Górne ograniczenie mogłoby być osiągnięte jedynie w sytuacji, gdy górny poziom konwersji (*profit*) zostałby osiągnięty na początku inwestycji. Dolne ograniczenie wartości końcowej wynosi 0,8 (wartość przykładowa dobrana w celu prezentacji). Sytuacja taka miałaby miejsce jedynie wtedy, gdy dolny poziom konwersji (*loss*) byłby osiągnięty na koniec okresu. Wartość obecna inwestycji (zdyskontowana wartość końcowa) jest ograniczona od góry przez poziom 1,2 oraz od dołu przez zdyskontowaną wartość 0,8.



Rys. 1. Przykładowe realizacje wartości inwestycji. Dolny poziom rozwiązania portfela akcji wynosi 0,8, górny 1,2

Źródło: Opracowanie własne.

Formalny zapis dynamiki wartości inwestycji ma postać:

$$dP_t = \begin{cases} \text{"}losowa\ ewolucja\text{"} \quad je\dot{z}eli \quad \forall(s \le t):(P_s > loss \wedge P_s < profit) \\ P_t r\,dt \quad je\dot{z}eli \quad \exists(s \le t):(P_s \le loss \vee P_s \ge profit) \end{cases} \tag{1.1}$$

gdzie:
„losowa ewolucja” – kapitał ulokowany w portfelu akcji,
P_t – wartość inwestycji w chwili t,
r – stopa wolna od ryzyka,
dt – infinitezymalny przyrost czasu,
loss – dolny poziom konwersji wartości portfela akcji,
profit – górny poziom konwersji wartości portfela akcji.

Wyrażenie $dP_t = P_t dt$ jest równoważne stwierdzeniu, że wartość kapitału jest oprocentowana według stopy (intensywności oprocentowania) kapitalizacji ciągłej r.

1.1. Dynamika portfela akcji

W opracowaniu założono, że dynamika cen akcji jest opisana geometrycznym ruchem Browna [Merton, 1973; Øksendal, 2010]:

$$dS_i = \mu_i S_i dt + \sigma_i S_i dW_i, \tag{1.2}$$

gdzie:
S_i – cena i-tej akcji,
μ_i – dryf i-tej akcji,
σ_i – zmienność i-tej akcji,
W_i – proces Wienera.

Wartość akcji w dowolnym momencie jest dana wzorem:

$$P_t = \sum_{i=1}^{n} n_i S_i \,, \tag{1.3}$$

gdzie:
n_i – liczba akcji i-tego podmiotu,
n – liczba podmiotów, których akcje znajdują się w portfelu.

Infinitezymalna zmiana wartości portfela akcji może być zapisana następująco:

$$dP_t = \sum_{i=1}^{n} n_i dS_i \,. \tag{1.4}$$

W zapisie tym skorzystano z warunku samofinansowania, tzn. zmiana wartości portfela może się jedynie dokonać na skutek zmiany ceny instrumentów wchodzących w skład portfela. Zmiana liczby akcji nie wpływa na wartość portfela. Ponadto założono brak kosztów transakcyjnych.

W przypadku strategii kup i trzymaj (do momentu osiągnięcia poziomu *loss* lub *profit*) równanie to można zapisać:

$$dP_t = \sum_{i=1}^{n} n_i \left(\mu_i S_i dt + \sigma_i S_i dW_i \right) \tag{1.5}$$

i dalej:

$$dP_t = \sum_{i=1}^{n} \left(n_i \mu_i S_i \right) dt + \sum_{i=1}^{n} n_i \sigma_i S_i dW_i \,. \tag{1.6}$$

Korzystając z własności procesu Wienera, równanie (1.6) można zapisać w postaci:

$$dP_t = \mu_p dt + \sigma_P d\tilde{W} \,, \tag{1.7}$$

gdzie:

$\mu_P = \sum_{i=1}^{n} n_i \mu_i S_i$ – dryf portfela,

$\sigma_P = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} n_i^2 \sigma_i^2 S_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^{n} n_i n_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} S_i S_j}$ – zmienność portfela,

$\rho_{ij} = corr\left(\frac{dS_i}{S_i}, \frac{\mathrm{dS}_j}{\mathrm{S}_j}\right) = corr\left(dW_i, \mathrm{d}W_j\right)$ – współczynnik korelacji,

$d\tilde{W}$ – proces Wienera.

Jak można zauważyć, przydatność wzoru (1.7) w symulacjach jest wątpliwa – dryf i zmienność portfela zależą od cen akcji i tym samym musiałyby być generowane osobno. Optymalnym wyborem formuł w ewentualnych symulacjach (strategia kup i trzymaj) są wzory (1.4) oraz (1.2).

W przypadku stałej struktury wartościowej (niezmienny odsetek wartości portfela jest ulokowany w każdej z akcji) wzór (1.4) można zapisać następująco:

$$\frac{dP_t}{P_t} = \sum_{i=1}^{n} \frac{n_i S_i}{P_t} \frac{dS_i}{S_i} = \sum_{i=1}^{n} w_i \frac{dS_i}{S_i}, \tag{1.8}$$

gdzie $w_i = \frac{n_i S_i}{P_t}$ jest odsetkiem wartości kapitału zainwestowanego w *i*-tą akcję.

Jak łatwo zauważyć, suma wag wynosi jeden:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{n_i S_i}{P_t} = \frac{1}{P_t} \sum_{i=1}^{n} n_i S_i = \frac{1}{P_t} P_t = 1. \tag{1.9}$$

Dodatnia wartość wagi w_i oznacza długą pozycję, natomiast wartość ujemna krótką sprzedaż.

Wzór (1.8) można zapisać w postaci:

$$\frac{dP_t}{P_t} = \sum_{i=1}^{n} w_i \frac{dS_i}{S_i} = \sum_{i=1}^{n} w_i \left(\mu_i dt + \sigma_i dW_i\right). \tag{1.10}$$

Podobnie jak wyżej, wzór (1.10) można przedstawić następująco:

$$dP_t = \mu_p P_t dt + \sigma_P P_t d\tilde{W}, \tag{1.11}$$

gdzie:

$\mu_P = \sum_{i=1}^{n} w_i \mu_i$ – dryf portfela,

$\sigma_P = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i^2 \sigma_i^2 + 2\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j>i}^{n} w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}}$ – zmienność portfela,

$\rho_{ij} = corr\left(\frac{dS_i}{S_i}, \frac{\mathrm{dS}_j}{\mathrm{S}_j}\right) = corr\left(dW_i, \mathrm{d}W_j\right)$ – współczynnik korelacji,

$d\tilde{W}$ – proces Wienera.

Z powyższego wynika, że w przypadku stałej struktury wartościowej ($w_i = const$) wielkości μ_P oraz σ_P są stałe, tym samym równanie (1.11) oznacza, że wartość portfela jest geometrycznym ruchem Browna.

2. Miary atrakcyjności/ryzyka

Podstawowymi wielkościami decydującymi o włączeniu akcji do portfela, a ostatecznie także o optymalnej strategii, są miary atrakcyjności i ryzyka. W poniższym opracowaniu nie zostanie omówiony związek miar ryzyka i atrakcyjności z teorią użyteczności.

Pierwszą z omówionych miar atrakcyjności jest oczekiwana stopa zwrotu:

$$ER_t = E\left(\frac{P_t - P_0}{P_0}\right) = \frac{1}{P_0} EP_t - 1. \tag{1.12}$$

W sytuacji gdy oceniamy strategię wyłącznie ze względu na oczekiwaną stopę zwrotu, można równoważnie ocenić strategię, stosując wartość oczekiwaną przyszłej wartości portfela lub zdyskontowaną (według ustalonej stopy, np. stopy wolnej od ryzyka) wartość oczekiwaną przyszłej wartości portfela:

$$E\left(e^{-rt} P_t\right) = e^{-rt} E\left(P_t\right). \tag{1.13}$$

Wariancja stopy zwrotu z portfela jest jedną z klasycznych miar ryzyka:

$$D^2 R_t = D^2\left(\frac{P_t - P_0}{P_0}\right) = \frac{1}{P_0^2} D^2 P_t, \tag{1.14}$$

gdzie $D^2(X)$ oznacza wariancję wielkości X. Podobnie jak w przypadku oczekiwanej stopy zwrotu, równoważnie można rozważyć wariancję zdyskontowanej wartości portfela:

$$D^2\left(e^{-rt} P_t\right) = e^{-2rt} D^2\left(P_t\right). \tag{1.15}$$

Ponieważ wariancja stopy zwrotu nie odróżnia wzrostów i spadków wartości portfela, zaproponowano wiele jej modyfikacji, w tym między innymi semiodchylenie. W niniejszym opracowaniu nie będzie ono rozważane.

Kolejną miarą ryzyka jest wartość zagrożona *VaR* (*Value at Risk*) [Holton, 2003; Artzner, Delbaen, Heath, 1999]:

$$P\left(P_t \le P_0 - VaR_\alpha\right) = \alpha, \tag{1.16}$$

gdzie α jest poziomem istotności (w zależności od kontekstu zwykle zawiera się w przedziale od 0,001 do kilku dziesiątych). Podobnie jak wcześniej, można równoważnie rozważyć wartość zagrożoną zdyskontowanej wartości portfela (wartość P_0 przesuwa jedynie rozkład zmiennej losowej, jaką jest zdyskontowana wartość portfela):

$$P\left(e^{-rt}P_t \le P_0 - e^{-rt}VaR_\alpha\right) = \alpha \,. \qquad (1.17)$$

W dalszej części opracowania będzie stosowana poniższa notacja:

$$P\left(e^{-rt}P_t \le P_0 - VaR_\alpha\right) = \alpha \,, \qquad (1.18)$$

gdzie VaR_α jest wartością zagrożoną zdyskontowanej wartości portfela. Notacja ta nie zaburza uporządkowania ryzyka.

W teorii i praktyce decyzji inwestycyjnych są także rozważane inne miary, np. warunkowa wartość zagrożona czy też maksymalna strata, jednak nie będą one rozważane w dalszej części opracowania.

3. Symulacje

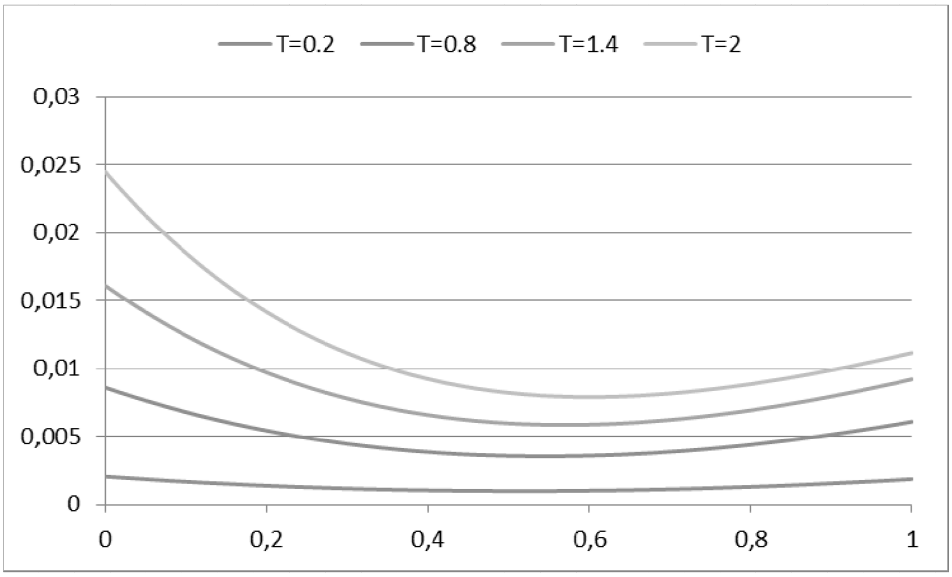
Rozważany w opracowaniu portfel akcji będzie się składał z akcji dwóch podmiotów, których ewolucja cen będzie dana równaniem (1.2). W celu prezentacji strategii *stop-loss & profit* przeprowadzono symulacje (rozwiązano numerycznie stochastyczne równania różniczkowe opisujące ewolucje cen akcji i portfela, stosując algorytm Eulera-Maruyamy [Kloede, Platen, 2013]) wartości portfela w przypadku strategii stałej struktury wartościowej (niezmienne wagi $w_i = \frac{n_i S_i}{P_t} = const$). Wartości parametrów determinujące: stochastyczną ewolucję cen akcji, stopę wolną od ryzyka (wprowadzenie stopy wolnej od ryzyka pozwala otrzymać analogie do wartości bieżącej netto) oraz horyzont inwestycji wybrano arbitralnie.

Strategia stałej struktury wartościowej ($w_i = \frac{n_i S_i}{P_t} = const$) wymaga ciągłej rekonstrukcji portfela w celu przywrócenia pierwotnej wartości wag w_i. Możliwe jest również przeprowadzanie restrukturyzacji w sytuacji, gdy wybrana miara ryzyka wskazuje na przekroczenie założonych wcześniej limitów (tu rekonstruowano portfel w sposób ciągły). Jednak strategia ta nie jest *sensu stricto* strategią o stałej strukturze wartościowej. W opracowaniu założono brak kosztów transakcyjnych. Założenie to sprawia, że portfel jest portfelem samofinansującym.

We wszystkich przebiegach symulacyjnych założono identyczne wartości następujących parametrów:
$P_0 = 1$ – początkowa wartość portfela,
profit = 1,2 – poziom *profit*,
loss = 0,8 – poziom *loss*,
$r = 0{,}05$ – stopa wolna od ryzyka.

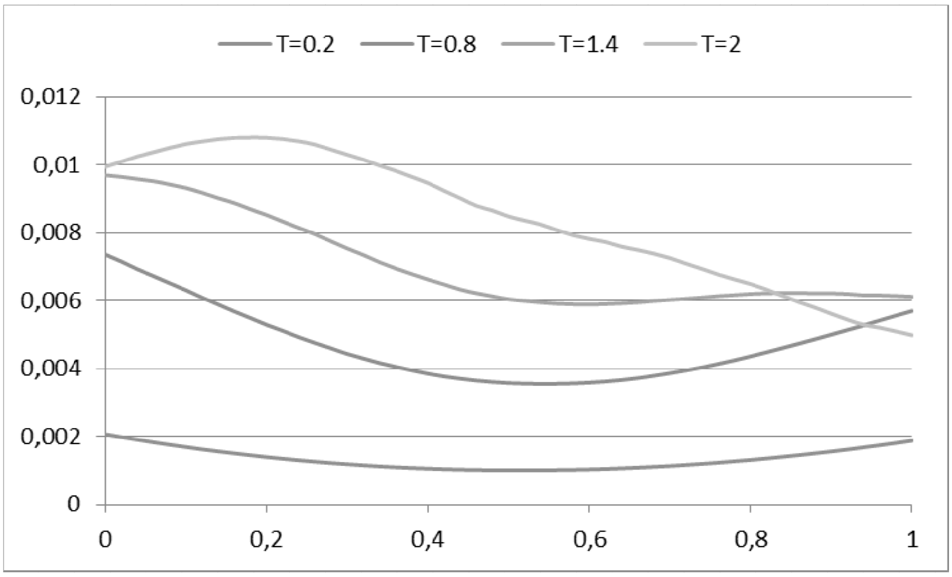
Ponadto wykluczono krótką sprzedaż ($w_i \in [0,1]$).

Rysunki 2 i 3 przedstawiają wariancję zdyskontowanej wartości portfela dla $\mu_1 = -0{,}1$, $\mu_2 = 0{,}1$, $\sigma_1 = 0{,}1$, $\sigma_2 = 0{,}1$, $\rho_{12} = 0$, w przypadku odpowiednio strategii bez ograniczeń oraz strategii *stop-loss & profit* dla różnych długości horyzontów inwestycji T.



Rys. 2. Wariancja zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Strategia bez ograniczeń

Źródło: Opracowanie własne.

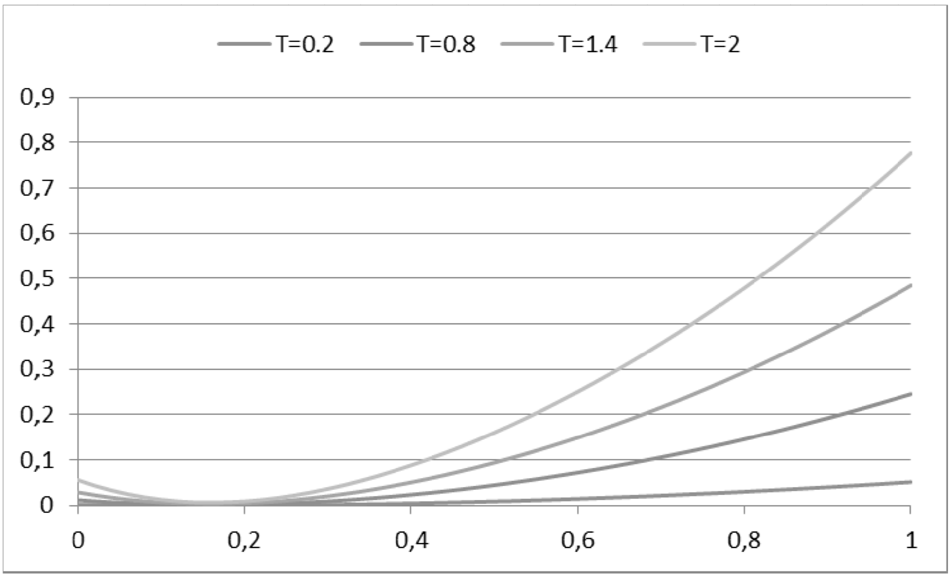


Rys. 3. Wariancja zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Strategia *stop-loss & profit*

Źródło: Opracowanie własne.

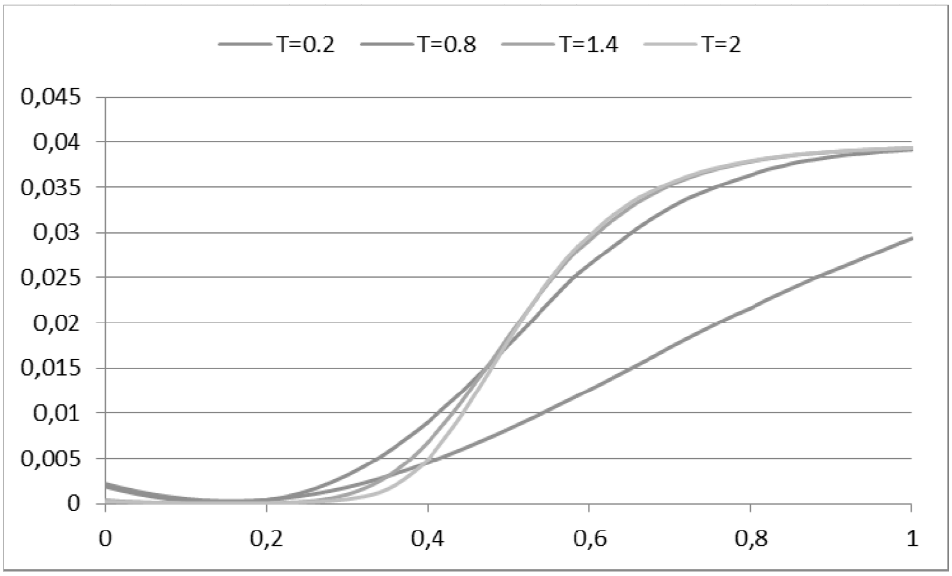
Jak wynika z powyższych rysunków, wariancja wartości portfela dla strategii *stop-loss & profit* jest mniejsza od wariancji dla strategii bez ograniczeń (jedynie w przypadku krótkiego horyzontu czasu T różnice są niewielkie). Jest to zrozumiałe, gdyż strategia *stop-loss & profit* ogranicza rozproszenie potencjalnych wartości inwestycji. Położenia optymalnych wartości wag różnią się pomiędzy strategiami. Ponadto w przypadku długich horyzontów T wariancja wartości portfela dla strategii *stop-loss & profit* posiada maksimum. Wynika to faktu, iż jeżeli zostaną osiągnięte granice obszaru, to następuje konwersja środków zainwestowanych w akcje na środki pieniężne pozbawione ryzyka. Dlatego maleje niepewność (część trajektorii wartości portfela wykazuje deterministyczną ewolucję). Wartości przyjętych parametrów sprawiają, że (dla horyzontu T = 2) dla wartości wagi $w_1 \approx 0{,}2$ jest bardzo prawdopodobne, że bariery nie zostaną osiągnięte (losowa natura ewolucji zostanie zachowana), co niekoniecznie skutkuje wzrostem zagrożenia stratą. Jak wynika z powyższego, w przypadku strategii *stop-loss & profit* wariancja wartości portfela nie jest odpowiednią miarą ryzyka.

Rysunki 4 i 5 przedstawiają wariancję zdyskontowanej wartości portfela, gdy $\mu_1 = 0{,}1$, $\mu_2 = 0{,}3$, $\sigma_1 = 0{,}5$, $\sigma_2 = 0{,}1$, $\rho_{12} = -0{,}9$ dla odpowiednio strategii bez ograniczeń oraz strategii *stop-loss & profit* dla różnych horyzontów inwestycji T.



Rys. 4. Wariancja zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Strategia bez ograniczeń

Źródło: Opracowanie własne.

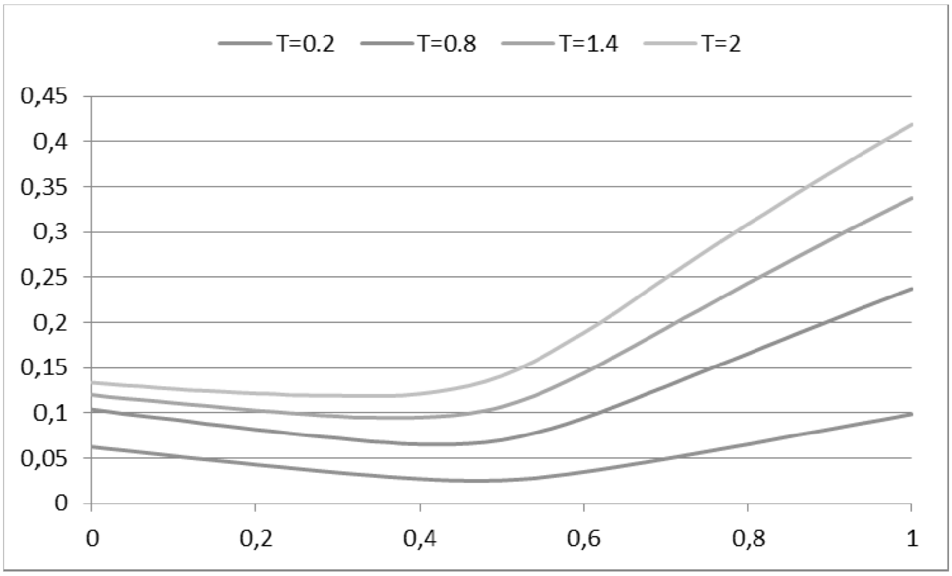


Rys. 5. Wariancja zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Strategia *stop-loss & profit*

Źródło: Opracowanie własne.

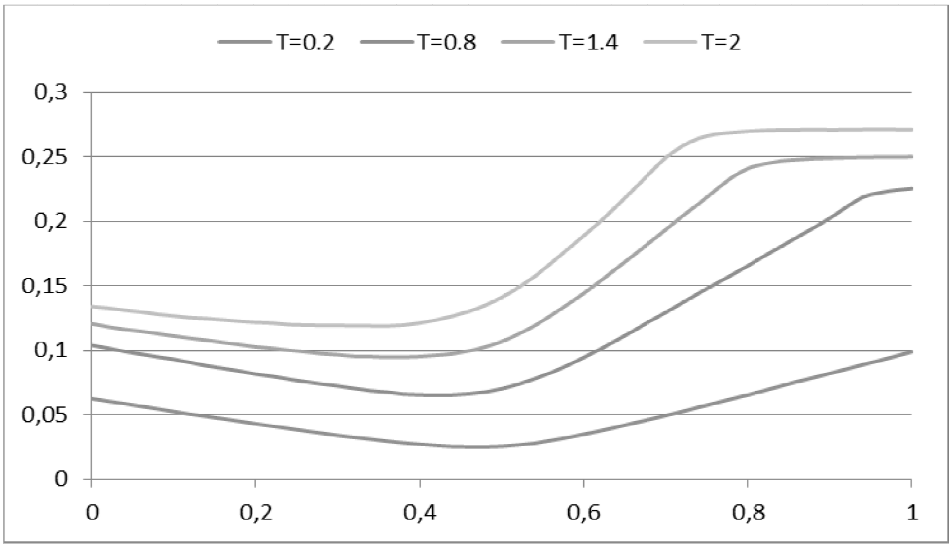
Podobnie jak wcześniej, ryzyko mierzone wariancją wartości portfela w strategii *stop-loss & profit* zostało znacznie zredukowane. W okolicy wartości $w_1 \approx\sim 0{,}2$ (w strategii *stop-loss & profit*) występuje spłaszczenie wykresu wartości wariancji. Z jednej strony wydaje się to być cechą pożądaną, gdyż wartość wariancji nie jest wrażliwa na drobne wahania wagi. Jednak, jak zauważono wcześniej, wariancja wartości portfela nie jest w tym przypadku odpowiednią miarą ryzyka. Dzieje się tak dlatego, że nie wiemy, czy redukcja ryzyka wystąpiła na skutek przekroczenia górnej czy dolnej granicy obszaru. Z tego względu poniżej zaprezentowano wyniki przedstawiające zależność wartości zagrożonej od składu portfela.

Rysunki 6 i 7 przedstawiają wykresy wartości zagrożonej zdyskontowanej wartości portfela w zależności od składu portfela (wagi w_1) dla następujących wartości parametrów: $\mu_1 = -0{,}1$, $\mu_2 = 0{,}1$, $\sigma_1 = 0{,}1$, $\sigma_2 = 0{,}1$, $\rho_{12} = -0{,}9$. Podobnie jak poprzednio, odpowiednio dla strategii bez ograniczeń oraz strategii *stop-loss & profit* dla różnych horyzontów inwestycji T. Poziom istotności $\alpha = 0{,}05$.



Rys. 6. Wartość zagrożona zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Poziom istotności $\alpha = 0{,}05$. Strategia bez ograniczeń

Źródło: Opracowanie własne.



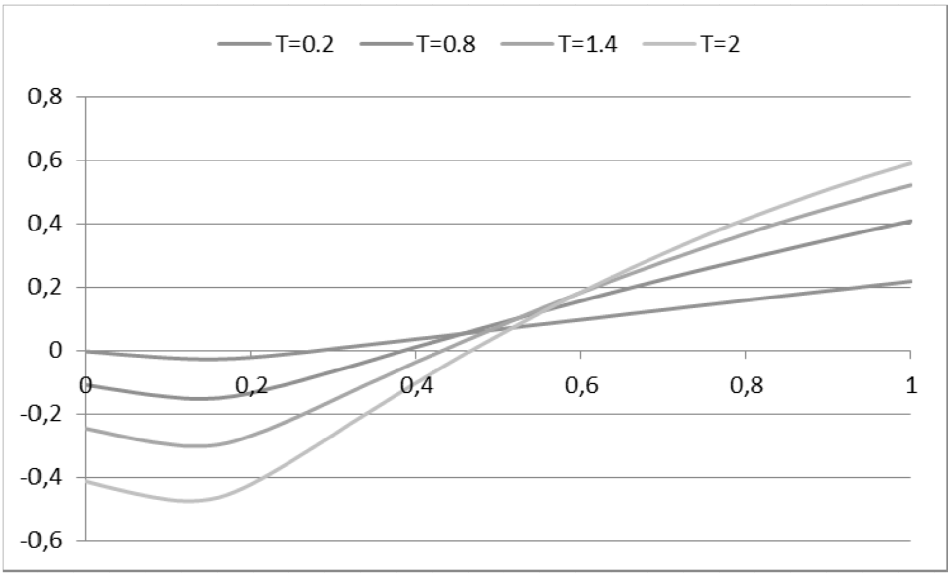
Rys. 7. Wartość zagrożona zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Poziom istotności $\alpha = 0,05$. Strategia *stop-loss & profit*

Źródło: Opracowanie własne.

Podobnie jak w przypadku wariancji, wykresy wartości zagrożonej dla krótkich horyzontów czasu praktycznie się nie różnią. Dla dłuższych horyzontów inwestycji występuje redukcja ryzyka mierzonego wartością zagrożoną. Ponadto zauważamy, że w przypadku strategii *stop-loss & profit* wartość zagrożona jest ograniczona od góry przez wartość wynoszącą około 0,27. Wynika to z faktu, iż wartość zagrożona zdyskontowanej wartości portfela jest mniejsza lub równa od $P_0 - loss \cdot e^{-rT} \approx 0,276$. Z uwagi na osiąganą wartość *VaR* (dla długich horyzontów) dla wartości wagi w_1 bliskiej 1 można wnioskować, że jest bardzo prawdopodobne przekroczenie poziomu *loss* (μ_1 jest ujemne, a wartości zmienności są identyczne dla obu akcji).

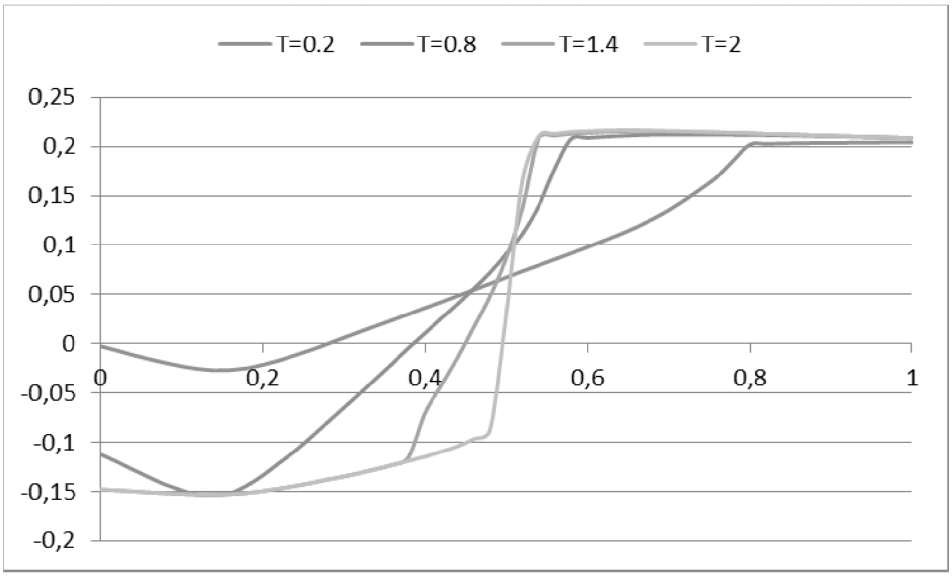
Natomiast rysunki 8 i 9 przedstawiają wykresy wartości zagrożonej zdyskontowanej wartości portfela w zależności od składu portfela (wagi w_1) dla następujących wartości parametrów: $\mu_1 = 0,1$, $\mu_2 = 0,3$, $\sigma_1 = 0,5$, $\sigma_2 = 0,1$, $\rho_{12} = -0,9$ w przypadku odpowiednio: strategii bez ograniczeń oraz strategii *stop-loss & profit* dla różnych horyzontów inwestycji T. Poziom istotności wynosi $\alpha = 0,15$.

W przypadku strategii bez ograniczeń minimalna wartość wartości zagrożonej nie jest ograniczona od dołu – ujemna wartość *VaR* oznacza zysk. Maksymalna wartość zagrożona w tej strategii jest ograniczona od dołu przez P_0. Jednak w zakresie wag [0,1] ograniczenie to nie jest osiągane. Wartość zagrożona w przypadku strategii *stop-loss & profit,* podobnie jak wcześniej, jest ograniczona od góry przez $P_0 - loss \cdot e^{-rT} \approx 0,276$. Jednak z powodu stosunkowo wysokiej istotności ($\alpha = 0,15$) nie jest ona osiągana.



Rys. 8. Wartość zagrożona zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Poziom istotności $\alpha = 0,15$. Strategia bez ograniczeń

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 9. Wartość zagrożona zdyskontowanej wartości portfela w zależności od wartości wagi w_1 dla czterech horyzontów inwestycji T. Poziom istotności $\alpha = 0,15$. Strategia *stop-loss & profit*

Źródło: Opracowanie własne.

Ograniczenie dolne wynoszące: $P_0 - profit = -0{,}2$ nie jest osiągane między innymi z powodu poziomu istotności znacznie różniącego się od 1. Ponadto ograniczenie to byłoby osiągnięte w sytuacji, w której wartość portfela osiągnęłaby wartość 1,2 w nieskończenie krótkim czasie – co jest nieprawdopodobne. W przypadku długich horyzontów inwestycji oraz wartości wagi $w_1 \approx\sim 0{,}5$ widoczna jest duża wrażliwość wartości zagrożonej na zmianę składu portfela. Z rysunku 5 (identyczne wartości parametrów) wynika, że w przypadku średnich i długich horyzontów inwestycji wariancja wartości portfela (strategia *stop-loss & profit*) jest bardzo mała. Fakt ten w zestawieniu z niską wartością *VaR* świadczy o szybkim i stosunkowo wysoce prawdopodobnym osiągnięciu górnej granicy (*profit*). W odróżnieniu od strategii bez ograniczeń, w przypadku strategii *stop-loss & profit* wariancja oraz poziom ryzyka mierzony wartością zagrożoną stabilizują się na niskim poziomie w szerokim zakresie wag ($w_1 < 0{,}5$).

Podsumowanie

W opracowaniu zaprezentowano strategię *stop-loss & profit.* Porównano własności wybranych miar ryzyka: wariancję zdyskontowanej wartości portfela oraz wartość zagrożoną zdyskontowanej wartości portfela. Jak wynika z przeprowadzonych symulacji (dla stałej struktury wartościowej), zależność omówionych miar ryzyka w strategii *stop-loss & profit*, w odróżnieniu od strategii bez ograniczeń, od wartości wagi w_1 jest nietrywialna. W przypadku zaproponowanych wartości parametrów zależność ta jest niemonotoniczna. Miary ryzyka osiągają nie tylko minimum, ale także maksimum.

Zaproponowana tu strategia *stop-loss & profit* może być dalej rozszerzana. Na przykład można przyjąć niesymetryczne (względem początkowej wartości portfela) poziomy *profit* i *loss*. Ponadto granice te mogą być funkcjami czasu. Zależność ta może być zarówno deterministyczna, jak i losowa. W przypadku losowej zależności granic można je oprzeć na wybranym benchmarku.

Literatura

Artzner P., Delbaen F., Eber J.-M., and Heath D. (1999), *Coherent Measures of Risk*, "Mathematical Finance", 9, s. 203-228.

Czernik T. (2007), *Zysk przed stratą – miara ryzyka z rodziny FPRM* [w:] *Metody matematyczne i ekonometryczne metody oceny ryzyka finansowego*, red. P. Chrzan, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice, s. 29-39.

Czernik T., Iskra D. (2012), *Maximal Loss and Value at Risk. Portfolio Analysis – A Comparison* [w:] *Mathematical, Econometrical and Computer Methods in Finance and Insurance 2010*, eds. A.S. Barczak, T. Węgrzyn, Publisher of the University of Economics in Katowice, Katowice, s. 16-35.

Holton G.A. (2003), *Value at Risk. Theory and Practice*, Academic Press.

Kloeden P.E., Platen E. (2013), *Numerical Solution of Stochastic Differential Equations*, Springer.

Merton R.C. (1973), *Theory of Rational Option Pricing*, "Bell Journal of Economics and Management Science", 4 (1), s. 141-183.

Meucci A. (2005), *Risk and Asset Allocation*, Springer.

Øksendal B. (2010), *Stochastic Differential Equations: An Introduction with Applications*, Springer.

Szegö G. (2004) (ed.), *Risk Measures for the 21st Century*, John Wiley & Sons.

STOP-LOSS & PROFIT **STRATEGY − PORTFOLIO OPTIMIZATION**

Summary: One of the goals of human activity is increasing of wealth. Investors taking action on the capital market use very different strategies. This paper presents a strategy *stop-loss & profit*. In addition, portfolio optimization were conducted from the point of view of selected measures of attractiveness/risk.

Keywords: investment strategy, risk, random processes.