STUDIA INFORMATICA 2012
Volume 33 Number 2A (105)

Alina MOMOT
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki
Michał MOMOT
Instytut Techniki i Aparatury Medycznej ITAM

ADAPTACYJNE PODEJŚCIE DO TWORZENIA STRATEGII INWESTYCYJNYCH NA RYNKACH KAPITAŁOWYCH WRAZ Z ZASTOSOWANIEM WAŻONEGO UŚREDNIANIA

Streszczenie. Artykuł przedstawia propozycję projektowania strategii działania na rynkach kapitałowych, w szczególności na rynkach terminowych. Metoda polega na dwupoziomowej optymalizacji parametrycznej. Na drugim poziomie stosowana jest metoda ważonego uśredniania, gdzie dobór wag odbywa się na podstawie minimalizacji funkcjonału. Skuteczność przedstawionej metody została oceniona na podstawie bazy danych historycznych notowań kontraktów terminowych.

Słowa kluczowe: kontrakt terminowy, optymalizacja parametryczna, ważone uśrednianie, minimalizacja funkcjonału

ADAPTIVE APPROACH TO CREATING INVESTMENT STRATEGY FOR CAPITAL MARKETS USING WEIGHTED AVERAGING

Summary. This paper presents the design of strategy proposed for the capital markets, especially futures markets. The method is based on two-level parametric optimization. On the second level is used the weighted averaging method, where the choice of weights is based on the minimization of functional. The effectiveness of the method presented has been assessed based on historical data base of futures trading.

Keywords: future contract, parametric optimization, weighted averaging, criterion function minimization

1. Wprowadzenie

Procesy planowania i podejmowania decyzji co do operacji na rynkach kapitałowych już od kilku dziesięcioleci są prowadzone z wykorzystaniem technologii informatycznych, a w szczególności metod inteligencji obliczeniowej. Wielość dostępnych informacji o bieżących notowaniach instrumentów finansowych stanowi wyzwanie dla systemów ich automatycznego przetwarzania oraz wspomagania procesów decyzyjnych, np. generowania sygnałów zajęcia odpowiedniej pozycji na rynku. Jednocześnie dostępność baz danych historycznych notowań instrumentów finansowych: akcji, obligacji, kontraktów terminowych lub opcji umożliwia przeprowadzanie symulacji strategii działania na tych rynkach, a także ilościową ocenę ich skuteczności w postaci wskaźników - mierników zysku oraz ryzyka.

W artykule przedstawiono propozycję strategii operowania na rynku kontraktów terminowych [4, 12]. Strategia ta zakłada stałe zajmowanie pozycji na rynku: długiej lub krótkiej. Zmiana pozycji na przeciwną jest dokonywana w wyniku realizacji zlecenia z limitem aktywacji. Ów limit jest determinowany przez parametr liczbowy, będący odległością od kursu otwarcia na bieżącym przedziale czasowym – w rozważanych przykładach jest to dzienny kurs otwarcia. Oczywiście parametr ten musi być wyznaczony na podstawie określonej reguły, na przykład arbitralnego doboru bądź też optymalizacji, z wykorzystaniem pewnej funkcji celu. W zaprezentowanym podejściu przedstawiono propozycje kilku funkcji celu, bazujących m.in. na maksymalizacji zysku i minimalizacji ryzyka [6]. Przy tym jako miary zysku przyjęto: średnią arytmetyczną zysków we wszystkich przedziałach czasowych, medianę tych wartości bądź też współczynnik kierunkowy prostej regresji przybliżającej trend skumulowanych zysków. Jako miary ryzyka stosowano: odchylenie standardowe od średniej, odstęp między kwartylami, a także odległość średniokwadratową od prostej regresji. Optymalizacja parametru odległości od kursu otwarcia odbywa się przez proste przeszukanie zbioru wynikowych wartości funkcji celu dla wszystkich możliwych wartości parametru. Jest to zbiór skończony, ponieważ dla danych historycznych z ustalonego okresu dzienne wahania kursu kontraktu są ograniczone oraz jest określony minimalny krok zmiany notowań. Jednak konieczne jest ustalenie tutaj horyzontu czasowego, na którym dokonywana jest optymalizacja. Może on się wahać od jeden (pojedynczy przedział czasowy, czyli jeden dzień) aż do kilkuset (okres kilku lat). Długość tego okresu, wyrażana liczbą całkowitą w przeliczeniu na liczbę elementarnych przedziałów czasowych, stanowi parametr wyższego rzędu, niekiedy zwany hiperparametrem. Dobór jego wartości może być dokonany na drodze arbitralnej decyzji bądź też być wynikiem kolejnej optymalizacji. W niniejszym artykule zaproponowano rozważenie modelu złożonej strategii inwestycyjnej, bazującej na równoczesnym stosowaniu wielu strategii elementarnych, z których każda jest charakteryzowana inną wartością tego hiperparametru, czyli rozmiaru zbioru optymalizacji na pierwszym poziomie. Zatem efekt działania tej strategii jest uśrednieniem efektów działania poszczególnych strategii elementarnych. Rozważane jest tu podejście, w którym wagi są dobierane zgodnie z algorytmem WACFM (ang. *Weighted Averaging based on Criterion Function Minimization*) ważonego uśredniania, opartego na minimalizacji pewnego funkcjonału [5, 9]. Kryterium doboru wag opiera się na odległości średniokwadratowej pomiędzy szeregiem czasowym będącym realizacją strategii elementarnej a szeregiem czasowym będącym wynikiem stosowania strategii uśrednionej. Realizuje to postulat znalezienia strategii będącej wzorcem reprezentującym powtarzalne cechy strategii elementarnych. Jednocześnie, przez podział kapitału proporcjonalnie do wyznaczonych wag, zapewnia to dywersyfikację ryzyka wynikającego ze stosowania tych strategii w przyszłości.

W artykule przedstawiono wyniki eksperymentów symulacyjnych, mających na celu ilościową ocenę skuteczności zaproponowanej metody. Jako dane wykorzystano notowania kontraktu terminowego na indeks WIG20 na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych z lat 2005-2011.

2. Strategie na rynkach terminowych – reguła podążania za trendem

Kontrakt terminowy, będąc jednym z instrumentów finansowych pochodnych, już od stuleci należy do podstawowych narzędzi, którymi dysponuje inwestor operujący na rynku kapitałowym. Istnieje wiele sposobów zastosowania tego narzędzia, m.in. zabezpieczanie inwestycji na rynku akcji, spekulacja, arbitraż [2, 12]. Bogata literatura na temat tego typu operacji i reguł podejmowania decyzji co do nich pozwala na opracowywanie, implementację i badanie skuteczności nowych metod działania na rynkach terminowych [11, 4]. Niniejszy artykuł dotyczy jednego z aspektów wykorzystania kontraktów terminowych – strategii spekulacyjnej opartej na podążaniu za trendem. Zatem w bieżącej sekcji zostaną zwięźle omówione jedynie podstawowe własności tego instrumentu, istotne w aspekcie realizacji takiej właśnie strategii.

Najważniejszą własnością kontraktu terminowego, odróżniającą go od inwestycji w pakiet akcji, jest własność symetrii ze względu na kierunek zmian kursów. Związane jest to z pojęciem pozycji zajmowanej na kontrakcie: długiej lub krótkiej. Inwestor mający pozycję długą osiąga zyski przy wzroście kursu (proporcjonalne do wielkości wzrostu), a straty przy jego spadku. Analogicznie, zajmując pozycję krótką, przy wzroście kursu inwestor ponosi stratę, a przy spadku zysk. Istnieje wiele klasycznych reguł zajmowania i zmian pozycji, a oparte na nich strategie tworzą rozległą przestrzeń. Jeden z jej podzbiorów stanowi rodzina strategii podążania za trendem [4]. Ogólna idea takich strategii polega na wykorzystaniu zjawiska tzw. bezwładności (ang. *momentum*), które objawia się tym, że znacząca zmiana kursu w pewnym kierunku (wzrostowym lub spadkowym) jest przesłanką do kontynuacji tej zmiany w tym samym kierunku, czyli zapoczątkowania trendu. Stanowi to zatem motywację do zajęcia stosownej pozycji: długiej w przypadku wzrostu lub krótkiej dla spadku kursu. Dodatkowy warunek powoduje dalsze zawężenie zbioru strategii – jest to założenie stałego zajmowania pewnej pozycji na rynku. Innymi słowy, dla inwestora zajmującego pozycję krótką znaczący ruch kursu w górę powoduje jej zamknięcie i natychmiastowe otwarcie pozycji długiej. Symetryczna sytuacja jest dla przypadku zmiany pozycji z długiej na krótką.

Dla strategii z tej rodziny ustalenie kryteriów zmiany pozycji w istocie sprowadza się do zdefiniowania reguły określającej wielkość zmiany jako „znaczącą". Możliwe jest tutaj wykorzystanie zarówno prostych kryteriów, jak i takich, które bazują na metodach inteligencji obliczeniowej [1, 3, 4, 10]. Strategia zaproponowana w niniejszym artykule opiera się na prostej regule odwracania pozycji w stałej odległości p od kursu otwarcia, w ustalonym przedziale czasowym. Odległość ta jest parametrem tej reguły.

W dalszej części przedstawione są formuły definiujące rezultaty zastosowania proponowanej strategii w postaci zysków z_n, osiąganych w kolejnych przedziałach czasowych. Danymi wejściowymi są kursy kontraktów, odpowiednio: otwarcia, maksymalny, minimalny i zamknięcia: o_n, h_n, l_n, c_n [7] oraz całkowitoliczbowy parametr p, określający odległość od kursu otwarcia jako wielokrotność elementarnego kroku notowań (zwanego dalej punktem). Pokonanie tej odległości warunkuje zmianę pozycji na przeciwną. Dodatkowo formuły te zawierają stałe: v - przelicznik kroku notowań na kwotę w jednostkach waluty, w której jest rozliczany kontrakt oraz b - prowizję (w jednostkach tej waluty) płaconą przy każdorazowym otwarciu lub zamknięciu pozycji.

W przypadku gdy początkowa pozycja zajmowana w przedziale n jest krótka:

$$z_n(p) = \begin{cases} v(c_{n-1} - c_n) & \text{if} \quad h_n - o_n < p \\ v((c_{n-1} - o_n) - p + ((c_n - (o_n + p))) - 2b & \text{if} \quad h_n - o_n \geq p \end{cases}, \tag{1}$$

natomiast gdy pozycja ta jest pozycją długą:

$$z_n(p) = \begin{cases} v(c_n - c_{n-1}) & \text{if} \quad o_n - l_n < p \\ v((o_n - c_{n-1}) - p + ((o_n - p) - c_n)) - 2b & \text{if} \quad o_n - l_n \geq p \end{cases}. \tag{2}$$

W następnej sekcji zostanie omówiona idea empirycznej optymalizacji tego parametru na podstawie kryteriów maksymalizacji zysku i minimalizacji ryzyka.

3. Empiryczna optymalizacja parametru odwrócenia pozycji

Elementarna strategia, polegająca na odwracaniu pozycji w stałej odległości p od kursu otwarcia, ma pewne wady. Odległość określana nominalnie, czyli w punktach, jest wrażliwa na zmiany kursu kontraktu: na przykład dla kontraktu o kursie 1000 punktów odległość 10 punktów stanowi 1%, przy wzroście kursu do 4000 punktów – jedynie 0,25%, co czyni strategię bardziej podatną na losowe fluktuacje o niewielkiej amplitudzie względnej. Wadę tę można usunąć przez określanie odległości jako procentowej wartości względem kursu otwarcia. Jednak ustalenie odległości odwrócenia jako wartości stałej, nawet mierzonej względnie, ujawnia swoją słabość w okresach nagłej, wzmożonej zmienności kursów kontraktu przy jednoczesnym braku wyraźnego trendu, kiedy kurs często wykonuje ruch o dużej amplitudzie, po czym zawraca. Wówczas taka strategia przynosi straty wynikające z częstych, kosztownych operacji odwracania pozycji, które następnie nie przynoszą zysków. Rozwiązaniem tego problemu jest adaptacyjne ustalanie parametru p.

W bieżącej sekcji przedstawiona jest propozycja adaptacyjnego doboru parametru p w zadanym przedziale czasowym n przez maksymalizację pewnej funkcji celu na zbiorze wyników strategii elementarnych w r przedziałach poprzedzających przedział zadany. Owa funkcja celu reprezentuje miarę Z zysku wynikającego ze stosowania strategii:

$$p_{opt}(n) = \arg\max_{p_L \le p \le p_H} Z(z_{n-r}(p), \ldots, z_{n-1}(p)). \tag{3}$$

Może też być stosowane podejście polegające na przyjęciu pewnej miary ryzyka R i optymalizacji wielkości Z/R, co oznacza maksymalizację stosunku zysku do ryzyka:

$$p_{opt}(n) = \arg\max_{p_L \le p \le p_H} \frac{Z(z_{n-r}(p), \ldots, z_{n-1}(p))}{R(z_{n-r}(p), \ldots, z_{n-1}(p))}. \tag{4}$$

Empiryczna optymalizacja odbywa się na całkowitoliczbowym przedziale wartości parametru p, ograniczanym następującymi liczbami:

p_L - minimalna odległość poziomu odwrócenia od kursu otwarcia wyrażana w punktach; parametr dobierany arbitralnie w celu zapobieżenia przypadkowemu, natychmiastowemu odwróceniu pozycji na samym początku przedziału czasowego,

p_H - maksymalna odległość poziomu odwrócenia od kursu otwarcia wyrażana w punktach; parametr dobierany empirycznie na podstawie maksymalnej rozpiętości pomiędzy wartościami skrajnymi a kursem otwarcia, dla zbioru, na którym przeprowadzana jest optymalizacja parametru p.

Jako miary zysku przyjęto następujące wskaźniki statystyczne:

Z^{MEAN} - średnia arytmetyczna zysków we wszystkich przedziałach czasowych,

Z^{LINREG} - współczynnik kierunkowy prostej regresji przybliżającej trend skumulowanych zysków we wszystkich przedziałach czasowych,
Z^{MEDIAN} - mediana zysków we wszystkich przedziałach czasowych.

Z kolei jako miary ryzyka przyjęto następujące wielkości:
R^{STDEV} - odchylenie standardowe od średniej arytmetycznej zysków we wszystkich przedziałach czasowych,
$R^{LINREGRMSE}$ - pierwiastek kwadratowy błędu średniokwadratowego ciągu skumulowanych zysków od przybliżającej go prostej regresji we wszystkich przedziałach czasowych,
$R^{INTERQUART}$ - odstęp międzykwartylowy zysków we wszystkich przedziałach czasowych.

Proponowane podejście pozwala na uniezależnienie reguły zajmowania pozycji od konieczności zadawania ustalonych wartości odległości (punktowych lub procentowych). Jednak pojawia się tutaj konieczność określenia liczby r, determinującej rozmiar zbioru danych dla optymalizacji. W istocie stanowi ona parametr wyższego rzędu. Zatem ponownie konieczne jest ustalenie jego wartości bądź na drodze arbitralnej decyzji, bądź też w wyniku procesu optymalizacji na wyższym poziomie. Możliwe jest również zastosowanie strategii złożonej, opartej na podejściu uśredniającym – stosowaniu wielu strategii równocześnie. Podejście to zostanie przedstawione w kolejnej sekcji.

4. Ważone uśrednianie

W sytuacji gdy podmiot działający na rynku kapitałowym, i to niekoniecznie rynku kontraktów terminowych, stoi przed możliwością stosowania potencjalnie wielu możliwych podstawowych strategii działania, pojawia się potrzeba sformułowania i rozwiązania zagadnienia optymalizacji ich doboru. Możliwe jest na przykład stosowanie strategii zrandomizowanej, w której decyzja o zastosowaniu konkretnej podstawowej strategii w wybranym przedziale czasowym jest częściowo oparta na wygenerowanych liczbach losowych lub pseudolosowych [8]. Innym podejściem jest zastosowanie strategii uśredniającej, polegającej na podzieleniu kapitału, którym dysponuje podmiot, na mniejsze części, a następnie inwestowanie ich według różnych strategii podstawowych. Podział ten może być dokonany na równe części bądź też proporcjonalnie do układu wag wyznaczanych na podstawie metody ważonego uśredniania [9].

Motywacją do stosowania ważonego uśredniania strategii jest potencjalna redukcja efektów działania strategii najmniej korzystnych na rzecz strategii o lepszej skuteczności. Zarazem zastosowanie kryterium minimalizacji globalnej ważonej odległości pomiędzy strategią uśrednioną a zbiorem strategii podstawowych realizuje postulat znalezienia wzorca, reprezentującego powtarzalne cechy strategii podstawowych. Metodą, która spełnia wymienione kryteria, jest WACFM (ang. *Weighted Averaging based on Criterion Function Minimization*) - ważone uśrednianie bazujące na minimalizacji funkcjonału [5, 9]. Funkcjonał ten jest zdefiniowany następującym wzorem:

$$I(\mathbf{w},\mathbf{v}) = \sum_{r=r_{\min}}^{r_{\max}} w_r^m \rho(\mathbf{z}(p(r)),\mathbf{v}), \tag{5}$$

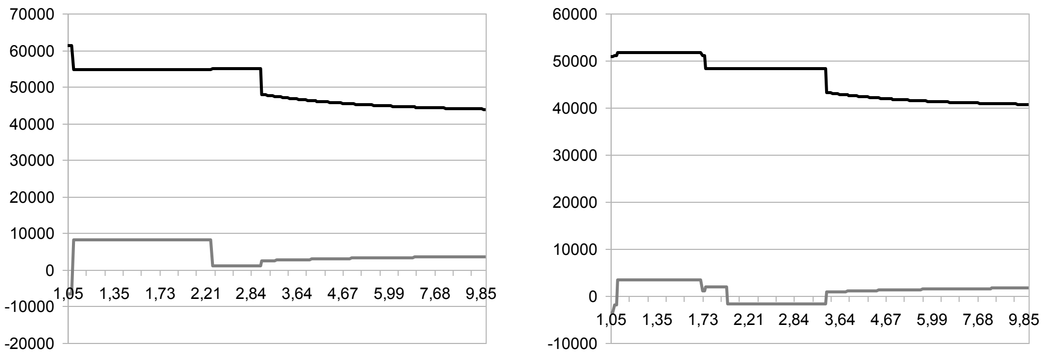
gdzie: $\rho(\cdot,\cdot)$ jest miarą odległości pomiędzy sekwencjami zysków, natomiast $\mathbf{z}(p(r))$ jest sekwencją zysków wynikających ze stosowania adaptacji parametru p na podstawie zbioru danych o rozmiarze r. Parametr m przyjmuje wartości z przedziału $(1,+\infty)$. Argument $\mathbf{w}$ należy do zbioru dopuszczalnych wag - wektorów o składowych nieujemnych i sumujących się do 1. Argument $\mathbf{v}$ należy do zbioru liniowych kombinacji wypukłych wszystkich rozpatrywanych sekwencji zysków. Minimalizacja funkcjonału odbywa się na drodze naprzemiennego wyznaczania minimum ze względu na jeden z argumentów przy ustalonej wartości drugiego, co prowadzi do algorytmu iteracyjnego. Algorytm zostaje zakończony, gdy odległość pomiędzy wektorami wag w dwu kolejnych iteracjach osiągnie wartość niższą od zadanej wartości progowej lub gdy zostanie osiągnięty maksymalny limit liczby iteracji.

Jako miarę odległości stosuje się zwykle metryki oparte na p-normach, czyli $\|\mathbf{x}\|_p = \left(|x_1|^p + \ldots + |x_n|^p\right)^{1/p}$ dla $p>1$ lub $\|\mathbf{x}\|_\infty = \max\{|x_1|,\ldots,|x_n|\}$. W szczególności dla $p = 1$ otrzymuje się metrykę „taksówkową”, natomiast dla $p = 2$ metrykę euklidesową. W dalszej części będzie rozważana wersja algorytmu z metryką euklidesową. W tym przypadku parametr m decyduje o rozproszeniu wag. Dla m dążącego do 1 otrzymuje się rozwiązanie, w którym tylko jedna waga jest niezerowa, natomiast gdy m dąży do nieskończoności, asymptotycznym wynikiem jest uśrednienie arytmetyczne.

5. Eksperymenty numeryczne

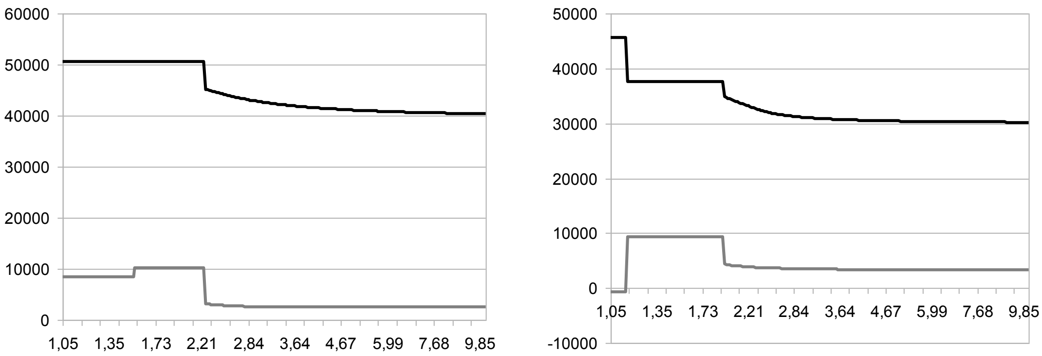
W bieżącej sekcji przedstawiono wyniki eksperymentów numerycznych, mających na celu ilościową ocenę skuteczności zaproponowanej metody. Jako dane wejściowe przyjęto dzienne notowania kontraktu terminowego na indeks WIG20 na Warszawskiej Giełdzie Papierów Wartościowych. Przeprowadzenie badań symulacyjnych pozwalających ocenić działanie projektowanych strategii, jest możliwe dzięki dostępności baz danych historycznych notowań kontraktu w postaci rekordów OHLC [7]. Konieczne było przyjęcie ustalonych wartości granicznych decydujących o przebiegu optymalizacji na kolejnych poziomach. Jako minimalny próg odwrócenia pozycji p_L przyjęto 5 punktów. Liczba r, determinująca rozmiar zbioru danych dla optymalizacji parametru p, przyjmowała wartości od 1 do 250, co odpowiada zmienności horyzontu czasowego od jednego dnia do około roku.

Głównym celem eksperymentu było empiryczne zweryfikowanie wpływu parametru najwyższego poziomu, czyli liczby m, na zdolność uogólniania proponowanej metody. Dokonano tego przez podział zbioru rekordów na dwie rozłączne części: zbiór uczący (zawierający dane z lat 2005-2008) oraz zbiór testowy (zawierający dane z lat 2009-2011). Dla zbioru uczącego powtarzano procedurę ważonego uśredniania przy parametrze m zmieniającym się od 1,05 do 50 w sposób wykładniczy. Pozwalało to wyznaczyć układ wag, który realizował maksymalny skumulowany zysk strategii uśrednionej na zbiorze uczącym wraz z odpowiadającą mu wartością parametru m. Następnie dla tego układu wag wyznaczano skumulowany zysk strategii uśrednionej na zbiorze testowym. Badania realizowano oddzielnie dla wszystkich funkcji Z oraz Z / R, opisanych w sekcji 3. Wykresy przedstawiające wartości skumulowanych zysków strategii uśredniających w zależności od parametru m przedstawiono na rysunkach 1-3. Czarna linia przedstawia wartości dla zbioru uczącego, natomiast linia szara – dla zbioru testowego.



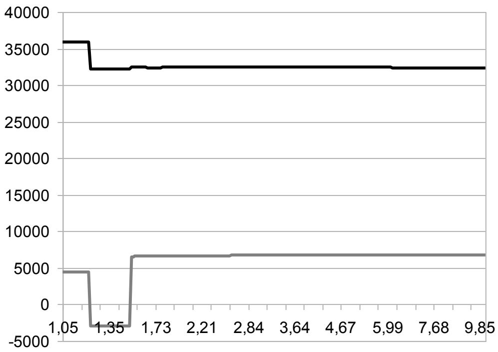
Rys. 1. Skumulowane zyski dla funkcji Z^{MEAN} i Z^{MEAN} / R^{STDEV}

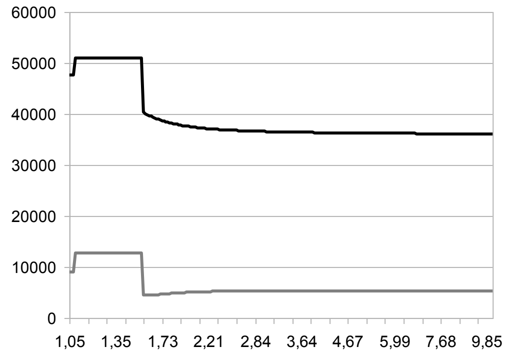
Fig. 1. Cumulated gains for functions Z^{MEAN} and Z^{MEAN} / R^{STDEV}



Rys. 2. Skumulowane zyski dla funkcji Z^{LINREG}, $Z^{LINREG} / R^{LINREGRMSE}$

Fig. 2. Cumulated gains for functions Z^{LINREG}, $Z^{LINREG} / R^{LINREGRMSE}$





Rys. 3. Skumulowane zyski dla funkcji Z^{MEDIAN}, $Z^{MEDIAN} / R^{INTERQUART}$
Fig. 3. Cumulated gains for functions Z^{MEDIAN}, $Z^{MEDIAN} / R^{INTERQUART}$

Już pobieżna analiza wykresów, zaprezentowanych na rysunkach 1-3, pozwala zauważyć interesujące zjawisko, wspólne dla wszystkich przypadków funkcji Z oraz Z/R. Zależność skumulowanych zysków strategii uśredniającej od parametru m ma początkowo charakter skokowy i nieciągły: zysk przyjmuje wartości stałe na poszczególnych przedziałach aż do osiągnięcia przez parametr m pewnej wartości progowej m_{thresh}. Po jej przekroczeniu zależność przybiera charakter ciągły i asymptotycznie osiąga wartość równą wynikowi otrzymywanemu dla przypadku uśrednienia arytmetycznego, co wprost wynika z własności metody WACFM.

W tabeli 1 przedstawiono wartości skumulowanych zysków, charakteryzujących skuteczność badanych strategii uśredniających. Dla wszystkich rozpatrywanych funkcji celu największa wartość zysku na zbiorze uczącym była przyjmowana dla parametru m poniżej wartości progowej, czyli była stała na pewnym przedziale (m_{lo}, m_{hi}), co jest ujęte w odpowiednich kolumnach tabeli. W kolejnych kolumnach przedstawiono wartości optymalnego skumulowanego zysku na zbiorze uczącym oraz odpowiadające im wartości na zbiorze testowym. Tabela prezentuje również wartości progowe m_{thresh} oraz asymptotyczne wartości zysków A_{learn} i A_{test}, co odpowiada wynikom dla uśredniania arytmetycznego odpowiednio na zbiorach uczącym i testowym.

Tabela 1

Wskaźniki charakteryzujące skuteczność strategii uśredniających

Funkcja celu	$\mathbf{m_{lo}}$	$\mathbf{m_{hi}}$	$\mathbf{Zysk_{learn}}$	$\mathbf{Zysk_{test}}$	$\mathbf{m_{thresh}}$	$\mathbf{A_{learn}}$	$\mathbf{A_{test}}$
Z^{MEAN}	1,05	1,08	61 200	-6 610	3,00	43 116	3 823
Z^{MEAN} / R^{STDEV}	1,09	1,70	51 700	3 510	3,40	40 174	1 871
Z^{LINREG}	1,55	2,24	50 680	10 190	2,24	39 965	2 598
$Z^{LINREG} / R^{LINREGRMSE}$	1,05	1,14	45 600	-650	1,95	30 103	3 276
Z^{MEDIAN}	1,05	1,20	35 860	4 470	1,50	32 350	6 730
$Z^{MEDIAN} / R^{INTERQUART}$	1,08	1,55	51 060	12 670	1,55	36 013	5 300

Jak można stwierdzić, w przypadku użycia jako funkcji celu Z^{MEAN} osiąga się największy zysk na zbiorze uczącym, jednak ta własność nie przenosi się na osiągnięty zysk dla zbioru testowego. W istocie zysk ten jest znaczną stratą (największą spośród analizowanych tu metod), niemal dwukrotnie większą co do wartości bezwzględnej niż w przypadku stosowania tradycyjnego uśredniania arytmetycznego. Jednak uwzględniając w funkcji celu również minimalizacje ryzyka (funkcja Z^{MEAN} / R^{STDEV}), zysk osiągany na zbiorze testowym już niemal dwukrotnie przewyższa zysk, który można byłoby osiągnąć, stosując uśrednianie arytmetyczne.

Wydaje się zatem, że uwzględnienie w funkcji celu nie tylko zysku, lecz także ryzyka powoduje polepszenie wyników, jednak analizując następne dwa wiersze tabeli (funkcje celu Z^{LINREG} oraz $Z^{LINREG} / R^{LINREGRMSE}$), okazuje się, że postawiona wcześniej hipoteza nie zyskała potwierdzenia. Wprawdzie zysk osiągnięty w przypadku użycia jako funkcji celu Z^{LINREG} jest niemal czterokrotnie większy niż analogiczny zysk dla uśredniania arytmetycznego, ale uwzględnienie w funkcji celu ryzyka prowadzi do strat, czyli wyniku nieporównanie gorszego niż dla odpowiadającego mu uśredniania arytmetycznego.

Wyniki przedstawione w ostatnich dwóch wierszach tabeli wydają się najbardziej obiecujące. Po pierwsze ze względu na fakt, że dla funkcji celu $Z^{MEDIAN} / R^{INTERQUART}$ zysk na zbiorze testowym jest największy, a po drugie, że – jako jedyna – para funkcji celu Z^{MEDIAN} oraz $Z^{MEDIAN} / R^{INTERQUART}$ zagwarantowała dodatnie zyski. Wprawdzie w przypadku Z^{MEDIAN} są one o około 30% niższe od zysków w przypadku odpowiadającego mu uśredniania arytmetycznego, jednak dla funkcji celu $Z^{MEDIAN} / R^{INTERQUART}$ zysk jest niemal 250% większy od zysku w przypadku odpowiadającego mu uśredniania arytmetycznego.

Praca wykonywana częściowo w ramach projektu badawczego N N518 291240, dofinansowywanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2010-2012.

BIBLIOGRAFIA

1. Gencay R.: Optimization of technical trading strategies and the profitability in security markets. Economics Letters, Vol. 59, 1998, s. 249÷254.
2. Jajuga K., Jajuga T.: Inwestycje: instrumenty finansowe, ryzyko finansowe, inżynieria fi-nansowa. PWN, Warszawa 1996.
3. LeBaron B.: Technical trading rule profitability and foreign exchange intervention. Journal of International Economics, Vol. 49, 1999, s. 125÷143.

4. LeBeau C., Lucas D. W.: Komputerowa analiza rynków terminowych. WIG-Press, Warszawa 1998.
5. Łęski J.: Robust Weighted Averaging. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 49, No. 8, 2002, s. 796÷804.
6. Magdon-Ismail M., Atiya A.: Maximum Drawdown. Risk Magazine, Vol. 17, No. 10, 2004, s. 99÷102.
7. Momot A., Momot M.: Składowanie i przetwarzanie danych w systemach do tworzenia i oceny strategii inwestycyjnych na rynkach walutowych. Studia Informatica, Vol. 30, No. 2B(84), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009, s. 191÷202.
8. Momot A., Momot M.: Projektowanie strategii inwestycyjnych na rynkach terminowych z zastosowaniem symulacji komputerowych i metod Monte Carlo. Studia Informatica, Vol. 31, No. 2B(90), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010, s. 397÷407.
9. Momot A., Momot M.: Zastosowanie ważonego uśredniania do projektowania strategii inwestycyjnych na rynkach kapitałowych. Studia Informatica, Vol. 32, No. 2A(96), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, s. 473÷483.
10. Fernández-Rodríguez F., González-Martel Ch., Sosvilla-Rivero S.: On the profitability of technical trading rules based on artificial neural networks: Evidence from the Madrid stock market. Economics Letters, Vol. 69, Issue 1, 2000, s. 89÷94.
11. Weron A., Weron R.: Inżynieria finansowa. Wycena instrumentów pochodnych. Symulacje komputerowe. Statystyka rynku. WNT, Warszawa 1998.
12. Zalewski G.: Kontrakty terminowe w praktyce. WIG-Press, Warszawa 2006.

Wpłynęło do Redakcji 24 stycznia 2012 r.

Abstract

This paper presents the design of complex strategy proposed for the capital markets, especially futures markets. It starts with the elementary strategy, which is based on permanent presence in the market and reverting the position after reaching a certain level relative to the opening price. The complex method is based on two-level parametric optimization. On the first level is used the empirical optimization of position reverting threshold. The objective functions are gain indices: cumulated gains, median of gains and slope coefficient of linear regression approximating the trend of cumulated gains. Alternatively there are used gain to risk ratios, where the risk is measured respectively by standard deviation of gains, root mean square error for the linear regression and interquartile range. On the second level is used the weighted averaging method, where the choice of weights is based on the minimization of functional. The effectiveness of the method presented has been quantitatively assessed based on historical data base of futures trading on Warsaw Stock Exchange in years 2005-2011.

Adresy

Alina MOMOT: Politechnika Śląska, Instytut Informatyki, ul. Akademicka 16,
44-101 Gliwice, Polska, alina.momot@polsl.pl.

Michał MOMOT: Instytut Techniki i Aparatury Medycznej, ul. Roosevelta 118,
41-800 Zabrze, Polska, michal.momot@itam.zabrze.pl.