

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

PERSPEKTYWY ZASTOSOWAŃ METOD STATYSTYCZNYCH W KONSTRUKCJI STRATEGII DZIAŁANIA NA RYNKACH KAPITAŁOWYCH – WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW HIERARCHICZNYCH ORAZ REGULARYZACJI

Streszczenie. Artykuł opisuje koncepcję operacji na rynkach kapitałowych, w szczególności instrumentów pochodnych, opartą na parametryzowanej rodzinie reguł decyzyjnych. Dobór parametrów reguł odbywa się na drodze wielopoziomowej optymalizacji, co prowadzi do systemów o strukturze hierarchicznej. Przedstawiono empiryczną ocenę proponowanych metod, a także propozycję ich rozszerzeń z wykorzystaniem między innymi koncepcji regularyzacji.

Słowa kluczowe: kontrakt terminowy, optymalizacja parametryczna, hierarchiczny zbiór reguł

PERSPECTIVES OF STATISTICAL METHODS IN DESIGN OF TRADING STRATEGIES FOR FINANCIAL MARKETS – USING HIERARCHICAL STRUCTURES AND REGULARIZATION

Summary. The paper describes concept of operations on capital markets based on the parameterized family of decision rules. Selection of rules is carried out by multi-level optimization, which leads to a system with hierarchical structure. An empirical evaluation of proposed method is presented, together with proposals for expansion using regularization.

Keywords: future contract, parametric optimization, hierarchical set of rules

1. Wprowadzenie

Wśród wielu przedmiotów zainteresowania inwestora działającego na rynkach finansowych znajdują się instrumenty finansowe pochodne, do których należą między innymi kontrakty terminowe oraz kontrakty na różnice kursów [14]. Niezależnie od celów tych działań, do których mogą należeć operacje spekulacyjne nastawione na osiągnięcie zysku oraz działania zabezpieczające przed ryzykiem zmian kursów walut [2], są one prowadzone z wykorzystaniem częstokroć zaawansowanych technologii informatycznych [8]. Oczywiście jest tutaj pole działania systemów zarządzania bazami danych, niezbędnych dla funkcjonowania powszechnie już skomputeryzowanych rynków wymiany, jak giełdy oraz platformy handlu, zarządzania zleceniami inwestorów, ich koordynowania oraz rozliczania finansowych wyników ich działań [7]. Natomiast niezależnie od tych zastosowań elektroniczne techniki obliczeniowe już dawno powszechnie wkroczyły w obszary projektowania, analizy i symulacji metod podejmowania decyzji na rynkach kapitałowych [4]. Będąc w powiązaniu z inżynierią finansową [13], zarazem stosuje modele i algorytmy inteligencji obliczeniowej [5]. Statystyczna ocena rezultatów tych algorytmów oraz skuteczności działania metod pozwala na odpowiednie przygotowanie do właściwego procesu decyzyjnego, którym jest realizacja operacji o skutkach finansowych [12]. Taka ocena, o charakterze ilościowym, w postaci odpowiednich wskaźników [6] stanowi często punkt wyjścia do poszukiwań nowych, coraz bardziej zaawansowanych modeli i strategii [1, 3, 11].

2. Elementarna strategia dla instrumentu pochodnego

Wspólne założenia rozważanych tutaj elementarnych strategii wyglądają następująco:

1. gracz jest stale obecny na rynku, zajmując naprzemiennie pozycje długie i krótkie o stałej wielkości; początkowa pozycja jest ustalana arbitralnie;
2. decyzje o odwróceniu pozycji są podejmowane wyłącznie na podstawie kursów Open-High-Low-Close w ustalonych interwałach czasowych;
3. odwrócenie pozycji odbywa się przez jednoczesne zlecenie zamknięcia pozycji bieżącej i otwarcie nowej, przeciwnej, na tym samym poziomie kursowym;
4. poziom odwrócenia jest ustalany na początku interwału w stałej odległości w górę/dół od kursu Open i obowiązuje aż do końca interwału; ta odległość, oznaczana dalej symbolem t , stanowi parametr strategii.

2.1. Strategia podążająca za trendem dla kontraktu na różnicę kursów

Założenia tej wersji strategii stanowią rozwinięcie i uszczegółowienie ogólnej koncepcji opisanej na początku sekcji.

1. Strategia ma charakter podążania za trendem – wybiecie w górę to sygnał zajęcia pozycji długiej, a w dół – krótkiej.
2. Odwrócenie pozycji odbywa się przez jednoczesne zlecenia StopLoss i odpowiednio BuyStop/SellStop na tym samym poziomie.

Taka definicja strategii pozwala na jednoznaczne określenie pozycji zajmowanych przez gracza, jego zysków i strat, z zastrzeżeniem polegającym na określeniu parametru strategii. Jest nim odległość t determinująca poziom odwrócenia w górę/dół relatywnie do kursu Open interwału czasowego. W dalszej części odległość ta będzie przyjmować różne wartości z pewnego przedziału. Oznacza to, że w ten sposób zostaje zadana nie pojedyncza strategia, a cała ich rodzina indeksowana stosownym parametrem skalarnym t .

Formalne i ilościowe ujęcie tego podejścia składa się z dwóch podstawowych wzorów. Pierwszy z nich określa reguły przejścia na pozycję przeciwną lub pozostawania na obecnej. Pozycję długą oznacza liczba $+1$, natomiast krótką -1 . Zmienna przechowująca bieżącą pozycję oznaczana jest symbolem $s_n(t)$ jako wartość pozycji na końcu interwału o indeksie n . Wspomniany powyżej parametr determinujący poziom odwrócenia jako odległość od kursu Open jest oznaczany literą t . Kursy OHLC występują w dwóch wersjach: BID (kurs kupna) oraz ASK (kurs sprzedaży), oznaczanych odpowiednimi indeksami górnymi.

$$s_n(t) = \begin{cases} -1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = -1) \wedge (H_n^{ASK} < O_n^{ASK} + t), \\ +1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = -1) \wedge (H_n^{ASK} \geq O_n^{ASK} + t), \\ +1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = +1) \wedge (L_n^{BID} > O_n^{BID} - t), \\ -1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = +1) \wedge (L_n^{BID} \leq O_n^{BID} - t). \end{cases} \quad (1)$$

Wzór na zyski/straty wynikające z utrzymywania bądź odwrócenia pozycji jest określany tak, jak pokazano to poniżej, przy czym oddzielnie rozpatrzono przypadek przejścia z pozycji długiej na krótką:

$$z_n(t) = \begin{cases} C_n^{BID} - C_{n-1}^{BID} & \text{if } L_n^{BID} > O_n^{BID} - t, \\ ((O_n^{BID} - t) - C_{n-1}^{BID}) + ((O_n^{BID} - t) - C_n^{ASK}) & \text{if } L_n^{BID} \leq O_n^{BID} - t, \end{cases} \quad (2)$$

a oddzielnie przeciwny:

$$z_n(t) = \begin{cases} C_{n-1}^{ASK} - C_n^{ASK} & \text{if } H_n^{ASK} < O_n^{ASK} + t, \\ (C_{n-1}^{ASK} - (O_n^{ASK} + t)) + (C_n^{BID} - (O_n^{ASK} + t)) & \text{if } H_n^{ASK} \geq O_n^{ASK} + t. \end{cases} \quad (3)$$

2.2. Strategia dla kontraktu na różnicę kursów w wersji antytrendowej

Założenia dodatkowe w tym przypadku są symetryczną wersją założeń z poprzedniej podsekcji:

1. strategia ma charakter antytrendowy, zwany też niekiedy kontrariańskim – istotne odchylenie od kursu Open w górę stanowi sygnał do zamknięcia pozycji długiej i otwarcia krótkiej na tym samym poziomie kursu, analogicznie – dla odchylenia kursu w dół;
2. odwrócenie pozycji odbywa się przez jednoczesne zlecenia TakeProfit i BuyLimit/SellLimit na tym samym poziomie;
3. strategię tworzą rodzinę parametryzowaną przez skalarny parametr t .

Zmienna przechowująca bieżącą pozycję ma tutaj postać:

$$s_n(t) = \begin{cases} +1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = +1) \wedge (H_n^{BID} < O_n^{BID} + t), \\ -1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = +1) \wedge (H_n^{BID} \geq O_n^{BID} + t), \\ -1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = -1) \wedge (L_n^{ASK} > O_n^{ASK} - t), \\ +1 & \text{if } (s_{n-1}(t) = -1) \wedge (L_n^{ASK} \leq O_n^{ASK} - t). \end{cases} \quad (4)$$

Natomiast wzór na zyski/straty wynikające z utrzymywania bądź odwrócenia pozycji w przypadku przejścia z pozycji długiej na krótką określany jest jako:

$$z_n(t) = \begin{cases} C_n^{BID} - C_{n-1}^{BID} & \text{if } H_n^{BID} < O_n^{BID} + t, \\ ((O_n^{BID} + t) - C_{n-1}^{BID}) + ((O_n^{BID} + t) - C_n^{ASK}) & \text{if } H_n^{BID} \geq O_n^{BID} + t, \end{cases} \quad (5)$$

a w przypadku przejścia z pozycji krótkiej na długą jako:

$$z_n(t) = \begin{cases} C_{n-1}^{ASK} - C_n^{ASK} & \text{if } L_n^{ASK} > O_n^{ASK} - t, \\ (C_{n-1}^{ASK} - (O_n^{ASK} - t)) + (C_n^{BID} - (O_n^{ASK} - t)) & \text{if } L_n^{ASK} \leq O_n^{ASK} - t. \end{cases} \quad (6)$$

3. Dynamiczna optymalizacja parametrów strategii elementarnych

Posługując się strategią elementarną, polegającą na odwracaniu pozycji w stałej odległości t od kursu otwarcia, trzeba wziąć pod uwagę jej podstawową wadę, jaką jest podatność na losowe fluktuacje o niewielkiej amplitudzie względnej [9]. Wadę tę można starać się usunąć przez określanie odległości w sposób względny jako pewien procent wartości względem kursu otwarcia. Jednak takie ustalenie odległości odwrócenia 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 [10]. Straty wynikające z częstych, kosztownych operacji odwracania pozycji na ogół nie są równoważone zyskami. Problem ten można starać się rozwiązać przez adaptacyjne ustalanie parametru t .

Poniżej przedstawiono propozycję adaptacyjnego doboru tego parametru, bazującą na optymalizacji stosunku zysku do ryzyka:

$$t_{opt}(z_{n-1,m}(t, s_{init})) = \arg \max_{t_{\min} \leq t \leq t_{\max}} \frac{CG(z_{n-1,m}(t, s_{init}))}{MDD(z_{n-1,m}(t, s_{init}))}, \quad (7)$$

gdzie jako zysk przyjęto CG , które stanowi łączny skumulowany zysk wynikający ze stosowania danej strategii, natomiast jako miarę ryzyka przyjęto MDD – maksymalne obsunięcie kapitału [8]. Oczywiście możliwe jest przyjęcie innych miar opisujących funkcję zysku i ryzyka, zatem wzór (7) można zapisać w sposób uogólniony:

$$\theta_{opt}(z_{n-1,m}(t, s_{init}), w) = \arg \max_{\theta \in \Theta} \frac{gain(z_{n-1,m}(t, s_{init}))}{(risk(z_{n-1,m}(t, s_{init})))^w}, \quad (8)$$

gdzie $gain$ oznacza dowolną miarę zysku, $risk$ zaś – dowolną miarę ryzyka.

4. Kryterium optymalizacji strategii z funkcją regularyzacji

Aby poprawić skuteczność działania reguły decyzyjnej opisanej wzorem (8), proponuje się jej rozszerzenie uwzględniające dodatkowy czynnik regularyzacyjny:

$$\theta_{opt}(z_{n-1,m}(t, s_{init}), w, p) = \arg \max_{\theta \in \Theta} \left(reg(p, \theta) \frac{gain(z_{n-1,m}(\theta, s_{init}))}{(risk(z_{n-1,m}(\theta, s_{init})))^w} \right). \quad (9)$$

Jako czynnik regularyzujący może wystąpić funkcja wykładnicza $reg(p) = e^{p\theta}$ lub alternatywnie funkcja potęgowa $reg(p) = \theta^p$. Jednak typowo stosuje się równoważną postać wyrażenia (9) po zastosowaniu funkcji logarytmicznej (która jako funkcja ściśle rosnąca nie zmienia argumentu, dla którego jest osiąganym maksimum). W przypadku czynnika regularyzacyjnego w postaci funkcji wykładniczej funkcja kryterialna jest opisana wzorem:

$$c(\theta, w, p) = p\theta + \log(gain) - w \log(risk), \quad (10)$$

a w przypadku funkcji potęgowej:

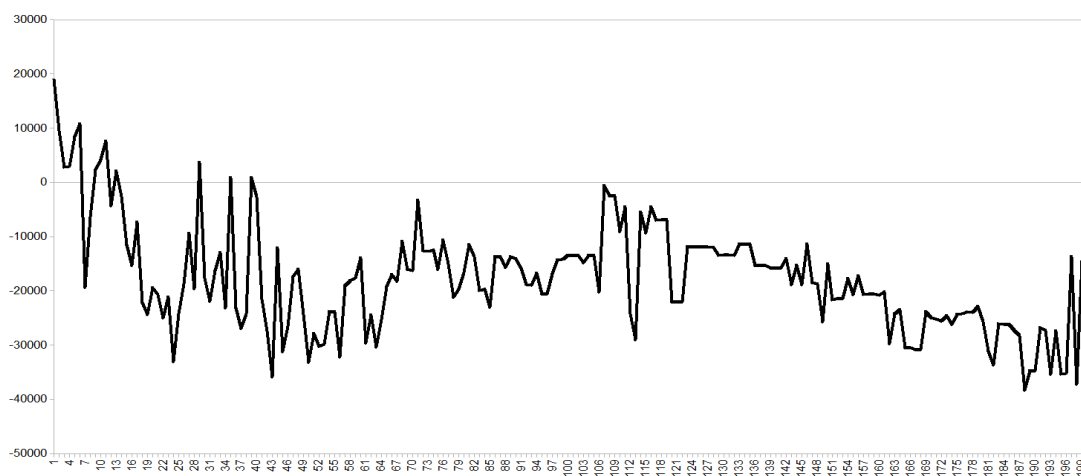
$$c(\theta, w, p) = p \log \theta + \log(gain) - w \log(risk). \quad (11)$$

5. Eksperymenty numeryczne

Poniżej przedstawiono wyniki eksperymentów numerycznych wykorzystujących zaproponowane metody i mających na celu ilościową ocenę ich skuteczności. Jako dane wejściowe przyjęto notowania kontraktu na różnicę kursową kursu funta brytyjskiego względem dolara amerykańskiego w interwałach tygodniowych. Dane pochodzą z ogólnodostępnej bazy da-

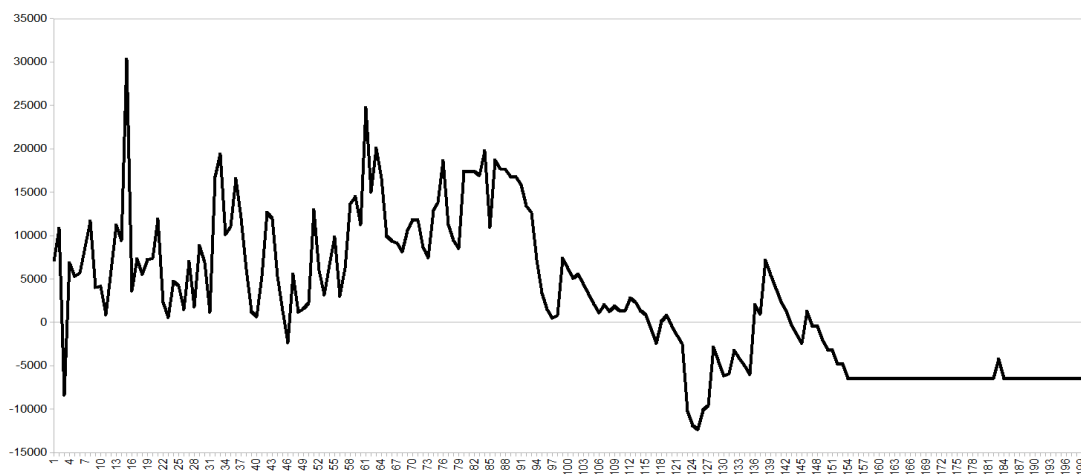
nych historycznych notowań tego kontraktu w postaci rekordów OHLC. Jako wartość minimalną dla progu odwrócenia pozycji t_L przyjęto 10 punktów. Liczba m , determinująca rozmiar zbioru danych dla optymalizacji parametru t , przyjmowała wartości od 1 do 200, co odpowiada zmienności horyzontu czasowego od 1 tygodnia do około 4 lat.

Głównym celem eksperymentu było empiryczne zweryfikowanie wpływu parametru najwyższego poziomu, czyli liczby m , na zdolność uogólniania proponowanych metod. Dokonano tego przez podział zbioru rekordów na dwie rozłączne części: zbiór uczący (zawierający dane z 2011 roku) oraz zbiór testowy (zawierający dane z 2012 roku). Badania realizowano oddzielnie dla strategii podążającej za trendem oraz strategii antytrendowej.



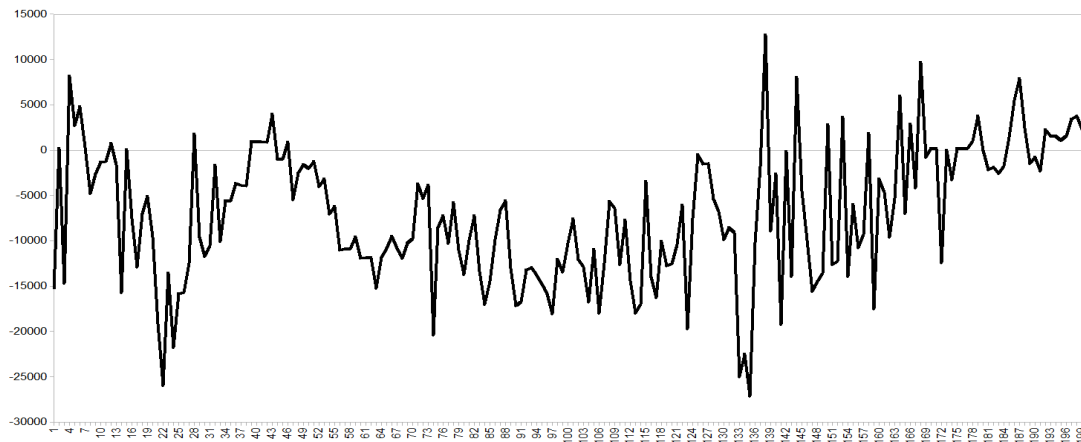
Rys. 1. Skumulowane zyski dla strategii podążających za trendem w 2011 roku
Fig. 1. Cumulated gains for trend-following strategies in 2011

Wykres na rysunku 1 przedstawia skumulowane zyski dla różnych strategii podążających za trendem w 2011 roku w zależności od parametru m , którego wartości znajdują się na osi poziomej. Dane te stanowią zbiór uczący. Jak można zauważyć, dla niemal wszystkich wartości parametru m strategie tego typu przynoszą straty.



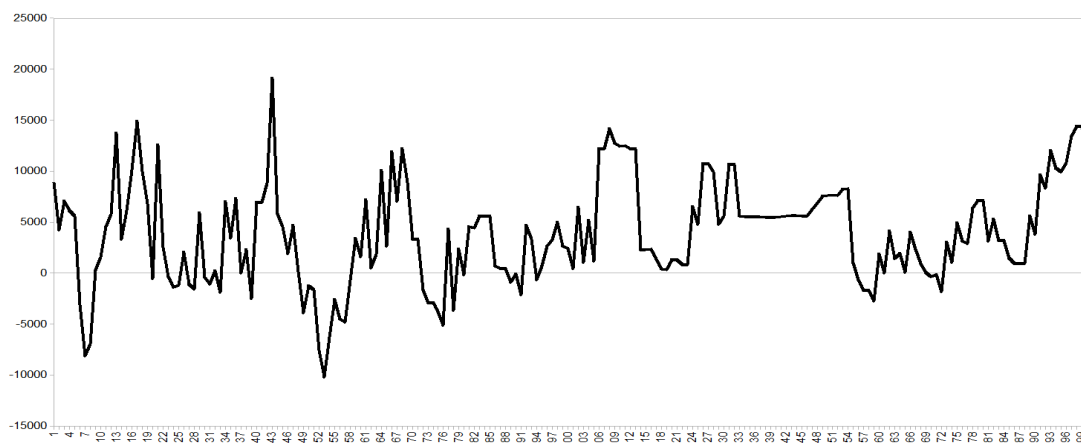
Rys. 2. Skumulowane zyski dla strategii antytrendowych w 2011 roku
Fig. 2. Cumulated gains for trend-contrarian strategies in 2011

Wykres na rysunku 2 przedstawia skumulowane zyski dla różnych strategii antytrendowych w 2011 roku, co również stanowi zbiór uczący. W tym przypadku można zauważyć, że w przeciwieństwie do poprzedniej wersji dla większości wartości parametru m strategie tego typu okazują się zyskowne.



Rys. 3. Skumulowane zyski dla strategii podążających za trendem w 2012 roku
Fig. 3. Cumulated gains for trend-following strategies in 2012

Na kolejnych dwóch wykresach (odpowiednio rysunki 3 oraz 4) przedstawiono skumulowane zyski dla obu typów strategii w 2012 roku, który stanowi zbiór testowy dla tych metod uczenia. Jak można zauważyć, sytuacja w 2012 roku jest podobna do odpowiadającej poszczególnym strategiom sytuacji w 2011 roku. W przypadku strategii podążających za trendem w 2012 roku również strategie te przynoszą straty dla większości wartości parametru m , jednak można tu stwierdzić pewną poprawę (patrz rysunek 3) w stosunku do zbioru uczącego, czyli 2011 roku.

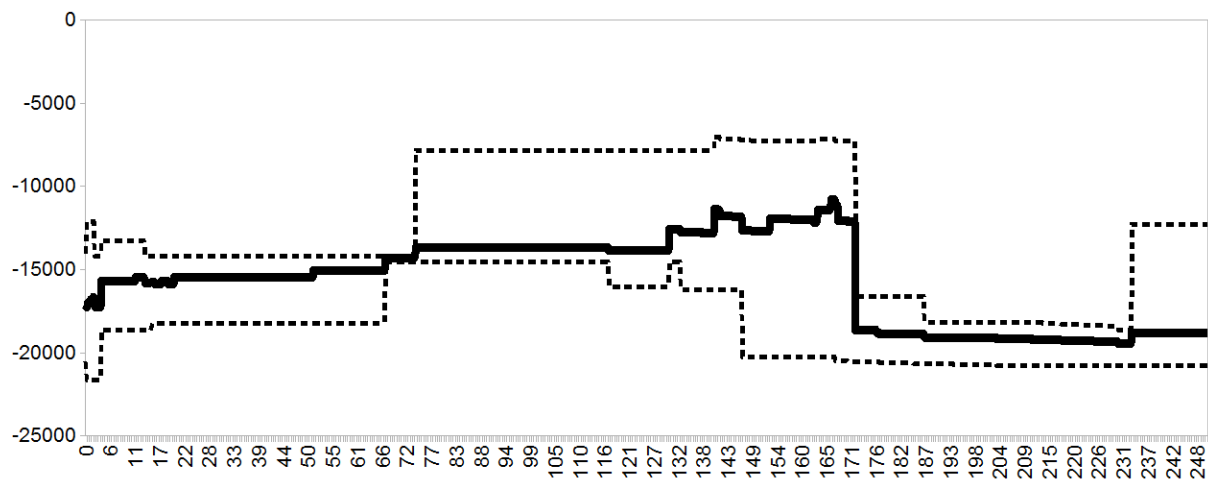


Rys. 4. Skumulowane zyski dla strategii antytrendowych w 2012 roku
Fig. 4. Cumulated gains for trend-contrarian strategies in 2012

W przypadku strategii antytrendowych również sytuacja w 2012 roku jest podobna do analogicznej w 2011 roku, jednak ponownie można zauważyć pewne różnice. W przypadku zbioru uczącego, 2011 roku, można było stwierdzić, że dla parametru m większego od 120

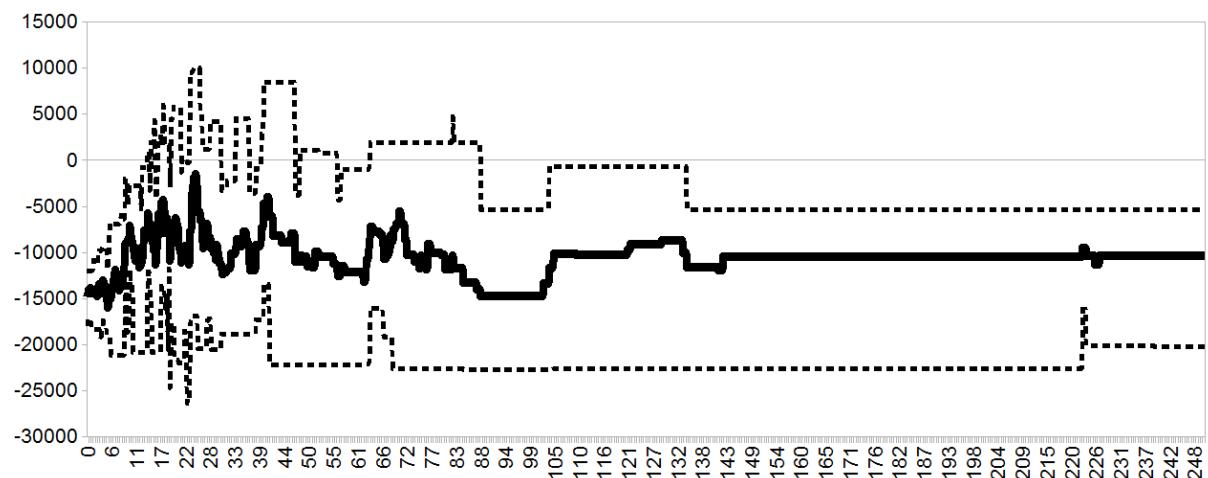
niemal wszystkie strategie nie były zyskowe, a powyżej 150 już wszystkie przynosiły straty. Takiej charakterystyki nie można jednak zaobserwować w przypadku zbioru testowego, czyli 2012 roku (patrz rysunek 4).

Dla wybranego zakresu parametru m , czyli dziesięciu wartości od 90 do 99, przeprowadzono serię eksperymentów, w których dla optymalizacji parametru odwrócenia t zastosowano kryterium z dodatkowym czynnikiem regularyzacyjnym w postaci funkcji wykładniczej. Parametr p występujący we wzorze (10) przyjmował wartości od 0 do 250.



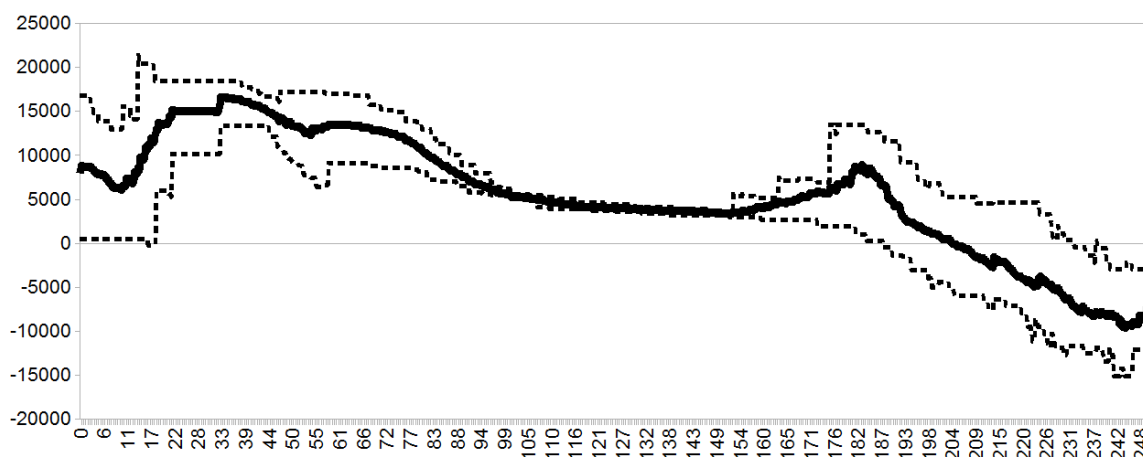
Rys. 5. Skumulowane zyski dla regularizowanej strategii podążających w 2011 roku
Fig. 5. Cumulated gains for regularized trend-following strategies in 2011

Rysunki 5 oraz 6 przedstawiają wykresy podstawowych statystyk opisowych skumulowanych zysków dla opisanych wyżej dziesięciu strategii podążających za trendem w przypadku uwzględnienia czynnika regularyzacyjnego, w zależności od parametru p , którego wartości znajdują się na osi poziomej. Statystykami tymi są średnia (zaznaczona linią pogrubioną) oraz minimum i maksimum (zaznaczone liniami przerywanymi).



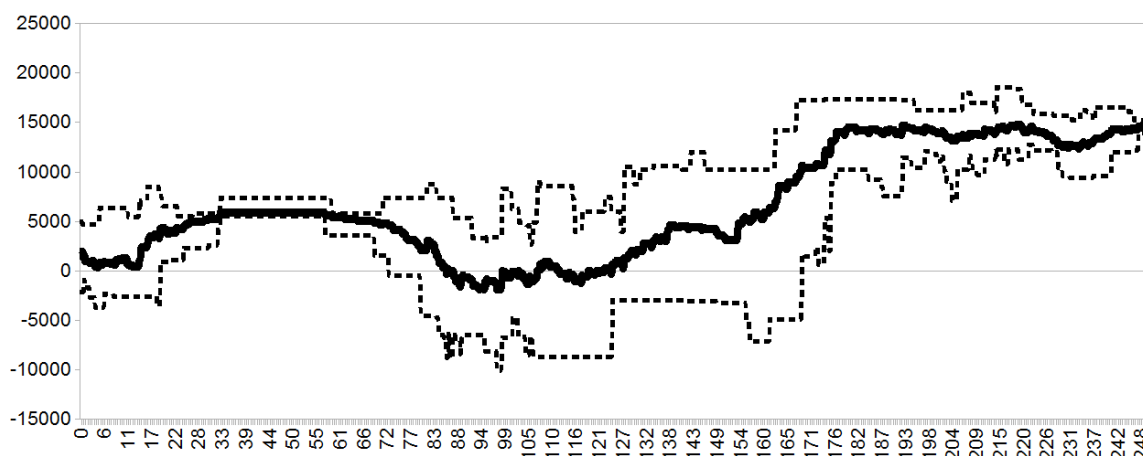
Rys. 6. Skumulowane zyski dla regularizowanej strategii podążających w 2012 roku
Fig. 6. Cumulated gains for regularized trend-following strategies in 2012

Jak można zaobserwować, dodanie czynnika regularyzacyjnego do funkcji kryterialnej nie poprawiło znacząco skuteczności działania tej metody zarówno w przypadku zbioru uczącego, czyli 2011 roku (patrz rysunek 5), jak i w przypadku zbioru testowego, czyli 2012 roku (patrz rysunek 6), w stosunku do strategii oryginalnych (patrz odpowiednio rysunki 1 oraz 3 dla argumentów m z przedziału $[90,99]$).



Rys. 7. Skumulowane zyski dla regularyzowanej strategii antytrendowych w 2011 roku
Fig. 7. Cumulated gains for regularized trend-contrarian strategies in 2011

Rysunki 7 oraz 8 przedstawiają odpowiednio wykresy średnich, minimów oraz maksimum skumulowanych zysków dla strategii antytrendowych dla zbiorów uczącego oraz testowego w przypadku uwzględnienia czynnika regularyzacyjnego. W tym przypadku można było spodziewać się zysków, tak samo jak można było to zaobserwować dla tego typu strategii w wersji bez czynnika regularyzacyjnego. Jak wynika z rysunku 7, w przypadku zbioru uczącego, czyli 2011 roku, dla niemal wszystkich wartości parametru p (poniżej 150) rzeczywiście osiągnęte były zyski. Można dodatkowo stwierdzić poprawę wyników względem strategii nieregularyzowanych (patrz rysunek 2 dla argumentów m z przedziału $[90,99]$).



Rys. 8. Skumulowane zyski dla regularyzowanej strategii antytrendowych w 2012 roku
Fig. 8. Cumulated gains for regularized trend-contrarian strategies in 2012

Jak można zaobserwować na wykresach na rysunku 8, przedstawiającym skumulowane zyski dla regularyzowanej strategii antytrendowej w przypadku zbioru testowego, czyli 2012 roku, najlepsze wyniki są osiągane dla dużych wartości parametru p (powyżej 100), co jest wynikiem niespodziewanym przy uwzględnieniu analogicznych wyników osiągniętych dla zbioru uczącego przedstawionego na rysunku 7.

6. Podsumowanie

W artykule opisano koncepcję operacji na rynkach kapitałowych, w szczególności kontraktu na różnice kursowe, opartą na parametryzowanej rodzinie strategii. Dobór parametrów tych strategii odbywa się na drodze wielopoziomowej optymalizacji, co prowadzi do systemów o strukturze hierarchicznej.

Przedstawiono również empiryczną ocenę proponowanych metod w postaci eksperymentów numerycznych, w których jako dane wejściowe przyjęto notowania kontraktu na różnicę kursową kursu funta brytyjskiego względem dolara amerykańskiego na interwałach tygodniowych. W eksperymentach jako wartość minimalną dla progu odwrócenia pozycji t_L przyjęto 10 punktów, a liczba determinująca rozmiar zbioru danych dla optymalizacji parametru t została tak dobrana, aby odpowiadała zmienności horyzontu czasowego od 1 tygodnia do około 4 lat. Zbiór rekordów podzielono na dwie rozłączne części: zbiór uczący, zawierający dane z 2011 roku, oraz zbiór testowy, zawierający dane z 2012 roku. Badania realizowano oddzielnie dla opisanej koncepcji strategii podążającej za trendem oraz strategii antytrendowej w wersji bez czynnika regularyzacyjnego lub z tym czynnikiem.

W przedstawionych wynikach eksperymentów numerycznych strategia podążania za trendem zarówno w wersji bez czynnika regularyzacyjnego, jak i z tym czynnikiem okazała się nieskuteczna. Natomiast strategia antytrendowa przynosiła pozytywne rezultaty, a uwzględnienie w niej czynnika regularyzacyjnego na ogół jeszcze poprawiało jej skuteczność. Ciekawym rezultatem była obserwacja, że najlepsze wyniki dla tej strategii są osiągane dla wersji z czynnikiem regularyzacyjnym opisywanym parametrem p , który przyjmował duże wartości (powyżej 100), natomiast takie wartości parametru p dla zbioru uczącego dawały dużo gorsze wyniki, a powyżej 150 – już tylko straty. Świadczy to o tym, że kryterium doboru parametrów m oraz p oparte wyłącznie na wynikach zysków osiągniętych na zbiorze uczącym jest niewystarczające. Warto tu rozważyć w przyszłości bardziej zaawansowaną metodę selekcji tych parametrów, bazującą na systemach neuronowo-rozmytych.

Praca wykonywana częściowo w ramach projektu badawczego dofinansowywanego przez Narodowe Centrum Nauki.

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 finansowa. 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.: Systemy neuronowo-rozmyte. WNT, Warszawa 2008.
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), 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), 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), Gliwice 2011, s. 473÷483.
10. Momot A., Momot M.: Adaptacyjne podejście do tworzenia strategii inwestycyjnych na rynkach kapitałowych wraz z zastosowaniem ważonego uśredniania. *Studia Informatica*, Vol. 33, No. 2A (105), Gliwice 2012, s. 593÷604.
11. Fernández-Rodríguez F., González-Martel C., 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.
12. Vince R.: *The Mathematics of Money Management: Risk Analysis Techniques for Traders*. Wiley, Nowy Jork 1992.
13. Weron A., Weron R.: Inżynieria finansowa. Wycena instrumentów pochodnych. Symulacje komputerowe. *Statystyka rynku*. WNT, Warszawa 1998.
14. Zalewski G.: *Kontrakty terminowe w praktyce*. WIG-Press, Warszawa 2006.

Wpłynęło do Redakcji 16 stycznia 2013 r.

Abstract

This paper describes the concept of operations in the capital markets, in particular the contract for differences, based on parameterized family of strategies. The selection of particular strategy is carried out by multi-level optimization, which leads to a system with hierarchical structure.

It also presents an empirical evaluation of the proposed methods in the form of numerical experiments in which the input data was taken as contract for difference exchange rate of the British pound against the U.S. dollar. A collection of records was divided into two separate parts: training set, containing data from 2011 and a test set, which contains data from 2012. The presented results of numerical experiments include trend-following and trend-contrarian strategy, both without and with regularization factor. The results show that the criterion for the selection of the parameters m and p which is based solely on the results of the profit achieved on the training set is not sufficient. It is worth to be considered in the future, more sophisticated method of selecting the parameters based on soft computing methodology.

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.