

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

## ZASTOSOWANIE WARUNKOWYCH ROZKŁADÓW DO OPTIMALIZACJI STRATEGII INWESTYCYJNYCH

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia koncepcję działania na rynkach kontraktów różnic kursowych w postaci parametrycznych zbiorów strategii podążających za trendem oraz antytrendowych. Dobór tych parametrów bazuje na warunkowych rozkładach kursów zamknięcia względem kursów minimalnych i maksymalnych oraz na ich rozkładach brzegowych. Działanie strategii zilustrowano na przykładzie notowań kursu EUR/USD na rynku Forex.

**Słowa kluczowe:** kontrakt terminowy, strategia inwestycyjna, rozkład warunkowy

## APPLICATION OF CONDITIONAL PROBABILITY DISTRIBUTIONS TO OPTIMIZE INVESTMENT STRATEGIES

**Summary.** This paper presents the concept of investment for contract for difference in the form of parametric strategies trend following and contrary. The choice of parameters is based on conditional probability distribution function of closing quotations with respect to extrema. The performance of proposed strategies is illustrated by example of EUR/USD contract.

**Keywords:** future contract, investment strategy, conditional probability distribution

### 1. Wprowadzenie

Różnego typu operacje finansowe stanowią źródło danych, na podstawie których ustala się kursy akcji, walut lub indeksów giełdowych. Dane te są dokładnie rejestrowane i przechowywane w specjalnie do tego celu tworzonych bazach danych, które zawierają dużą liczbę

bę danych zarówno bieżących, jak i historycznych i stanowią podstawę do podejmowania różnorodnych decyzji o skutkach finansowych [8]. Analizę danych związanych z różnymi operacjami finansowymi na ogół zleca się różnego typu programom komputerowych, które mogą służyć nie tylko do wspomagania tworzenia strategii inwestycyjnych, ale również mogą wspierać realizację tych strategii w praktyce [2, 7, 9, 14].

Kryteria dla konstruowanych strategii mogą się różnić, jednak jednym z podstawowych jest kryterium polegające na maksymalizacji zysku. Warto przy tym jednak przypomnieć, że z inwestowaniem wiąże się również ryzyko i przyszłe korzyści mogą, ale nie muszą wystąpić [5]. Zatem ignorowanie innych kryteriów może łatwo doprowadzić do zjawiska nadmiernego dopasowania się do danych uczących (ang. *overfitting*) znanego ze statystycznej teorii uczenia [13]. Wynika to przede wszystkim z faktu, że system projektujący strategię inwestycyjną uczony jest na podstawie danych historycznych, ale stosowany będzie dla nieznanymi danych w przyszłości.

Współcześnie w analizie technicznej często wymiennie stosuje się pojęcia styl inwestycyjny i system inwestycyjny. Jednak są pojęcia różne, chociaż oba nierozdzielnie związane z procesem inwestycyjnym [1]. Inwestorzy stosują się do różnego rodzaju stylów, które można rozumieć jako pewną dyscyplinę w inwestowaniu, a dokładniej jako zbiór parametrów i zasad nierozzerwalnie związanych z każdą transakcją przeprowadzaną przez gracza, które są niezależne od stosowanej strategii lub też systemu inwestycyjnego. System inwestycyjny stanowi natomiast zespół reguł i parametrów opracowanych za pomocą określonych formuł matematycznych na podstawie warunków panujących na rynku. Strategią inwestycyjną można zaś nazwać zespół konkretnych reguł i wzorów zachowania, za pomocą których inwestor podejmuje decyzje dotyczące kupna i sprzedaży na danym rynku [1].

Styl inwestowania określa się uwzględniając między innymi takie czynniki, jak wysokość kapitału, wysokość otwieranych pozycji, zmienność cen instrumentów finansowych, sygnały wejścia na rynek (wyjścia z rynku), poziom awersji do ryzyka, czy też stosowane strategie inwestycyjne. Można przy tym wyróżnić następujące style inwestycyjne [12]:

- inwestowanie w trakcie sesji (ang. *intraday trading*), wykorzystujące dynamiczne fale wzrostowe trwające do 15 minut,
- inwestowanie w ciągu dnia (ang. *daytrading*), obejmujące horyzont czasowy od kilkunastu minut do kilku godzin,
- szybkie inwestowanie (ang. *momentum* lub *velocity trading*), utrzymujące pozycje około połowy dnia inwestycyjnego,
- inwestowanie w ciągu kilku dni (ang. *swing trading*),
- inwestowanie w krótkim okresie (ang. *position trading*), obejmujące horyzont inwestycyjny od 5 dni do 3 miesięcy,

- inwestowanie w średnim okresie (ang. *intermediate – term trading*) – trwające od 3 miesięcy do 12 miesięcy,
- inwestowanie w długim okresie (ang. *long – term investing*) – trwające powyżej 12 miesięcy.

Każdy z inwestorów powinien wybrać własny styl inwestycyjny odpowiedni do jego uwarunkowań psychologicznych i zgodny z osobistymi celami, a następnie określić właściwy system inwestycyjny. Najpopularniejsze systemy zakładają, że wartości instrumentów finansowych poruszają się w silnym trendzie wzrostowym lub spadkowym. Pierwsze tego typu systemy zostały opracowane już na początku XX wieku i opierały się na przecięciu przez cenę średnich ruchomych, a otrzymane w ten sposób wskazania były interpretowane jako sygnały zajęcia kupna lub sprzedaży [6]. Z biegiem czasu i postępem technologii informatycznych wachlarz narzędzi wspomagających decyzje o otwieraniu i zamykaniu pozycji na rynkach poszerzał się, obejmując zarówno wskaźniki (indykatory), będące prostymi przekształceniami szeregów czasowych tworzonych przez kursy instrumentów finansowych, jak i wyniki złożonych obliczeń, bazujących na modelach stochastycznych oraz optymalizacji parametrycznej [10,11,14].

Praca jest ułożona według następującego planu: w sekcji drugiej są przedstawione dwa paradygmaty otwierania i zamykania pozycji przez inwestora zamierzającego zrealizować plan inwestycyjny o horyzoncie czasowym ograniczonym do pojedynczego interwału czasowego. W tej samej sekcji są również zaprezentowane formuły, pozwalające efektywnie realizować i badać na drodze symulacyjnej przebieg tych operacji dla różnych zestawów danych wejściowych. W kolejnej sekcji zaproponowany zostanie model probabilistyczny, będący podstawą empirycznego doboru parametrów, niezbędnych do realizacji strategii we wszystkich przedstawionych wersjach. Następna, czwarta sekcja przedstawia wyniki eksperymentu numerycznego przeprowadzonego dla notowań kontraktu różnic kursowych pary walutowej EUR/USD na rynku Forex [15].

## 2. Parametryczne reguły otwierania i zamykania pozycji

W niniejszej sekcji zostaną przedstawione dwie elementarne strategie otwierania i zamykania pozycji, bazujące na wspólnym założeniu ograniczenia horyzontu czasowego operacji do pojedynczego interwału, o z góry ustalonej długości. Zatem wszelkie dane wejściowe, niezbędne do określenia warunków przeprowadzania transakcji, zamykają się w czwórce kursów, określających notowania *Open*, *High*, *Low*, *Close*, oznaczane dalej literami OHLC. Zaproponowane strategie opierają się, każda z osobna, na pewnych paradygmatach, które – pozostając w swoistej opozycji – zostaną tutaj określone jako „podążanie za trendem” oraz

„w opozycji do trendu”. Natomiast w obu przypadkach elementarne strategie są przedstawione w postaci reguł działania parametryzowanych jedną liczbą rzeczywistą nieujemną, interpretowaną jako poziom oddalenia kursu realizacji operacji względem kursu z początku interwału czasowego (*Open*).

### 2.1. Elementarna strategia antytrendowa

Jedną z koncepcji, na której bazuje wiele strategii inwestowania, jest idea inwestowania w wartość (ang. *value investing*). Opiera się ona na przekonaniu, że najistotniejszym elementem lokaty kapitału jest właściwy dobór przedmiotu inwestycji (akcji, surowców, dóbr użytkowych itp.), charakteryzujących się dużym potencjałem wzrostowym lub równoważnie, których bieżąca cena jest stosunkowo niska w zestawieniu z ich realną wartością, co określa się jako stan niedowartościowania (ang. *undervalued*). Zakup udziałów bądź dóbr, lub równoważnie otwarcie długiej pozycji na odpowiednim kontrakcie terminowym jest chwilą rozpoczęcia oczekiwania na wzrost kursu. Po osiągnięciu satysfakcjonującego inwestora kursu następuje zbycie udziałów (lub odpowiednio zamknięcie pozycji) i uwolnienie zablokowanego kapitału, powiększonego o uzyskany profit. Możliwy jest jednak scenariusz negatywny, kiedy przebieg kursu nie układa się po myśli inwestora, nie osiągając zamierzonego wzrostu. W takich sytuacjach musi on mieć opracowany plan alternatywny, określający kryteria wycofania się z nieudanej inwestycji. Często jest nim zejście kursu poniżej z góry ustalonego poziomu (niższego od poziomu początkowego), po którego osiągnięciu inwestycja jest kończona, zapobiegając powiększaniu się strat (ang. *stop loss*). Możliwe jest też kryterium czasowe, zgodnie z którym po osiągnięciu z góry ustalonego horyzontu czasowego o długości oznaczonej  $T$ , jeśli inwestycja nie przyniosła oczekiwanego zysku, zostaje zakończona, niezależnie od wartości kursu w chwili końcowej. Właśnie taka konstrukcja reguł otwierania i zamykania pozycji jest zaproponowana w niniejszej sekcji.

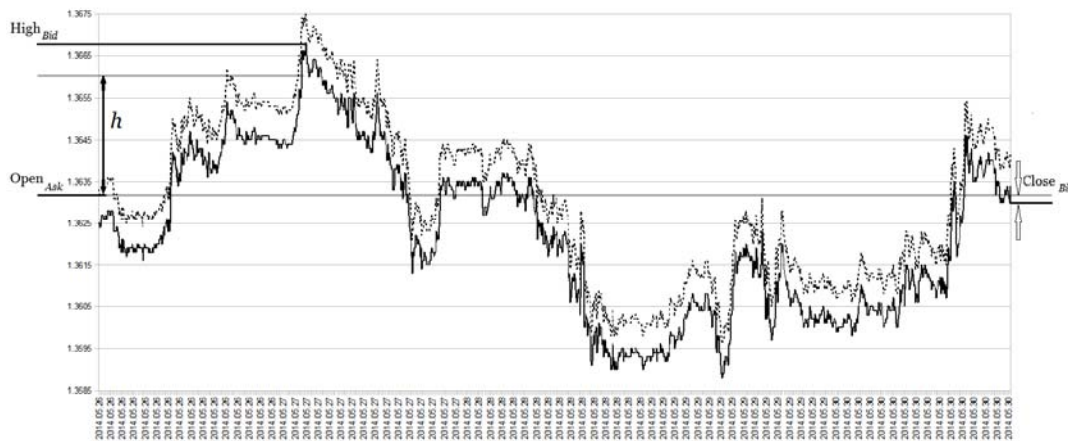
Ponieważ oparta jest ona na założeniu otwierania i zamykania pozycji w obrębie jednego interwału czasowego o z góry ustalonej długości, bazuje ona w całości na kursach opisujących w sposób uproszczony zachowanie przebiegu notowań w tym interwale, czyli OHLC. Każdy z tych kursów występuje w dwóch wersjach: *BID* – oznaczającej kurs kupna (a dokładnie kurs, po którym może zostać otwarta pozycja krótka lub zamknięta pozycja długa) oraz  $ASK = BID + s$  będący kursem sprzedaży (otwarcia pozycji długiej lub zamknięcia krótkiej). Różnica pomiędzy tymi kursami jest nazywana *spreadem* i stanowi w istocie wielkość opłaty, jaką pobiera broker (realizator transakcji) za operacje otwierania i zamykania pozycji.

W przypadku inwestora dokonującego operacji otwarcia pozycji długiej z myślą o wzroście kursu i jej zamknięcia z zyskiem, końcowy wynik transakcji (w rozumieniu liczbowej

różnicy kursów, która dopiero pomnożona przez wolumen operacji daje kwotowe saldo) wyraża się następującym wzorem

$$Z_{C,L}(h) = \begin{cases} h - s & \text{if } H^{BID} \geq O^{BID} + h \\ C^{BID} - O^{ASK} & \text{if } H^{BID} < O^{BID} + h \end{cases} \quad (1)$$

gdzie  $h$  jest liczbą rzeczywistą określającą zamierzony dochód brutto (tzn. bez uwzględnienia pobieranego przez brokera spreadu ani dodatkowych opłat, np. podatków). Rysunek 1 przybliża schematycznie ułożenie kursów, pozwalając zobrazować najistotniejsze wielkości, niezbędne do formalnego wyznaczenia zysku jako funkcji kursów i parametru  $h$ . Zatem, dla ustalonych wartości kursów OHLC przy zadanej wartości parametru  $h$  możliwe jest wyznaczenie (symulacja) zachowania tej strategii.



Rys. 1. Ilustracja schematu strategii „kup i trzymaj”

Fig. 1. Illustration of a “buy and hold” strategy

Należy jednak zauważyć, że powyżej przedstawiona reguła umożliwia jedynie osiągnięcie zysków przy wzrostach kursów. W przypadku wzrostu kursu poniżej ustalonego poziomu  $h$  lub wręcz spadku możliwe jest odnotowywanie strat przez inwestora.

Nietrudno jednak zauważyć, że strategia ta ma swój odpowiednik w postaci niejako lustrzanego odbicia, które można by określić jako „sprzedaj i trzymaj”. Taka symetryczna realizacja jest możliwa w przypadku instrumentów pochodnych, a dokładnie kontraktów terminowych (bądź kontraktów różnic kursowych), gdzie inwestor otwiera pozycję krótką w oczekiwaniu na spadek kursu do poziomu  $h$  względem kursu  $Open$ . Zamknięcie pozycji na tym poziomie kończy transakcję z saldem dodatnim, natomiast w przypadku niespełnienia tego warunku zamknięcie następuje na koniec interwału czasowego, przynosząc inwestorowi stratę (lub ewentualnie zysk, jednak w wielkości niższej od zaplanowanego). Formalny zapis tej reguły przybiera następującą postać, analogiczną do poprzedniej:

$$Z_{C,S}(h) = \begin{cases} h - s & \text{if } L^{BID} \leq O^{BID} - h \\ O^{BID} - C^{ASK} & \text{if } L^{BID} > O^{BID} - h \end{cases} \quad (2)$$

gdzie, jak dla pozycji długiej, liczba  $h$  stanowi jednowymiarowy parametr strategii.

## 2.2. Elementarna strategia podążania za trendem

Przedstawione w poprzedniej podsekcji strategie, jakkolwiek stosujące przeciwne rodzaje pozycji (odpowiednio tylko długą oraz tylko krótką), obie bazowały na wspólnym paradygmacie, który można by jeszcze inaczej określić jako koncepcja powrotu do poziomu równowagi. Oznacza to, że znaczące odchylenie (w górę lub w dół) stanowi okoliczność, w której transakcje przynoszą zysk, natomiast powrót do poziomu zbliżonego do kursu otwarcia jest sytuacją bezpieczną dla inwestora nawet wtedy, gdy nie udało się osiągnąć zamierzonego poziomu zysku. W szczególności oznacza to, że możliwe jest zyskowne (lub z niewielkimi stratami) realizowanie strategii w obu wersjach (z pozycją długą i krótką). W bieżącej podsekcji zostanie przedstawiona koncepcja skrajnie przeciwna, oparta na paradygmacie kontynuacji trendu. Przyjmuje ona założenie, że znaczący ruch kursu (w górę lub w dół) stanowi początek długo- lub średnioterminowego trendu, zatem stanowi przesłankę do zajęcia pozycji zgodnej ze zwrotem wektora tego ruchu.

Formalne ujęcie tego podejścia, podobnie jak w poprzednim przypadku, owocuje dwiema komplementarnymi regułami, z których pierwszą, operującą na pozycji długiej, można ująć następującym wzorem:

$$Z_{F,L}(h) = \begin{cases} C^{BID} - (O^{ASK} + h) & \text{if } H^{ASK} \geq O^{ASK} + h \\ 0 & \text{if } H^{ASK} < O^{ASK} + h \end{cases} \quad (3)$$

gdzie, podobnie jak poprzednio, skalarny parametr  $h$  determinuje dystans kursu realizacji transakcji względem kursu początkowego (*Open*). W tym przypadku, jak nietrudno zauważyć, inwestor oczekuje na wzrost kursu do ustalonego poziomu progowego, na którym następuje otwarcie pozycji, która następnie jest już bezwarunkowo zamykana na koniec interwału po kursie *Close*. W szczególności oznacza to, że – w odróżnieniu od poprzedniej pary strategii – będą występować interwały czasowe, w których inwestor pozostawał od początku do końca poza rynkiem, nie zajmując pozycji.

Alternatywna, symetryczna wersja tej strategii dla pozycji krótkiej wygląda następująco:

$$Z_{F,S}(h) = \begin{cases} (O^{BID} - h) - C^{ASK} & \text{if } L^{BID} \leq O^{BID} - h \\ 0 & \text{if } L^{BID} > O^{BID} - h \end{cases} \quad (4)$$

przy analogicznej, jak w trzech poprzednich przypadkach, konwencji oznaczeń.

We wszystkich przedstawionych powyżej przypadkach strategii działania określone są w postaci parametrycznych reguł, zatem do ich praktycznego zastosowania wymagane jest zadanie wartości parametru  $h$ , decydującego o odległości realizacji otwarcia (lub zamknięcia) pozycji względem kursu *Open*. W dalszej części pracy zostaną przedstawione rozważania,

prowadzące do konstruktywnej metody doboru tego parametru na drodze empirycznej – estymacji parametrów rozkładów kursów.

### 3. Propozycja doboru parametrów działania strategii

W obecnej sekcji zostanie przeanalizowana sytuacja, kiedy inwestor znajdując się w początku interwału czasowego stoi przed koniecznością ustalenia wartości  $h$ , określającej w każdym z czterech wariantów, operacje finansowe dokonywane w obrębie całego interwału. Innymi słowy, dalszy przebieg scenariusza jest już zdeterminowany przez układ czterech wartości kursów OHLC. Jak zresztą nietrudno zauważyć analizując postać formuł (1)–(4), wartości kursów *High*, *Low*, *Close* występują zawsze relatywnie do kursu *Open*. Pozwala to, po wprowadzeniu zamiany zmiennych, stosować powyższe formuły w postaci zawierającej jedynie wartości  $\tilde{H} = High - Open$ ,  $\tilde{L} = Open - Low$ ,  $\tilde{C} = Close - Open$ , które wraz ze znaną i ustaloną wysokością spreadu, oznaczanego symbolem  $s$ , umożliwiają uchwycenie zależności i informacji potrzebnych do konstruktywnego doboru parametru  $h$ .

#### 3.1. Probabilistyczny model informacyjny

W dalszej części pracy proponowany jest model informacji oparty na podejściu probabilistycznym. Zakłada się, że w początkowej chwili interwału czasowego jest znana kompletna informacja probabilistyczna na temat zachowania kursów w jego obrębie. Ujęte jest to w postaci rozkładów zarówno brzegowych, jak i łącznych, wielkości  $\tilde{H}$ ,  $\tilde{L}$ ,  $\tilde{C}$ , traktowanych jako zmienne losowe. Nietrudno zauważyć, że rozkłady pierwszych dwu są rozkładami o nośnikach nieujemnych, natomiast rozsądnie jest przyjąć, że zmienna  $\tilde{C}$  przyjmuje wartości z całego zbioru liczb rzeczywistych. Ponadto, proponowany jest postulat, aby podstawowym kryterium stosowanym przez inwestora była maksymalizacja oczekiwanego zysku z operacji, co sprowadza się do wyznaczania jego wartości oczekiwanej jako funkcji parametru  $h$ , a następnie próba jego optymalizacji, czyli rozwiązania zagadnienia:

$$h_{opt} = \arg \max_{h>0} E(Z(h)). \quad (5)$$

Proste operacje probabilistyczne w przypadku strategii antytrendowej pozwalają zapisać wyrażenie dla wartości oczekiwanej zysku w następującej postaci, która w wersji operującej na pozycji długiej (czyli nastawionej na wzrost kursu) opiera się na następujących prawdopodobieństwach i warunkowej wartości oczekiwanej:

$$\begin{aligned}
E_{C,L}(Z(h)) &= h \cdot \Pr\{\tilde{H} \geq h\} + E(\tilde{C} | \tilde{H} < h) \cdot \Pr\{\tilde{H} < h\} - s = \\
&= h \cdot (1 - F_{\tilde{H}}(h)) + E(\tilde{C} | \tilde{H} < h) \cdot F_{\tilde{H}}(h) - s,
\end{aligned} \tag{6}$$

gdzie  $F_{\tilde{H}}(\cdot)$  oznacza dystrybuantę rozkładu zmiennej losowej kursu maksymalnego względnego otwarcia. Analogiczną postać przybiera wyrażenie dla symetrycznej strategii oczekującej spadku kursu:

$$\begin{aligned}
E_{C,S}(Z(h)) &= h \cdot \Pr\{\tilde{L} \geq h\} + E(-\tilde{C} | \tilde{L} < h) \cdot \Pr\{\tilde{L} < h\} - s = \\
&= h \cdot (1 - F_{\tilde{L}}(h)) + E(-\tilde{C} | \tilde{L} < h) \cdot F_{\tilde{L}}(h) - s.
\end{aligned} \tag{7}$$

Natomiast w przypadku strategii podążającej za trendem odpowiednie wzory otrzymują dwie kolejne symetryczne postacie – dla pozycji długiej:

$$\begin{aligned}
E_{F,L}(Z(h)) &= E((\tilde{C} - h - s) | \tilde{H} \geq h) \cdot \Pr\{\tilde{H} \geq h\} = \\
&= E(\tilde{C} | \tilde{H} \geq h) \cdot (1 - F_{\tilde{H}}(h)) - (h + s) \cdot (1 - F_{\tilde{H}}(h)),
\end{aligned} \tag{8}$$

oraz w przypadku pozycji krótkiej:

$$\begin{aligned}
E_{F,S}(Z(h)) &= E((- \tilde{C} - h - s) | \tilde{L} \geq h) \cdot \Pr\{\tilde{L} \geq h\} = \\
&= E(-\tilde{C} | \tilde{L} \geq h) \cdot (1 - F_{\tilde{L}}(h)) - (h + s) \cdot (1 - F_{\tilde{L}}(h)).
\end{aligned} \tag{9}$$

### 3.2. Statystyczny model decyzyjny – empiryczne podejście do doboru parametrów

Przedstawione w poprzedniej podsekcji kryteria doboru parametru reguły działania opierają się na wspólnym założeniu, że znana jest pełna informacja probabilistyczna w postaci wielowymiarowych rozkładów kursów OHLC. W praktyce inwestorskiej, informacja ta jest zwykle pozyskiwana na drodze estymacji rozkładów brzegowych i warunkowych wartości oczekiwanych [4]. Prowadzi to do dystrybuanty empirycznej i próbkowej wartości oczekiwanej [3]. Przy tym próba rozwiązania zagadnienia optymalizacyjnego sformułowanego wzorem (5) prowadzi do numerycznej maksymalizacji wyrażeń opisywanych wzorami (6) – (9). Ze względu na nieciągłość dystrybuanty empirycznej do rozwiązania tego zagadnienia nie można użyć metod opartych na pochodnych. W obliczu tych trudności proponowane jest tutaj podejście alternatywne, polegające na ustaleniu parametru  $h$  jako liniowej funkcji próbkowego kwantyla odpowiedniego kursu ekstremalnego (relatywnie wobec kursu otwarcia): maksymalnego, czyli  $\tilde{H}$  w przypadku strategii operujących na pozycji długiej oraz  $\tilde{L}$  dla pozycji krótkiej. W takim przypadku konieczne jest z kolei określenie rzędu kwantyla, który – oznaczany dalej symbolem  $\alpha$  – staje się pierwszym parametrem metody, oraz współczynnika skali  $c$ , przez który należy ów kwantyl przemnożyć w celu uzyskania stosownej wartości parametru  $h$ .



Zastosowanie proponowanej metody prowadzi do konstruktywnej strategii, w której wejściowe dane w postaci ciągu rekordów OHLC, po przekształceniu do konwencji  $[\tilde{H}, \tilde{L}, \tilde{C}]$  oznaczane dalej jako ciąg  $I_n = [\tilde{H}_n, \tilde{L}_n, \tilde{C}_n]$ , służą do wyznaczenia próbkowych kwantyli (czyli wartości uogólnionej funkcji odwrotnej do dystrybuanty empirycznej) rzędu  $\alpha$  symbolizowanych oznaczeniami:

$$q_{\tilde{H}}^{(n,K)}(\alpha) = \left(\tilde{F}_{\tilde{H}}^{(n,K)}\right)^{-1}(\alpha) \quad (10)$$

w przypadku kursu maksymalnego oraz

$$q_{\tilde{L}}^{(n,K)}(\alpha) = \left(\tilde{F}_{\tilde{L}}^{(n,K)}\right)^{-1}(\alpha) \quad (11)$$

dla kursu minimalnego. W obu przypadkach  $n$  oznacza indeks bieżącego rekordu OHLC, natomiast  $K$  oznacza rozmiar próby do wyznaczenia kwantyla, czyli wartości indeksów rozciągają się na zakres  $(n - K, \dots, n - 1)$ . Umożliwia to już efektywne badanie zachowania strategii przez wyznaczanie próbkowych wartości charakteryzujących ich zyskowość i ryzyko, np. odpowiednio próbkowej średniej wartości zysku oraz próbkowego odchylenia standardowego. Przyjmując wartość parametru  $h$  za liniową funkcję kwantyla, zysk w  $n$ -tym interwale czasowym dla np. strategii antytrendowej operującej na pozycji długiej oznaczać można jako

$$Z_{C,L}^{(n,K)}(\alpha, c) = Z\left(c \cdot q_{\tilde{H}}^{(n,K)}(\alpha)\right), \quad (12)$$

natomiast symbolami  $Z_{C,S}^{(n,K)}(\alpha, c)$ ,  $Z_{F,L}^{(n,K)}(\alpha, c)$ ,  $Z_{F,S}^{(n,K)}(\alpha, c)$  odpowiednio dla pozostałych wariantów strategii, analogicznie do konwencji stosowanej w formułach (6) – (9). Dla potrzeb empirycznej oceny skuteczności strategii proponuje się wyznaczenie dla kolejnych  $M$  interwałów czasowych próbkową średnią i odchylenie standardowe oznaczane dla strategii antytrendowej i pozycji długiej symbolami:

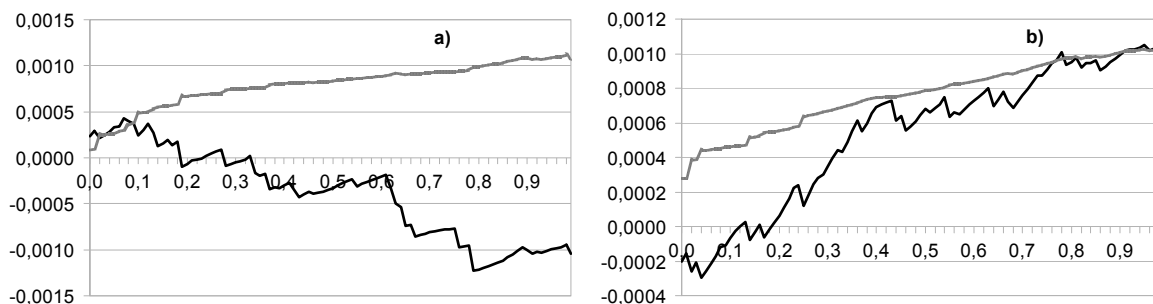
$$\begin{aligned} \hat{\mu}_{C,L}^{(n,K,M)}(\alpha, c) &= \frac{1}{M} \sum_{j=n-M+1}^n Z_{C,L}^{(j,K)}(\alpha, c) \\ \hat{\sigma}_{C,L}^{(n,K,M)}(\alpha, c) &= \left( \frac{1}{M-1} \sum_{j=n-M+1}^n \left( Z_{C,L}^{(j,K)}(\alpha, c) - \hat{\mu}_{C,L}^{(n,K,M)}(\alpha, c) \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \end{aligned} \quad (13)$$

oraz analogicznie dla pozostałych wersji.

#### 4. Rezultaty działania strategii dla kontraktów różnic kursowych

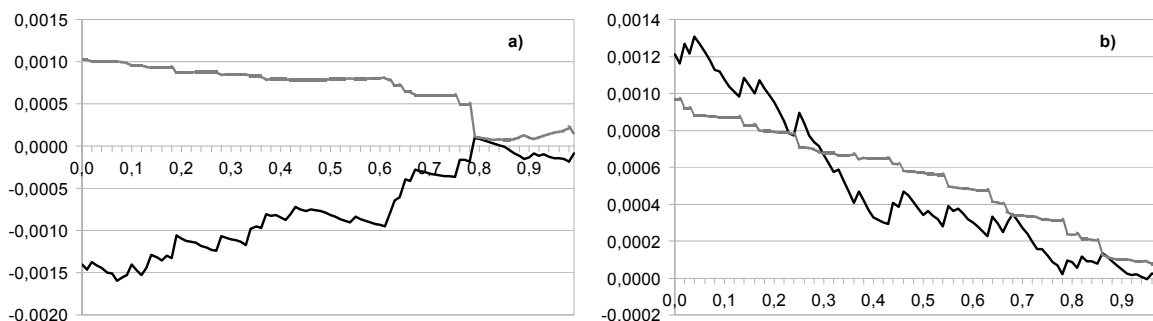
Bieżąca sekcja przedstawia empiryczne charakterystyki – średnie i odchylenia standardowe zysków osiągniętych przez proponowane strategie dla notowań kontraktów różnic kursowych EUR/USD. Do oceny działania strategii wybrano zakres 50 interwałów tygodnio-

wych, w przybliżeniu odpowiadających okresowi od stycznia do grudnia 2014 roku. W każdym z zaproponowanych wariantów strategii estymacja kwantyli próbkowych odbywała się na podstawie  $K = 50$  interwałów, a liczba interwałów, dla których wyznaczono charakterystyki, wynosiła  $M = 50$ . Wygenerowano operacje odpowiadające działaniu każdej z wersji zaproponowanych strategii, przyjmując rzędy kwantyli zmieniające się od 0 do 1 z krokiem 0.01, a współczynnik skali ustalono jako  $c = 1$ .



Rys. 2. Charakterystyki zysku i ryzyka strategii antytrendowej dla pozycji: a) długiej i b) krótkiej  
Fig. 2. Profit and risk characteristics for anti-trend strategy in: a) Long and b) Short version

W każdym z czterech wariantów strategii dla 50 rekordów OHLC i odpowiadających im wartości zysków w interwałach czasowych wyznaczono próbkowe średnie i odchylenia standardowe, które zostały zilustrowane na wykresach (patrz rys. 2 i 3), przedstawiających ich wartości jako funkcje rzędu kwantyla  $\alpha$ .



Rys. 3. Charakterystyki zysku i ryzyka strategii podążającej za trendem dla pozycji: a) długiej i b) krótkiej  
Fig. 3. Profit and risk characteristics for trend-following strategy in: a) Long and b) Short version

Tak skonstruowane wykresy stanowią pierwsze podejście pozwalające ocenić, dla jakich zakresów wartości parametru  $\alpha$  przy ustalonej wartości parametru  $c$  strategia wykazuje zyskowość. Analiza takich wykresów, które dla kolejnych wariantów strategii przedstawione zostały odpowiednio na rysunkach 2 oraz 3, daje ogólne wyobrażenie (w formie empirycznej oceny) o relacjach zysku do ryzyka poszczególnych strategii w funkcji parametrów. Ciągłe linie przedstawiają wartości zysku, natomiast linie przerywane reprezentują ryzyko, manifestowane przez odchylenie standardowe. Nietrudno zauważyć, że możliwe i wskazane jest opracowywanie analogicznych wykresów przedstawiających podobne relacje w funkcji parametru skali  $c$ .

Przedstawiona koncepcja realizowania transakcji na rynkach terminowych (w czterech wariantach) bazuje na empirycznej ocenie rozkładu zysków i strat wynikających z zastosowania parametrycznych reguł działania. Wyznaczenie charakterystyk w graficznej formie jest podstawą do wyszukiwania zakresów parametrów, dla których strategia okaże się najsukcesywniejsza. Zarazem odnajdowanie pewnych prawidłowości na wykresach charakterystyk (na przykład w postaci powtarzalnych wzorców układów graficznych) może być przesłanką dla ich powtarzalności i zarazem narzędziem poszukiwania reguł doboru parametrów, których wykresy wykazują się tego typu regularnościami. Stanowi to punkt wyjścia do konstrukcji metod i algorytmów operowania na instrumentach finansowych, które oparte są na parametrycznych regułach decyzyjnych i inteligentnych mechanizmach optymalizacji ich parametrów.

## BIBLIOGRAFIA

1. Borowski K.: Wzajemne relacje stylu inwestycyjnego i systemu transakcyjnego. *Studia i Prace Kolegium Zarządzania i Finansów / Szkoła Główna Handlowa*, Vol. 85, Warszawa 2007, s. 58÷74.
2. Brigham E. F.: *Podstawy zarządzania finansami*. PWE, Warszawa 2005.
3. Gajek L., Kałuszka M.: *Wnioskowanie statystyczne. Modele i metody*. WNT, Warszawa 2000.
4. Hall P., Wolff R. C. L., Yao Q.: Methods for estimating a conditional distribution function. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 94, s. 154÷163.
5. Jajuga K., Jajuga T.: *Inwestycje: instrumenty finansowe, ryzyko finansowe, inżynieria finansowa*. PWN, Warszawa 1996.
6. Krutsinger J.: *Systemy transakcyjne. Sekrety mistrzów*. WIG-Press, Warszawa 1998.
7. LeBeau C., Lucas D. W.: *Komputerowa analiza rynków terminowych*. WIG-Press Warszawa 1998.
8. 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.
9. 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.

10. Momot A., Momot M.: Perspektywy zastosowań metod statystycznych w konstrukcji strategii działania na rynkach kapitałowych – wykorzystanie systemów hierarchicznych oraz regularyzacji. *Studia Informatica*, Vol. 34, No. 2A(111), Gliwice 2013, s. 263÷274.
11. Neely C. J., Weller P. A.: Intraday Technical Trading in the Foreign Exchange Market. *Journal of International Money and Finance*, Vol. 22, No. 2, 2003, s. 223÷237.
12. Stokes M.: What's Your Trading Style. *Technical Analysis of Stock & Commodities*, Vol. 25, 2007, s. 58÷61.
13. Vapnik V. N.: *The nature of statistical learning theory*. Springer, New York 1995.
14. Weron A., Weron R.: *Inżynieria finansowa. Wycena instrumentów pochodnych. Symulacje komputerowe. Statystyka rynku*. WNT, Warszawa 1998.
15. Zalewski G.: *Kontrakty terminowe w praktyce*. WIG-Press, Warszawa 2006.

### **Abstract**

This paper presents the concept of investment for contract for difference in form of parametric strategies. Two alternative strategies are proposed, based on contradictory paradigms: trend following and contrary. The choice of parameters is based on conditional probability distribution function of closing quotations with respect to extrema. The authors proposed using sample quantile as input parameter (threshold activating opening or closing the position). The performance of proposed strategies is illustrated by example of EUR/USD contract. The characteristics of sample mean profits and standard deviations were calculated as functions of parameters of proposed method.

### **Adresy**

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

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