

Antoni Wiliński, Aneta Bera, Katarzyna Buda,  
Piotr Błaszyński, Łukasz Brzosko, Kamil  
Knyszyński, Wojciech Nowicki, Tomasz Nyczaj,  
Artur Pietrzyk, Anton Smoliński, Michał  
Zabłocki

# Algorithmic Trading - simple strategies on multiple markets

Work done within the project TEWI financed from

the Innovative Economy Programme in years 2012-2013

– Meaning of simple strategy rules –

December 21, 2013

Springer



---

## Contents

---

### Part I Traditional approach based on indicators

---

<b>1</b>	<b>Technical analysis indicators</b>	3
1.1	ROC — Rate Of Change indicator	3
1.2	ATR — Average True Range	7
1.3	OBV — On Balance Volume	10
1.4	Stochastic Fast	13
1.5	Pivot Point	17
1.6	MACD — Moving Average Covergence Divergence	21
1.7	Stochastic Slow	23
1.8	Mass Index	28

---

### Part II Research of simple strategies

---

<b>2</b>	<b>Research of simple rules strategies in EURUSD market</b>	35
2.1	Introduction	35
2.2	Strategy characteristics	36
2.3	The test results	40
2.4	Conclusions	45
<b>3</b>	<b>Meaning of simple rules strategies on multiple markets</b>	47
3.1	Introduction	47
3.2	Strategy characteristics	48
3.3	The test results	52
3.4	Conclusions	57
	<b>References</b>	59



**Traditional approach based on indicators**



## Technical analysis indicators

W poniższym rozdziale zaprezentowane zostaną wskaźniki analizy technicznej oraz ich zastosowanie do handlu na wybranych parach walutowych, indeksach giełdowych i kontraktach terminowych.

### 1.1 ROC — Rate Of Change indicator

Rate Of Change is an indicator which measures the percentage change between the latest price and closing price of  $k$  periods before. The method of calculating the value of the ROC, for a given point in time, represent formulas 1.1 and 1.2.

$$ROC(now) = \frac{\text{Current close price} - \text{Close price } k \text{ periods before}}{\text{Close price } k \text{ periods before}} \quad (1.1)$$

$$ROC(i) = \frac{C(i, 4) - C(i - k, 4)}{C(i - k, 4)} \quad (1.2)$$

The basic properties of the ROC curve are:

- it shows how the observed market price during the period changed,
- when the oscillator value is below zero, then the current price is higher than one from  $k$ -candles ago; analogically, when the oscillator is above zero, it means that the current price is lower than the price from  $k$ -candles ago,
- increasing indicator line shows that the differences between the current prices and ones from  $k$ -time ago are increasing, decreasing says, that this differences decrease,
- if the stock prices rise it can be expected that the oscillator line will behave in the same way; if the prices decrease the oscillator line should decrease.

The most important property of the described indicator, used while implementing the strategy, is that it indicates the moments in which transactions should be made. When the value of the indicator crosses the zero level from below, it is assumed that this is a good time to buy, if it crosses the zero level from above, this is the good time to sale. This is shown in Figure 1.1.

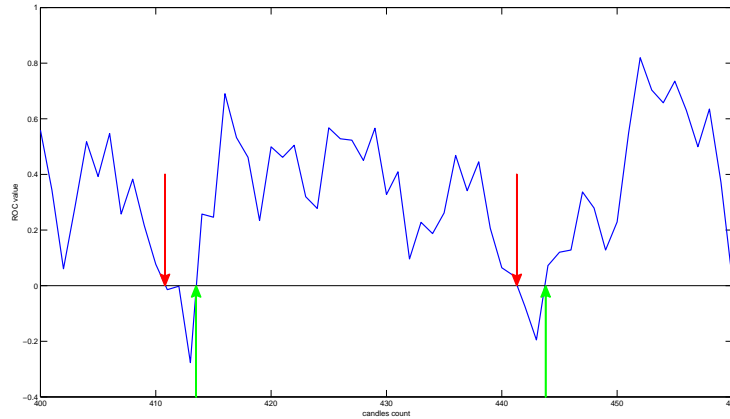


Fig. 1.1: Part of the sample ROC curve with buying signals — green arrows — and selling signals — red arrows

The following listing shows the strategy implemented in MATLAB.

```

1 pocz = k+2;
2 kon = size(C,1)-1;
3 iL = 0; % exceeding 0 to top - buy(L)
4 iS = 0; % exceeding 0 to bottom - sell(S)
5 sumR = zeros(1,size(C,1));
6 R = zeros(1,size(C,1));
7 ROC_vec = zeros(1,kon-k+1);
8 ROC_vec(pocz-1) = ((C(pocz-1,4) - C(pocz-1-k,4))/C(pocz-1-k,4))*100;
9
10 recordReturn = 0; % record profit
11 recordDrawdown = 0; % record drawdown
12 LastPos = 0; % variable used to store the value of the opening of the last
    position
13
14 for i=pocz:kon
15     ROC_vec(i) = ((C(i,4) - C(i-k,4))/C(i-k,4))*100; % calculating the ROC
        curve
16     if ROC_vec(i)*ROC_vec(i-1)<=0 % the intersection of the ROC curve with
        zero
17         if ROC_vec(i-1)<ROC_vec(i) % a condition of purchase
18             if iL+iS>0
19                 R(i) = -C(i+1,4)+LastPos-spread; % closing S
20             end
21             LastPos = C(i+1,1); % open L
22             iL = iL + 1;
23         elseif ROC_vec(i-1)>ROC_vec(i) % a condition of sale
24             if iL+iS>0
25                 R(i) = C(i+1,4)-LastPos-spread; % closing L
26             end
27             LastPos = C(i+1,1); % open S
28             iS = iS + 1;
29         end
30     end
31     sumR(i) = sum(R(pocz:i));
32     if sumR(i)>recordReturn
33         recordReturn=sumR(i);

```



```

34     end
35
36     if sumR(i)-recordReturn<recordDrawdown
37         recordDrawdown=sumR(i)-recordReturn;
38     end
39
40 end
41
42 Calmar=-sumR(kon)/recordDrawdown;
43 profit = sumR(kon);
44
45 end

```

Based on collected information on the *ROC* ratio a simple investment strategy, based on the rule: if the *ROC* line intersects the zero level from below, it opens a long position (*L*) and closed a short position (*S*) which has been previously opened, was created. When *ROC* line intersects zero level from above it will open a short position and close a long one. Tests were carried out on *EURJPY* currency pair (time series shown in Figure 1.2).

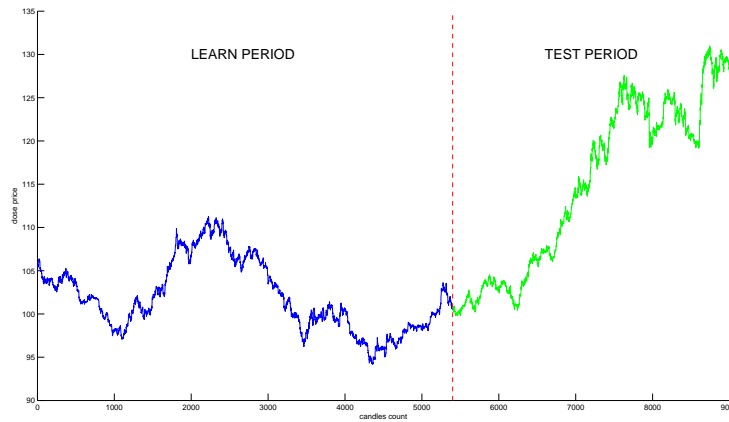


Fig. 1.2: Studied time series with the division into the learn and test part

The entire data set (candles) is divided into two parts: the learn (60% of the total) and test (40% of the total). During studies an optimal value for  $k$  on a period of learning was searched, then verified obtained results for the test period. Selecting the optimal value of the parameter  $k$  was determined in two ways:

- the resulting final profit,
- Calmar ratio.

## I The results of maximizing the profit.

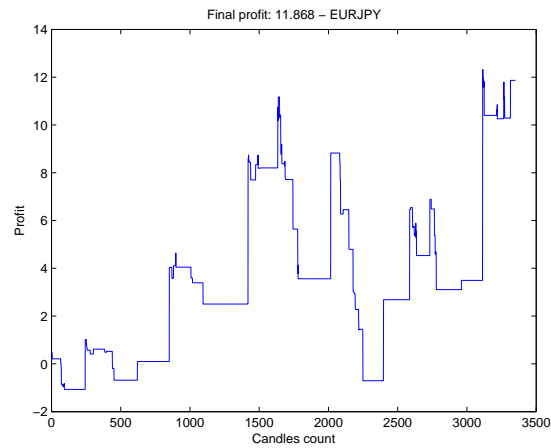


Fig. 1.3: Cumulative return for the test period of EURJPY while maximizing the profit

### LEARN PERIOD

The length of the cycle: 89

Cumulative return: 16.81

Calmar ratio: 2.66

The number of opened long positions: 100

The number of opened short positions: 100

### TEST PERIOD

The length of the cycle: 89

Cumulative return: 11.87

Calmar ratio: 1.00

The number of opened long positions: 61

The number of opened short positions: 61

## II The results of maximizing the Calmar ratio.

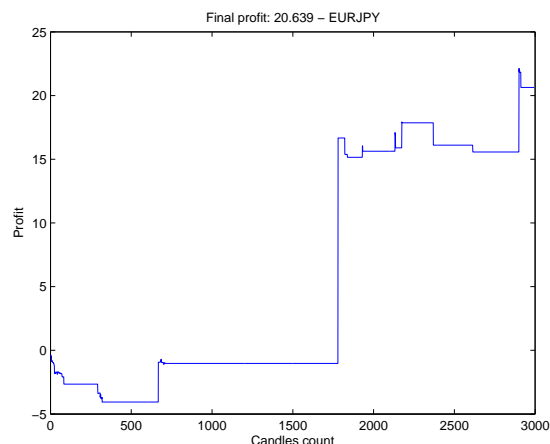


Fig. 1.4: Cumulative return for the test period of EURJPY while maximizing the Calmar ratio

#### LEARN PERIOD

The length of the cycle: 230

Cumulative return: 12.82

Calmar ratio: 3.83

The number of opened long positions: 52

The number of opened short positions: 51

#### TEST PERIOD

The length of the cycle: 230

Cumulative return: 20.64

Calmar ratio: 5.08

The number of opened long positions: 28

The number of opened short positions: 29

## 1.2 ATR — Average True Range

Average True Range - średni zakres zmian. Jest to wskaźnik obliczający zmienność cen w ujęciu bezwzględny. Wykorzystywany jest do wychwycenia zmienności kursu. Wskaźnik ATR oblicza się jako średnią z rzeczywistego zakresu zmian (TR - True Range), który jest największą wartością z następujących trzech wielkości : odległością pomiędzy poprzednią ceną zamknięcia (Close) a dzisiejszym minimum (Low), odległością pomiędzy dzisiejszym maksimum (High) a poprzednią ceną zamknięcia (Close), odległością pomiędzy dzisiejszym maksimum (High) i minimum (Low). Wskaźnik jest używany do przewidywania lokalnych szczytów i dołków - jego wartość jest często wysoka i osiąga szczyt przed lokalnym minimum lub

maksimum kursu . Także wysoka wartość wskaźnika podczas gwałtownego spadku lub wzrostu może zapowiadać dłuższą zmianę trendu. Niskie wartości wskaźnika potwierdzają trend horyzontalny.  
Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną strategię w MATLAB-ie.

```

1
2
3 %Dane:
4 tStart=tic;
5 cSizes = size(C);
6 candlesCount = cSizes(1);
7 kon=candlesCount-1;
8 sumRa=zeros(1,candlesCount);
9 Ra=zeros(1,candlesCount);
10 pocz=50;
11 la=0; %liczba otwieranych pozycji
12 lastCandle = kon-16;
13 recordReturn=0; %rekord zysku
14 recordDrawdown=0; %rekord obsuniecie
15 pic1 = false;
16 obv=C(pocz-1,5)
17 for i=pocz:lastCandle
18
19
20
21
22         if(C(i,4)>C(i-1,4))
23             obv_tab(i)=obv+C(i,5);
24             obv=obv_tab(i);
25         end
26         if(C(i,4)<C(i-1,4))
27             obv_tab(i)=obv-C(i,5);
28             obv=obv_tab(i);
29         end
30
31     end
32
33     for i=100:lastCandle
34         obv_max(i)=max([obv_tab(i-14) obv_tab(i-13) obv_tab(i-12) obv_tab(i-11) obv_tab
35             (i-10) obv_tab(i-9) obv_tab(i-8) obv_tab(i-7) obv_tab(i-6) obv_tab(i-5)
36                 obv_tab(i-4) obv_tab(i-3) obv_tab(i-2) obv_tab(i-1)]);
37     end
38     for i=100:lastCandle
39
40
41         if (obv_tab(i)>obv_max(i))
42             Ra(i)=C(i+1,4)-C(i+1,1)-spread; %zysk z i-tej pozycji long
43                 zamykanej na zamknięciu po paramADuration kroku
44
45             la=la+1;
46         end
47         sumRa(i)=sumRa(i-1) + Ra(i); %krzywa narastania kapitału
48
49         if sumRa(i)>recordReturn
50             recordReturn=sumRa(i);
51         end
52
53         if sumRa(i)-recordReturn<recordDrawdown
54             recordDrawdown=sumRa(i)-recordReturn; %obsuniecie maksymalne
55         end
56     end
57
58     sumReturn=sumRa(lastCandle);

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika *ATR* utworzono prostą strategię inwestycyjną bazującą na regule: Obliczono średnią *ATR* z 14 okresów i porównywano ją z wartością bezwzględną z różnicy pomiędzy ceną otwarcia z aktualnej świecy, a ceną zamknięcia z poprzedzającej ceny. Jeżeli średnia była większa od wartości bezwzględnej to zawierano transakcję kupna. Badania zostały przeprowadzone na parze walutowej *EURCZK* (szereg czasowy przedstawiony na rysunku 1.13).



Fig. 1.5: Badany szereg czasowy

W przeprowadzonych badaniach przyjęto optymalną wartość parametru okresów do obliczenia wskaźnika  $ATR = 14$ , następnie weryfikowano otrzymane wyniki na okresie testowym.

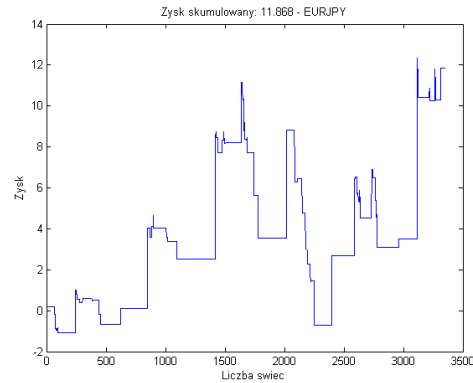
**I Wyniki badań .**

Fig. 1.6: Zysk skumulowany EURCZK na okresie testowym dla pozycji długich.

Zysk skumulowany	18.4184
Calmar	2.3641
liczba otwartych pozycji	8777

**1.3 OBV — On Balance Volume**

On Balance Volume - równowaga wolumenu. Jest to wskaźnik opierający się na wolumenie. Sesjom wzrostowym towarzyszy wzrost wolumenu, natomiast sesjom spadkowym spadek. Zmniejszanie obrotów przy wysokim poziomie ceny instrumentu jest często interpretowane jako sygnał zmiany kierunku i zbliżających się sesjach spadkowych, a w przypadku spadków instrumentu i spadków obrotu, może to być sygnał, że jest to lokalny dołek i nastąpi zwrot ku górze. Istota wskaźnika polega na dodawaniu wolumenu przy sesjach wzrostowych wolumenu, a odejmowaniu wolumenu przy sesjach spadkowych. OBV jest liczone według następujących reguł : C większa od ceny C [-1] to  $OBV = OBV [-1] + V$ , Jeżeli C mniejsza od C [-1] to  $OBV = OBV [-1] - V$ , Jeżeli C równa się C [-1] to  $OBV = OBV [-1]$ . Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną strategię w MATLAB-ie.

```

1
2 %Dane :
```

```

3  tStart=tic;
4
5  cSizes = size(C);
6  candlesCount = cSizes(1);
7  kon=candlesCount-1;
8
9  sumRa=zeros(1,candlesCount);
10 Ra=zeros(1,candlesCount);
11 pocz=50;
12 la=0; %liczba otwieranych pozycji
13 lastCandle = kon-16;
14 recordReturn=0; %rekord zysku
15 recordDrawdown=0; %rekord obsuniecie
16 pic1 = false;
17 obv=C(pocz-1,5)
18 for i=pocz:lastCandle
19
20
21
22
23     if(C(i,4)>C(i-1,4))
24         obv_tab(i)=obv+C(i,5);
25         obv=obv_tab(i);
26     end
27     if(C(i,4)<C(i-1,4))
28         obv_tab(i)=obv-C(i,5);
29         obv=obv_tab(i);
30     end
31
32
33 end
34
35 for i=100:lastCandle
36     obv_max(i)=max([obv_tab(i-14) obv_tab(i-13) obv_tab(i-12) obv_tab(i-11) obv_tab
37         (i-10) obv_tab(i-9) obv_tab(i-8) obv_tab(i-7) obv_tab(i-6) obv_tab(i-5)
38         obv_tab(i-4) obv_tab(i-3) obv_tab(i-2) obv_tab(i-1)]);
39
40
41 end
42
43 for i=100:lastCandle
44
45     if (obv_tab(i)>obv_max(i))
46         Ra(i)=C(i+1,4)-C(i+1,1)-spread; %zysk z i-tej pozycji long
47         zamykanej na zamknięciu po paramADuration kroku
48
49         la=la+1;
50     end
51     sumRa(i)=sumRa(i-1) + Ra(i); %krzywa narastania kapitału
52     if sumRa(i)>recordReturn
53         recordReturn=sumRa(i);
54     end
55
56     if sumRa(i)-recordReturn<recordDrawdown
57         recordDrawdown=sumRa(i)-recordReturn; %obsuniecie maksymalne
58     end
59 end

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika *OBV* utworzono prostą strategię inwestycyjną bazującą na regule: Obliczono maksymalną wartość *OBV* z 14 okresów i porównywano ją z wartością bieżącą *OBV*. Jeżeli wartość bieżąca *OBV* była większa od wartości maksymalnej z 14 okresów, to zawierano

transakcję kupna. Badania zostały przeprowadzone na parze walutowej *EURCZK* (szereg czasowy przedstawiony na rysunku 1.13).



Fig. 1.7: Badany szereg czasowy

W przeprowadzonych badaniach przyjęto optymalną wartość parametru okresów do obliczenia wskaźnika OBV = 14.



## I Wyniki badań .

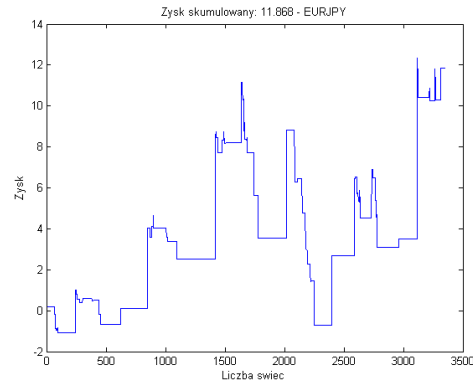


Fig. 1.8: Zysk skumulowany EURCZK na okresie testowym dla pozycji długich.

Zysk skumulowany	7.1888
Calmar	3.2053
liczba otwartych pozycji	1139

## 1.4 Stochastic Fast

Stochastic Fast - wskaźnik stochastyczny szybki, zaproponowany w latach 50-tych przez George C. Lane. Sposób wyliczenia wartości wskaźnika uwzględniając wartości O,H,C,L, polega na wyliczeniu dwóch linii. 1.10 oraz 1.11.

$$ValK = 100 * \left[ \frac{C - Min(L; n)}{max(H; n - min(L; n))} \right] \quad (1.3)$$

$$ValD = EMA(ValK; 3) \quad (1.4)$$

gdzie:

- ValD - jest wygładzoną linią ValK
- n - ilość dni
- EMA - Wykładnicza średnia krocząca (Exponential Moving Average)

Do podstawowych własności wskaźnika należą:

- opokazuje poziom dzisiejszego zamknięcia w stosunku do najniższego oraz najwyższego punktu w badanym okresie
- porusza się w przedziale od 0-100
- obliczamy 2 linie oscylatora ValK i ValD (Value K i Value D) uwzględniając, że ValK jest główną linią oscylatora natomiast ValD jest wygładzoną postacią ValK

Najważniejszą własnością opisywanego wskaźnika, stosowaną przy implementacjach strategii, jest fakt wskazywania momentów w których powinny zostać zawarte transakcje.

- sygnałem kupna jest przecięcie linii ValK ponad ValD
- sygnałem sprzedaży jest przecięcie linii ValK poniżej ValD.

Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną strategię w środowisku MATLAB.

```

1  [a b]=size(C);
2  roz=(60*a)/100;
3  roz=round(roz);
4  paramSectionLearn = C(1:roz,:);
5
6  [m,n]=size(paramSectionLearn);
7
8  O=paramSectionLearn(:,1);
9  L=paramSectionLearn(:,3);
10 H=paramSectionLearn(:,2);
11 C=paramSectionLearn(:,4);
12
13 %Parametry
14 spread=0.00016;
15 bestReturn = -100;
16 bestMa = 0;
17 %Część ucząca
18
19 countCandleLearn=m;
20 lastCandleLearn=0;
21 krok=1;
22 %Część valid
23
24 paramALengthT=0;
25 countCandleTest=m1;
26 lastCandleTest=0;
27 tmp=countCandleLearn-1;
28 ValK=zeros(1, countCandleLearn);
29 paramZakrespocz=0;
30 chwi=1;
31 for paramALengthL=40 %liczba świec wstecz ( do max)
32     chwi=chwi;
33     chwi
34     paramZakrespocz(chwi)=paramALengthL;
35     for i=2:tmp
36         max3=max(H(max(i-paramALengthL, 1):i));
37         min3=min(L(max(i-paramALengthL, 1):i));
38         ValK(i)=100*(C(i)-min3)/(max3-min3);
39     end
40     ValD=ema(ValK,3);
41     sumRa=zeros(1,tmp);
42     Ra=zeros(1,tmp);
43     lastCandleLearn=tmp;
44
45 %-----obliczanie zysków
46     WinReturn=0;

```

```

47     DownReturn=0;
48     CalmarLearn=0;
49     BestCalLearn=0;
50
51     for j=2:lastCandleLearn
52
53         if ValK(j)>ValD(j) && ValK(j-1)<=ValD(j)
54             Ra(j)=C(j+krok)-O(j+1)-spread ;% zysk z j-tej pozycji long
55                 zamykanej na zamknięciu po 1 kroku
56         else if ValK(j)<ValD(j) && ValK(j-1)>=ValD(j)
57             Ra(j)=-C(j+krok)+O(j+1)+spread;
58         end
59         end
60         sumRa(j)=sumRa(j-1)+Ra(j); %krzywa narastania kapitału
61
62         if sumRa(j)>WinReturn
63             WinReturn=sumRa(j);
64         end
65
66         DownReturnTmp=sumRa(j)-WinReturn;
67         if DownReturnTmp<DownReturn
68             DownReturn= DownReturnTmp;
69         end
70     end
71     chwi=chwi+1;
72     sumFinal=sumRa(lastCandleLearn);
73     CalmarLearn=- sumFinal/DownReturn;
74
75     if bestReturn < sumFinal
76         bestMa=paramALengthL;
77     end
78 end
79
80 sumFinal=sumRa(lastCandleLearn);
81 CalmarLearn=-sumFinal/DownReturn;

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika Stochastic Fast, stworzono powyższy program uwzględniając pozycje sprzedaży i kupna przy określonych przecięciach. Badania przeprowadzono na rynku usdjpy.

- sygnałem kupna jest przecięcie linii ValK ponad ValD
- sygnałem sprzedaży jest przecięcie linii ValK poniżej ValD.

Podczas badania wskaźnika cały zbiór danych (świec) podzielony został na dwie części: uczącą (60% całości) oraz testową (40% całości). W przeprowadzonych badaniach poszukiwano optymalnej wartości parametru  $k$  na okresie uczącym, następnie weryfikowano otrzymane wyniki na okresie testowym. Wybór optymalnej wartości parametru (dla czystego wskaźnika Ma) polegał na wyszukaniu najlepszego zysku.

**Wyniki badań przy maksymalizacji po zysku.**

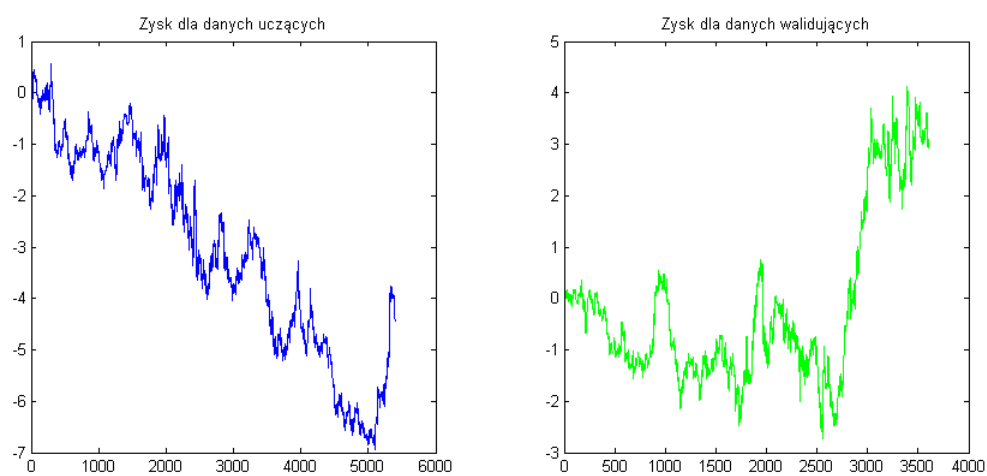


Fig. 1.9: Zysk

**Wycinek ValK i ValD**

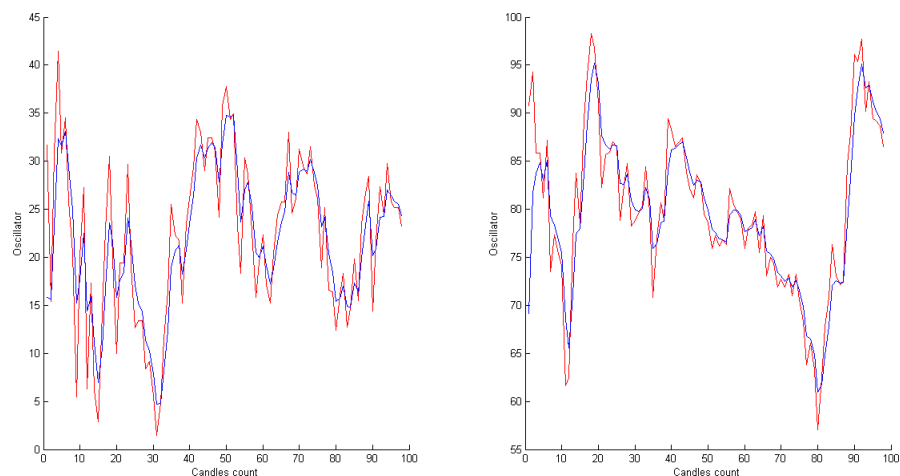


Fig. 1.10: ValD - kolor niebieski, ValK - kolor czerwony

## 1.5 Pivot Point

Pivot Point - Jest to matematyczna formuła wyznaczania poziomów wsparcia i oporu weryfikując maksima oraz minima występujące w danym okresie. Jest to wzór określający potencjalny zasięg ruchu notowań w danej jednostce czasu. Opiera się na obliczeniu danych za pomocą następujących wzorów: 1, 2, 3, 4 oraz 5.

$$P(\text{Pivotpoint}) = \frac{(H + L + C)}{3} \quad (1.5)$$

$$R1(\text{Pierwszyopr}) = 2 * P - L \quad (1.6)$$

$$S1(\text{Pierwszewsparcie}) = 2P - H \quad (1.7)$$

$$R2(\text{Drugiopr}) = P + (R1 - S1) \quad (1.8)$$

$$S2(\text{Drugiewsparcie}) = P - (R1 - S1) \quad (1.9)$$

Do podstawowych własności wskaźnika należą:

- służą do wyznaczania punktów wsparcia i oporu na rynkach
- określenie punktu zawarcia transakcji poprzez odpowiednie przecięcia linii
- ustalenie poziomu oporu branego pod uwagę (pierwszy lub drugi)

Najważniejszą własnością opisywanego wskaźnika, stosowaną przy implementacjach strategii, jest fakt wskazywania momentów w których powinny zostać zawarte transakcje. W wypadku Pivot Point należy określić punkt zawarcia transakcji. Na potrzeby programu trzymano się strategii gdzie:

- sygnałem kupna jest przecięcie linii R1

- sygnałem sprzedaży jest przecięcie linii S1

Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną strategię w środowisku MATLAB.

```

1 paramSectionLearn = C(1:5400,:);
2 paramSectionTest = C(5401:end,:);
3
4 [m,n]=size(paramSectionLearn);
5
6 O=paramSectionLearn(:,1);
7 L=paramSectionLearn(:,3);
8 H=paramSectionLearn(:,2);
9 C=paramSectionLearn(:,4);
10
11 %Parametry
12 pip = 0.01; % wielkosc pipsa na danym rynku
13 spread = 1.8 * pip; % spread dla rynku
14 % pip =1; % wielkosc pipsa na danym rynku
15
16 bestReturn = -100;
17 bestMa = 0;
18 %Część ucząca
19
20 countCandleLearn=m;
21 lastCandleLearn=0;
22 krok=1;
23 %Część valid
24
25 paramALengthT=0;
26 countCandleTest=m1;
27 lastCandleTest=0;
28 chwi=1;
29 tmp=countCandleLearn-1;
30
31 P = (H + L + C) / 3;
32 R1 = 2*P - L;
33 S1 = 2*P - H;
34
35 sumRa=zeros(1,tmp);
36 Ra=zeros(1,tmp);
37 lastCandleLearn=tmp;
38
39 WinReturn=0;
40 DownReturn=0;
41 CalmarLearn=0;
42 BestCalLearn=0;
43 for paramALengthL=10:100 %liczba świec wstecz ( do max)
44     chwi=chwi;
45
46     paramZakrespocz(chwi)=paramALengthL;
47
48     %-----obliczanie zysków
49
50     for j=2:lastCandleLearn
51
52         if R1(j)>C(j) && R1(j)<=C(j-1)
53             Ra(j)=C(j+krok)-O(j+1)-spread;% zysk z j-tej pozycji long
54             %zamykanej na zamknięciu po 1 kroku
55         else if S1(j)<C(j) && S1(j)>=C(j-1)
56             Ra(j)=-C(j+krok)+O(j+1)+spread ;
57         end
58     end
59
60     sumRa(j)=sumRa(j-1)+Ra(j); %krzywa narastania kapitału
61

```

```

62         if sumRa(j)>WinReturn
63             WinReturn=sumRa(j);
64         end
65
66         DownReturnTmp=sumRa(j)-WinReturn;
67         if DownReturnTmp<DownReturn
68             DownReturn= DownReturnTmp;
69         end
70
71     end
72     chwi=chwi+1;
73     sumFinal=sumRa(lastCandleLearn);
74     if bestReturn < sumFinal
75         bestMa=paramALengthL;
76     end
77 end
78
79 CalmarLearn=-sumFinal/DownReturn;

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika Pivot Point, stworzono powyższy program uwzględniając pozycje sprzedaży i kupna przy określonych przecięciach. Badania przeprowadzono na rynku usdjpy.

- sygnałem kupna jest przecięcie linii R1
- sygnałem sprzedaży jest przecięcie linii S1

Podczas badania wskaźnika cały zbiór danych (świec) podzielony został na dwie części: uczącą (60% całości) oraz testową (40% całości). W przeprowadzonych badaniach poszukiwano optymalnej wartości parametru  $k$  na okresie uczącym, następnie weryfikowano otrzymane wyniki na okresie testowym. Wybór optymalnej wartości parametru (dla czystego wskaźnika Ma) polegał na wyszukaniu najlepszego zysku.

**Wyniki badań przy maksymalizacji po zysku.**

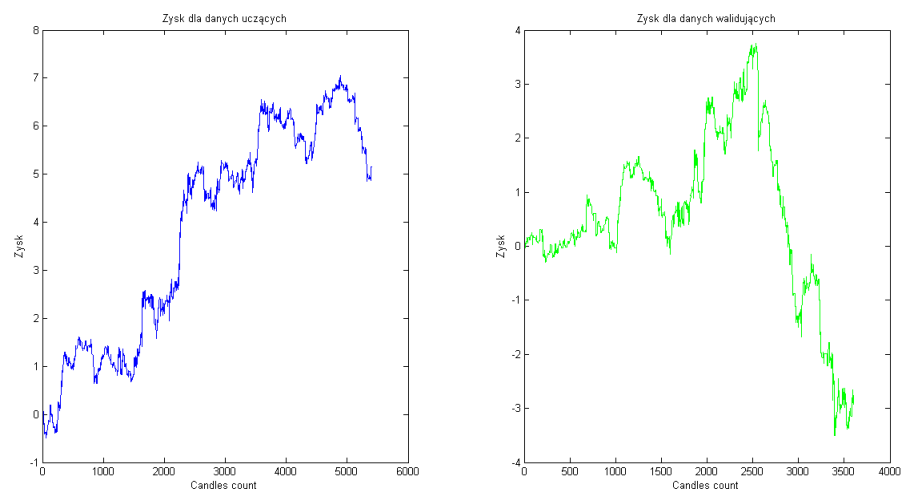


Fig. 1.11: Zysk

### Wycinek R1 i S1

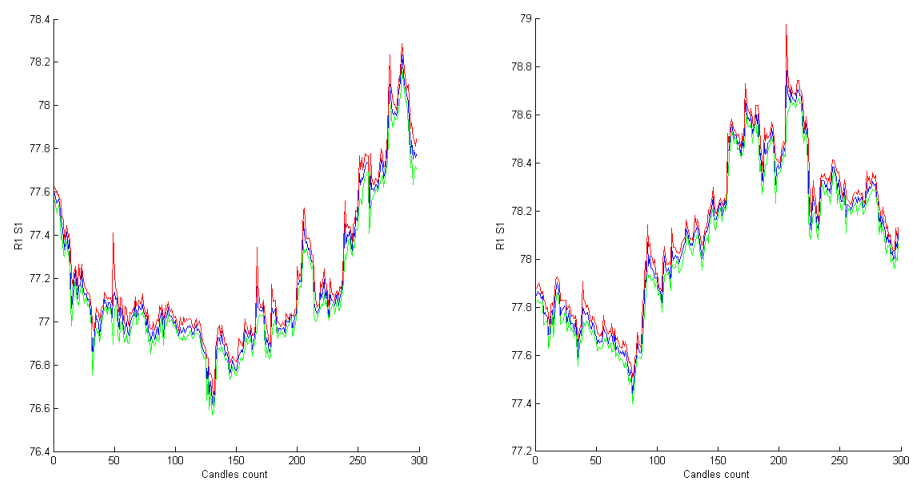


Fig. 1.12: Trend rynku - kolor niebieskim, R1 - kolor czerwony oraz S1 - kolor zielony



## 1.6 MACD — Moving Average Coverage Divergence

Average True Range - średni zakres zmian. Jest to wskaźnik obliczający zmienność cen w ujęciu bezwzględny. Wykorzystywany jest do wychwycenia zmienności kursu. Wskaźnik ATR oblicza się jako średnią z rzeczywistego zakresu zmian (TR - True Range), który jest największą wartością z następujących trzech wielkości: odległością pomiędzy poprzednią ceną zamknięcia (Close) a dzisiejszym minimum (Low), odległością pomiędzy dzisiejszym maksimum (High) a poprzednią ceną zamknięcia (Close), odległością pomiędzy dzisiejszym maksimum (High) i minimum (Low). Wskaźnik jest używany do przewidywania lokalnych szczytów i dołków - jego wartość jest często wysoka i osiąga szczyt przed lokalnym minimum lub maksimum kursu. Także wysoka wartość wskaźnika podczas gwałtownego spadku lub wzrostu może zapowiadać dłuższą zmianę trendu. Niskie wartości wskaźnika potwierdzają trend horyzontalny.

Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną strategię w MATLAB-ie.

```

1
2
3 %Dane:
4 tStart=tic;
5 cSizes = size(C);
6 candlesCount = cSizes(1);
7 kon=candlesCount-1;
8 sumRa=zeros(1,candlesCount);
9 Ra=zeros(1,candlesCount);
10 pocz=50;
11 la=0; %liczba otwieranych pozycji
12 lastCandle = kon-16;
13 recordReturn=0; %rekord zysku
14 recordDrawdown=0; %rekord obsuniecie
15 pic1 = false;
16 obv=C(pocz-1,5)
17 for i=pocz:lastCandle
18
19
20
21
22         if(C(i,4)>C(i-1,4))
23             obv_tab(i)=obv+C(i,5);
24             obv=obv_tab(i);
25         end
26         if(C(i,4)<C(i-1,4))
27             obv_tab(i)=obv-C(i,5);
28             obv=obv_tab(i);
29         end
30
31
32     end
33
34     for i=100:lastCandle
35         obv_max(i)=max([obv_tab(i-14) obv_tab(i-13) obv_tab(i-12) obv_tab(i-11) obv_tab
36             (i-10) obv_tab(i-9) obv_tab(i-8) obv_tab(i-7) obv_tab(i-6) obv_tab(i-5)
37             obv_tab(i-4) obv_tab(i-3) obv_tab(i-2) obv_tab(i-1)]];
38     end
39     for i=100:lastCandle
40
41         if (obv_tab(i)>obv_max(i))
42             Ra(i)=C(i+1,4)-C(i+1,1)-spread; %zysk z i-tej pozycji long
43             zamykanej na zamknięciu po paramADuration kroku

```

```

43         la=la+1;
44     end
45     sumRa(i)=sumRa(i-1) + Ra(i); %krzywa narastania kapitału
46     if sumRa(i)>recordReturn
47         recordReturn=sumRa(i);
48     end
49     if sumRa(i)-recordReturn<recordDrawdown
50         recordDrawdown=sumRa(i)-recordReturn; %obsuniecie maksymalne
51     end
52 end
53 sumReturn=sumRa(lastCandle);

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika *ATR* utworzono prostą strategię inwestycyjną bazującą na regule: Obliczono średnią *ATR* z 14 okresów i porównywano ją z wartością bezwzględną z różnicy pomiędzy ceną otwarcia z aktualnej świecy, a ceną zamknięcia z poprzedzającej ceny. Jeżeli średnia była większa od wartości bezwzględnej to zawierano transakcję kupna. Badania zostały przeprowadzone na parze walutowej *EURCZK* (szereg czasowy przedstawiony na rysunku 1.13).



Fig. 1.13: Badany szereg czasowy

W przeprowadzonych badaniach przyjęto optymalną wartość parametru okresów do obliczenia wskaźnika  $ATR = 14$ , następnie weryfikowano otrzymane wyniki na okresie testowym.

## I Wyniki badań .

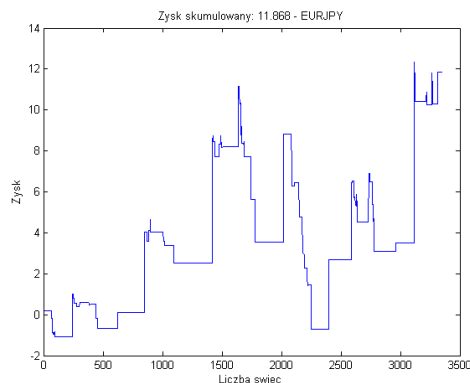


Fig. 1.14: Zysk skumulowany EURCZK na okresie testowym dla pozycji długich.

Zysk skumulowany	18.4184
Calmar	2.3641
liczba otwartych pozycji	8777

## 1.7 Stochastic Slow

Stochastic Slow jest wolniejszą wersją podstawowego oscylatora stochastycznego. Składa się z dwóch linii oscylacyjnych: głównej linii oscylatora tzw. %K oraz pomocniczej wygładzonej postaci tej linii tzw. %D. Obie linie osiągają wartości z przedziału 0 - 100. Sposób wyliczenia kolejnych wartości obu linii dla danego punktu w czasie przedstawiają wzory 1.10 oraz 1.11.

$$\%K = \left[ \frac{\sum_{j=0}^2 (C_j - \min(L_j, n))}{\sum_{j=0}^2 (\max(H_j, n) - \min(L_j, n))} \right] \quad (1.10)$$

$$\%D = SMA(\%K, 3) \quad (1.11)$$

Dodatkowo mogą być poszukiwane dywergencje względem wykresu cenowego. Możliwe jest też poszukiwanie tzw. odwróconych dywergencji. W tej wersji wskaźnik może być używany jako miernik wykupienia / wyprzedania rynku. Wadą wskaźnika

jest to, że w mocnych ruchach trendowych skrajne stany rynku mogą być sygnalizowane przedwcześnie. Przy interpretacji wskaźnika najważniejszy jednak jest fakt, że wskazuje on momenty w których mogą być zawierane transakcje. Podstawowa zasada zakłada przyjęcie jako sygnału kupna sytuację gdy występują przecięcia linii %D przez linię %K od dołu. Natomiast, gdy linia %D jest przecinana przez linię %K od góry, to przyjmuje się taką sytuację za sygnał sprzedaży. Zostało to przedstawione na rysunku 1.15.

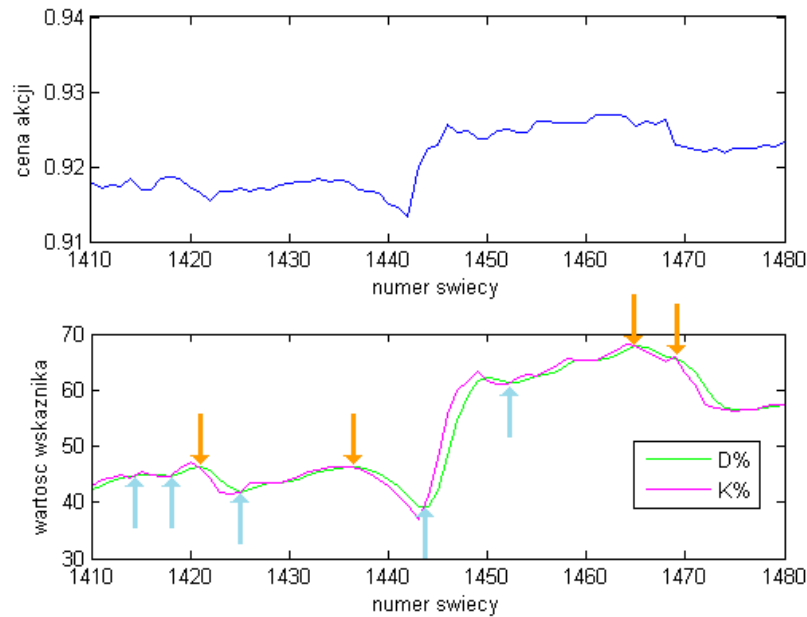


Fig. 1.15: Fragment przebiegu kursu akcji (górny wykres) oraz odpowiadające jemu linie %K i %D wraz z sygnałami kupna — błękitne strzałki oraz sygnałami sprzedaży — pomarańczowe strzałki (dolny wykres)

Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną w środowisku MATLAB strategię wykorzystującą opisywany wskaźnik.

```

1 maxes=zeros(candlesCount,1);
2 mins=zeros(candlesCount,1);
3 K=zeros(candlesCount,1);
4 D=zeros(candlesCount,1);
5 kon=candlesCount-1;
6 for i=4:kon
7     maxes(i) = max(verificationC(i-min(i-1,paramMLength):i-1,2));
8     mins(i) = min(verificationC(i-min(i-1,paramMLength):i-1,3));
9     K(i) = 100 * (sum(verificationC(i-min(i-1,3):i-1,4)-mins(i-min(i-1,2):i)) /
10         sum(maxes(i-min(i-1,2):i)-mins(i-min(i-1,2):i)));
11     D(i) = sum(K(i-min(i-1,2):i)) / min(i-1,3);

```

```

11 end
12
13 sumR=zeros(1,candlesCount);
14 R=zeros(1,candlesCount);
15 pocz=max(paramMALength, 10)+3;
16 iL=0; %liczba otwieranych pozycji kupna
17 iS=0; %liczba otwieranych pozycji sprzedarzy
18 lastCandle = kon-paramMALength;
19 recordReturn=0; %rekord zysku
20 recordDrawdown=0; %rekord obsuniecie
21 LastPos = 0; % zmienna do prz echowywa nia warto ś ci na otwarciu ostatniej
   pozycji
22 for i=pocz:lastCandle
23
24     if K(i-1) < D(i-1) && K(i) >= D(i) % warunek kupna
25         R(i)= - C(i+1,4)+LastPos-spread; % zamknięcie S
26         LastPos = C(i+1,1); % otwarcie L
27         iL=iL+1;
28     elseif K(i-1) > D(i-1) && K(i) <= D(i) % warunek sprzedaż y
29         R(i)=C(i+1,4)-LastPos-spread; % zamknięcie L
30         LastPos = C(i+1,1); % otwarcie S
31         iS=iS+1;
32     end
33     sumR(i)= sum(R(pocz:i)); %krzywa narastania kapitału
34
35     if sumR(i)>recordReturn
36         recordReturn=sumR(i);
37     end
38
39     if sumR(i)-recordReturn<recordDrawdown
40         recordDrawdown=sumR(i)-recordReturn; %obsuniecie maksymalne
41     end
42 end
43
44 %wyniki końcowe
45 sumReturn=sumR(lastCandle);
46 Calmar=-sumReturn/recordDrawdown; %wskaznik Calmara

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika *StochasticSlow* utworzono prostą strategię inwestycyjną bazującą na regule: jeśli linia %D jest przecinana przez linię %K od dołu, to otwierana jest pozycja długa (L), a zamykana pozycja krótka (S), która została wcześniej otwarta. Natomiast gdy linia %D jest przecinana przez linię %K od góry, to otwarta zostanie pozycja krótka, a zamknięta długa. Badania zostały przeprowadzone na parze walutowej *CADCHF* (szereg czasowy przedstawiony na rysunku 1.16).

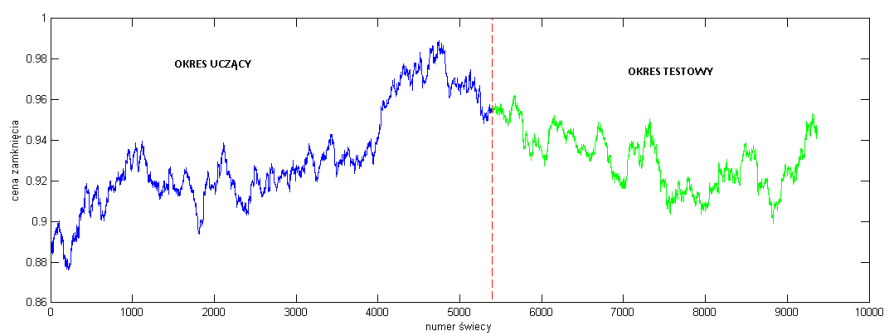


Fig. 1.16: Badany szereg czasowy z podziałem na część uczącą i testową

Cały zbiór danych (świec) podzielony został na dwie części: uczącą (60% całości) oraz testową (40% całości). W przeprowadzonych badaniach poszukiwano optymalnej wartości parametru  $n$  na okresie uczącym, następnie weryfikowano otrzymane wyniki na okresie testowym. Wybór optymalnej wartości parametru  $n$  determinowano na dwa sposoby:

- otrzymanego zysku skumulowanego,
- wskaźnika Calamara.

#### I Wyniki badań przy maksymalizacji po zysku.

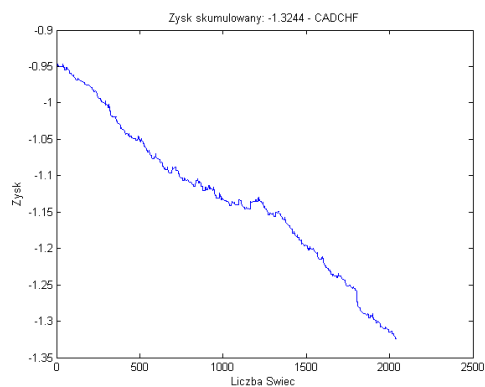


Fig. 1.17: Zysk skumulowany CADCHF na okresie testowym przy maksymalizacji według zysku

OKRES UCZĄCY

Zysk skumulowany: 0.2917  
Calmar: 0.4538  
Liczba otwartych pozycji długich: 400  
Liczba otwartych pozycji krótkich: 405

## OKRES WALIDUJĄCY

Zysk skumulowany: -1.3244  
Calmar: -1  
Liczba otwartych pozycji długich: 244  
Liczba otwartych pozycji krótkich: 245

## II Wyniki badań przy maksymalizacji po wskaźniku Calmara.

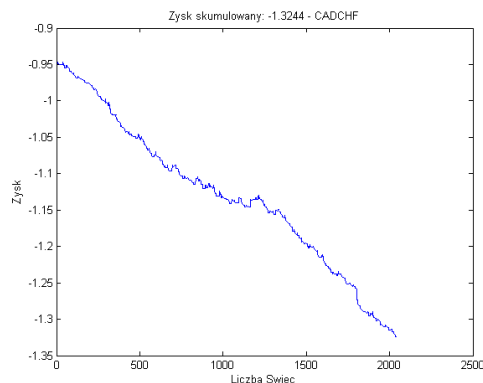


Fig. 1.18: Zysk skumulowany EURJPY na okresie testowym przy maksymalizacji według Calmara

### OKRES UCZĄCY

Zysk skumulowany: 0.2917

Calmar: 0.4538

Liczba otwartych pozycji długich: 400

Liczba otwartych pozycji krótkich: 405

### OKRES WALIDUJĄCY

Zysk skumulowany: -1.3244

Calmar: -1

Liczba otwartych pozycji długich: 244

Liczba otwartych pozycji krótkich: 245

## 1.8 Mass Index

Mass Index wskaźnik jest pomocny w identyfikacji punktów zwrotnych, poprzez mierzenie odległości pomiędzy cenami maksymalnymi a minimalnymi. Według autora zmiana kierunku trendu następuje w momencie zaobserwowania tzw. wybrzuszenia zwrotnego, czyli wejścia wskaźnika ponad poziom 27 i następnie spadku poniżej 26,5. Wskaźnik nie identyfikuje jednak kierunku trendu, ustala jedynie punkt zwrotny. Sposób wyliczenia kolejnych wartości wskaźnika dla danego punktu w czasie przedstawia wzór 1.12.

$$MassIndex = \sum_0^{24} \left[ \frac{EMA(H-L,9)}{EMA(EMA(H-L,9),9)} \right] \quad (1.12)$$



Sama interpretacja wskaźnika nie pozwala na wskazanie momentów w których mogą być zawierane konkretne transakcje (kopno/sprzedarz). W określeniu czy jest to sygnał kupna czy sprzedaży autor zaleca stosowanie 9- dniowej eksponentycznej średniej na wykresie notowań. Dlatego przyjęliśmy zasadę, która zakłada, że po wystąpieniu wybrzuszenia zwrotnego przyjmujemy jako sygnał kupna sytuację gdy wartość ceny zamknięcia przewyższa wartość 9- dniowej eksponentycznej średniej. Natomiast, gdy wartość ceny zamknięcia jest mniejsza od wartości 9- dniowej eksponentycznej średniej, to przyjmuje się taką sytuację za sygnał sprzedaży. Zostało to przedstawione na rysunku 1.19.

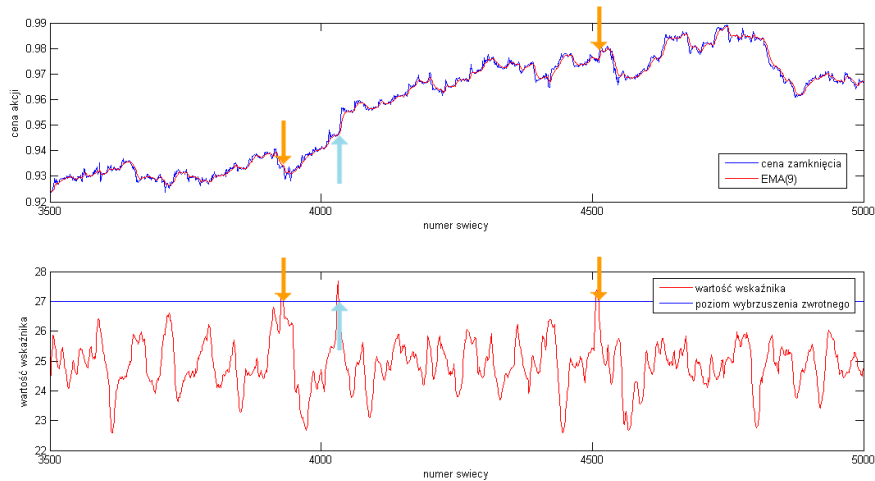


Fig. 1.19: Fragment przebiegu kursu akcji z naniesioną 9- dniową eksponentyczną średnią (górny wykres) oraz odpowiadające jemu wartości wskaźnika indeksu masy wraz z sygnałami kupna — zielone strzałki oraz sygnałami sprzedaży — czerwone strzałki (dolny wykres)

Poniższy listing przedstawia zaimplementowaną w środowisku MATLAB strategię wykorzystującą opisywany wskaźnik.

```

1  bestil = 0;
2  bestiS = 0;
3  HL = C(:,2) - C(:,3); % różnica H - L
4  kon=candlesCount-1;
5  MI = zeros(candlesCount,1);
6  HLaverage = ema(HL,9);
7  EMA2 = HLaverage(9:end) ./ ema(HLaverage(9:end),9);
8  for i = 41:kon-16
9      MI(i) = sum(EMA2(i-24:i));
10 end
11 Caverages = ema(C(:,4),9);
12
13 sumR=zeros(1,candlesCount);
14 R=zeros(1,candlesCount);
15 pocz=50;
```

```

16 iL=0; %liczba otwieranych pozycji kupna
17 iS=0; %liczba otwieranych pozycji sprzedarzy
18 lastCandle = kon-16;
19 recordReturn=0; %rekord zysku
20 recordDrawdown=0; %rekord obsuniecie
21 LastPos = 0;
22 pic1 = false;
23
24 for i=pocz:lastCandle
25
26     if pic1 == false && MI(i) > 27 % warunek wystąpienia wybrzuszenia zwrotnego
27         pic1 = true;
28     end
29     if pic1 == true && MI(i) < 26.5 % warunek zawarcia transakcji
30         if C(i,4) > Caverages(i) % warunek kupna
31             R(i)= -C(i+1,4)-LastPos-spread; % zamknięcie S
32             LastPos = C(i+1,1); % otwarcie L
33             iL=iL+1;
34         elseif C(i,4) < Caverages(i) % warunek sprzedaży
35             R(i)=C(i+1,4)-LastPos-spread; % zamknięcie L
36             LastPos = C(i+1,1); % otwarcie S
37             iS=iS+1;
38         end
39         pic1 = false;
40     end
41     sumR(i)= sum(R(pocz:i)); %krzywa narastania kapitału
42
43     if sumR(i)>recordReturn
44         recordReturn=sumR(i);
45     end
46
47     if sumR(i)-recordReturn<recordDrawdown
48         recordDrawdown=sumR(i)-recordReturn; %obsuniecie maksymalne
49     end
50 end
51
52 %wyniki końcowe
53 sumReturn=sumR(lastCandle);
54 Calmar=-sumReturn/recordDrawdown; %wskaznik Calmara

```

Na podstawie zebranych informacji dotyczących wskaźnika *MassIndex* utworzono prostą strategię inwestycyjną bazującą na regule: jeśli wystąpi wybrzuszenie zwrotne oraz wartość ceny zamknięcia przewyższy wartość 9- dniowej eksponentyjnej średniej, to otwierana jest pozycja długa (*L*), a zamknięta pozycja krótka (*S*), która została wcześniej otwarta. Natomiast, gdy wartość ceny zamknięcia będzie mniejsza od wartości 9- dniowej eksponentyjnej średniej, to otwarta zostanie pozycja krótka (*S*), a zamknięta długa. Badania zostały przeprowadzone na parze walutowej *CADCHF* (szereg czasowy przedstawiony na rysunku 1.16).

Ze względu na to iż wszystkie parametry wzoru są arbitralnie ustawione, to zbiór danych (świec) nie został podzielony na dwie części: uczącą i testującą (40% całości). Na całym zbiorze danych weryfikowano skuteczność strategii.

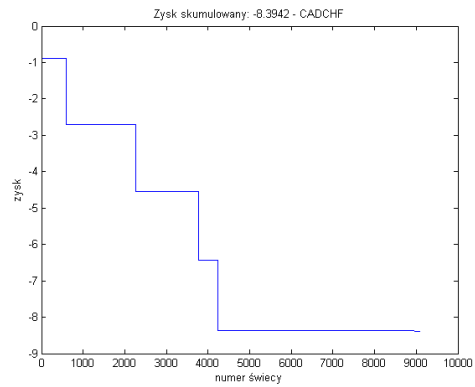
**I Wyniki badań.**

Fig. 1.20: Zysk skumulowany CADCHF na okresie testowym przy maksymalizacji według zysku

**OKRES WALIDUJĄCY**

Zysk skumulowany: -8.3942

Calmar: -1

Liczba otwartych pozycji długich: 5

Liczba otwartych pozycji krótkich: 3



## **Part II**

---

### **Research of simple strategies**



## Research of simple rules strategies in EURUSD market

In article are shown studies of the possibly simplest investment strategy of algo trading. The authors' intention was to prove the thesis that in the greedy algorithmic trading directed to the proper response, not to forecast, there are almost always opportunities to achieve profit. This paper presents the results of tests for over twenty core markets - currency pairs, indices and commodities (eight results included). Introduced the original concept of quadrant of openings on each bar. In principle, the strategy is not relevant investment (studies were conducted without transaction costs), only cognitive in order to develop.

### 2.1 Introduction

For centuries predicting future events was a great challenge for many fields of science [?, ?]. Probably next to the meteorology, most important is the prediction of changes in the financial markets [?, ?, ?]. It's a big still unresolved task that intrigues and motivates the continuing search [?, ?]. Modern computing capabilities allow to change researcher relationship to predictive challenge. If the purpose of this research is to be effective investment, not the successful prediction, research target should be changed. Many scientific papers were devoted to the problem of investment efficiency, also including the best quality papers, as well as work of at least several Nobel Prize winners. Among the many highly sophisticated research methods [?, ?, ?, ?, ?, ?, ?], for years was examined the ability of simple patterns classification in the time series [?, ?, ?, ?, ?]. Trying to take advantage of this simple patterns (classification rules) in investment strategies.

The purpose of this paper is to verify thesis about effectiveness of such simple rules of opening and closing position on trading markets. High frequency open positions algo trading are considered here [?]. The strategy is based on the basic concept - should be as simple as possible, impossible to achieve by human not assisted with machine, should reject the idea of "predictions" of the future and be based on idea of responding to market behaviour. Such strategies are being tested for at least several decades and rather have not good reviews. Most studies cover intersections of

moving averages as premise of classifier opening positions rule or remaining idle. Usually these conditions turn out to be too easy to achieve satisfactory transaction efficiency.

Close terms in such investment strategies are also very simple. They are mostly based on similar terms, resulting from mean values or number of bars that elapsed since opening. Other popular methods of closing such positions are Stop Loss and Take Profit. Similar concept will be considered in this paper. This concept belongs to group of simple rules, extracted from repeated patterns in the time series of financial instruments. Most commonly, these rules include a group or sequence of conditions besides using moving averages also uses differences in average, first derivative, standard deviation (Bollinger Bands) or pivot points. Friesen, Weller i Dunham [?] say that these methods were for many years rather neglected by the academic community, despite frequent, or perhaps because of, use by trade practitioners on the stock exchange. This opinion is not completely correct, because even Eugene Fama, creator of the efficient markets theory [?], admitted later that there is little evidence of simple rules efficiency [?]. Cai and Keasey [?] noted both predictive and investing efficiency of simplest rules based on differences in derivatives averages and levels of price direction changes. Tian, Wan and Guo [?] reported the effectiveness of certain rules for some markets and total unsuitable on other. This opinion has become an inspiration for the authors to consider a number of markets. They distinguish growing and mature markets. A wealth of simple rules ideas is work of Krutsinger [?], collection of interviews with the most prominent modern practices – american market experts. Experts, which Phillip Ball [?] writes, that deserve to be published, because they achieve financial success, so uncommon in academic. It is easy to see that the majority of these excellent traders succeed within a certain period of time, and today the implementation of their methods gives poor results. This contradicts the general philosophy of these practitioners (but not all of them), that there exists mysterious patterns or rules, that are characteristic for specific markets, which provide success.

## 2.2 Strategy characteristics

The essence of the concept is the idea of simultaneous open long and short positions based on various signals, in this case the intersection graph (values of exchange rate and stock index) and average of the last  $m$  closing of this price.

Equally simple is the closing rule of each opened position. It's closed at the close of  $(i + 1)$ -th bar (Fig. 1). Let  $C$  be considering constantly changing prices of value, and  $C_i$  closing price of  $i$ -th OHLC bar (Open, High, Low, Close). Denote  $C_{m_i}$  as average of  $m$  last close

$$C_{m_i} = \frac{C_{i-m} + C_{i-m+1} + \dots + C_i}{m + 1}; \quad m > 0. \quad (2.1)$$

At the moment of  $i$ -th bar closing, value can be compared with the  $C_{m_i}$  average. Depending on the investor's beliefs about the existence of a particular trend are thus four possible decision-making situations:

$$\text{If } C_i > C_{m_i} \text{ long position will be open; } m = m_a; \quad (2.2)$$



$$\text{If } C_i > C_{m_i} \text{ short position will be open; } m = m_b; \quad (2.3)$$

$$\text{If } C_i < C_{m_i} \text{ long position will be open; } m = m_c; \quad (2.4)$$

$$\text{If } C_i < C_{m_i} \text{ short position will be open; } m = m_d. \quad (2.5)$$

Each of these decisions is usually attributed to reasons arising from the conviction of the investor why and what happens in a moment. It should be noted that each of the above decisions is taken basing on average of different number of last close bar prices. Therefore, it can be that the general case in exact moment, right after closing  $i$ -th bar, where decision should be made (short or long position) it could be that even four different levels of the average value calculated for the last  $m$  bars (different for each contractual quadrant). These four situations are shown in Figure 1.

The situation described by a set of investment decisions (2) - (5) can be presented in the form of a contractual quadrant - Figure 1

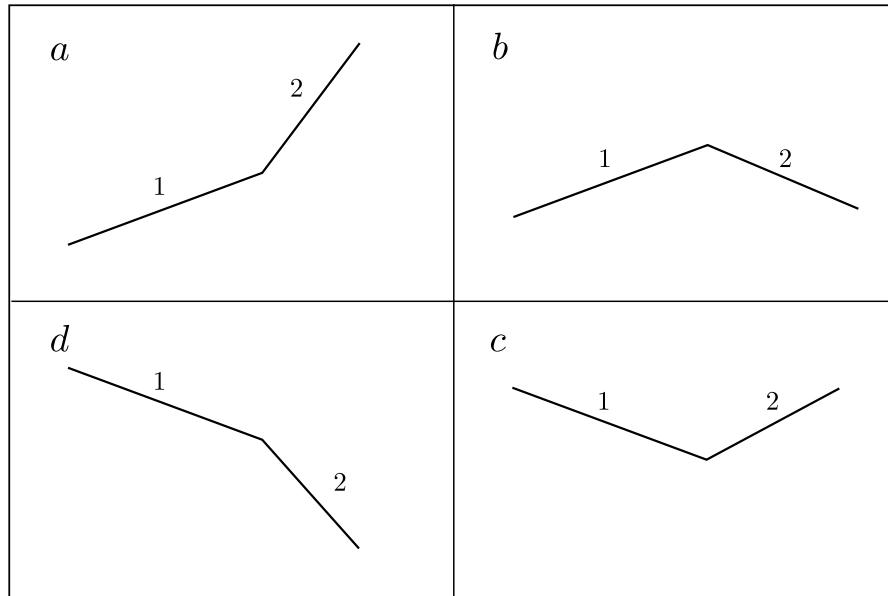


Fig. 2.1: Symbolic quadrant of response (second line) for market movement (first line)

In this quadrant in quarters a) and b) we have situations (2) and (3) - ie, the closing value of the  $i$  bar  $C_i$  is greater than the average of the last  $m$  bars. The first line in those quarters is addressed to top - market is on the rise. In the quarter, a) reaction to the growth of the market is to open a long position (2). The investor behaves as if he was convinced of the existence of a growing trend. In the quarter b) investors react on market growth with opening the short position. The investor behaves as if he predicts horizontal trend.

Conversely in quarters, c) and d) the first movement of the market is declining and investor reaction is recorded appropriately in decisions (4) and (5). In quarter c) investor behaves as if he predicts horizontal trend and opens long position (4) and in quarter d) believing of drawdown trend he opens short position (5).

These situations are both shown in Figure 2

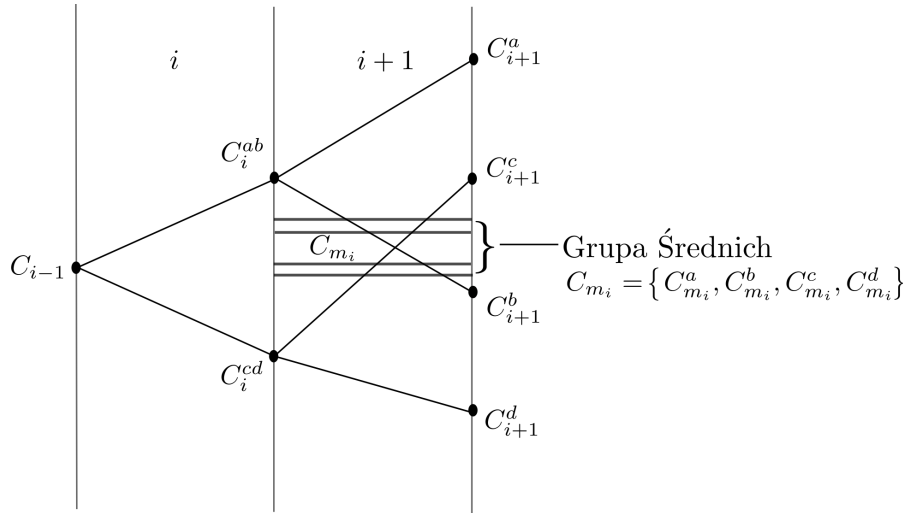


Fig. 2.2: All possible situations for four different moving averages

Figure 2 shows the situation at the close of  $(i - 1)$ -th bar marked as  $C_{i-1}$ . The investor is following the situation in the  $i$ -th bar and at the moment of its close may immediately calculate each of the four average (1). Depending on the direction in which market has changed (upwards or downwards) we are dealing with quarters  $a$  and  $b$  of quadrant (If there is a price growth of the observed asset) or quarters  $c$  and  $d$  if there is a decrease. Because, at the moment of end of the  $i$  bar it can be calculated value of each of the four averages it can also be checked, if some of opening conditions (2)-(5) are passed. These four situations extracted from Figure 2 are shown in Figure 3, where in turn are explained decision-making situations for the four quarters quadrant (Fig. 1)

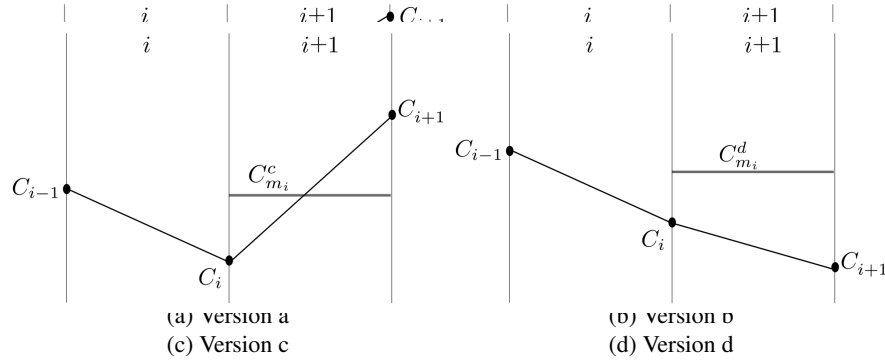


Fig. 2.3: Separate strategies

The following sketches from a) to d) show the change in the market against a particular average from  $C_{m_i}^d$  to  $C_{m_i}^a$ .

Each of these averages is counted step by step (bar) separately for each of the four situations, and of course the condition to open a position associated with a particular situation may occur or not. For example, if the closing value of the  $i$ -th bar in the situation a) will be below  $C_{m_i}^a$  then opening long position won't occur.

Extremely important in this strategy is the one and only parameter - number of last bar closures for average calculation. In each quarter of quadrant, in the general case the number is different. It is determined for a dedicated  $n$  number of bars, acting learner section of the time series so that for example for quarter a) :

$$m_a = \operatorname{argmax}(\sum y_i) \quad (2.6)$$

where:  $y_i = C_{i+1} - C_i$  for  $i=1, \dots, n$  and complying condition (2).

So  $m_a$  is the parameter learned on a particular section of a time series. This  $m$  value, for which achieves a maximum gain of opened positions (for quarter a) long). On another length of time series, by (6) it could have different value. Similarly, for the parameters  $m_b$ ,  $m_c$  and  $m_d$ .

Use of this strategy makes the investor no longer think about the market in the traditional way trying to recognize what kind of a trend at the moment there is or whether this trend has just changed. Machine that is learned the optimal value of  $m$  for each quarter of quadrant takes over this role and makes decisions in every of four possible investment situations. Take these decisions only when each of four calculated optimal moving averages condition is satisfied to open specific position. These strategy has been tested on the following markets as simple as possible. When was satisfied, one or more of the opening conditions (2) – (5) then position has been opened and closed at the close of the  $(i + 1)$ th bar.

## 2.3 The test results

The charts below show the curves of capital accumulation for each quarter of quadrant. Each graph represents one decision-making situation with the best parameter, number of last closures to calculate moving average. Fifth diagram shows the (S1s) cumulative strategy value, which is the sum of profit of all open positions at this moment. Obviously all component strategies are calculated for the best parameter for each one of them.

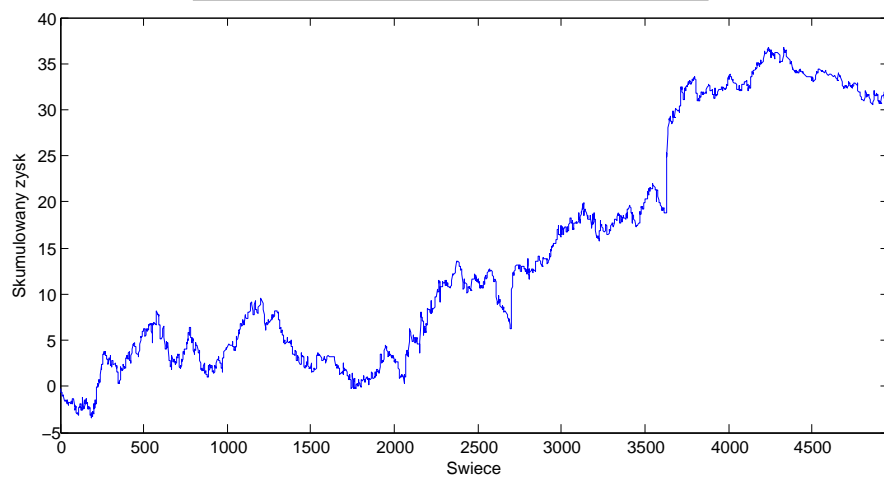
Following tables present the results of conducted simulations aimed at finding the best number of bars required to calculate means (bestMALength). Column "strategy" specifies which strategy was used, "profit" - the cumulative sum of the profit. Third column, "bestCalmar", represents Calmar Ratio which describes profit-to-maximum drawdown ratio. Low Calmar Ratio indicates poor investment performance on a risk-adjusted basis during certain time span. Last column "la" presents the number of open positions. The study of strategy was carried out on the following markets:

- currency pairs: EURJPY, USDJPY, GBPUSD, EURUSD,
- indices: FUS500, BOSSAPLN,
- commodities: FGOLD, FSILVER.

BOSSAPLN is currency index that represents ratio of PLN to four other currencies. Every currency pair used to calculate index has other weight USDPLN (40%), EURPLN (50%), GBPPLN (5%), CHFPLN (5%).

Table 2.1: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla EURJPY

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	-3.776	-0.365	2	2463
S1b	20.516	4.737	37	2340
S1c	1.562	0.18	37	2622
S1d	13.599	2.579	2	2526
S1s	31.365	3.201	Group of MA	4962

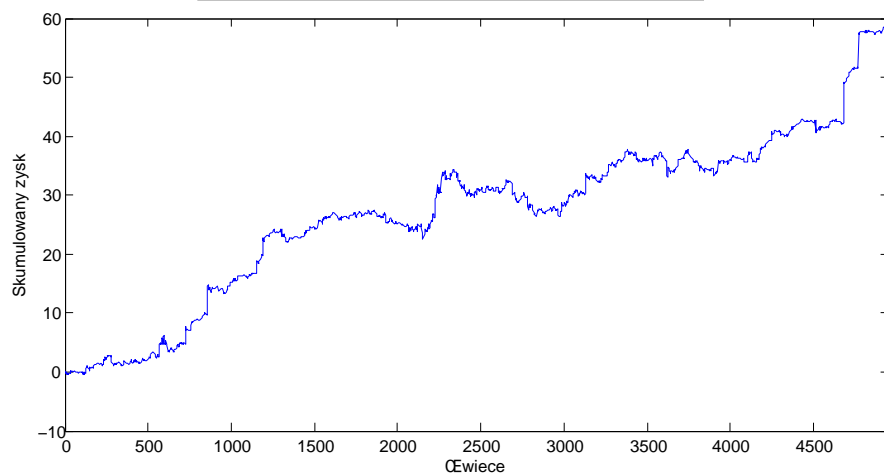


(e) Zysk - S1s

Fig. 2.4: Wyniki dla EURJPY

Table 2.2: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla CHFJPY

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	28.93	2.862	5	3190
S1b	0.7	0.059	1	2925
S1c	32.86	2.288	47	2197
S1d	-4.96	-0.36	5	1794
S1s	58.1	7.164	Group of MA	4952

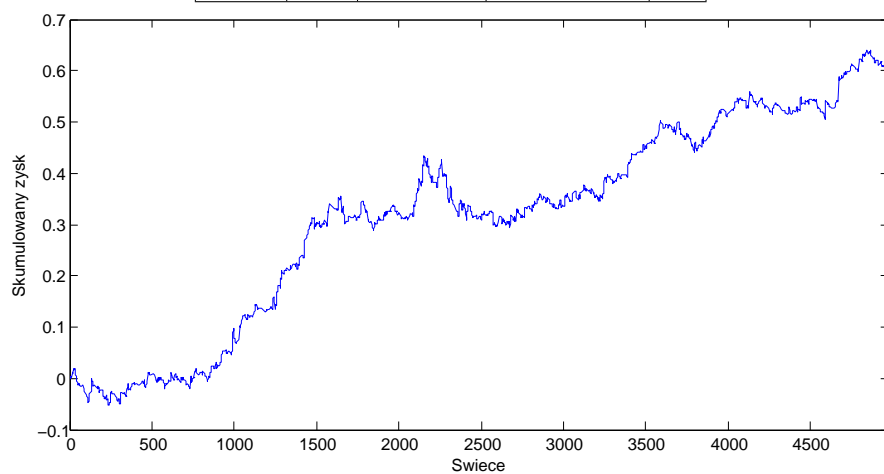


(e) Zysk - S1s

Fig. 2.5: Wyniki dla CHFJPY

Table 2.3: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla GBPCHF

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	-0.091	-0.412	2	2929
S1b	0.375	1.855	19	2648
S1c	0.484	4.206	19	2332
S1d	-0.166	-0.677	2	2027
S1s	0.619	4.435	Group of MA	4980

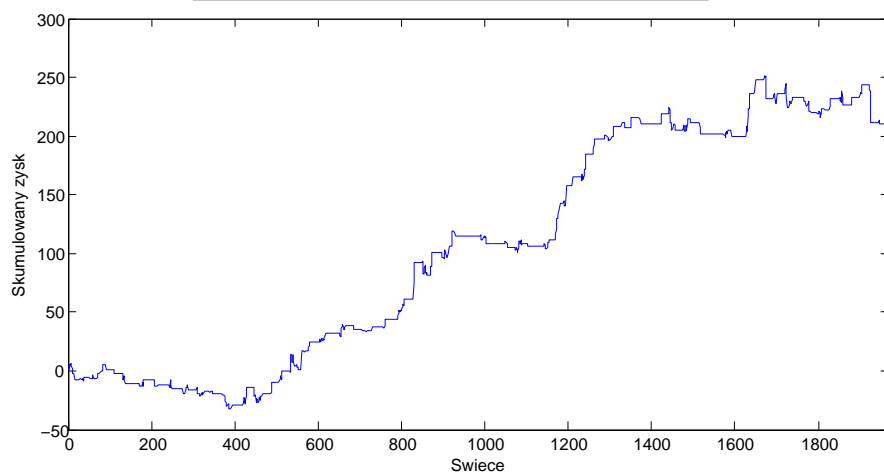


(e) Zysk - S1s

Fig. 2.6: Wyniki dla GBPCHF

Table 2.4: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla FUS500

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	188.3	9.853	19	1230
S1b	-75.45	-0.977	48	1361
S1c	149.25	3.84	48	638
S1d	-47.25	-0.769	19	798
S1s	207.7	4.755	Group of MA	1999



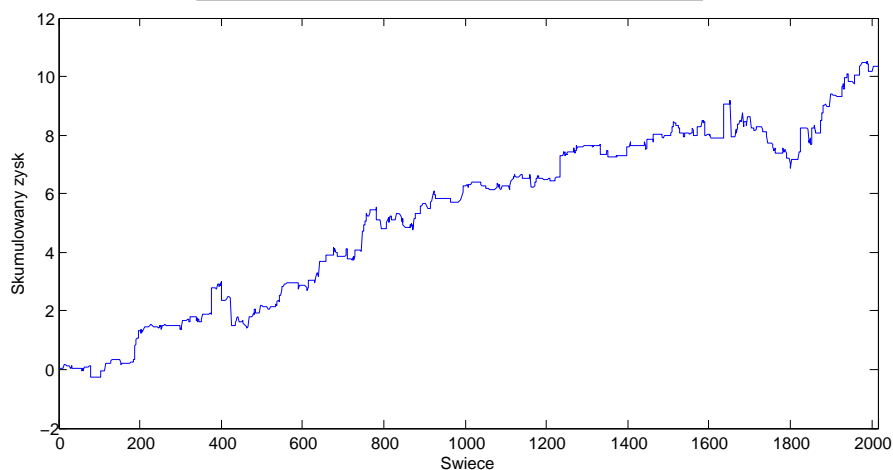
(e) Zysk - S1s

Fig. 2.7: Wyniki dla FUS500



Table 2.5: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla SILVER

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	-5.21	-0.776	27	1008
S1b	10.27	9.598	10	982
S1c	0.16	0.025	10	1051
S1d	5.11	1.819	27	1011
S1s	10.34	4.496	Group of MA	2020



(e) Zysk - S1s

Fig. 2.8: Wyniki dla SILVER

## 2.4 Conclusions

Suggested simple strategy is suitable only for algorithmic trading, even in absolute simplest form it seems to be interesting. As it's been written in the introduction, more from cognitive point of view, than for the transaction value.

Surprisingly strategy S1s is a fast and very simple way of receiving really good results, because it is sort of adding each quadrant in one file. In this case results show how surplus grows bigger than loss.

This strategy can be modified in many ways. Eg. in case of suggestions of simultaneous opening long and short positions better is to abandon work than opening both positions (due to transaction costs). The opening of another position in the same direction, eg. long position after closing the previous long position is senseless, it's better to continue already opened position. These are two simplest ways to improve strategy. There are probably many ways to filter openings that allow to preserve only the most valuable due to profit events. Purpose of this paper was to prove the thesis,

that even the simplest strategy has some potential profit, whose using is fascinating challenge.

The authors believe, due to observing results of experiments, that the thesis of this dormant potential has been acknowledged.

Moreover the results prove that depending on the current market characteristics, it is possible to temporarily disable some quarters from trade in order to getting better profits. Certainly parameters still should be calculated in the background, to be included in trade if market characteristic changes.

## Meaning of simple rules strategies on multiple markets

In article are shown studies of the possibly simplest investment strategy of algo trading. The authors' intention was to prove the thesis that in the greedy algorithmic trading directed to the proper response, not to forecast, there are almost always opportunities to achieve profit. This paper presents the results of tests for over twenty core markets - currency pairs, indices and commodities (eight results included). Introduced the original concept of quadrant of openings on each bar. In principle, the strategy is not relevant investment (studies were conducted without transaction costs), only cognitive in order to develop.

### 3.1 Introduction

For centuries predicting future events was a great challenge for many fields of science [?, ?]. Probably next to the meteorology, most important is the prediction of changes in the financial markets [?, ?, ?]. It's a big still unresolved task that intrigues and motivates the continuing search [?, ?]. Modern computing capabilities allow to change researcher relationship to predictive challenge. If the purpose of this research is to be effective investment, not the successful prediction, research target should be changed. Many scientific papers were devoted to the problem of investment efficiency, also including the best quality papers, as well as work of at least several Nobel Prize winners. Among the many highly sophisticated research methods [?, ?, ?, ?, ?, ?, ?], for years was examined the ability of simple patterns classification in the time series [?, ?, ?, ?, ?]. Trying to take advantage of this simple patterns (classification rules) in investment strategies.

The purpose of this paper is to verify thesis about effectiveness of such simple rules of opening and closing position on trading markets. High frequency open positions algo trading are considered here [?]. The strategy is based on the basic concept - should be as simple as possible, impossible to achieve by human not assisted with machine, should reject the idea of "predictions" of the future and be based on idea of responding to market behaviour. Such strategies are being tested for at least several decades and rather have not good reviews. Most studies cover intersections of

moving averages as premise of classifier opening positions rule or remaining idle. Usually these conditions turn out to be too easy to achieve satisfactory transaction efficiency.

Close terms in such investment strategies are also very simple. They are mostly based on similar terms, resulting from mean values or number of bars that elapsed since opening. Other popular methods of closing such positions are Stop Loss and Take Profit. Similar concept will be considered in this paper. This concept belongs to group of simple rules, extracted from repeated patterns in the time series of financial instruments. Most commonly, these rules include a group or sequence of conditions besides using moving averages also uses differences in average, first derivative, standard deviation (Bollinger Bands) or pivot points. Friesen, Weller i Dunham [?] say that these methods were for many years rather neglected by the academic community, despite frequent, or perhaps because of, use by trade practitioners on the stock exchange. This opinion is not completely correct, because even Eugene Fama, creator of the efficient markets theory [?], admitted later that there is little evidence of simple rules efficiency [?]. Cai and Keasey [?] noted both predictive and investing efficiency of simplest rules based on differences in derivatives averages and levels of price direction changes. Tian, Wan and Guo [?] reported the effectiveness of certain rules for some markets and total unsuitable on other. This opinion has become an inspiration for the authors to consider a number of markets. They distinguish growing and mature markets. A wealth of simple rules ideas is work of Krutsinger [?], collection of interviews with the most prominent modern practices – american market experts. Experts, which Phillip Ball [?] writes, that deserve to be published, because they achieve financial success, so uncommon in academic. It is easy to see that the majority of these excellent traders succeed within a certain period of time, and today the implementation of their methods gives poor results. This contradicts the general philosophy of these practitioners (but not all of them), that there exists mysterious patterns or rules, that are characteristic for specific markets, which provide success.

### 3.2 Strategy characteristics

The essence of the concept is the idea of simultaneous open long and short positions based on various signals, in this case the intersection graph (values of exchange rate and stock index) and average of the last  $m$  closing of this price.

Equally simple is the closing rule of each opened position. It's closed at the close of  $(i + 1)$ -th bar (Fig. 1). Let  $C$  be considering constantly changing prices of value, and  $C_i$  closing price of  $i$ -th OHLC bar (Open, High, Low, Close). Denote  $C_{m_i}$  as average of  $m$  last close

$$C_{m_i} = \frac{C_{i-m} + C_{i-m+1} + \dots + C_i}{m + 1}; \quad m > 0. \quad (3.1)$$

At the moment of  $i$ -th bar closing, value can be compared with the  $C_{m_i}$  average. Depending on the investor's beliefs about the existence of a particular trend are thus four possible decision-making situations:

$$\text{If } C_i > C_{m_i} \text{ long position will be open; } m = m_a; \quad (3.2)$$

$$\text{If } C_i > C_{m_i} \text{ short position will be open; } m = m_b; \quad (3.3)$$

$$\text{If } C_i < C_{m_i} \text{ long position will be open; } m = m_c; \quad (3.4)$$

$$\text{If } C_i < C_{m_i} \text{ short position will be open; } m = m_d. \quad (3.5)$$

Each of these decisions is usually attributed to reasons arising from the conviction of the investor why and what happens in a moment. It should be noted that each of the above decisions is taken basing on average of different number of last close bar prices. Therefore, it can be that the general case in exact moment, right after closing  $i$ -th bar, where decision should be made (short or long position) it could be that even four different levels of the average value calculated for the last  $m$  bars (different for each contractual quadrant). These four situations are shown in Figure 1.

The situation described by a set of investment decisions (2) - (5) can be presented in the form of a contractual quadrant - Figure 1

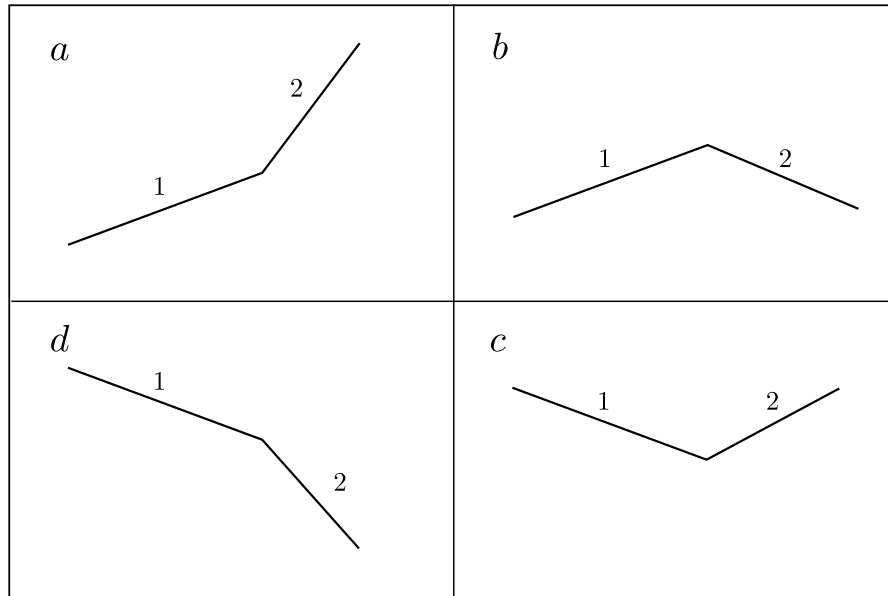


Fig. 3.1: Symbolic quadrant of response (second line) for market movement (first line)

In this quadrant in quarters a) and b) we have situations (2) and (3) - ie, the closing value of the  $i$  bar  $C_i$  is greater than the average of the last  $m$  bars. The first line in those quarters is addressed to top - market is on the rise. In the quarter, a) reaction to the growth of the market is to open a long position (2). The investor behaves as if he was convinced of the existence of a growing trend. In the quarter b) investors react on market growth with opening the short position. The investor behaves as if he predicts horizontal trend.

Conversely in quarters, c) and d) the first movement of the market is declining and investor reaction is recorded appropriately in decisions (4) and (5). In quarter c) investor behaves as if he predicts horizontal trend and opens long position (4) and in quarter d) believing of drawdown trend he opens short position (5).

These situations are both shown in Figure 2

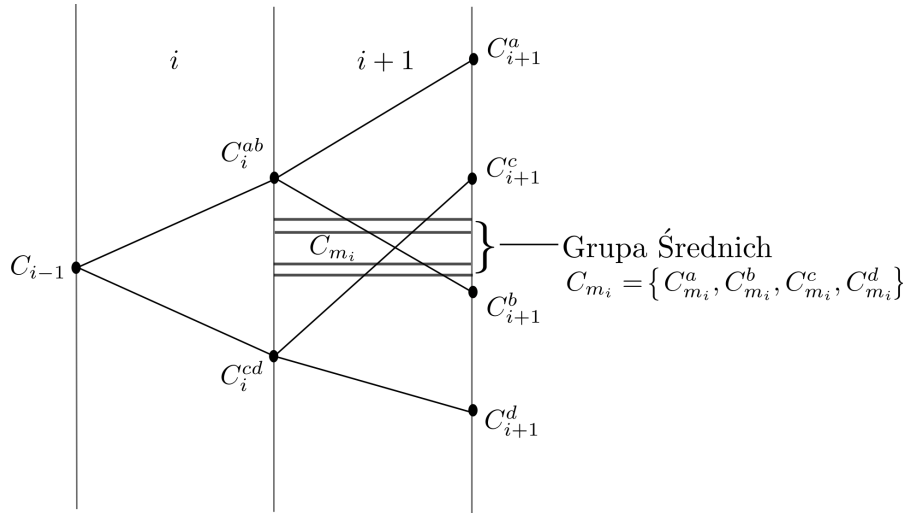


Fig. 3.2: All possible situations for four different moving averages

Figure 2 shows the situation at the close of  $(i - 1)$ -th bar marked as  $C_{i-1}$ . The investor is following the situation in the  $i$ -th bar and at the moment of its close may immediately calculate each of the four average (1). Depending on the direction in which market has changed (upwards or downwards) we are dealing with quarters  $a$  and  $b$  of quadrant (If there is a price growth of the observed asset) or quarters  $c$  and  $d$  if there is a decrease. Because, at the moment of end of the  $i$  bar it can be calculated value of each of the four averages it can also be checked, if some of opening conditions (2)-(5) are passed. These four situations extracted from Figure 2 are shown in Figure 3, where in turn are explained decision-making situations for the four quarters quadrant (Fig. 1)

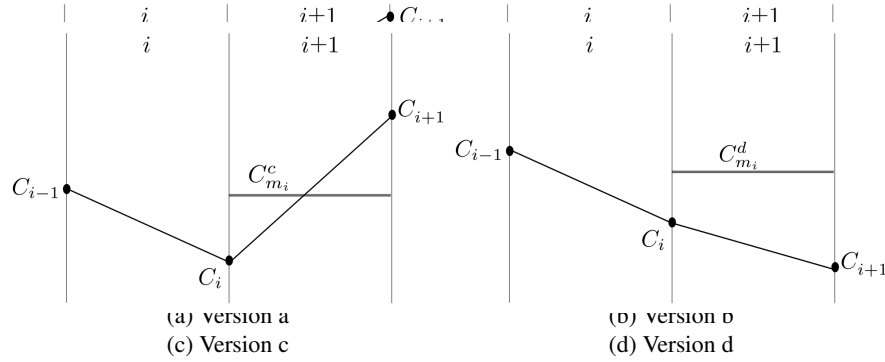


Fig. 3.3: Separate strategies

The following sketches from a) to d) show the change in the market against a particular average from  $C_{m_i}^d$  to  $C_{m_i}^a$ .

Each of these averages is counted step by step (bar) separately for each of the four situations, and of course the condition to open a position associated with a particular situation may occur or not. For example, if the closing value of the  $i$ -th bar in the situation a) will be below  $C_{m_i}^a$  then opening long position won't occur.

Extremely important in this strategy is the one and only parameter - number of last bar closures for average calculation. In each quarter of quadrant, in the general case the number is different. It is determined for a dedicated  $n$  number of bars, acting learner section of the time series so that for example for quarter a) :

$$m_a = \operatorname{argmax}(\sum y_i) \quad (3.6)$$

where:  $y_i = C_{i+1} - C_i$  for  $i=1, \dots, n$  and complying condition (2).

So  $m_a$  is the parameter learned on a particular section of a time series. This  $m$  value, for which achieves a maximum gain of opened positions (for quarter a) long). On another length of time series, by (6) it could have different value. Similarly, for the parameters  $m_b$ ,  $m_c$  and  $m_d$ .

Use of this strategy makes the investor no longer think about the market in the traditional way trying to recognize what kind of a trend at the moment there is or whether this trend has just changed. Machine that is learned the optimal value of  $m$  for each quarter of quadrant takes over this role and makes decisions in every of four possible investment situations. Take these decisions only when each of four calculated optimal moving averages condition is satisfied to open specific position. These strategy has been tested on the following markets as simple as possible. When was satisfied, one or more of the opening conditions (2) – (5) then position has been opened and closed at the close of the  $(i + 1)$ th bar.

### 3.3 The test results

The charts below show the curves of capital accumulation for each quarter of quadrant. Each graph represents one decision-making situation with the best parameter, number of last closures to calculate moving average. Fifth diagram shows the (S1s) cumulative strategy value, which is the sum of profit of all open positions at this moment. Obviously all component strategies are calculated for the best parameter for each one of them.

Following tables present the results of conducted simulations aimed at finding the best number of bars required to calculate means (bestMALength). Column "strategy" specifies which strategy was used, "profit" - the cumulative sum of the profit. Third column, "bestCalmar", represents Calmar Ratio which describes profit-to-maximum drawdown ratio. Low Calmar Ratio indicates poor investment performance on a risk-adjusted basis during certain time span. Last column "la" presents the number of open positions. The study of strategy was carried out on the following markets:

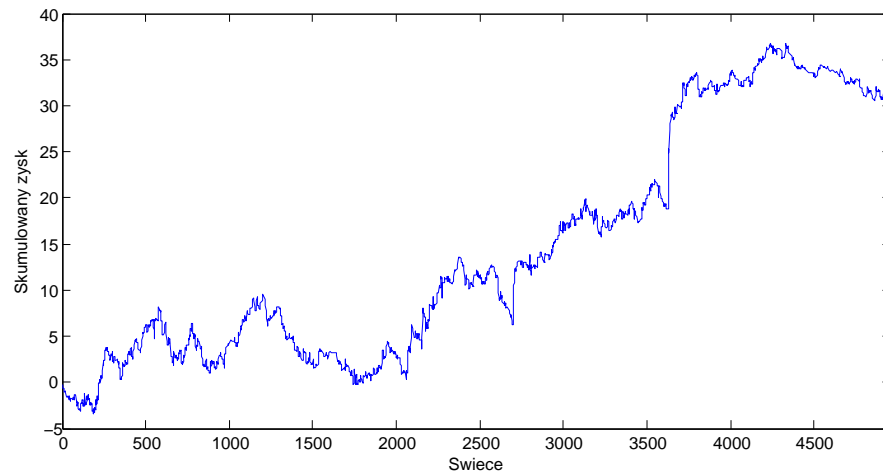
- currency pairs: EURJPY, USDJPY, GBPUSD, EURUSD,
- indices: FUS500, BOSSAPLN,
- commodities: FGOLD, FSILVER.

BOSSAPLN is currency index that represents ratio of PLN to four other currencies. Every currency pair used to calculate index has other weight USDPLN (40%), EURPLN (50%), GBPPLN (5%), CHFPLN (5%).



Table 3.1: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla EURJPY

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	-3.776	-0.365	2	2463
S1b	20.516	4.737	37	2340
S1c	1.562	0.18	37	2622
S1d	13.599	2.579	2	2526
S1s	31.365	3.201	Group of MA	4962

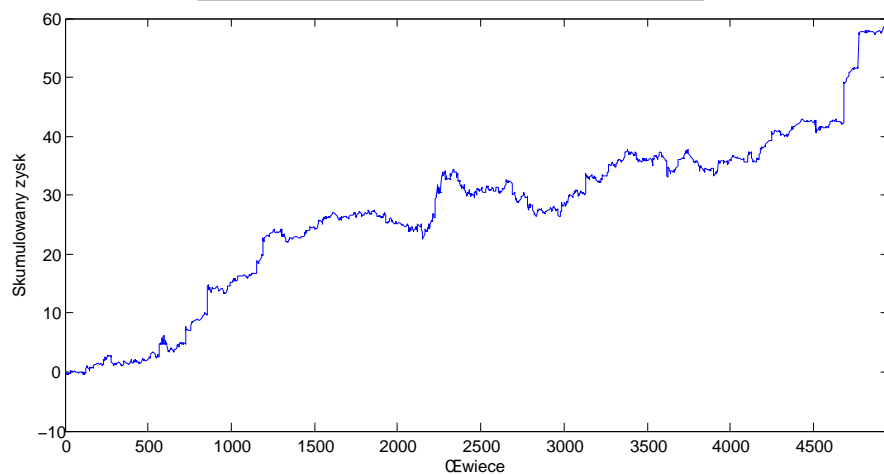


(e) Zysk - S1s

Fig. 3.4: Wyniki dla EURJPY

Table 3.2: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla CHFJPY

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	28.93	2.862	5	3190
S1b	0.7	0.059	1	2925
S1c	32.86	2.288	47	2197
S1d	-4.96	-0.36	5	1794
S1s	58.1	7.164	Group of MA	4952

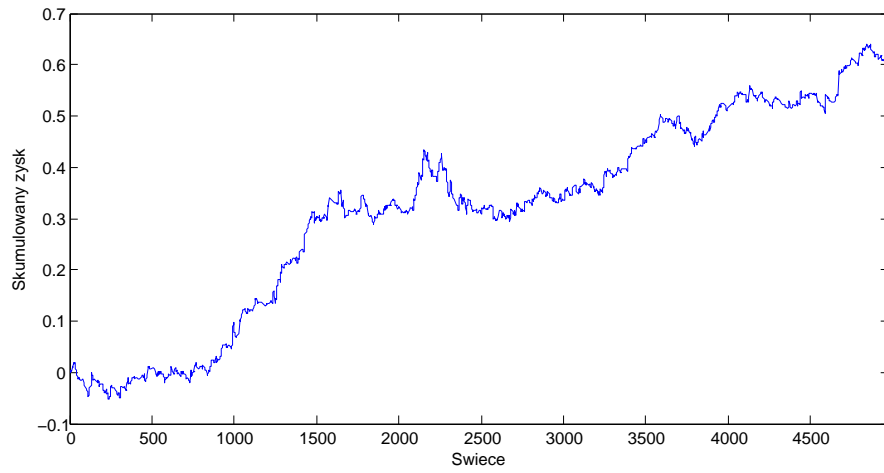


(e) Zysk - S1s

Fig. 3.5: Wyniki dla CHFJPY

Table 3.3: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla GBPCHF

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	-0.091	-0.412	2	2929
S1b	0.375	1.855	19	2648
S1c	0.484	4.206	19	2332
S1d	-0.166	-0.677	2	2027
S1s	0.619	4.435	Group of MA	4980

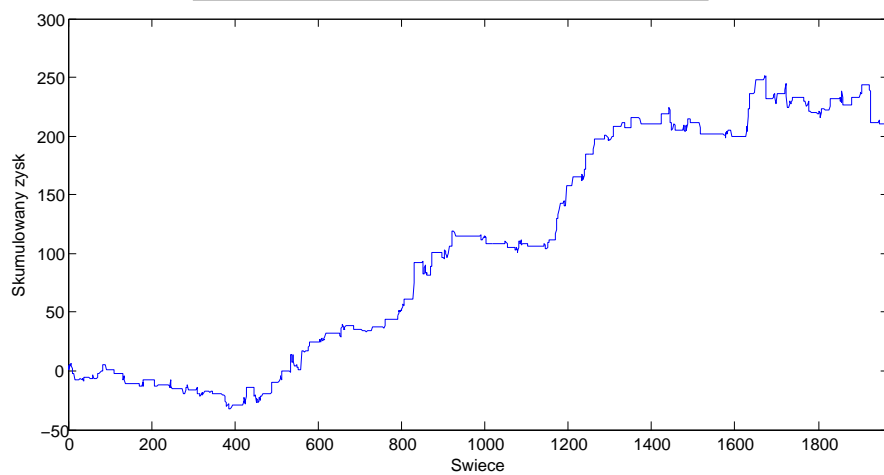


(e) Zysk - S1s

Fig. 3.6: Wyniki dla GBPCHF

Table 3.4: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla FUS500

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	188.3	9.853	19	1230
S1b	-75.45	-0.977	48	1361
S1c	149.25	3.84	48	638
S1d	-47.25	-0.769	19	798
S1s	207.7	4.755	Group of MA	1999

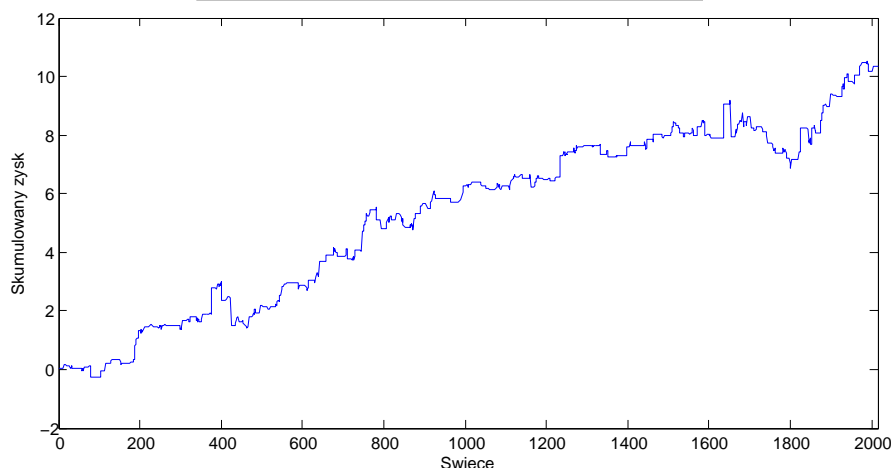


(e) Zysk - S1s

Fig. 3.7: Wyniki dla FUS500

Table 3.5: Wyniki końcowe dla wszystkich kwadrantów dla SILVER

strategy	profit	bestCalmar	bestMALength	la
S1a	-5.21	-0.776	27	1008
S1b	10.27	9.598	10	982
S1c	0.16	0.025	10	1051
S1d	5.11	1.819	27	1011
S1s	10.34	4.496	Group of MA	2020



(e) Zysk - S1s

Fig. 3.8: Wyniki dla SILVER

### 3.4 Conclusions

Suggested simple strategy is suitable only for algorithmic trading, even in absolute simplest form it seems to be interesting. As it's been written in the introduction, more from cognitive point of view, than for the transaction value.

Surprisingly strategy S1s is a fast and very simple way of receiving really good results, because it is sort of adding each quadrant in one file. In this case results show how surplus grows bigger than loss.

This strategy can be modified in many ways. Eg. in case of suggestions of simultaneous opening long and short positions better is to abandon work than opening both positions (due to transaction costs). The opening of another position in the same direction, eg. long position after closing the previous long position is senseless, it's better to continue already opened position. These are two simplest ways to improve strategy. There are probably many ways to filter openings that allow to preserve only the most valuable due to profit events. Purpose of this paper was to prove the thesis,

that even the simplest strategy has some potential profit, whose using is fascinating challenge.

The authors believe, due to observing results of experiments, that the thesis of this dormant potential has been acknowledged.

Moreover the results prove that depending on the current market characteristics, it is possible to temporarily disable some quarters from trade in order to getting better profits. Certainly parameters still should be calculated in the background, to be included in trade if market characteristic changes.

---

## References

1. Kajan E (2002) Information technology encyclopedia and acronyms. Springer, Berlin Heidelberg New York
2. Broy M (2002) Software engineering – From auxiliary to key technologies. In: Broy M, Denert E (eds) Software Pioneers. Springer, Berlin Heidelberg New York
3. Che M, Grellmann W, Seidler S (1997) Appl Polym Sci 64:1079–1090
4. Ross DW (1977) Lysosomes and storage diseases. MA Thesis, Columbia University, New York