Krzysztof Borowski

Instytut Ryzyka i Rynków Finansowych SGH

**Efektywność i stabilność systemów transakcyjnych opartych na zwykłych i wykładniczo ważonych średnich ruchomych**

# Wprowadzenie

Średnie ruchome są wykorzystywane w analizie technicznej od lat 60. XX w.[[1]](#footnote-1), chociaż ich korzenie sięgają 1901 r.[[2]](#footnote-2) Pierwotnie stosowano je w celu wyznaczenia momentu kupna i sprzedaży określonych aktywów. W przypadku gdy cena instrumentu przebijała średnią ruchomą od dołu w górę, powstawał sygnał kupna. Kiedy zaś cena przełamywała średnią w dół – generowany był sygnał sprzedaży[[3]](#footnote-3). Następnie średnie ruchome zaczęto używać jako ruchome poziomy wsparcia i oporu dla ceny, które pierwotnie były stosowane do wyznaczenia zasięgu fal wzrostowych lub spadkowych[[4]](#footnote-4). Kolejnym wykorzystaniem średnich ruchomych była budowa kopert cenowych, powstających w wyniku dodania lub odjęcia od średniej ruchomej jej określonej części (np. 10%). Tego typu przesunięcie zwane jest translacją wertykalną średniej. Dalsze modyfikacje doprowadziły do przesunięcia średniej ruchomej o kilka sesji naprzód lub w tył, a wygenerowane w ten sposób wskazania były wykorzystywane do zawierania transakcji kupna lub sprzedaży. Taki zabieg nosi nazwę translacji horyzontalnej. Skalrew zaproponował zastosowanie przesunięcia średnich wprzód lub w tył, o liczbę dni równą pierwiastkowi kwadratowemu długości tej średniej, przy zaokrągleniu otrzymanego rezultatu w górę, do liczby całkowitej. Tak więc średnie o długościach od 2 do 4 sesji przesuwane są o 2 dni, o długościach od 5 do 9 sesji - o 3 sesje, o długościach od 10 do 16 sesji, o 4 sesje, etc.[[5]](#footnote-5).

Na bazie średnich ruchomych kalkulowane są też takie narzędzia analizy technicznej jak wstęgi Bollingera, wstęgi Starc i kanały Keltnera[[6]](#footnote-6). Jeszcze inną metodą wykorzystania średnich ruchomych zaproponowali Japończycy. Według nich wskazania kupna powstają wtedy gdy średnia ruchoma N1-sesyjna przełamuje od dołu średnią ruchoma N2-sesyjną (przy czym zachodzi warunek, że N1<N2). Sygnał sprzedaży ma miejsce, gdy średnia N1 przełamuje od góry średnią N2. Wskazania te noszą odpowiednio nazwy: złoty krzyż i krzyż śmierci[[7]](#footnote-7). Powyższe rozważania pozwalają na wyznaczenie następujących stopni swobody średniej ruchomej:

1. Cena, z jakiej obliczana jest średnia ruchoma (w większości przypadków jest to cena zamknięcia dla obserwowanego interwału czasowego),
2. Sposób kalkulacji średniej (prosta, ważona liniowo, ważona wykładniczo, etc. – zagadnienie to zostanie poruszone w dalszej części artykułu),
3. Długość uśredniania średniej, tj. z jakiego interwału czasowego zostanie wyliczona wartość średniej ruchomej, np. z 10 sesji czy 15 sesji.
4. Wielkość przesunięcia wertykalnego o X% wartości średniej (w górę lub w dół)
5. Wielkość przesunięcia horyzontalnego o *N* interwałów czasowych (np. o 5 sesji), naprzód lub wstecz.

W toku dalszych prac nad średnimi ruchomymi wprowadzono również systemy transakcyjne oparte o przecięcie trzech średnich ruchomych, np. 4-, 9- i 18-sesyjnych (na rynku akcji) czy też 5-, 10- i 20-sesjnych na rynku surowców[[8]](#footnote-8). Wprowadzono również tzw. podwójne i potrójne wygładzanie średnich ruchomych, kiedy to druga średnia kalkulowana jest na bazie pierwszej, a trzecia z wykorzystaniem drugiej[[9]](#footnote-9).

Jednym z podstawowym parametrów stosowanych w procesie kalkulacji średnich ruchomych jest sposób uśredniania. Do najbardziej popularnych średnich ruchomych zaliczyć można:

1. Średnią zwykłą (*Simple Moving Average* - SMA)
2. Średnią ważoną liniowo (*Weighted Moving Average* - WMA):
3. Średnią ważoną wykładniczo (*Exponent Moving Average* - EMA):

Zwykła średnia ruchoma N-sesyjna wyrażona jest za pomocą wzoru[[10]](#footnote-10):

gdzie:

*Ci* – cena w i-tym interwale czasowym

Z kolei średnia ruchoma ważona liniowo opisana jest za pomocą wzoru[[11]](#footnote-11):

zaś wykładnicza średnia ruchoma może być przedstawiona jako[[12]](#footnote-12):

Przy warunku, że parametr

Każda z tych średnich ma swoje wady i zalety. W przypadku średniej SMA wszystkie ceny w badanym interwale czasowym mają taką samą wagę. Zatem w przypadku średniej ruchomej 15-sesyjnej cena sprzed 3 tygodni jest tak samo ważna jak ostatnia cena. Fakt ten stoi w sprzeczności z podejściem wyrażanym przez inwestorów, dla których ostatnia cena jest zdecydowanie bardziej istotna niż pierwsza w danym horyzoncie czasu. Dlatego też ich zdaniem średnia ruchoma WMA oraz EMA reprezentują podejście zgodne z oczekiwaniami inwestorów. W przypadku średniej WMA waga cen w oknie uśredniania maleje liniowo, co nie jest zgodne z teorią finansów behawioralnych, według której wykładnicza zmiana wag w średniej ruchomej jest bliższa mentalnemu sposobowi ważenia cen przez inwestorów. Twierdzi się, że średnia EMA w najlepszy sposób, spośród tych trzech średnich oddaje sposób ważenia cen przez inwestorów w swoich umysłach[[13]](#footnote-13).

Oprócz wyżej wymienionych średnich, SMA, WMA i EMA, na rynkach finansowych stosuje się też inne średnie: średnia ruchoma ważona wolumenem obrotów, średnia ruchoma z uwzględnieniem *free float*, sinusoidalnie ważona średnia ruchoma, trójkątnie ważona średnia ruchom, średnia ruchoma jednego dnia tygodnia czy też fraktalna, adaptacyjna średnia ruchoma (FRAMA)[[14]](#footnote-14).

Średnie ruchome wykorzystywane są do budowy systemów transakcyjnych, opartych na przecięciu się średniej ruchomej i ceny instrumentu finansowego. W literaturze przedmiotu stosunkowo dużo miejsca poświęca się problematyce tego typu systemów transakcyjnych, a głównie problemowi ich optymalizacji[[15]](#footnote-15). Tymczasem mało zbadanym zagadnieniem pozostaje kwestia czy w przypadku systemów transakcyjnych opartych o średnie ruchome należy posługiwać się średnią ruchomą zwykłą, ważoną liniowo czy może ważoną wykładniczo. Dlatego też celem artykułu będzie określenie efektywności systemów transakcyjnych wykorzystujących średnie ruchome EMA, SMA i WMA dla spółek notowanych na GPW w Warszawie.

Hipoteza badawcza sformułowana została w sposób następujący:

Dla większość spółek notowanych na GPW w Warszawie, system transakcyjny oparty o wskazania kupna i sprzedaży tworzone przez przecięcia średniej ruchomej i ceny zamknięcia walorów przynosił najwyższe stopy zwrotu dla średnich WMA, a w mniejszym odsetku odpowiednio dla średnich SMA i EMA.

Tak więc, podejście zaprezentowane w tym artykule ma charakter odmienny od prezentowanych w innych, bowiem nie będzie chodziło o wskazanie długości średniej ruchomej optymalizującej system transakcyjny dla pojedynczego instrumentu finansowego (lub kilku dowolnie wybranych), ale o spojrzenie globalne (statystyczne) na całą grupę takich średnich, dla wszystkich spółek notowanych na GPW w Warszawie. Autorowi nie są znane inne badania tak szeroko obejmujące spółki z GPW w Warszawie.

# Przegląd literatury

Pring ustanowił podział średnich ze względu na horyzont inwestycyjny. I tak średnie o długościach: 10, 15, 20, 25 i 30 sesji uznał za krótkoterminowe, o długościach 50, 65, 100 i 200 sesji za średnioterminowe, a średnie 45-tygodniowe, 12-, 18- i 25-miesieczne za długoterminowe[[16]](#footnote-16). Inną klasyfikację zaproponował Gatley. I tak według niego średnie krótkoterminowe to 20-sesyjne, średnioterminowe: 50-sesyjne i długoterminowe: 200-sesyjne[[17]](#footnote-17). Według Achelisa średnia 200-sesyjna zalicza się już do średnich długoterminowych[[18]](#footnote-18). W wielu przypadkach stosuje się również liczby wchodzące w skład ciągu Fibonacciego (np. 13, 21, 34, 55, 89, etc…) lub ich kombinacje jak np. 13- i 55-sesyjnej[[19]](#footnote-19), łączące je w sposób umowny z długością horyzontu inwestycyjnego. W związku z powyższym można zauważyć, że nie istnieje jednolity podział na średnie krótko-, średnio- i długoterminowe, który byłby powszechnie przyjęty na rynkach finansowych czy też w literaturze poświęconej analizie technicznej. Na polskim rynku akcji przyjęło się stosowanie średnich ruchomych o następujących długościach: 10-, 15- i 45-sesji[[20]](#footnote-20).

Dwoma istotnymi pracami poświęconymi testowaniu systemów transakcyjnych opartych o średnie ruchome były prace Brocka i in.[[21]](#footnote-21) oraz Faber[[22]](#footnote-22). W tj. pierwszej autorzy zaprezentowani 26 reguł podejmowania decyzji z wykorzystaniem pojedynczych lub kilku średnich ruchomych na bazie danych dla indeksu DJIA z lat 1897-1986. Praca ta zapoczątkowała rozwój badań nad wykorzystaniem średnich ruchomych na rynkach finansowych z uwzględnieniem kosztów transakcyjnych oraz w różnych interwałach czasowych. Z kolei paca Faber porównywała stopy zwrotu uzyskane za pomocą aktywnych strategii inwestycyjnych, bazujących na średnich ruchomych (główne były to systemy stosujące jedną średnią ruchomą) ze stopami zwrotu otrzymanymi w strategii „kup i trzymaj” (strategia pasywna). Faber udowodniła między innymi, że strategia oparta na sygnałach kupna i sprzedaży 10-miesięcznej średniej ruchomej dla indeksu S&P 500 przynosiła w ciągu 100 lat objętych badaniem, stopę zwrotu wyższą, przy jednocześnie niższej zmienności niż strategia kup i trzymaj. Metodologia Faber została rozciągnięta na rynki międzynarodowe w badaniach przeprowadzonych przez: Gwilyma i in.[[23]](#footnote-23), Moskowitza i in.[[24]](#footnote-24), Kilgallena[[25]](#footnote-25).

Fifield i in. analizując strategie inwestycyjne oparte na średnich ruchomych dla 3 rynków rozwiniętych i 15 emerging markets w okresie 1989-2003, doszli do wniosku, że na rynkach emergingowych są one bardziej efektywne. Co ciekawsze również, zastosowanie dłuższych średnich ruchomych na rynkach emerging markets prowadziło do uzyskania wyższych stóp zwrotu[[26]](#footnote-26).

Bolton i von Boetticher dowiedli, że w okresie 01.03.2009-08.04.2014 r. zastosowanie średniej ruchomej EMA dało wyższe stopy zwrotu z inwestycji w portfel replikujący indeks giełdy w Johannesburgu ALSI TOP 40 (strategia pasywna) niż średniej ruchomej EMA[[27]](#footnote-27). System transakcyjny oparty o średnie ruchome SMA i EMA dla indeksów giełdy w Indiach, tj. Nifty i Junior Nifty w okresie grudzień 2000 – listopad 2010 był przedmiotem badań Mitry, który wykazał, że jedynie w nielicznych przypadkach system transakcyjny bazujący na przecięciu przez cenę średniej ruchomej przynosił wyższe stopy zwrotu niż strategia „kup i trzymaj” [[28]](#footnote-28).

Hochheimer wykazał, że wyniki uzyskiwane przez system transakcyjny na bazie zwykłej średniej ruchomej (SMA) były wyże niż w przypadku zastosowania średniej ruchomej ważonej wykładniczo (EMA)[[29]](#footnote-29). Z kolei zdaniem Appela lepsze wyniki przynoszą systemy transakcyjne wykorzystujące wykładniczą średnią ruchomą (EMA) w stosunku to opartych na zwykłej średniej ruchomej (SMA)[[30]](#footnote-30).

Prace dotyczące zastosowania średnich ruchomych w analiz technicznej były prowadzone również na polskim rynku kapitałowym. Filar i Kąkol stworzyli system transakcyjny dla średnich ruchomych o dwu długościach 12- i 100-sesyjnej dla indeksu giełdowego WIG20 i spółek: Bogdanka, KGHM, PGE, PKO BP, Lotos, TVN, dla kwotowań z okresu od 01.01.2012 do 31.12.2012[[31]](#footnote-31). W badaniach posługiwali się trzema rodzajami średnich ruchomych: zwykłą, ważoną wykładniczo i liniowo. Otrzymane przez autorów rezultaty wykazały wyższą skuteczność średnich krótkoterminowych niż długoterminowych. W przypadku tych ostatnich za niską stopę zwrotu odpowiedzialne były duże wahania sygnałów kupna i sprzedaży w stosunku do lokalnych ekstremów ceny, co prowadziło do znacznych spadków wartości portfela. Juszczuk i Kozak skupili się na rynku walutowym, na którym poddano analizie wpływ zwiększenia długości średniej na uzyskiwane wyniki[[32]](#footnote-32), zaś Salamaga uwzględnił wpływ kosztów transakcyjnych i inwestorów instytucjonalnych na osiągane stopy zwrotu[[33]](#footnote-33). Z kolei praca Czuby i Kaszuby poświęcona była głównie analizie różnic w występowaniu sygnałów kupna i sprzedaży pomiędzy różnymi rodzajami średnich (zwykła, ważona wykładniczo i liniowo)[[34]](#footnote-34).

Górska stworzyła system transakcyjny, w skład którego wchodziły następujące średnie ruchome (zwykła, ważona wykładniczo i liniowo): 5- i 10-sesyjna oraz oscylatory analizy technicznej: MACD (o długościach: 8, 17, 9 i 12, 26, 9 sesji), Momentum (o długościach 5, 9 oraz 10, 9 sesji) i Commodity Channel Index (o długościach 5 i 10 sesji). Przeprowadzone badania doprowadziły autorkę do wniosku, że systemy transakcyjne wykorzystujące wskaźniki i oscylatory analizy technicznej okazały się bardziej skuteczne na rynku wybranych surowców, od bazujących na średnich ruchomych[[35]](#footnote-35). Z kolei w badaniu dotyczącym wykorzystania systemu transakcyjnego opartego na średnich ruchomych (prostej 10-sesyjnej, prostej 10-sesyjnej z filtrem 2,5% lub filtrem 3-dniowym, dwu średnich ruchomych 5- i 20-sesyjnej, ważonej liniowo średniej 10-sesyjnej, wykładniczej średniej ruchomej 10-sesyjnej), oscylatora MACD (o długościach średnich 12, 26 i 9 sesji) i oscylatorów Momentum (10-sesyjnego) i CCI (5-sesynego), testowanego dla wybranych spółek i indeksów z GPW w Warszawie oraz niektórych surowców na bazie cen z okresu 02.03.2009-29.07.2011, najbardziej skuteczną dla walorów Synthos i indeksu WIG-Chemia okazała się średnia ruchoma EMA. Z kolei najwyższy zysk przyniosła SMA w przypadku indeksu WIG-Spożywczy[[36]](#footnote-36).

Letkowski dokonał analizy skuteczności systemu transakcyjnego wykorzystującego zwykłą średnią ruchomą o długościach: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 i 100 sesji dla wybranych spółek wchodzących w skład indeksu WIG20 oraz dla samego indeksu WIG20, w okresie 2003-2012. Na podstawie otrzymanych rezultatów wyciągnął wniosek, że w przypadku pewnej grupy spółek (BRE Bank, Bank Handlowy, PKN Orlen, KGHM i Bank PEKAO) najlepsze wyniki generował system posługujący się średnią ruchomą 10-sesyjną. Natomiast dla innej grupy spółek (Telekomunikacja Polska, Boryszew oraz Asseco) optymalną okazała się średnia o długości 100 sesji[[37]](#footnote-37).

# Metodologia badania

W badaniu wzięto pod uwagę 404 spółki notowane na GPW w Warszawie. Dla każdej z nich obliczono 16 długości średnich ruchomych, które przyniosły najwyższe stopy zwrotu w system transakcyjny opartym o przecięcie średniej ruchomej i ceny zamknięcia. W dalszej części artykułu przyjęto następującą konwencję oznaczeń w postaci KMA X,

gdzie:

KMA oznacza określony rodzaj średniej ruchomej, tj. SMA, WMA lub EMA

*X* – pozycję średniej KMA pod względem stóp zwrotu w grupie średnich typu KMA.

I tak np. SMA I oznacza średnią ruchomą zwykłą, która przyniosła najwyższą stopę zwrotu w analizowanym okresie dla danego instrumentu, a EMA XVI – to średnia ruchoma ważona wykładniczo, która przyniosła szesnastą najwyższą stopę zwrotu.

W procesie testowania systemów transakcyjnych przyjęto następujące założenia:

1. Ilość sesji, dla których optymalizowano system to 5000 sesji od dnia 31.03.2019 r.[[38]](#footnote-38) Jeśli akcje spółki nie były notowane w tak długim interwale czasowym, wtedy system był optymalizowany w okresie: data debiutu spółki – 31.03.2019 r.
2. Wszystkie transakcje zawierane są po cenach zamknięcia (C – *close*), na sesji, na której następuje wygenerowanie sygnału kupna lub sprzedaży. Takie podejście można uznać za realne, biorąc pod uwagę fakt, że po ustaleniu ceny zamknięcia na fixingu popołudniowym (tj. między 16:50 a 17:00), przez 10 minut istnieje możliwość przeprowadzenia transakcji właśnie po cenie zamknięcia.
3. Dla każdego waloru optymalizowany był system bazując na SMA, WMA i EMA.
4. Długości analizowanych średnich zmieniały się do 3 do 250 sesji, z krokiem jedna sesja.
5. Nie uwzględnia się kosztów transakcyjnych.
6. Ceny walorów zostały zaczerpnięcie ze strony internetowej bossa.pl i skorygowane o wypłacone dywidendy na podstawie informacji z serwisu Notoria.pl.

W procesie ewaluacji efektywności systemów transakcyjnych jednym z czynników jest ocena jego stabilności. Podobna ocena została przeprowadzona również w analizowanym przypadku. Dla każdego waloru i każdej średniej ruchomej (SMA, WMA, EMA) uzyskano po 16 długości, dla których stopa zwrotu była najwyższa. Na tej podstawie obliczono średni spadek efektywności systemu dla 16 najlepszych transakcji, którego wartość wyrażana jest w punktach procentowych:

gdzie:

*WS* – średni spadek efektywności dla 16 najlepszych systemów transakcyjnych, dla danego waloru i danego rodzaju średniej

*Wn* – to n-ta najlepsza stopa zwrotu dla danego waloru. Przy czym *W1* oznacza najwyższą stopę zwrotu (KMA I), a *W16* – najniższą stopę zwrotu (KMA XVI) dla 16 długości średnich ruchomych, które przyniosły najwyższe stopy zwrotu w analizowanym okresie.

W celu przeprowadzenia porównań między spółkami koniecznym było odniesienie wartości *WS* do *W1*:

Interpretacja ekonomiczna parametru *WF* jest następująca. Jest to średni spadek efektywności 16 najlepszych systemów transakcyjnych przypadający na jednostkową stopę zwrotu najlepszego systemu transakcyjnego. System transakcyjny można uznać za stabilny dla małych wartości *WF*. Jeśli system transakcyjny cechuje się niestabilnością, wtedy mamy do czynienia z dużą różnicą stóp zwrotu między najlepszym, a szesnastym w rankingu wynikiem, co przekłada się także na dużą wartość parametru *WF*.

# Dyskusja wyników

W przypadku wszystkich rodzajów średnich (SMA, EMA i WMA), średnie ruchome, które optymalizowały system transakcyjny były głównie średnimi krótkoterminowymi – por rysunek 1. W grupie średnich krótszych niż 53-sesji odsetek średnich ruchomych SMA w przedziałach: 3-7, 8-12, 13-17, 23-27 i 43-47 był wyższy niż średnich EMA. Dla dłuższych średnich ruchomych (tj. dłuższych niż 53 sesje) tendencja ta ulega odwróceniu. W obszarze średnich długoterminowych widoczna staje się dominacja średnich WMA (w przedziałach: 183-187 i 193-197)

Rysunek . Odsetek średnich ruchomych SMA, EMA i WMA w funkcji ich długości, które optymalizowały system transakcyjny (na dola pokazana została początkowa wartość przedziału, skok przedziału 5 jednostek. Tak więc liczba 3 oznacza przedział 3-7, a liczba 13 przedział 13-17)

Źródło: opracowanie własne

Porównanie stóp zwrotu dla poszczególnych rodzajów średnich ruchomych optymalizujących system transakcyjny dla analizowanych papierów wartościowych, prowadzi do wniosku, że dla danego papieru wartościowego system transakcyjny oparty na średniej WMA przynosił najczęściej najwyższą stopę zwrotu, w stosunku do systemu wykorzystującego inne ważenia cen (SMA czy EMA) – por. tabela 1. W 54,32% przypadków maksymalna stopa zwrotu dla WMA I była wyższa od maksymalnej stopy zwrotu dla SMA I. Różnice między najlepszym systemem WMA I i EMA I były jeszcze większe, bowiem aż w 70,86% maksymalna stopa zwrotu dla WMA I była wyższa od maksymalnej stopy zwrotu dla EMA I. Z kolei konfrontacja stóp zwrotu dla SMA I i EMA I prowadzi do wniosku, że w 74,81% system bazujący na średniej ruchomej zwykłej przynosił wyższą stopę zwrotu niż system posługujący się średnią ważoną wykładniczo. Analiza powyższych wyników pozwala na stworzenie rankingu średnich ruchomych, w którym na pierwszym miejscu pod względem częstości uzyskiwania najwyższych stóp zwrotu znalazła się średnia ruchoma WMA, nieznacznie wyprzedzając średnią SMA. Z kolei na trzecim miejscu uplasowała się średnia EMA, która mniej niż w 26% analizowanych przypadków generowała najwyższą stopę zwrotu w stosunku do stóp zwrotu uzyskiwanych za pomocą systemów bazujących na SMA czy WMA.

Tabela . Odsetek przypadków kiedy stopa zwrotu ze jednej średniej była wyższa od stopy zwrotu dla drugiej średniej

|  |  |
| --- | --- |
| SMA>EMA | 74,81% |
| WMA>SMA | 54,32% |
| WMA>EMA | 70,86% |

Źródło: opracowanie własne

Maksymalna stopa zwrotu uzyskana dla średniej SMA była wyższa od maksymalnej stopy zwrotu otrzymanej z użyciem średniej EMA w 90,00% dla spółek z indeksu WIG20; 65,00% - z indeksu mWIG40; 85,19% - z indeksu sWIG80 i 71,48% - dla pozostałych spółek (tj. nie wchodzących w skład żadnego z tych indeksów). Tak więc w przypadku spółek z indeksu WIG20 wskazanym jest posługiwanie się średnią ruchomą zwykłą, podobnie jak w przypadku spółek z indeksu sWIG80. Z kolei w przypadku spółek z indeksu mWIG40 lepsze wyniki optymalizacji systemu transakcyjnego nadal uzyskiwane były dla średnich SMA, jednak odsetek średnich EMA, generując optymalne wartości dla badanej strategii inwestycyjnej był już znacznie większy niż dla spółek z indeksów WIG20 czy sWIG80.

Dla średnich SMA I i WMA I, najwyższy odsetek przypadków, kiedy maksymalna stopa zwrotu z użyciem pierwszej średniej była wyższa niż maksymalna stopa zwrotu z wykorzystaniem drugiej średniej, odnotowano dla spółek z indeksu WIG20 (50%) przed spółkami nie wchodzącymi w skład żadnego z indeksów (48,29%) i spółkami z indeksów sWIG80 (43,21%) i mWIG40 (30,00%). W przypadku średnich EMA I i WMA I stopy zwrotu uzyskane z wykorzystaniem tej drugiej średniej były wyższe dla wszystkich indeksów niż przy zastosowaniu średniej pierwszej: WIG20 – 75%, mWIG40 – 60%, sWIG80 – 77,78% i pozostałe spółki – 69,96%. Otrzymane wyniki potwierdzają wcześniej sporządzony ranking średnich ruchomych: WMA przed SMA i EMA, jak również pozwalają zauważyć fakt, że różnice stóp zwrotu między systemami opartymi o WMA i SMA nie są tak duże, jak między stopami zwrotu w systemach, w których jedną średnią jest WMA lub SMA, zaś drugą EMA.

Dominacja WMA nad SMA i EMA pod względem najwyższego odsetka maksymalnych stóp zwrotu jest również widoczna w przypadku podziału spółek na siedem sektorów branżowych – por rysunek 2. W przypadku średnich WMA i SMA jedynie dla sektorów Chemia i Dobra konsumpcyjne odsetek najwyższych stóp zwrotu uzyskanych za pomocą średniej SMA był zbliżony do odsetka najwyższych stóp zwrotu osiągniętych z wykorzystaniem średniej WMA. Z kolei zestawienie wyników dla par SMA i EMA oraz WMA i EMA prowadzi do jednoznacznych wniosków: dla wszystkich sektorów odsetek najwyższych stóp zwrotu był wyższy dla średniej SMA niż EMA oraz średniej WMA niż EMA.

Rysunek . Odsetek przypadków, kiedy stopa zwrotu z systemu transakcyjnego używającego jednego rodzaju średniej była wyższa od stopy zwrotu dla systemów wykorzystującego drugą średnią.

Źródło: opracowanie własne

Długości średnich SMA i EMA optymalizujące system transakcyjny są ze sobą skorelowane w stopniu równym 0,6201; zaś średnich SMA i WMA w stopniu 0,6903. Najniższą wartości współczynnika korelacji odnotowano dla długości średnich EMA i WMA (0,6112) – por. tabela 2. Wartość współczynnika korelacji średnich ruchomych SMA i EMA, które dały drugie najwyższe wyniki optymalizacji systemu jest równa 0,6842. Dla pozostałych par średnich, generujących najwyższe stopy zwrotu, wartości współczynnika korelacji wyniosły 0,6205 (SMA i WMA) oraz 0,5554 (EMA i WMA). Zależności między długościami średnich ruchomych SMA I i EMA I, jako przykładowe zostały pokazane na rysunku 3, zaś między SMA II i EMA II – na rysunku 4.

Tabela . Wartości współczynników korelacji długości najlepszych i drugich najlepszych średnich ruchomych

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I średnia | | | II średnia | | |
|  | SMA | EMA | WMA | SMA | EMA | WMA |
| SMA | 1 | 0,6201 | 0,6903 | 1 | 0,6842 | 0,6205 |
| EMA |  | 1 | 0,6112 |  | 1 | 0,5554 |
| WMA |  |  | 1 |  |  | 1 |

Źródło: opracowanie własne

Rysunek . Zależności między długościami średnich ruchomych SMA I (oś odciętych) i EMA I (oś rzędnych) dla wszystkich analizowanych spółek

Źródło: opracowanie własne

Rysunek . Zależności między długościami średnich ruchomych SMA II (oś odciętych) i EMA II (oś rzędnych) dla wszystkich analizowanych spółek

Źródło: opracowanie własne

Z kolei wartość współczynnika korelacji najwyższych stóp zwrotu uzyskanych przez system transakcyjny dla średnich SMA oraz EMA jest bardzo wysoka i równa 0,9972 i niewiele większa niż dla współczynnika korelacji stóp zwrotu systemów transakcyjnych opartych na SMA i WMA (0,9966) czy EMA i WMA (0,9968). Ten sam współczynnik korelacji obliczony dla 16-tych stóp zwrotu w rankingu systemów transakcyjnych dla średnich SMA i EMA wyniósł 0,9943 i ponownie był najwyższy spośród współczynników korelacji stóp zwrotu dla systemów z wykorzystaniem SMA i WMA (0,9831) oraz EMA i WMA (0,9808). Na rysunkach 5 i 6 zamieszczone zostały przykłady zależności między stopami zwrotu dla EMA I i SMA I oraz EMA XVI i SMA XVI, dla wszystkich analizowanych walorów.

Tabela . Wartości współczynników korelacji stóp zwrotu dla najlepszych i XVI najlepszych systemów transakcyjnych

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I Wyniki | | | | XVI Wyniki | | |
|  | SMA | EMA | WMA | SMA | EMA | WMA |
| SMA | 1 | 0,9972 | 0,9966 | 1,0000 | 0,9943 | 0,9831 |
| EMA |  | 1 | 0,9968 |  | 1 | 0,9808 |
| WMA |  |  | 1 |  |  | 1 |

Źródło: opracowanie własne

Rysunek . Zależność między stopami zwrotu dla najlepszych systemów transakcyjnych (EMA I i SMA I)

Źródło: opracowanie własne

Rysunek . Zależność między stopami zwrotu dla szesnastych najlepszych systemów transakcyjnych (EMA XVI i SMA XVI)

Źródło: opracowanie własne

## Ranking skuteczności systemów transakcyjnych wykorzystujących średnie ruchome

Ranking skuteczności systemów transakcyjnych sporządzony została na dwa sposoby:

1. W wyniku przeprowadzonych obliczeń dla każdego papieru wartościowego uzyskane zostały trzy długości średnich SMA, EMA i WMA, które optymalizowały system transakcyjny dając trzy stopy zwrotu: rSMA I, rEMA I i rWMA I (są to zatem najwyższe stopy zwrotu dla każdego papieru wartościowego, uzyskane z wykorzystaniem średnich SMA, EMA i WMA). Najwyższej stopie zwrotu, spośród stóp rSMA I, rEMA I i rWMA I,przypisany został ranking I, drugiej najwyższej ranking II, a najniższej – ranking III. Następnie dokonano sumowania po wszystkich analizowanych papierach wartościowych. Ta średnia (SMA, EMA lub WMA), która uzyskała najniższą (najwyższą) sumę, została skalsyfikowana na miejscu pierwszym (trzecim).
2. Z uwagi na fakt, iż ranking sporządzony w punkcie pierwszym nie uwzględnia różnic w stopach zwrotu dla poszczególnych średnich dla tego samego papieru wartościowego, niezbędnym było stworzenie rankingu pozbawionego takiej wady. Dla danego papieru wartościowego, średniej ruchomej SMA przypisana została waga:

Analogicznie przypisane zostały wagi pozostałym średnim ruchomym: *wEMA* i *wMWA*. W kolejnym kroku wagi *wSMA*, *wEMA* i *wMWA* zostały zsumowane po wszystkich analizowanych papierach wartościowych, a następnie sporządzono ranking poszczególnych średnich zgodnie z zasadą, że najwyższą wartość w rankingu ma średnia o największej wartości sumy wag.

Uzyskane wyniki zaprezentowane zostały w tabelach 4 i 5. Wnioski płynące z obu rankingów są analogiczne: najlepszą średnią ruchomą okazała się być średnia WMA, wyprzedzając SMA i EMA. Analizując sumy punktów uzyskane za pomocą metody I i sumy wag (metoda II) można zauważyć, że różnica efektywności systemów transakcyjnych bazujących na WMA i na SMA jest zdecydowanie mniejsza od różnicy efektywności systemów transakcyjnych wykorzystujących takie pary średnich jak: (1) SMA i EMA oraz (2) WMA i EMA.

Tabela . Sumy uzyskane przy przeprowadzeniu rankingu za pomocą I i II metody

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | SMA | EMA | WMA |
| Metoda I | 731 | 995 | 678 |
| Metoda II | 135,93 | 126,53 | 140,54 |

Źródło: opracowanie własne

Tabela . Ranking średnich ruchomych otrzymany za pomocą metody I i II

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | SMA | EMA | WMA |
| Metoda I | II | III | I |
| Metoda II | II | III | I |

Źródło: opracowanie własne

## Analiza stabilności systemów transakcyjnych

Istnieje wiele sposobów analizy stabilności systemów transakcyjnych. Jednym z nich jest obserwacja długości średnich, które utworzyły system transakcyjny o najwyższej i drugiej najwyższej stopie zwrotu. W przypadku, gdy systemy transakcyjne są stabilne, długości obu średnich powinny być zbliżone do siebie zgodnie z rozumowaniem, że niewielka zmiana długości średniej prowadzi do nieco gorszego wyniku inwestycyjnego. Przy takim podejściu współczynnik korelacji długości obu średnich dla najlepszych i drugich najlepszych systemów transakcyjnych (dla wszystkich analizowanych walorów) powinien być wartością znaczącą. Gdyby jednak systemy były mało stabilne, wtedy długości średniej ruchomej w drugim najlepszym systemie transakcyjnym znacząco różniłyby by się od długości średniej w systemie przynoszącym najwyższą stopę zwrotu. Zależności między długościami średnich ruchomych SMA, EMA i WMA dla dwu najlepszych systemów transakcyjnych, dla każdej ze średnich zostały pokazane na rysunkach 7-9.

Rysunek . Zależności między długościami średnich ruchomych SMA dla dwu najlepszych systemów transakcyjnych (na osi odciętych długości SMA I, a na osi rzędnych długości SMA II)

Źródło: opracowanie własne

Rysunek . Zależności między długościami średnich ruchomych EMA dla dwu najlepszych systemów transakcyjnych (na osi odciętych długości EMA I, a na osi rzędnych długości EMA II)

Źródło: opracowanie własne

Rysunek . Zależności między długościami średnich ruchomych WMA dla dwu najlepszych systemów transakcyjnych (na osi odciętych długości WMA I, a na osi rzędnych długości WMA II)

Źródło: opracowanie własne

Dane dotyczące regresji liniowej długości średnich SMA przynoszących najwyższe stopy zwrotu (SMA I i II), średnich EMA (EMA I i II) i WMA (WMA I i II) zostały zamieszczone w tabeli 6. Wartość współczynnika R2 dla długości par poszczególnych średnich nie przekraczają wartości 0,5 – por tabela 6. Fakt ten upoważnia do wyciągnięcia wniosku, że dla danego papieru wartościowego, na podstawie znajomości długości średniej optymalizującej system transakcyjny, wyznaczenie długości najlepszej średniej innego rodzaju (np. wyznaczenie na podstawie SMA I wartości EMA I czy WMA I) jest obarczone dużym błędem. Z większą dokładnością można na podstawie znajomości długości średniej optymalizującej uzyskać długość drugiej najlepszej średniej ruchomej. Wartość R2 dla długości średnich EMA I i II jest równa 0,7246 i wyższa niż wartość tego samego współczynnika dla WMA I i II (0,7071) oraz SMA I i II (0,6224), co może świadczyć o większej stabilności systemów wykorzystujących wykładniczo ważone średnie ruchome niż średnie ważone liniowo oraz zwykłe średnie.

Tabela . Wartość współczynnika regresji R2 dla par średnich ruchomych

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Średnie | SMA I/ EMA I | SMA I/WMA II | EMA I/WMA I |
| R2 | 0,3844 | 0,4772 | 0,3744 |
| Średnie | SMA II/ EMA II | SMA II/WMA II | EMA II/ WMA II |
| R2 | 0,4681 | 0,3852 | 0,3086 |
| Średnie | SMA I/ SMA II | EMA I/ EMA II | WMA I/ WMA II |
| R2 | 0,6224 | 0,7246 | 0,7071 |

Źródło: opracowanie własne

Analiza stóp zwrotu dla najlepszych i systemów transakcyjnych, które przyniosły 16-stą pod względem wielkości stopę zwrotu, wykazuje wysokie wartości współczynników R2, w przypadku kiedy pierwsza i druga średnia są tego samego rzędu (tzn. najlepszą albo 16-stą pod względem efektywności). Wartości wszystkich współczynników R2 są wyższe niż 0,96; a najwyższa wartość równa 0,9945 została odnotowana dla pary r-SMA(1) i r-EMA(1). Ostatnia linijka tabeli 7 dowodzi, że tworzenie modelu polegające na wyznaczeniu 16-stej pod względem efektywności stopy zwrotu dla tego samego typu średniej, na podstawie najwyższej stopy zwrotu, jest obarczone dużym błędem.

Tabela . Wartość współczynnika regresji R2 dla stóp zwrotu średnich KMA X

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Wartości WF | rSMA I, rEMA I | rSMA I, rWMA I | rEMA I, rWMA I |
| R2 | 0,9945 | 0,9930 | 0,9934 |
| Wartości WF | rSMA XVI, rEMA XVI | rSMA XVI, rWMA XVI | rEMA XVI, rWMA XVI |
| R2 | 0,9886 | 0,9663 | 0,9619 |
| Wartości WF | rSMA I, rSMA XVI | rEMA I, rEMA XVI | rWMA I, rWMA XVI |
| R2 | 0,2966 | 0,3597 | 0,4084 |

Źródło: opracowanie własne

Analiza stabilności systemów transakcyjnych za pomocą miary WF również prowadzi do wniosku, że były one stosunkowo stabilne – rysunek 10. Przy czym systemy bazujące na średnich WMA okazały się być bardziej stabilne niż te, w których zastosowano EMA czy SMA, bowiem w przypadku średnich wykorzystujących SMA odsetek współczynników WF większych niż minus 2% wynosił 84%, zaś dla systemów opartych o EMA był on równy 87%, a dla systemów używających średnich WMA uplasował się na poziomie 89%. Wniosek ten jest zgodny z informacjami płynącymi z tabeli 6.

Rysunek . Częstość występowania strat WF dla systemów wykorzystujących średnie ruchome (wartość na dolnej osi reprezentuje dolną granicę przedziału, szerokość przedziału 0,5 pkt. proc.)

Źródło: opracowanie własne

# Zakończenie

Zaprezentowane w artykule podejście do oceny efektywności systemów transakcyjnych bazujących na średnich ruchomych należy uznać za spojrzenie globalne, niejako ze statystycznego punktu widzenia. Należy jednak pamiętać, że w przypadku pojedynczej akcji należy zastosować podejście indywidualne, a otrzymane wyniki mogą odbiegać o zaprezentowanych w artykule wniosków, co można uznać za cechę indywidulaną papieru wartościowego. Przeprowadzona analiza pozwala na wyciągnięcie dwu najważniejszych wniosków, które można skonfrontować z rezultatami zamieszczonymi w innych publikacjach.

Po pierwsze, w przypadku wszystkich rodzajów średnich ruchomych, średnimi, które optymalizowały systemy transakcyjne były średnie krótkoterminowe. Fakt ten w pewien sposób potwierdza naturalną skłonność inwestorów do przeprowadzania raczej transakcji spekulacyjnych niż długoterminowych (bliższych strategii „kup i trzymaj”). Otrzymany wynik jest zgodny z rezultatami przedstawionymi przez Letkowskiego a także przez Filara i Kąkola. Zdaniem tego pierwszego, w przypadku określonej grupy spółek notowanych na GPW w Warszawie, najlepsze wyniki uzyskać można było posługując się średnią ruchomą 10-sesyjną, która była najkrótszą spośród wszystkich długości średnich testowanych przez autora[[39]](#footnote-39). Z kolei Filar i Kąkol udowodnili wyższą skuteczność średnich krótkoterminowych niż długoterminowych dla indeksu WIG20 i wybranych, wchodzących w jego skład.

Po drugie najlepsze wyniki inwestycyjne można było osiągnąć przy zastosowaniu średniej ruchomej WMA, która w przeprowadzonych pod względem wielu kategorii rankingach plasowała się nieznacznie przed średnią SMA. Obie te średnie znacznie wyprzedzały w tych samych rankingach średnią EMA. Dla średnich EMA i SMA, otrzymane rezultaty potwierdzają badania Hochheimera[[40]](#footnote-40), a są niezgodne z tym co twierdził w swojej pracy Appel[[41]](#footnote-41). Uzyskane w artykule rezultaty częściowo są zgodne z wnioskami, jakie wysnuła Górska. Jej zdaniem najbardziej skuteczną dla indeksu WIG-Chemia okazała się średnia ruchoma EMA, co jest sprzeczne z wynikami uzyskanymi w tym artykule. Z kolei najwyższy zysk dla indeksu WIG-Spożywczy, wg Górskiej przyniosła SMA, co jest zgodne z wynikami tego artykułu[[42]](#footnote-42). Należy jednak pamiętać, że autorka bazowała jedynie na średnich SMA i EMA oraz o tym, że w międzyczasie (tj. od 2008 r. do 31.03.2019) zmianie uległa nazwa indeksu (z WIG-Chemia na WIG-Chemia i surowce) oraz jego skład.

Ograniczeniem przeprowadzonego badania są różne horyzonty inwestycyjne dla poszczególnych walorów. Z jednej strony przyjęcie długiego horyzontu inwestycyjnego (5 tys. sesji) ma uwiarygodnić uzyskiwane wyniki badań, eliminując z nich pierwiastek przypadkowości. Z drugiej jednak nie jest możliwym przeanalizowanie tak dużej liczby walorów (404) w tak długich interwałach czasowych, co utrudnia porównanie uzyskanych wyników.

Przeprowadzone badania powinny w przyszłości objąć także inne klasy aktywów, jak np. surowce i towary (*commodities*) czy powinny uwzględnić inne, bardziej złożone miary stabilności systemów transakcyjnych.

# Bibliografia

Achelis S., Analiza techniczna od A do Z, Wydawnictwo LT&P, Warszawa 1998.

Appel G., Technical analysis power tools for active investors, Prentice Hall Publishing, New York 2005.

Aronson D., Evidence-based technical analysis, John Wiley & Sons, Hoboken 2007.

Bolton J., von Boetticher S., Momentum trading on the Johannesburg Stock Exchange after the Global Financial Crisis, “Procedia Economics and Finance”, 24, 2015, s. 83-92.

Brock W., Lakonishok H., LeBaron B., Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns, “Journal of Finance”, vol. 53, 1998, s. 1311-1333.

Czuba M., Kaszuba B., Porównanie efektów stosowania średnich ruchomych w analizie finansowych szeregów czasowych polskiego rynku akcji, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki o Finansach”, Vol. 75, 2009, s. 22-35.

Faber M., A Quantitative Approach to Tactical Asset Allocation, „Journal of Wealth Management”, Vol. 9, 2007, s. 69-79.

Fifiled S., Power D., Knipe D., The Performance of Moving Average Rules in Emerging Stock Markets, “Applied Financial Economics”, Vol. 18, 2008, s. 151-153.

Filar W., Kąkol W., Znaczenie średnich ruchomym w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych na giełdzie, „Modern Management Review”, Vol. 18, 20, 2013, s. 31-41.

Gatley E., Cena i czas. Zarys metod analizy technicznej, WIGPRESS, Warszawa 1999.

Górska A., Wykorzystanie strategii inwestycyjnych opartych na analizie technicznej do handlu towarami z WGT SA, „Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego,” Problemy Rolnictwa Światowego, Vol. 26, 11, 2011, s. 67-76.

Górska A., Zastosowanie narzędzi analizy technicznej w bezpośrednim i pośrednim inwestowaniu w towary, „Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego”, Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywności, Vol. 71, 2008, s. 53-65.

Grebenkov D., Serror J., Following a trend with a exponential moving average: analytical results for a Gaussian model, “Physica” A, Vol. 394, 2014, s. 288-303.

Gwilym O., Clare A., Seaton J., Thomas S., Price and Momentum as Robust Tactical Approaches to Global Equity Investing, “Journal of Investing”, Vol. 19, 2010, s. 80-91.

Hochheimer C., Computers can help you to trade the futures markets, Commodity Yearbook, Commodity Research Bureau, New York 1978.

Juszczuk P., Kozak J., Paradygmat programowania proceduralnego w procesie budowy systemów automatycznych bazujących na średnich kroczących, „Studia Informatica Pomerania”, Vol. 39, 2016, s. 25-35.

Kaufman P., Commodity trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 1978.

Kaufman P., Trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 2013.

Keltner C., How to Make Money in Commodities, The Keltener Statistical Service, Kansas City 1960.

Kilgallen T., Testing the Simple Moving Average Across Commodities, Global Stock Indices, and Currencies, “Journal of Wealth Management”, Vol. 15, 2012, s. 82-100.

Letkowski D., Wykorzystanie średnich ruchomych w analizie inwestycji giełdowych – dobór modelu i długość próby, „Acta Universitatis Lodziensis”, Folia Oeconomica, Vol. 301, 2, 2014, s. 167-177.

Mastalerz-Kodzis A., Zastosowanie funkcji Höldera w modelu FRAMA, „Studia Ekonomiczne”, Vol. 159, 2013, s. 73-81.

1. Mitra S., Usefulness of moving average based trading rules in India, “International Journal of Business and Management”, Vol. 6, 7, 2011, s. 199-206.

Moskowitz T., Ooi Y., Pedersen L., Time Series Momentum, „Journal of Financial Economics”, Vol. 104, 2012, s. 228-250.

Murphy J., Analiza techniczna, WIG-PRESS, Warszawa 1995.

Nisson S., Świece i inne japońskie metody analizowania wykresów, WIG-PRESS, Warszawa 1996.

Nowakowski J., Borowski K., Zastosowanie teorii Carolana i Fischera na rynku kapitałowym, Difin, Warszawa 2005.

Pring M., Podstawy analizy technicznej, WIG-PRESS, Warszawa 1998.

Raudys A., Pabarskaite Z., Optimising the smoothness and accuracy of moving average for stock price data, “Technological and Economic Development of Economy”, Vol. 24, 3, 2018, s. 984-1003.

Salamaga P., Zastosowanie metody średniej kroczącej do badania zyskowności inwestycji na polskim rynku kapitałowym, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki o Finansach”, Vol. 323, 2013, s. 298-307.

Skalrew A., Technical of Professional Commodity Chart Analysis, Commodity Research Bureau, New York 1980.

Tarczyński W., Łuniewska M., Dywersyfikacja ryzyka na polskim rynku kapitałowym, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2004.

Witkowska D., Matuszewska A., Kompa K., Wprowadzenie do ekonometrii dynamicznej i finansowej, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008.

# Streszczenie

W artykule zamieszczone zostały wynik optymalizacji systemów transakcyjnych bazujących na przecięciu średniej ruchomej i ceny zamknięcia (sygnał kupna i sprzedaży) dla 404 akcji notowanych na GPW w Warszawie. Dla każdego waloru badaniem objętych zostało 5 tys. sesji lub mniej, jeśli akcje były notowane w krótszym horyzoncie czasowym. Użytymi w badaniu rodzajami średnich były: zwykła średnia ruchoma (SMA), liniowo ważona (WMA) i ważona wykładniczo (EMA). Otrzymane rezultaty jednoznacznie wskazują, że w przypadku wszystkich rodzajów średnich, systemy transakcyjne były optymalizowane w przeważającej większości przez średnie krótkoterminowe, co potwierdza behawioralną skłonność inwestorów do zawierania transakcji raczej o zabarwieniu spekulacyjnym niż inwestycyjnym. Przeprowadzony ranking skuteczności trzech rodzajów średnich ruchomych; WMA, SMA i EMA jednoznacznie wskazał, że w przeważającej części najwyższe stopy zwrotu były uzyskiwane przy zastosowaniu WMA, przed SMA i EMA. Różnice skuteczności systemów opartych o WMA i SMA były niewielkie, za to systemy bazujące na tych dwu średnich ruchomych okazały się być zdecydowanie bardziej efektywne od systemów wykorzystujących EMA.

**Słowa kluczowe:** analiza techniczna, średnie ruchome, systemy transakcyjne

# Summary

The article presents the result of optimization of transaction systems based on the intersection of the moving average and the closing price (signal of purchase and sale) for 404 shares listed on the Warsaw Stock Exchange. For each equity, the survey covered 5,000 session or less if shares were traded in a shorter time horizon. The moving average types used in the study were: Simple Moving Average (SMA), Linearly weighted (WMA) and Exponentially weighed (EMA). The obtained results clearly indicate that for all types of averages, transaction systems were optimized in the vast majority by sort-term averages, which confirms the investors' tendency to proceed transactions with a speculative rather than investment bias. Conducted ranking of the effectiveness of three types of moving averages; WMA, SMA and EMA unambiguously indicated that for the most part the highest rates of return were obtained for transaction systems based on WMA, before SMA and EMA. The differences in the effectiveness of trading systems based on WMA and SMA were small, but systems using these two types of moving averages proved to be much more efficient than systems based on EMA.

**Keywords:** technical analysis, moving averages, transaction systems

1. C. Keltner, How to Make Money in Commodities, The Keltener Statistical Service, Kansas City 1960. [↑](#footnote-ref-1)
2. A. Raudys, Z. Pabarskaite, Optimising the smoothness and accuracy of moving average for stock price data, Technological and Economic Development of Economy, Vol. 24, 3, 2018, s. 984-1003. [↑](#footnote-ref-2)
3. D. Witkowska, A. Matuszewska, K. Kompa, Wprowadzenie do ekonometrii dynamicznej i finansowej, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008, s. 164-165. [↑](#footnote-ref-3)
4. S. Nisson, Świece i inne japońskie metody analizowania wykresów, WIG-PRESS, Warszawa 1996, s. 147-148 oraz J. Murphy, Analiza techniczna, WIG-PRESS, Warszawa 1995, s. 247, a także M. Pring, Podstawy analizy technicznej, WIG-PRESS, Warszawa 1998, s. 97-99. [↑](#footnote-ref-4)
5. A. Skalrew, Technical of Professional Commodity Chart Analysis, Commodity Research Bureau, New York 1980. [↑](#footnote-ref-5)
6. J. Nowakowski, K. Borowski, Zastosowanie teorii Carolana i Fischera na rynku kapitałowym, Difin, Warszawa 2005, s. 33-35. [↑](#footnote-ref-6)
7. D. Witkowska, A. Matuszewska, K. Kompa, Wprowadzenie do ekonometrii dynamicznej i finansowej, Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2008, s. 164-165. [↑](#footnote-ref-7)
8. J. Murphy, Analiza techniczna, WIG-PRESS, Warszawa 1995, s. 248-250 [↑](#footnote-ref-8)
9. P. Kaufman, Commodity trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 1978, s. 66-67. [↑](#footnote-ref-9)
10. P. Kaufman, Commodity trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 1978, s. 58-59. [↑](#footnote-ref-10)
11. P. Kaufman, Commodity trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 1978, s. 64-66. [↑](#footnote-ref-11)
12. P. Kaufman, Commodity trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 1978, s. 60. [↑](#footnote-ref-12)
13. D. Aronson, Evidence-based technical analysis, John Wiley & Sons, Hoboken 2007, s. 25-27. [↑](#footnote-ref-13)
14. P. Kaufman, Trading systems and methods, John Wiley & Sons, New York 2013, s. 289-293 oraz A. Mastalerz-Kodzis, Zastosowanie funkcji Höldera w modelu FRAMA, “Studia Ekonomiczne”, Vol. 159, 2013, s. 73-81. [↑](#footnote-ref-14)
15. D. Grebenkov, J. Serror, Following a trend with a exponential moving average: analytical results for a Gaussian model, Physica A, Vol. 394, 2014, s. 288-303. [↑](#footnote-ref-15)
16. M. Pring, Podstawy analizy technicznej, WIG-PRESS, Warszawa 1998, s. 100. [↑](#footnote-ref-16)
17. E. Gatley, Cena i czas. Zarys metod analizy technicznej, WIGPRESS, Warszawa 1999, s. 37. [↑](#footnote-ref-17)
18. S. Achelis, Analiza techniczna od A do Z, Wydawnictwo LT&P, Warszawa 1998, s. 26. [↑](#footnote-ref-18)
19. D. Letkowski, Wykorzystanie średnich ruchomych w analizie inwestycji giełdowych – dobór modelu i długość próby, „Acta Universitatis Lodziensis”, Folia Oeconomica, Vol. 301, 2, 2014, s. 167-177. [↑](#footnote-ref-19)
20. W. Tarczyński, M. Łuniewska, Dywersyfikacja ryzyka na polskim rynku kapitałowym, Wydawnictwo Placet, Warszawa 2004, s. 17-18. [↑](#footnote-ref-20)
21. W. Brock, H. Lakonishok, B. LeBaron, Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns, “Journal of Finance”, vol. 53, 1998, s. 1311-1333. [↑](#footnote-ref-21)
22. M. Faber, A Quantitative Approach to Tactical Asset Allocation, „Journal of Wealth Management”, Vol. 9, 2007, s. 69-79. [↑](#footnote-ref-22)
23. O. Gwilym, A. Clare, J. Seaton, S. Thomas, Price and Momentum as Robust Tactical Approaches to Global Equity Investing, “Journal of Investing”, Vol. 19, 2010, s. 80-91. [↑](#footnote-ref-23)
24. T. Moskowitz, Y. Ooi, L. Pedersen, Time Series Momentum, „Journal of Financial Economics”, Vol. 104, 2012, s. 228-250. [↑](#footnote-ref-24)
25. T. Kilgallen, Testing the Simple Moving Average Across Commodities, Global Stock Indices, and Currencies, “Journal of Wealth Management”, Vol. 15, 2012, s. 82-100. [↑](#footnote-ref-25)
26. S. Fifiled, D. Power, D. Knipe, The Performance of Moving Average Rules in Emerging Stock Markets, “Applied Financial Economics”, Vol. 18, 2008, s. 151-153. [↑](#footnote-ref-26)
27. J. Bolton, S. von Boetticher, Momentum trading on the Johannesburg Stock Exchange after the Global Financial Crisis, Procedia Economics and Finance, 24, 2015, s. 83-92. [↑](#footnote-ref-27)
28. S. Mitra, Usefulness of moving average based trading rules in India, “International Journal of Business and Management”, Vol. 6, 7; 2011, s. 199-206. [↑](#footnote-ref-28)
29. C. Hochheimer, Computers can help you to trade the futures markets, Commodity Yearbook, Commodity Research Bureau, New York 1978. [↑](#footnote-ref-29)
30. G. Appel, Technical analysis power tools for active investors, Prentice Hall Publishing, Noe York 2005. [↑](#footnote-ref-30)
31. W. Filar, W. Kąkol, Znaczenie średnich ruchomym w podejmowaniu decyzji inwestycyjnych na giełdzie, „Modern Management Review”, Vol. 18, 20, 2013, s. 31-41. [↑](#footnote-ref-31)
32. P. Juszczuk, J. Kozak, Paradygmat programowania proceduralnego w procesie budowy systemów automatycznych bazujących na średnich kroczących, „Studia Informatica Pomerania”, Vol. 39, 2016, s. 25-35. [↑](#footnote-ref-32)
33. P. Salamaga, Zastosowanie metody średniej kroczącej do badania zyskowności inwestycji na polskim rynku kapitałowym, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki o Finansach”, Vol. 323, 2013, s. 298-307. [↑](#footnote-ref-33)
34. M. Czuba, B. Kaszuba, Porównanie efektów stosowania średnich ruchomych w analizie finansowych szeregów czasowych polskiego rynku akcji, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nauki o Finansach”, Vol. 75, 2009, s. 22-35. [↑](#footnote-ref-34)
35. A. Górska, Wykorzystanie strategii inwestycyjnych opartych na analizie technicznej do handlu towarami z WGT SA, „Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego”, Problemy Rolnictwa Światowego, Vol. 26, 11, 2011, s. 67-76. [↑](#footnote-ref-35)
36. A. Górska, Zastosowanie narzędzi analizy technicznej w bezpośrednim i pośrednim inwestowaniu w towary, „Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego”, Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywności, Vol. 71, 2008, s. 53-65. [↑](#footnote-ref-36)
37. D. Letkowski, Wykorzystanie średnich ruchomych w analizie inwestycji giełdowych – dobór modelu i długość próby, „Acta Universitatis Lodziensis”, Folia Oeconomica, Vol. 301, 2, 2014, s. 167-177. [↑](#footnote-ref-37)
38. Wybranie długiego horyzontu inwestycyjnego złożonego z pięciu tysięcy sesji ma przyczynić się do wyeliminowania przypadkowości w uzyskiwanych wynikach badań. [↑](#footnote-ref-38)
39. D. Letkowski, Wykorzystanie średnich ruchomych w analizie inwestycji giełdowych – dobór modelu i długość próby, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica, Vol. 301, 2, 2014, s. 167-177. [↑](#footnote-ref-39)
40. C. Hochheimer, Computers can help you to trade the futures markets, Commodity Yearbook, Commodity Research Bureau, New York 1978. [↑](#footnote-ref-40)
41. G. Appel, Technical analysis power tools for active investors, Prentice Hall Publishing, Noe York 2005. [↑](#footnote-ref-41)
42. A. Górska, Zastosowanie narzędzi analizy technicznej w bezpośrednim i pośrednim inwestowaniu w towary, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywności, Vol. 71, 2008, s. 53-65. [↑](#footnote-ref-42)