

---

A N N A L E S  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN – POLONIA

VOL. L, 4

SECTIO H

2016

---

\* Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie. Wydział Finansów i Prawa

\*\* Departament Aktuariatu Finansowego i Reasekuracji, Generali Życie T.U. S.A.

ELŻBIETA ANIELA KUBIŃSKA\*, TOMASZ WIRA\*\*

kubinska@uek.krakow.pl, tomaszwira91@gmail.com

---

*Fenomen analizy technicznej w świetle modeli agentowych\**

---

Technical Analysis Phenomenon in the Light of Agent-Based Modeling

**Słowa kluczowe:** analiza techniczna; finanse behawioralne; modele agentowe

**Keywords:** technical analysis; behavioral finance; agent based modelling

**Kod JEL:** G14; G17; C69

## Wstęp

Analiza techniczna jest zbiorem technik dających inwestorom sygnały kupna lub sprzedaży na podstawie historycznych notowań i wolumenu obrotu. Klasyczne podejście do analizy technicznej opiera się na trzech założeniach zaproponowanych przez Murphy'ego [1999, s. 2–5]. Pierwsze założenie analizy technicznej mówi, że rynek dyskontuje wszystko; drugie, że ceny podlegają trendom; trzecie, że historia się powtarza. W myśl pierwszego założenia zwolennicy analizy technicznej wierzą, że wszelkie czynniki wpływające na cenę są już uwzględnione w kursie. Ponadto ceny podlegają trendom i w związku z tym im szybciej rozpoznają tworzący się trend, tym większe mogą zrealizować zyski. Ostatnie założenie, mówiące o tym, że historia się powtarza, opiera się na powtarzalności ludzkich zachowań. Pozwala ono analitykom technicznym rozpoznawać formacje w bieżących notowaniach

---

\* Artykuł opracowany w ramach badań statutowych UEK (temat projektu: „Mikro- i makroekonomiczne uwarunkowania rynków finansowych” cz. 3).

i następnie efektywnie prognozować przyszłe kursy. Możliwość wygenerowania ponadprzeciętnych zysków przy użyciu narzędzi analizy technicznej jest anomalią, przeczy hipotezie efektywności rynków finansowych Fama [1970], która zakłada, że ceny aktywów odzwierciedlają w pełni dostępną informację, co implikuje, że inwestorzy nie mogą uzyskiwać w sposób trwały ponadprzeciętnych stóp zwrotu, osiąganie ponadprzeciętnych zysków jest nieodłącznie powiązane z podejmowaniem większego ryzyka.

Celem niniejszego artykułu jest wskazanie przyczyn popularności narzędzi analizy technicznej oraz zbadanie jej wpływu na kształtowanie się cen akcji za pomocą wybranego modelu agentowego. Jako przykład zastosowania modelowania agentowego zostanie podjęta próba weryfikacji hipotezy mówiącej o tym, że okresy względnie wyższej zmienności ceny aktywa są powiązane z większą aktywnością inwestorów stosujących analizę techniczną.

## 1. Fenomen analizy technicznej

Jedne z pierwszych badań nad efektywnością analizy technicznej wskazują na brak jej efektywności. Fama i Blume [1966] wskazali, że strategia kup i trzymaj dawała lepsze wyniki niż reguła filtracji użyta do identyfikacji trendu, wprowadzona przez Aleksandra [1961]. W świetle hipotezy efektywności rynku [Fama, 1970], nawet w jej najsłabszej formie mówiącej o tym, że ceny papierów wartościowych w pełni odzwierciedlają informacje zawarte w historycznych notowaniach i wolumenie, narzędzia analizy technicznej są bezużyteczne. Ostatnie publikacje dotyczące rynku walutowego oraz rynku kontraktów terminowych wskazują na efektywność narzędzi analizy technicznej na tych rynkach [Park, Irwin, 2007]. Charlebois i Sapp piszą: „Chociaż rynek walutowy jest uważany za jeden z najbardziej efektywnych rynków finansowych, to istnieją istotne wyniki wskazujące na to, że analiza techniczna przynosi zyski na tych rynkach” [Charlebois, Sapp, 2007, s. 443]<sup>1</sup>.

Anomalia, jaką jest obserwowana zyskowność narzędzi analizy technicznej, może zostać wyjaśniona za pomocą adaptacyjnej hipotezy rynku zaproponowanej przez Lo [2004]. Zgodnie z tą teorią skuteczność strategii inwestycyjnych zależy od środowiska, którym może być np. rynek walutowy, regulowany rynek akcji lub rynek prowadzony w formie alternatywnego systemu obrotu. Inne założenia adaptacyjnej hipotezy rynku mówią, że relacja między stopą zwrotu a ryzykiem istnieje, lecz może być niestabilna w czasie, dodatkowo mogą pojawić się na rynku możliwości arbitrażu. Najważniejszym celem uczestników rynku zgodnie z adaptacyjną hipotezą rynku jest przetrwanie, innowacje w strategiach inwestycyjnych mogą dać przewagę

---

<sup>1</sup> Orginalne sformułowanie: “Although the foreign exchange market is believed to be one of the most efficient financial markets in the world, there is significant evidence that technical analysis is profitable in this market”.

konkurencyjną nad innymi uczestnikami rynku. Inwestorzy, aby przetrwać, muszą się dostosować do zmieniających się warunków inwestycyjnych. Obserwowana zyskowość metod analizy technicznej na wybranych rynkach jest sprzeczna z hipotezą rynków efektywnych Famy [1970], nawet w słabej formie, nie jest jednak anomalią w świetle adaptacyjnej hipotezy rynku, zgodnie z którą analiza techniczna może przynosić ponadprzeciętne zyski na rynku walutowym [Neely, Weiler, Ulrich, 2009].

Fenomen analizy technicznej jest związany nie tylko z jej efektywnością na wybranych rynkach, ale również z jej ogromną popularnością. Menkhoff i Taylor [2006] wskazują na cztery przyczyny popularności analizy technicznej wśród traderów rynku walutowego:

- odzwierciedla nieracjonalne zachowania inwestorów,
- wykrywa interwencje Banku Centralnego i daje zyskowe sygnały,
- jest efektywną metodą przetwarzania informacji,
- dostarcza informacje na temat niefundamentalnych determinant kursów.

Na rolę analizy technicznej jako narzędzia przetwarzania informacji wskazywali również inni autorzy [Kubińska i in. (w druku)]. Traderzy nie skupiają się na samej informacji, lecz za pomocą narzędzi analizy technicznej interpretują daną informację tylko przez reakcję kursu. Kolejną przyczyną popularności analizy technicznej jest złudzenie pewności siebie w sytuacji, kiedy decyzja została podjęta na podstawie sygnałów analizy technicznej. Nadmierna pewność siebie (w formie: lepszy niż średnia) jest powiązana z wiarą w efektywność narzędzi analizy technicznej: im bardziej inwestor wierzy, że jest lepszy niż przeciętny inwestor, tym bardziej jest przekonany że analiza techniczna pomoże mu wygenerować ponadprzeciętne zyski [Czupryna, Kubińska, Markiewicz, 2015]. Skłonność do heurystycznego myślenia jest wskazywana przez Zielonkę [2004] jako przyczyna popularności analizy technicznej. Sygnały analizy technicznej, które odwołują się do typowych inklinacji psychologicznych i heurystyk, silnie wpływają na decyzje inwestycyjne.

## 2. Modele agentowe

Modele agentowe są dynamicznymi modelami symulacyjnymi, w skład których wchodzi: struktura systemu, agenci wykonujący czynności i podejmujący decyzje oraz procesy zachodzące w systemie. Przez indywidualne określanie zachowania agentów, modelowanie agentowe pozwala na ujęcie pełnego zróżnicowania elementów i obiektów, które występują w badanym systemie. Szeroki przegląd modeli agentowych można znaleźć w pracy Kamińskiego [2012]. Przykładem modelu agentowego zastosowanego do opisu mechanizmów działających na rynkach finansowych jest model zaproponowany przez Westerhoffa [2010]. Główna idea modelu Westerhoffa opiera się na interakcji między inwestorami stosującymi analizę techniczną i analizę fundamentalną. Obecność na rynku finansowym obu grup inwestorów ma istotny wpływ na dynamikę cen akcji. Inwestorzy stosujący analizę fundamentalną, kupując

niedoszacowane i sprzedając przeszacowane aktywa, mają stabilizujący wpływ na cenę akcji, podczas gdy inwestorzy stosujący analizę techniczną destabilizują sytuację na rynku. Model Westerhoffa, poprzez uwzględnienie mechanizmu wyboru przez uczestników rynku ich strategii inwestycyjnych, pokazuje ich wpływ na ceny aktywów. W modelu tym ceny akcji są modelowane zgodnie z następującym wzorem:

$$P_{t+1} = P_t + a(W_t^C D_t^C + W_t^F D_t^F) + \alpha_t$$

gdzie:

$P_t$  – logarytm naturalny ceny w chwili  $t$

$W_t^C, W_t^F$  – udział poszczególnych grup agentów w rynku

$C$  – inwestorzy stosujący analizę techniczną

$F$  – inwestorzy stosujący analizę fundamentalną

$D_t^C, D_t^F$  – liczba zleceń kupna/sprzedaży złożona przez analizowane grupy agentów

$a$  – współczynnik dopasowania ( $a > 0$ )

$\alpha_t$  – czynnik losowy będący realizacją niezależnych identycznych zmiennych losowych z rozkładu normalnego  $N(0, \sigma^\alpha)$

Liczby zleceń kupna/sprzedaży, zgłoszone przez inwestorów stosujących analizę techniczną i fundamentalną  $D_t^C, D_t^F$ , są dane wzorami:

$$D_t^C = b(P_t - P_{t-1}) + \beta_t$$

$$D_t^F = c(F_t - P_t) + \gamma_t$$

gdzie:

$b, c$  – współczynniki reakcji ( $b > 0, c > 0$ )

$F_t$  – logarytm naturalny z wartości fundamentalnej aktywa, którą znają inwestorzy fundamentalni

$\beta_t, \gamma_t$  – czynniki losowe: procesy złożone z niezależnych identycznych zmiennych losowych z rozkładów normalnych, odpowiednio  $N(0, \sigma^\beta), N(0, \sigma^\gamma)$

Celem agentów stosujących analizę techniczną jest składanie zleceń zgodnie z występującym obecnie na rynku trendem cen, stąd zazwyczaj tacy inwestorzy kupują aktywa, gdy kurs rośnie ( $P_t > P_{t-1}; D_t^C > 0$ ), a sprzedają w przeciwnym przypadku, gdy na rynku jest trend malejący ( $P_t < P_{t-1}; D_t^C < 0$ ). Inwestorzy stosujący analizę fundamentalną podejmują decyzję, porównując obecną wartość rynkową ( $P_t$ ) z wartością fundamentalną ( $F_t$ ). Jeżeli dany walor jest niedoszacowany, to składają zlecenia kupna ( $F_t > P_t; D_t^F > 0$ ), a gdy jest przeszacowany – zlecenia sprzedaży ( $F_t < P_t; D_t^F < 0$ ).

Liczba agentów stosujących daną strategię zmienia się w poszczególnych jednostkach czasu i jest określona wzorami:

$$W_t^C = \frac{K_t}{N}$$

$$W_t^F = 1 - W_t^C$$

gdzie:

$K_t$  – liczba agentów stosujących analizę techniczną w chwili  $t$

$N$  – liczba wszystkich agentów na rynku

Każdy agent stosujący analizę techniczną lub fundamentalną podejmuje decyzję, czy dalej stosować wybraną strategię czy zmienić ją w oparciu o wartość wskaźnika określonego mianem atrakcyjności danej strategii:

$$A_t^C = (e^{P_t} - e^{P_{t-1}})D_{t-2}^C + dA_{t-1}^C$$

$$A_t^F = (e^{P_t} - e^{P_{t-1}})D_{t-2}^F + dA_{t-1}^F$$

gdzie:

$A_t^C, A_t^F$  – atrakcyjność strategii opartej na analizie technicznej i fundamentalnej

$d$  – współczynnik dopasowania, określany również mianem pamięci inwestora ( $d > 0$ )

W obu wyrażeniach pierwszy składnik sumy wyraża bieżącą wartość pozycji w analizowanym walorze, zlecenia złożone przez inwestorów dwa dni temu ( $D_{t-2}^C; D_{t-2}^F$ ) zostały zrealizowane w dniu  $(t-1)$  po cenie  $e^{P_{t-1}}$ , a obecna wartość waloru to  $e^{P_t}$ , zatem czynnik  $(e^{P_t} - e^{P_{t-1}})D_{t-2}^C$  wyraża relatywną stratę lub zysk inwestora ostatniego zrealizowanego zlecenia. Wyniki finansowe poprzednich transakcji są uwzględnione w wartościach  $A_{t-1}^C, A_{t-1}^F$ , przy czym wartość ta jest uwzględniona ze współczynnikiem  $d$ , dla  $d = 0$  agenci w ogóle nie uwzględniają historycznych wyników, a gdy  $d = 1$  to w ocenie bieżącej atrakcyjności strategii brane są pod uwagę wszystkie zaobserwowane do danej chwili stopy zwrotu z aktywa. W modelu zakładamy, że inwestorzy spotykają się losowo w każdym kroku symulacji; rezultatem takiego spotkania może być zmiana strategii z prawdopodobieństwem  $(1 - \delta)$ . Dodatkowo zakładamy, że z małym prawdopodobieństwem  $\varepsilon$  inwestor zmieni strategię niezależnie od opinii innych. Prawdopodobieństwa przejścia ze stosowania analizy fundamentalnej na analizę techniczną  $p_{t-1}^+$  oraz przejścia w odwrotnym kierunku ze stosowania analizy technicznej na analizę fundamentalną  $p_{t-1}^-$  zostały w modelu zdefiniowane wzorami:

$$p_{t-1}^+ = \frac{N - K_{t-1}}{N} \left( \varepsilon + (1 - \delta)_{t-1}^{F \rightarrow C} \frac{K_{t-1}}{N - 1} \right)$$

$$p_{t-1}^- = \frac{K_{t-1}}{N} \left( \varepsilon + (1 - \delta)_{t-1}^{C \rightarrow F} \frac{N - K_{t-1}}{N - 1} \right)$$

gdzie:

$$(1 - \delta)_{t-1}^{C \rightarrow F} = \begin{cases} 0,5 - \lambda, & A_t^C > A_t^F \\ 0,5 + \lambda, & A_t^C \leq A_t^F \end{cases}$$

$$(1 - \delta)_{t-1}^{F \rightarrow C} = \begin{cases} 0,5 + \lambda, & A_t^C > A_t^F \\ 0,5 - \lambda, & A_t^C \leq A_t^F \end{cases}$$

$$\lambda \in (0; 0,5)$$

Prawdopodobieństwo pozostania przy stosowanej obecnie strategii inwestycyjnej  $p_{t-1}^0$  wyraża się wzorem:  $p_{t-1}^0 = 1 - p_{t-1}^+ - p_{t-1}^-$ .

### 3. Wyniki

Model Westerhoffa został zaimplementowany przy użyciu oprogramowania NetLogo, które pozwala tworzyć zaawansowane modele agentowe. NetLogo jest połączeniem programowania Logo (tzw. programowania żółwia) i programowania obiektowego. W modelu Westerhoffa przyjęto następujące wartości parametrów<sup>2</sup>:

$$a = 1; \quad b = 0,05; \quad c = 0,02; \quad d = 0,95$$

$$\lambda = 0,45; \quad \sigma^\alpha = 0,0025; \quad \sigma^\beta = 0,025; \quad \sigma^\gamma = 0,0025$$

Założono także, że w rynku uczestniczy 1000 inwestorów ( $N=1000$ ), analizowany okres trwa 5000 jednostek czasowych, a liczba interakcji w każdym kroku wynosi 50 (zaleca się, aby stosunek liczby interakcji do liczby wszystkich uczestników wynosił 1:20). Wygenerowano 50 ścieżek cen, które mają podobne właściwości, jak rzeczywiste notowania akcji. Dla przykładu tab. 1 przedstawia wartości minimum, maksimum oraz średnie współczynnika lokalnego Whittle'a (d) i wykładnika Hursta (H).

Tab. 1. Wartości współczynnika Hursta (H) oraz współczynnika lokalnego Whittle'a (d)

	Minimum	Maksimum	Średnia
Estymator Whittle'a (d)	-0,0319	0,0298	-0,0400
Współczynnik Hursta (H)	0,4755	0,5259	0,5012

Źródło: opracowanie własne na podstawie 50 symulacji wykonanych w programie NetLogo.

W zależności od wartości parametrów d i H, szeregi czasowe można podzielić na trzy klasy:

- antypersistenty (krótka pamięć) – szereg charakteryzuje się szybkimi zmianami, a prawdopodobieństwo utrzymywania się długich tendencji jest niewielkie ( $d \in (-0,5; 0); H \in (0; 0,5)$ ),

<sup>2</sup> Wartości parametrów przyjęto za: [Westerhoff, 2010].

- błędzenie losowe – szereg, dla którego kolejne przyrosty są niezależne ( $d = 0; H = 0,5$ ),
- persystentny (długa pamięć) – funkcja autokorelacyjna maleje w wolnym tempie, co może sprawić, że nawet wydarzenia bardzo odległe w czasie mogą wpływać na bieżące realizacje procesu ( $d \in (0;0,5); H \in (0,5;1)$ ).

Wartości współczynników  $d$  i  $H$ , przedstawione w tab. 1, są zbliżone do wartości uzyskanych dla danych rynkowych [Marcinkiewicz, 2006, s. 235] i wskazują, że uzyskane realizacje cen w modelu Westerhoffa są błędzeniem losowym.

Zaimplementowany w NetLogo model Westerhoffa pozwala badać nie tylko własności samego szeregu cen, ale umożliwia również weryfikację hipotetycznych związków między cenami a ilością zleceń złożonych przez grupy inwestorów stosujących analizę techniczną lub fundamentalną i udziałem poszczególnych grup inwestorów w rynku. Postawiona hipoteza mówiła, że okresy względnie wyższej zmienności ceny aktywa są powiązane z większą aktywnością inwestorów stosujących analizę techniczną.

Celem weryfikacji postawionej hipotezy dopasowano model regresji liniowej:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

gdzie:

zmienna zależna to wartość bezwzględna logarytmicznej stopy zwrotu: ( $Y = \ln(P_t)$ )

zmienna niezależna to odsetek agentów stosujący analizę techniczną: ( $X = W_t^C$ )

$\varepsilon$  – czynnik losowy

Model dopasowano tak, aby zmienna  $Y$  była miarą zmienności aktywa, a zmienna  $X$  – miarą aktywności inwestorów stosujących analizę techniczną, co pozwoli efektywnie zweryfikować postulowany w hipotezie związek. Wyniki estymacji modelu regresji dla jednej losowo wybranej ścieżki<sup>3</sup> liczącej 4999 obserwacji zostały przedstawione w tab. 2; oba współczynniki są istotne statystycznie.

Tab. 2. Wyniki estymacji modelu regresji liniowej

Współczynnik	Estymator	Statystyka t-studenta	P-value
$\beta_0$	0,001236	36,7	<0,001
$\beta_1$	0,018043	4,78	<0,001

Źródło: opracowanie własne na podstawie jednej symulacji wylosowanej z 50 uzyskanych w programie NetLogo.

Współczynnik determinacji dla modelu wynosi  $R^2 = 0,212349$ , zatem dopasowany model regresji liniowej wyjaśnia około 21% zmienności zmiennej zależnej. Wartość współczynnika determinacji jest istotna statystycznie ( $F = 4,046, p = 0,0095$ ).

<sup>3</sup> Uzyskano analogiczne wyniki pod względem istotności statystycznej dla pozostałych ścieżek. Ze względu na ograniczenia co do objętości tekstu, w niniejszym artykule zaprezentowano wynik dla jednej losowo wybranej ścieżki.

Istotność współczynników modelu (tab. 2) i współczynnika determinacji pozwala zweryfikować postawioną hipotezę. Wartość współczynnika kierunkowego  $\beta_1$  otrzymanej regresji jest liczbą dodatnią, co potwierdza przypuszczenie, że okresy o wyższej zmienności ceny aktywa występują w parze ze zwiększoną obecnością inwestorów stosujących narzędzia analizy technicznej.

## Podsumowanie

Zaprezentowany przegląd literatury potwierdza fenomen analizy technicznej na rynkach finansowych. Z jednej strony analiza techniczna przynosi ponadprzeciętne zyski na rynku forex pomimo braku efektywności na rynku akcji, z drugiej jest również bardzo popularna wśród inwestorów bez względu na jej efektywność. Wpływ analizy technicznej jak dotąd był rozważany głównie na poziomie indywidualnych decyzji inwestycyjnych przez odwołanie do czynników behawioralnych. Klasyczne modele rynków finansowych nie dają możliwości zbadania wpływu inwestorów stosujących analizę techniczną na kształtowanie się cen. Modelowanie agentowe, w szczególności przedstawiony model Westerhoffa, pozwala zrozumieć mechanizmy działania rynków finansowych. Modele agentowe dają możliwość uwzględnienia anomalii rynkowych, czy też behawioralnych aspektów procesu podejmowania decyzji, które niejednokrotnie nie są zgodne z założoną w klasycznym podejściu racjonalnością uczestników rynku. Notowania aktywów na sztucznym rynku finansowym nie odbiegają od wartości obserwowanych na rzeczywistej giełdzie pod względem własności statystycznych. Dopasowany model regresji liniowej pozwolił pozytywnie zweryfikować hipotezę o większej zmienności cen w okresach zwiększonej aktywności inwestorów stosujących analizę techniczną. Przedstawione wyniki są przykładem podejścia mikrostrukturalnego do badania rynków finansowych.

## Bibliografia

- Alexander S.S., *Price Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walk*, "Industrial Management Review" 1961, No. 2 (2).
- Charlebois M., Sapp S., *Temporal Patterns in Foreign Exchange Returns and Options*, "Journal of Money, Credit and Banking" 2007, Vol. 39, No. 2/3, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.0022-2879.2007.00032.x>.
- Czupryna M., Kubińska E., Markiewicz Ł., *What Makes Technical Analysis Popular?*, "Argumenta Oeconomica Cracoviensia" 2015, No. 12.
- Fama E.F., *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*, "Journal of Finance" 1970, No. 25 (2).
- Fama E.F., Blume M.E., *Filter Rules and Stock-market Trading*, "Journal of Business" 1966, No. 39 (1) (Part 2: Supplement on Security Pricing).
- Kamiński B., *Podejście wieloagentowe do modelowania rynków. Metody i zastosowania*, Oficyna Wydawnicza SGH w Warszawie, Warszawa 2012.



- Kubińska E., Czupryna M., Markiewicz Ł., Czekaj J., *Technical Analysis as a Rational Tool of Decision Making for Professional Traders*, "Emerging Markets Finance and Trade" (w druku).
- Lo A., *The Adaptive Market Hypothesis: Market Efficiency from an Evolutionary Perspective*, "Journal of Portfolio Management" 2004, Vol. 30, No. 5.
- Marcinkiewicz E., *Badanie zależności pomiędzy wartością wykładnika Hursta a skutecznością strategii inwestycyjnych opartych na analizie technicznej*, „Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego. Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej” 2006, nr 60.
- Menkhoff L., Taylor M.P., *The Obstinate Passion of Foreign Exchange Professionals: Technical Analysis*, "Journal of Economic Literature" 2006, Vol. 55, No. 4.
- Murphy J.J., *Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*, New York Institute of Finance 1999.
- Neely C.J., Weiler P.A., Ulrich J.M., *The Adaptive Markets Hypothesis: Evidence from the Foreign Exchange Market*, "Journal of Financial and Quantitative Analysis" 2009, Vol. 44, No. 2, DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022109009090103>.
- Park C.H., Irwin S.H., *What Do We Know About the Profitability of Technical Analysis?*, "Journal of Economic Surveys" 2007, Vol. 21, No. 4, DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2007.00519.x>.
- Westerhoff F., *A Simple Agent-based Financial Market Model: Direct Interactions and Comparisons of Trading Profits*, [w:] C. Chiarella, G.I. Bischi, L. Gardini (eds.), *Nonlinear Dynamics in Economics, Finance and the Social Sciences*, Springer, 2010.
- Zielonka P., *Technical Analysis as the Representation of Typical Cognitive Biases*, "International Review of Financial Analysis" 2004, Vol. 13, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2004.02.007>.

### Technical Analysis Phenomenon in the Light of Agent-Based Modeling

The phenomenon of technical analysis on financial markets is related to the effectiveness of technical analysis tools on the forex and futures markets, and huge popularity among investors. Classical models of financial markets do not provide the opportunity to examine the influence on prices of investors using technical analysis. Agent-based modeling, in particular, presented Westerhoff's model, enables better understanding of the prices processes on the financial markets, by taking into account the interaction between different groups of investors. Statistical characteristics of assets' prices on an artificial financial market did not differ from the values observed on the actual stock exchange. Matching linear regression model to the generated path allows positive verification of the hypothesis of greater volatility in periods of increased activity of investors using technical analysis methods.

### Fenomen analizy technicznej w świetle modeli agentowych

Fenomen analizy technicznej na rynkach finansowych jest związany z efektywnością narzędzi analizy technicznej na rynku walutowym i futures oraz ogromną popularnością wśród inwestorów. Klasyczne modele rynków finansowych nie dają możliwości zbadania wpływu inwestorów stosujących analizę techniczną na kształtowanie się cen. Modelowanie agentowe, w szczególności przedstawiony model Westerhoffa, pozwala lepiej zrozumieć mechanizmy działania rynków finansowych przez uwzględnienie interakcji między zwolennikami analizy technicznej i fundamentalnej. Notowania aktywów na sztucznym rynku finansowym nie odbiegały od wartości obserwowanych na rzeczywistej giełdzie pod względem własności statystycznych. Dopasowany model regresji liniowej do wygenerowanej ścieżki pozwolił pozytywnie zweryfikować hipotezę o większej zmienności cen w okresach zwiększonej aktywności inwestorów stosujących analizę techniczną.