

**dr Marek KOŁATKA**

**Wydział Ekonomiczny, Uniwersytet Gdański**

**e-mail:** marek.kolatka@ug.edu.pl

**ORCID:** 0000-0002-7037-3457

**DOI:** 10.15290/OES.2021.03.105.03

## **ZMIANA POZIOMU EFEKTYWNOŚCI AMERYKAŃSKIEGO RYNKU AKCJI – OD KRYZYSU FINANSOWEGO 2007-2009 DO PANDEMII COVID-19<sup>1</sup>**

### **Streszczenie**

*Cel* – Weryfikacja zmiany poziomu efektywności amerykańskiego rynku akcji od momentu wystąpienia kryzysu finansowego 2007-2009 do okresu pandemii COVID-19.

*Metoda badań* – Zastosowano test BDS (występowanie zależności nieliniowych między dziennymi logarytmicznymi stopami zwrotu) oraz test autokorelacji Quenouille’a do piątego rzędu włącznie (występowanie zależności liniowych między dziennymi logarytmicznymi stopami zwrotu) dla indeksów S&P500 oraz DJIA.

*Wnioski* – Wystąpienie zjawisk nietypowych wpływa na zmianę poziomu efektywności amerykańskiego rynku akcji. Zaobserwowano wzrost nieefektywności zarówno w czasie kryzysu finansowego 2007-2009, jak i obecnie podczas pandemii COVID-19. Zależności na wyższym poziomie między stopami zwrotu stwierdzono podczas pandemii COVID-19.

*Oryginalność / wartość / implikacje / rekomendacje* – Porównano wpływ dwóch ostatnich wydarzeń globalnych na poziom efektywności amerykańskiego rynku akcji. Dodatkowo w artykule wskazano, na którym z dwóch kluczowych indeksów giełdowych z USA częściej pojawiały się okazje inwestycyjne.

**Słowa kluczowe:** hipoteza rynku efektywnego, hipoteza rynku adaptacyjnego, kryzys finansowy 2007-2009, pandemia COVID-19

## **CHANGE IN THE EFFICIENCY LEVEL OF THE US STOCK MARKET – FROM THE 2007-2009 FINANCIAL CRISIS TO THE COVID-19 PANDEMIC**

### **Summary**

*Purpose* – Verification of the change in the efficiency of the US stock market from the 2007-2009 financial crisis to the COVID-19 pandemic.

*Research method* – The BDS test (occurrence of non-linear relationships between daily logarithmic rates of return) and the Quenouille autocorrelation test up to the fifth order (occurrence of linear relationships between daily logarithmic rates of return) for the S&P500 and DJIA indices were used.

*Results* – The occurrence of unusual phenomena changes the level of US stock market effectiveness. An increase in inefficiency was observed both during the 2007-2009 financial crisis and now, during the COVID-19 pandemic. Higher-level relationships between rates of return were found during the COVID-19 pandemic.

---

<sup>1</sup> Artykuł wpłynął 21 grudnia 2020 r., zaakceptowano 26 kwietnia 2021 r.

*Originality / value / implications / recommendations* – A comparison of the impact of two recent global events on the level of efficiency of the US stock market. Additionally, the article indicates which of the two key US stock indices provided more frequent investment opportunities.

**Keywords:** efficient-market hypothesis, adaptive market hypothesis, financial crisis 2007-2009, COVID-19 pandemic

**JEL Classification** G110, G140, G010

## 1. Wstęp

Funkcjonowanie rynków finansowych od wielu lat wzbudza zainteresowanie nie tylko inwestorów instytucjonalnych, lecz także indywidualnych. Część naukowców twierdzi, że rynki finansowe dążą do efektywności i z czasem możliwości osiągnięcia ponadprzeciętnych wyników inwestycyjnych zanikają. Amerykański rynek akcyjny, jako dojrzały i mocno rozwinięty, powinien charakteryzować się efektywnością na wysokim poziomie. Jednak co jakiś czas pojawiają się niespodziewane wydarzenia, takie jak globalna pandemia czy międzynarodowy kryzys finansowy. Inwestorzy funkcjonujący w tych nowych warunkach nie zawsze podejmują racjonalne, optymalne decyzje, co może mieć wpływ na poziom efektywności poszczególnych rynków. W niniejszym artykule zweryfikowano, czy i jak zmieniał się poziom efektywności amerykańskiego rynku akcji w ciągu ostatnich 15 lat, kiedy to nastąpiły wspomniane wcześniej wydarzenia.

## 2. Efektywność czy adaptacyjność rynków finansowych?

Pojęcie „efektywność” w naukach ekonomicznych bywa różnorodnie definiowane, w zależności od przyjętego podejścia. W kontekście rynków finansowych w literaturze można znaleźć trzy rodzaje efektywności: alokacyjną, transakcyjną oraz informacyjną. Efektywność alokacyjna występuje, gdy środki finansowe są przeznaczane na optymalne projekty inwestycyjne. Jeżeli koszt zawierania transakcji finansowych jest minimalny, a w związku z tym transakcje zawierane są w możliwie krótkim czasie, to występuje efektywność w sensie transakcyjnym. Natomiast efektywność informacyjna wiąże się z powszechnym i nieograniczonym dostępem do informacji, co wpływa na natychmiastowe odzwierciedlenie tych informacji w cenie instrumentu finansowego [Perez, 2012, s. 90].

W 1970 r. E. Fama przedstawił kompleksową teorię ekonomiczną opisującą zagadnienie efektywności rynku finansowego w sensie informacyjnym: hipotezę rynku efektywnego (EMH – Efficient Market Hypothesis). Autor ten stwierdził, że jeżeli rynek jest efektywny, to jego uczestnicy zareagują natychmiast na nowo pojawiającą się informację. Ponieważ informacje na rynku pojawiają się w sposób losowy, to również zmiany cen instrumentów finansowych będą następowały

losowo. Dlatego też nie ma możliwości osiągnięcia ponadprzeciętnej stopy zwrotu, a stosowanie strategii inwestycyjnych jest bezzasadne [Fama, 1970, s. 383-417].

E. Fama w swoim dziele opisał trzy formy efektywności informacyjnej: słabą, półsilną i silną. Forma słaba zakłada odzwierciedlanie w cenie wszystkich informacji historycznych (brak skuteczności stosowania analizy technicznej). W przypadku formy półsilnej w bieżącej cenie instrumentu finansowego uwzględnione są wszystkie publicznie dostępne informacje (brak skuteczności analizy technicznej i fundamentalnej). Forma silna zakłada odzwierciedlenie wszystkich dostępnych informacji (nawet posiadanie informacji poufnych nie przyczyni się do osiągnięcia ponadprzeciętnej stopy zwrotu). Między opisanymi formami występują określone relacje: jeżeli rynek będzie efektywny w formie silnej, to będzie efektywny również w formie półsilnej i słabej. Jeżeli natomiast rynek nie będzie efektywny w formie słabej, to nie będzie również efektywny w dwóch pozostałych formach [Czekaj, 2104, s. 40].

Hipoteza ta ze względu na logiczność struktury i wewnętrzną spójność zyskała sporą popularność w środowisku naukowym. Naukowcy wielokrotnie weryfikowali efektywność bądź też brak efektywności poszczególnych segmentów czy nawet pojedynczych walorów. Przegląd prac wykonanych w kontekście przytoczonej hipotezy wykonał M. Sewell [Sewell, 2011, s. 1-14].

Z czasem jednak zaczęły pojawiać się zarzuty wobec hipotezy rynku efektywnego. Większość z nich dotyczyła nierealności założeń czy braku możliwości wyjaśnienia na jej gruncie zjawisk regularnie pojawiających się na rynkach finansowych, takich jak bańki czy nagle krachy [Grossman, Stiglitz, 1980, s. 393-408].

Pod koniec lat 70. XX wieku zaczęły pojawiać się pierwsze artykuły, które przyczyniły się do szybkiego rozwoju nowego nurtu w ekonomii, nazwanego ekonomią behawioralną. Przedstawiciele tego nurtu (R. Thaler, D. Kahneman, A. Tversky) zaprezentowali obraz człowieka różniący się od tego, który zaproponował w swojej teorii E. Fama. Uważali oni, że człowiek nie jest zawsze w pełni racjonalny, a w związku z tym nie zawsze wybiera optymalnie. Co więcej, często posługuje się skrótami myślowymi, które zostały nazwane heurystykami [Thaler, 1980, s. 39-60]. Na gruncie ekonomii behawioralnej można było wytłumaczyć często pojawiające się anomalnie na rynkach finansowych, jednak nie stworzono w jej ramach zunifikowanej teorii, a jedynie przedstawiono zestaw narzędzi i pomysłów.

W 2004 r. A. Lo zaproponował hipotezę rynku adaptacyjnego (AMH – Adaptive Market Hypothesis), która według jej autora łączy podejście behawioralne z neoklasykiem [Lo, 2004, s. 15-29]. Jest to jedna z nowszych teorii opisujących funkcjonowanie rynków finansowych. A. Lo uważa, że AMH nie jest zaprzeczeniem EMH, a jedynie jej rozwinięciem po uwzględnieniu wskazań przedstawicieli ekonomii behawioralnej. Zgodnie z tą teorią poziom efektywności nie musi wzrastać z czasem, ale zmienia się cyklicznie, w wyniku nieustannych zmian zachodzących w otoczeniu rynkowym, do których uczestnicy się dostosowują, czyli adaptują [Kołatka, 2020, s. 132-133]. Jako przykład można podać pojawienie się pandemii COVID-19. Dla zdecydowanej większości uczestników rynku finansowego jest to doświadczenie nieznane, w związku z tym decyzje przez nich są podejmowane

z uwzględnieniem nowych czynników. Uczestnicy ci muszą się zaadaptować do innej rzeczywistości, więc przynajmniej na początku tego okresu ich decyzje nie muszą być optymalne. Zgodnie z hipotezą rynku adaptacyjnego powinno to wpłynąć na wzrost poziomu nieefektywności, a co za tym idzie – pojawienie się tymczasowych okazji inwestycyjnych.

AMH zyskuje coraz większą popularność w środowisku naukowym, dlatego też pojawia się coraz więcej prac, w których bada się zmiany poziomu efektywności poszczególnych aktywów finansowych. Adaptacyjną naturę rynków finansowych, czyli systematycznie pojawiające się okazje inwestycyjne, potwierdzają prace m.in. A. Urquharta i R. Hudsona [Urquhart, Hudson, 2013, s. 130-142] oraz J. Kima, A. Shamsuddina i K.-P. Lima [Kim, Shamsuddin, Lim, 2011, s. 868-879].

Na podstawie przeprowadzonych badań wzrost poziomu nieefektywności na rynkach finansowych w okresie kryzysu finansowego 2007-2009 potwierdzono m.in. dla rynków: amerykańskiego [Gilson, Kraakman, 2014, s. 314-375], strefy Euro [Anagnostidis, Varsakelis, Emmanouilides 2016, s. 116-128], azjatyckiego [Lim, Brooks, Kim, 2008, s. 571-591] oraz łącznie porównując wyniki dla poszczególnych krajów rozwiniętych i rozwijających się [Mynhardt, Plastun, Makarenko, 2014, s. 531-546].

Pojawiły się już również pierwsze badania dotyczące zmiany poziomu efektywności rynków wywołanych pandemią COVID-19. Zweryfikowano efektywność m.in. dla rynku: kapitałowego [Ammy-Drissa, Garcin, 2020, s. 1-22], walutowego [Aslam i in., 2020, s. 1-33], kryptowalut [Mnif, Jarboui, Mouakhar, 2020, s. 1-21] oraz surowców [Mensi, Sensoy, Vinh Vo, Kang, 2020, s. 1-40]. W praktycznie każdym badaniu stwierdzono wzrost poziomu nieefektywności w wyniku pojawienia się pandemii COVID-19.

W bieżącym artykule postanowiono zweryfikować, jak zmieniał się poziom efektywności amerykańskiego rynku akcji od kryzysu finansowego 2007-2009 do pandemii COVID-19. Hipoteza badawcza przyjęta w badaniu to: wystąpienie zdarzeń nietypowych, takich jak kryzys finansowy czy pandemia, przyczynia się do wzrostu poziomu nieefektywności amerykańskiego rynku akcji.

Wartością dodaną artykułu będzie porównanie zmian w poziomach efektywności wywołanych kryzysem finansowym 2007-2009 oraz pojawieniem się pandemii COVID-19. Wskazane będą informacje dla uczestników rynku finansowego, czy pojawienie się czarnego labędzia lub kryzys finansowy dają większe możliwości osiągnięcia ponadprzeciętnej stopy zwrotu. Oryginalność pracy polega na porównaniu wpływu dwóch ostatnich wydarzeń globalnych na poziom efektywności amerykańskiego rynku akcji. Dodatkowo w artykule wskazano, na którym z dwóch kluczowych indeksów giełdowych z USA częściej pojawiały się okazje inwestycyjne.

### 3. Dane i zastosowane metody badawcze

Weryfikacji AMH dokonuje się podobnie jak w przypadku słabej formy efektywności, z tym że cały okres badawczy dzieli się na podokresy nachodzące na siebie, a interpretacji dokonuje się osobno dla każdego podokresu. Rozwiązanie takie zastosował w swoim dziele A. Lo [2005, s. 26]. Kolejni badacze również używali tej metody i nieoficjalnie została ona najczęściej stosowanym sposobem weryfikacji adaptacyjności na rynkach finansowych.

W celu zmierzenia poziomów efektywności amerykańskiego rynku akcji na potrzeby opisywanego badania za F. Jareño i L. Negrutem wykorzystano notowania dwóch najważniejszych amerykańskich indeksów giełdowych: S&P500 (Standard & Poor's Composite Index) oraz DJIA (Dow Jones Industrial Average). Pierwszy z indeksów obrazuje zachowanie 500 spółek o największej kapitalizacji notowanych na amerykańskim rynku. W skład drugiego indeksu wchodzi natomiast 30 największych spółek z omawianego rynku [Jareño, Negrut, 2016, s. 326].

Wykorzystane w badaniu dane to dzienne logarytmiczne stopy zwrotu od 3 stycznia 2005 r. do 26 lutego 2021 r., które zostały wyznaczone za pomocą poniższej formuły:

$$r_t = \ln\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right),$$

gdzie:

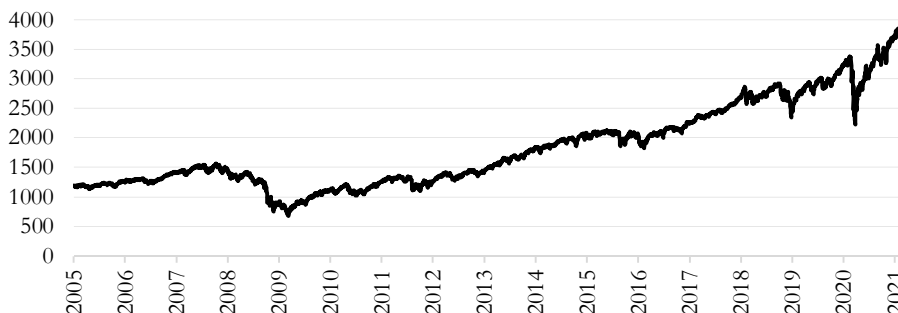
$p_t$  – kurs zamknięcia w dniu  $t$ ,

$p_{t-1}$  – kurs zamknięcia w dniu  $t-1$ .

Na wykresie 1 znajduje się analizowany wyjściowy szereg czasowy dla indeksu S&P500, na wykresie 2 – wyjściowy szereg czasowy dla indeksu DJIA, natomiast w tabeli 1 ukazane są podstawowe statystyki opisowe dla dziennych logarytmicznych stóp zwrotu uzyskanych z wyjściowych szeregów czasowych.

**WYKRES 1**

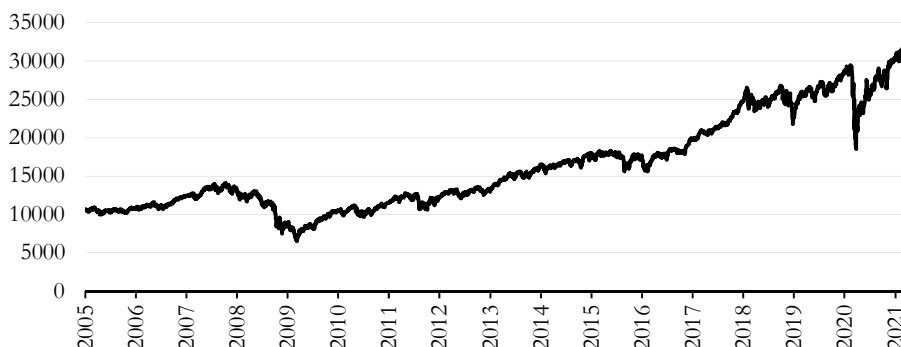
**Kurs zamknięcia na koniec dnia indeksu S&P500 od 03.01.2005 do 26.02.2021**



Źródło: opracowanie własne.

WYKRES 2

Kurs zamknięcia na koniec dnia indeksu DJIA od 03.01.2005 do 26.02.2021



Źródło: opracowanie własne.

TABELA 1

**Statystyki opisowe dziennych logarytmicznych stóp zwrotu  
dla indeksów S&P500 i DJIA**

Zmienna	S&P500	DJIA
Liczba obserwacji	4066	4066
Średnia	0,00012238	0,00025987
Odchylenie standardowe	0,0054155	0,011958
Współczynnik zmienności	44,253	46,016
Skośność	-0,56433	-0,49576
Kurtoza	14,027	16,596
Statystyka testowa testu Jarque-Bera	33550,8***	46827,9***
Statystyka testowa testu KPSS	0,182076 < 0,462 (dla 5% poziomu istotności)	0,123904 < 0,462 (dla 5% poziomu istotności)

\*\*\* 1% poziom istotności

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie danych umieszczonych w tabeli 1 można stwierdzić, że w analizowanym okresie oba indeksy charakteryzowały się dodatnią średnią logarytmiczną dzienną stopą zwrotu. Ujemna wartość współczynnika skośności w obu przypadkach świadczy o lewostronnej asymetrii rozkładu. Wartość wskaźnika kurtozy powyżej 3 stanowi o tym, że w analizowanym okresie na obu indeksach obowiązywał wyraźny trend główny z jednoczesnym występowaniem ekstremalnych zmian. Wartości statystyki testu Jarque-Bera wskazują na brak normalności rozkładu analizowanych szeregów czasowych, nawet przy jednoprocentowym poziomie istotności. Wyniki testu KPSS świadczą o stacjonarności szeregów dziennych logarytmicznych stóp zwrotu z wybranych indeksów giełdowych.

W opisywanym badaniu postanowiono zweryfikować osobno występowanie zależności liniowych i nieliniowych między stopami zwrotu. Do oceny występowania zależności liniowych między poszczególnymi obserwacjami wykorzystano test autokorelacji Quenouille'a, analogicznie jak dokonał tego A. Lo we wspomnianych artykułach z 2004 r. i z 2005 r. W tym celu wykorzystuje się statystykę  $S$ , która ma asymptotyczny rozkład normalny o parametrach  $N(0,1)$  [Żebrowska-Suchodolska, 2015, s. 590-591]:

$$S = \sqrt{T}\hat{\rho}(k),$$

gdzie:

$T$  – liczba obserwacji

$\hat{\rho}(k)$  – autokorelacja rzędu  $k$

Występowanie istotnie statystycznych powiązań między obserwacjami dla 5% poziomu istotności ma miejsce, gdy wartość bezwzględna statystyki  $S$  jest większa od 1,96. W przypadku takiej sytuacji dany podokres interpretuje się jako nieefektywny, co oznacza, że istniała wówczas możliwość osiągnięcia ponadprzeciętnej stopy zwrotu, wykorzystując liniowe powiązania między kolejnymi obserwacjami.

W opisywanym badaniu zweryfikowano poziom istotności autokorelacji rzędu od pierwszego do piątego, przy czym większą uwagę skupiono na interpretacji wyników dla autokorelacji rzędu pierwszego. W ramach opisywanego badania testowano autokorelację z użyciem wyrażu wolnego.

Do oceny występowania zależności nieliniowych wykorzystano test BDS, podobnie jak uczynili to A. Urquhart i F. McGroarty w swoim badaniu [Urquhart, McGroarty, 2016, s. 39-49]. Test BDS został opracowany w ramach teorii chaosu, jednak wykorzystuje się go również do badania liniowości i nieliniowości szeregów czasowych. Do interpretacji wyników tego testu wykorzystuje się statystykę:

$$W_{m,T}(\varepsilon) = \sqrt{T-m+1} \frac{c_{m,T}(\varepsilon) - c_{1,T-m+1}^m(\varepsilon)}{\sigma_{m,T}(\varepsilon)},$$

która jest zbieżna z rozkładem  $N(0, 1)$  przy liczbie obserwacji dążącej do nieskończoności [Belaire-Franch, Contreras 2002, s. 692]. Wyniki testu zależą od przyjętych wartości  $m$  i  $\varepsilon$ . Opierając się na sugestii autorów testu BDS, w opisywanym badaniu zastosowano następujące wartości:  $\varepsilon=1,5 \cdot \sigma$ ,  $m=2,3,4,5$ . Ostateczna wartość statystyki  $W$  powstała jako średnia arytmetyczna dla wszystkich  $m$ .

Test BDS wykorzystano do zweryfikowania występowania zależności nieliniowych między stopami zwrotu poszczególnych indeksów. Test daje taką możliwość, jednak po wcześniejszym usunięciu zależności liniowych z szeregu czasowego. W tym celu w badaniu wykorzystano procedurę wybielania szeregu czasowego. Procedura ta usuwa zależności liniowe, wykorzystując model zwykłej lub wektorowej autoregresji do maksymalnie  $\sqrt[3]{T}$  rzędu. Zdecydowano się wykorzystać w tej procedurze kryterium informacyjne Akaïkego (AIC).

Interpretacja testu BDS przebiega podobnie jak w przypadku testu autokorelacji, tj. wartość bezwzględna statystyki  $W$  poniżej wartości 1,96 wskazuje na szereg czasowy składający się z niepowiązanych obserwacji (rynek jest efektywny). Występowanie zależności nieliniowych trudniej wykorzystać w praktyce inwestycyjnej, gdyż nie wiadomo, jakie konkretnie powiązania między stopami zwrotu stwierdzono.

Analizowane szeregi czasowe zostały podzielone na 24-miesięczne podokresy, które były „przesuwane” o miesiąc do przodu. Ta metoda jest najczęściej stosowana w przypadku weryfikacji AMH. Pozwala to ocenić zmiany poziomu efektywności poszczególnych instrumentów finansowych w czasie.

Pierwszy podokres szeregu czasowego dla analizowanych indeksów obejmuje dane od 3 stycznia 2005 r. do 29 grudnia 2006 r. Kolejny podokres obejmuje dane od 1 lutego 2005 r. do 31 stycznia 2007 r., czyli nastąpiło „przesunięcie” podokresu szeregu czasowego o miesiąc. Taka procedura jest kontynuowana aż do końca pierwotnego szeregu czasowego, czyli ostatni podokres to dane od 1 marca 2019 r. do 26 lutego 2021 r. W rezultacie dla obu indeksów uzyskano 171 podokresów, czyli 171 szeregów czasowych. Dla każdego takiego okresu wyznaczono wartość statystyki  $S$  i  $W$ .

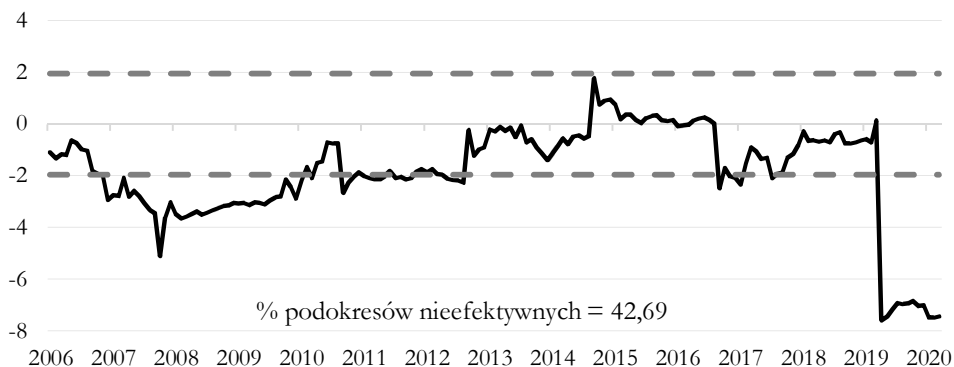
Ostatecznie w opisywanym badaniu wykonano 1710 testów autokorelacji (171 podokresów\*5 rzędów opóźnienia\*2 indeksy), 342 procesy usunięcia zależności liniowych (2 indeksy\*171 podokresów) oraz 1368 testów BDS (dla  $m=2,3,4$  i 5).

#### 4. Uzyskane wyniki

Na wykresie 3 przedstawiono wartości statystyki  $S$  uzyskane z testu autokorelacji Quenouille’a rzędu pierwszego (linia ciągła) oraz wartość krytyczną 1,96 dla 5% poziomu istotności (linia przerywana) dla indeksu S&P500. Natomiast na wykresie 4 przedstawiono analogiczne rezultaty dla indeksu DJIA.

WYKRES 3

##### Wyniki testu autokorelacji rzędu 1 dla indeksu S&P500

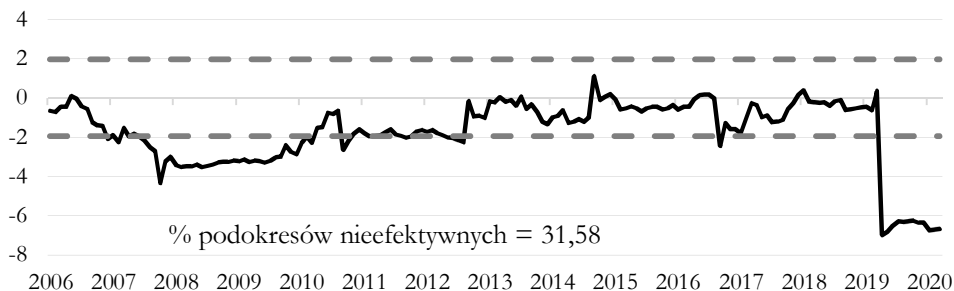


Źródło: opracowanie własne.



## WYKRES 4

## Wyniki testu autokorelacji rzędu 1 dla indeksu DJIA



Źródło: opracowanie własne.

Dla każdego 24-miesięcznego podokresu wyznaczono jedną wartość statystyki S, którą na wykresach 3 i 4 zaznaczono dla ostatniego miesiąca danego podokresu. Okresy, w których linia ciągła znajduje się między liniami przerywanymi, to okresy efektywności (brak powiązania liniowego pomiędzy stopami zwrotu). W pozostałych przypadkach stwierdzono występowanie zależności liniowych między sąsiednimi stopami zwrotu.

Mając na uwadze weryfikację zmiany poziomu efektywności amerykańskiego rynku akcji, warto zwrócić uwagę na zachowanie się wartości statystyki S w czasie na wykresach 3 i 4. Im wartości statystyki S są – co do wartości bezwzględnej – wyższe, tym wyższy poziom nieefektywności zaobserwowany na poszczególnych indeksach. Dla obu indeksów można zaobserwować wzrost poziomu nieefektywności w latach 2008-2010, wywołany kryzysem finansowym. W przypadku ostatnich podokresów widać wyraźny wzrost wartości statystyki S zarówno na wykresie 3, jak i 4. Co więcej, wzrost ten jest dużo bardziej wyraźny niż ten zaobserwowany dla okresu kryzysu finansowego. Stwierdzić więc można, że pandemia COVID-19 ma dużo większy wpływ na wzrost poziomu nieefektywności amerykańskiego rynku akcji niż kryzys finansowy. Co więcej, wysoki poziom nieefektywności utrzymuje się do końca przyjętego okresu badawczego. W kontekście AMH może to świadczyć o stosunkowo wolnym dostosowywaniu się uczestników rynku do nowych warunków. Warto podkreślić, że dla większości podokresów stwierdzono efektywność amerykańskiego rynku akcji (ciągła linia znajduje się dla większości przypadków pomiędzy liniami przerywanymi). Jedynie dla okresu kryzysu i pandemii pojawiły się czasowe fazy nieefektywności i w trakcie trwania tych wydarzeń istnieje możliwość osiągnięcia ponadprzeciętnej stopy zwrotu. Badanie to potwierdziło adaptacyjny charakter amerykańskiego rynku akcji. Wystąpienie zdarzeń nietypowych wpływa na zmianę poziomu efektywności rynku, po czym następuje adaptacja uczestników do nowych warunków rynku i powrót do równowagi.

W przypadku indeksu S&P500 stwierdzono większy odsetek podokresów nieefektywnych w porównaniu do indeksu DJIA (42,69% do 31,58%). Notowania indeksu skupiającego 30 największych spółek amerykańskiego rynku giełdowego

częściej charakteryzują się losowością. Inwestorzy chcący osiągnąć dodatkową stopę zwrotu, bazując na zależnościach liniowych, powinni skupić się na indeksie S&P500.

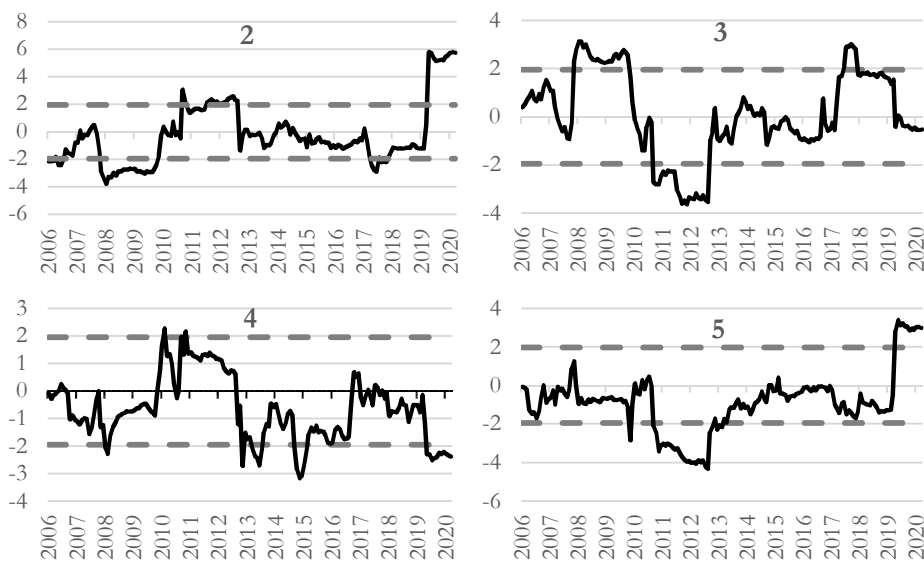
Na wykresach 5 i 6 przedstawiono rezultaty dla testów autokorelacji rzędów od 2 do 5 odpowiednio dla indeksu S&P500 i DJIA.

Interpretując wykresy 5 i 6, można dojść do wniosku, że przez większość analizowanego okresu nie stwierdzono powiązań między stopami zwrotu wyższych rzędów, jednak sporadycznie występowały krótkotrwałe okresy nieefektywności. Szczególnie dla autokorelacji rzędu 2 i 5 wystąpił znaczący wzrost wartości statystyki S w ostatnim czasie, czyli dla okresu pandemii COVID-19. Natomiast dla okresu kryzysu finansowego 2007-2009 zaobserwowano wzrost nieefektywności na podstawie autokorelacji rzędu 3.

Raz jeszcze można więc wyprowadzić wniosek mówiący o tym, że pandemia COVID-19 ma dotychczas większy wpływ na zmianę powiązań między stopami zwrotu.

#### WYKRES 5

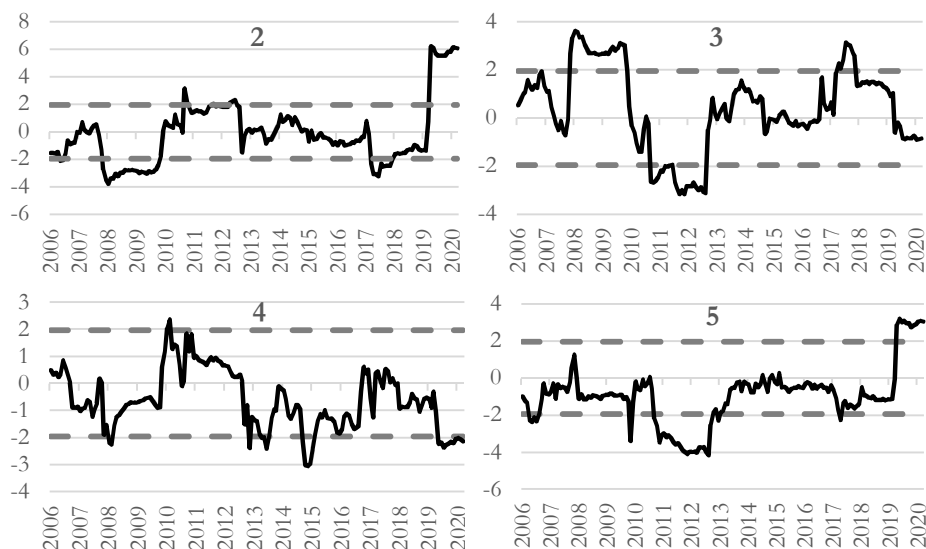
##### Wyniki testu autokorelacji rzędu od 2 do 5 dla indeksu S&P500



Źródło: opracowanie własne.

WYKRES 6

## Wyniki testu autokorelacji rzędu od 2 do 5 dla indeksu DJIA



Źródło: opracowanie własne.

Na wykresach 7 i 8 przedstawiono wyniki uzyskane z testu BDS, przy pomocy którego zweryfikowano występowanie zależności nieliniowych. Na wykresie 7 znajdują się wartości statystyki  $W$  dla indeksu S&P500, a na wykresie 8 wartości statystyki  $W$  dla indeksu DJIA.

WYKRES 7

## Wyniki testu BDS dla indeksu S&amp;P500



Źródło: opracowanie własne.

WYKRES 8

## Wyniki testu BDS dla indeksu DJIA



Źródło: opracowanie własne.

Wyniki testu BDS dla amerykańskiego rynku akcji różnią się od wyników testu autokorelacji. Na podstawie wykresów 7 i 8 można stwierdzić, że praktycznie dla całego przyjętego okresu występowały zależności nieliniowe, co oznacza, że na podstawie tego kryterium można stwierdzić nieefektywność dwóch badanych indeksów. Odnosząc się już bezpośrednio do zmiany poziomu efektywności, gwałtowny wzrost nastąpił w trakcie kryzysu finansowego 2007-2009. Po jego zakończeniu poziom efektywności wzrastał, jednak od 2014 r. nieefektywność amerykańskiego rynku akcji systematycznie się zwiększa. Dla obu analizowanych indeksów poziom nieefektywności jest aktualnie na wyższym poziomie niż w okresie kryzysu finansowego. Występowanie powiązań nieliniowych między stopami zwrotu świadczy o tym, że inwestorzy mogą szukać okazji inwestycyjnych na obu omawianych indeksach. Jednak wyznaczanie konkretnych zależności nieliniowych jest zadaniem zdecydowanie trudniejszym niż określenie zależności liniowych.

Wyniki uzyskane przy użyciu testu BDS również prowadzą do pozytywnej weryfikacji postawionej w artykule hipotezy. Poziom efektywności w kontekście zależności nieliniowych zmienia się w czasie. Najwyższe wartości statystyki  $W$  zaobserwowano podczas wystąpienia zdarzeń nietypowych. Inwestorzy mają wówczas największe szanse na osiągnięcie ponadprzeciętnej stopy zwrotu.

## 5. Podsumowanie

Uzyskane w badaniu wyniki prowadzą do podobnych wniosków, które wyprowadzili inni badacze w odniesieniu do zmiany poziomu efektywności rynków finansowych w wyniku pojawienia się sytuacji nadzwyczajnych. Wkładem niniejszego opracowania jest to, że porównano zmiany efektywności na przestrzeni ostatnich 15 lat, kiedy wystąpiły dwa globalne wydarzenia, a także wskazano, które z tych zdarzeń miało większy wpływ na wzrost nieefektywności amerykańskiego rynku akcji.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że wystąpienie zjawisk nietypowych wpływa na zmiany poziomu efektywności poszczególnych rynków. Nieefektywność

amerykańskiego rynku akcji wzrastała zarówno podczas kryzysu finansowego 2007-2009, jak i obecnie podczas pandemii COVID-19. Jest to zgodne z hipotezą rynku adaptacyjnego A. Lo. W kontekście zależności liniowych wzrost ten jest na dużo wyższym poziomie obecnie, natomiast w kontekście zależności nieliniowych poziomy są jedynie nieco wyższe.

Na podstawie przeprowadzonych testów można również stwierdzić, że większe szanse na osiągnięcie sukcesu inwestycyjnego zaobserwowano dla indeksu S&P500 (w porównaniu do indeksu DJIA), zwłaszcza w przypadku wykorzystania zależności liniowych. Powiązania nieliniowe występowały na omawianych indeksach niemal nieustannie, jednak ich siła wzrasta w trakcie wydarzeń nietypowych.

Pojawiające się okresy nieefektywności mogą przyczynić się do osiągnięcia ponadprzeciętnej stopy zwrotu z inwestycji w analizowane indeksy. Nie wiadomo jednak, jak długo będzie trwał okres nieefektywności spowodowany wystąpieniem pandemii COVID-19 i jak długo nieefektywność analizowanego rynku będzie na tak wysokim poziomie. Zaleca się systematyczne weryfikowanie poziomu powiązań między stopami zwrotu. Postawiona w badaniu hipoteza badawcza: wystąpienie zdarzeń nietypowych, takich jak kryzys finansowy czy pandemia, przyczynia się do wzrostu poziomu nieefektywności amerykańskiego rynku akcji, w wyniku przeprowadzonego badania nie daje podstaw do jej odrzucenia.

## Literatura

- Ammy-Drissa A., Garcin M., 2020, *Efficiency of the financial markets during the COVID-19 crisis: time-varying parameters of fractional stable dynamics*, „Statistical Finance”, arXiv preprint arXiv:2007.10727, pp. 1-22. <https://arxiv.org/abs/2007.10727> [data dostępu: 20.03.2021].
- Anagnostidis P., Varsakelis C., Emmanouilides C.J., 2016, *Has the 2008 financial crisis affected stock market efficiency? The case of Eurozone*, „Physica A: Statistical Mechanics and its Applications”, vol. 447, pp. 116-128, DOI: 10.1016/j.physa.2015.12.017.
- Aslam F., Aziz S., Nguyen D.K., Khurram S., Mughal, Khan M., 2020, *On the efficiency of foreign exchange markets in times of the COVID-19 pandemic*, „Technological Forecasting and Social Change”, vol. 161, pp. 1-33, DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120261.
- Belaire-Franch J., Contreras D., 2002, *How to compute the BDS test: a software comparison*, „Journal of Applied Econometrics”, vol. 17(6), pp. 691-699, DOI: 10.1002/jae.679.
- Czekaj J., 2014, *Efektywność giełdowego rynku akcji w Polsce z perspektywy dwudziestolecia*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Fama E., 1970, *Efficient capital markets: a review of theory and empirical work*, „The Journal of Finance”, vol. 25(2), pp. 383-417, DOI: 10.2307/2325486.
- Gilson R., Kraakman R., 2014, *Market efficiency after the financial crisis: it's still a matter of information costs*, 100 Va.L.Rev. pp. 314-375, <https://scholarship.law.columbia>.

- edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1941&context=faculty\_scholarship [data dostę-  
pu: 20.03.2021].
- Grossman S., Stiglitz J., 1980, *On the impossibility of informationally efficient markets*, „The American Economic Review”, vol. 70(3), pp. 393-408.
- Jareño F., Negrut L., 2016, *US stock market and macroeconomic factors*, „The Journal of Applied Business Research”, vol. 32(1), pp. 325-340, DOI: 10.19030/jabr.v32i1.9541.
- Kim J., Shamsuddin A., Lim K.-P., 2011, *Stock return predictability and the adaptive markets hypothesis: evidence from century-long U.S. data*, „Journal of Empirical Finance”, vol. 18(5), pp. 868-879, DOI: 10.1016/j.jempfin.2011.08.002.
- Kolatka M., 2020, *Testing the adaptive market hypothesis on the WIG stock index: 1994-2019*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu”, vol. 64(1), pp. 132-133, DOI: 10.15611/pn.2020.1.11.
- Lim K.-P., Brooks R., Kim J., 2008, *Financial crisis and stock market efficiency: empirical evidence from Asian countries*, „International Review of Financial Analysis”, vol. 17(3), pp. 571-591, DOI: 10.1016/j.irfa.2007.03.001.
- Lo A., 2004, *The adaptive markets hypothesis: market efficiency from evolutionary perspective*, „Journal of Portfolio Management”, vol. 30(5), pp. 15-29, DOI: 10.3905/jpm.2004.442611.
- Lo A., 2005, *Reconciling efficient markets with behavioral finance: the adaptive markets hypothesis*, „Journal of Investment Consulting”, vol. 7(2), pp. 21-44.
- Mensi W., Sensoy A., Vinh Vo X., Kang S.H., 2020, *Impact of COVID-19 outbreak on asymmetric multifractality of gold and oil prices*, „Resources Policy”, vol. 69, pp. 1-40, DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101829.
- Mnif E., Jarboui A., Mouakhar K., 2020, *How the cryptocurrency market has performed during COVID 19? A multifractal analysis*, „Finance Research Letters”, vol. 36, pp. 1-21, DOI: 10.1016/j.frl.2020.101647.
- Mynhardt R.H., Plastun A., Makarenko I., 2014, *Behavior of financial markets efficiency during the financial market crisis: 2007 – 2009*, „Corporate Ownership and Control”, vol. 11 (2 F), pp. 531-546, DOI: 10.22495/cocv11i2c5p4.
- Perez K., 2012, *Efektywność funduszy inwestycyjnych. Podejście techniczne i fundamentalne*, Wydawnictwo Difin, Warszawa.
- Sewell M., 2011, *History of the efficient market hypothesis*, „Research Note”, RN/11/04, pp. 1-14.
- Thaler R., 1980, *Toward a positive theory of consumer choice*, „Journal of Economic Behavior and Organization”, no. 1, pp. 39-60, DOI: 10.1016/0167-2681(80)90051-7.
- Urquhart A., McGroarty F., 2016, *Are stock markets really efficient? Evidence of the adaptive market hypothesis*, „International Review of Financial Analysis”, vol. 47, pp. 39-49, DOI: 10.1016/j.irfa.2016.06.011.
- Urquhart A., Hudson R., 2013, *Efficient or adaptive markets? Evidence from major stock markets using very long run historic data*, „International Review of Financial Analysis” vol. 28, pp. 130-142, DOI: 10.1016/j.irfa.2013.03.005.

Żebrowska-Suchodolska D., 2015, *Efektywność informacyjna rynku w formie słabej w okresie prywatyzacji GPW w Warszawie*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia”, nr 75, s. 590-591, DOI: 10.18276/frfu.2015.75-48.