Praca Dyplomowa  
Magisterska

Maciej Pleban  
196195

Analiza rynku kryptowalut  
Cryptocurrency market analysis

Praca dyplomowa na kierunku:  
Informatyka i Ekonometria

Praca wykonana pod kierunkiem  
dr Aleksandry Matuszewskiej-Janicy  
Instytut Ekonomii i Finansów  
Katedra Ekonometrii i Statystyki

Warszawa, rok 2023

**Oświadczenie Promotora pracy**

Oświadczam, że niniejsza została przygotowana pod moim kierunkiem   
i stwierdzam, że spełnia warunki do przedstawienia tej pracy w postępowaniu   
o nadanie tytułu zawodowego.

Data .................................... Podpis promotora ...................................................

**Oświadczenie autora pracy**

Świadom odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa zostałanapisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych   
w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności ustawą z dnia   
4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. 2019 poz. 1231 z późn. zm.).

Oświadczam, że przedstawiona praca nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z nadaniem dyplomu lub uzyskaniem tytułu zawodowego.

Oświadczam, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Przyjmuję do wiadomości, że praca dyplomowa poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data ..................................... Podpis autora pracy .............................................

**Streszczenie**

**Analiza rynku kryptowalut**

Streszczenie pracy...

Słowa kluczowe - do 6

**Summary**

**Cryptocurrency market analysis**

Summary of the research

Keywords – 6 max

Spis Treści

[Wstęp 6](#_Toc127290086)

[1. Zagadnienia wstępne 7](#_Toc127290087)

[1.1. Blockchain 7](#_Toc127290088)

[1.2. Podział kryptowalut 8](#_Toc127290089)

[1.3. Przegląd literatury 9](#_Toc127290090)

[2. Metodologia 9](#_Toc127290091)

[2.1. Efekt dnia tygodnia 9](#_Toc127290092)

[2.2. Analiza zdarzeń 10](#_Toc127290093)

[2.3. Analiza wolumenu obrotów 13](#_Toc127290094)

[3. Wyniki empiryczne 15](#_Toc127290095)

[3.1. Prezentacja danych empirycznych 15](#_Toc127290096)

[3.2. Efekt dni tygodnia 15](#_Toc127290097)

[3.3. Analiza zdarzeń 15](#_Toc127290098)

[3.4. Analiza wolumenu obrotów 15](#_Toc127290099)

[3.5. Wnioski 15](#_Toc127290100)

[Podsumowanie 15](#_Toc127290101)

[Spis rysunków 15](#_Toc127290102)

[Spis tabel 16](#_Toc127290103)

[No table of figures entries found. 16](#_Toc127290104)

[Spis równań 17](#_Toc127290105)

[Bibliografia 18](#_Toc127290106)

# Wstęp

Kryptowaluty, czyli waluty cyfrowe to alternatywa dla standardowych walut, stworzona dzięki algorytmom szyfrującym. Pozwala wymieniać się nimi między danymi osobami bez potrzeby korzystania z usług stron trzecich, takich jak bank. Umożliwiają bezpośrednie połączenie cyfrowe, poprzez przejrzysty proces, pokazując kwotę finansową, ale nie tożsamość osób przeprowadzających transakcję. Sieć składa się z „łańcucha” komputerów, z których wszystkie są wymagane do zatwierdzenia wymiany i zapobiegania powtórzenia tej samej transakcji. (Business, 2018)

Tradycyjne waluty, inaczej fiduciajrne (FIAT), mają z kryptowalutami pewne podobieństwa. Same w sobie nie mają wartości, tzn. nie jest ona oparta na podstawie np. kruszców takich jak złoto czy srebro. Duża część ich wartości opiera się na spekulacji, czyli akceptacji danej ceny, przez osoby na całym świecie. Są one również podzielne – tak jak euro można podzielić na 100 centów, 1 Bitcoin (BTC) można podzielić na zaledwie 0,00000001 BTC. Można je wysyłać i otrzymywać, używać do płacenia za towary i usługi, a także przesyłać.

Kryptowaluty zyskały na popularności właśnie przez cechy, jakie odróżniają je od walut fiducjarnych. W przeciwieństwie do walut FIAT kryptowaluty nie są emitowane przez rząd. Zamiast tego wiele kryptowalut jest zdecentralizowanych, więc żaden pojedynczy organ nie może zdecydować o emisji większej liczby kryptowalut i tym samym osłabić ich wartość. Zdecentralizowane kryptowaluty są samowystarczalne i nie wymagają stron trzecich do zatwierdzania transakcji. Ponieważ transakcje są weryfikowane za pomocą technologii blockchain, wszystkie są trwale zapisane i nieodwracalne, dzięki czemu są one szczególnie bezpiecznym sposobem wymiany. (Binance, 2021) Kryptowaluty mogą być cennymi narzędziami w realizacji przejścia na globalną i otwartą, nową gospodarkę cyfrową. Niektóre kryptowaluty, takie jak Bitcoin, są bardzo przejrzyste i ułatwiają władzom, takim jak IRS i FBI, śledzenie działalności przestępczej.

Kryptowaluty nie są jednak tworem perfekcyjnym, więc posiadają także wady, z czym wiąże się wiele niebezpieczeństw. Niektóre popularne kryptowaluty doświadczyły ekstremalnej zmienności cen, co może ograniczyć ich wykorzystanie i negatywnie wpłynąć na siłę nabywczą. Aktywa cyfrowe mogą być podatne na kradzież online, zapomnienie hasła lub przypadkową utratę. Przy mniejszej liczbie pośredników, a czasem wręcz ich braku, ich odzyskanie może być jeszcze trudniejsze niż w przypadku walut FIAT, a często wręcz niemożliwe. Ponieważ nie są one obecnie wspierane przez rząd, ochrona aktywów, przechowywanie lub ubezpieczenie jest zależne od platformy kryptowalutowej. (TradeStation, 2020)

Jako, że kryptowaluty są w pewnym stopniu podobne do walut tradycyjnych, można nimi handlować na giełdach kryptowalut w sposób niemal identyczny jak walutami na rynku FOREX. Dlatego też celem niniejszej pracy jest sprawdzenie, czy na rynku kryptowalut występują podobne zjawiska, jakie zauważono na rynku walut tradycyjnych, w celu lepszego zrozumienia ich działania i rządzących nimi praw.

# Zagadnienia wstępne

## Blockchain

Według definicji jest to rejestr zdecentralizowanych danych, które są bezpiecznie współużytkowane. Technologia blockchain umożliwia grupie wybranych uczestników dzielenie się danymi, a dzięki usługom blockchain w chmurze dane transakcyjne z wielu źródeł można łatwo gromadzić, integrować i udostępniać. Dane są podzielone na współużytkowane bloki, połączone z unikatowymi identyfikatorami w formie skrótów kryptograficznych.

Blockchain można zatem określić jako historyczny zapis transakcji. Każdy blok jest „powiązany” z poprzednim blokiem w sekwencji i zapisywany w niezmienny sposób w sieci peer-to-peer. Kryptograficzna technologia zaufania i pewności stosuje unikalny identyfikator — lub cyfrowy odcisk palca — do każdej transakcji.

Zaufanie, odpowiedzialność, przejrzystość i bezpieczeństwo są nieodłączną częścią łańcucha. Umożliwia to organizacjom i partnerom biznesowym wszelkiego rodzaju dostęp do danych i udostępnianie ich. Jest to zjawisko znane jako zaufanie oparte na konsensusie stron trzecich. Wszyscy uczestnicy prowadzą zaszyfrowany zapis każdej transakcji w ramach zdecentralizowanego, wysoce skalowalnego i odpornego mechanizmu rejestrowania. Zdecentralizowane pojedyncze źródło informacji zmniejsza koszty wdrażania zaufanych interakcji biznesowych między stronami, które mogą nie mieć do siebie pełnego zaufania. W rejestrze blockchain udostępnianym za uprzednią zgodą, który jest używany przez większość przedsiębiorstw, uczestnicy są upoważnieni do uczestnictwa w sieci, a każdy uczestnik prowadzi zaszyfrowany zapis wszystkich transakcji.

Każda firma lub grupa firm, która potrzebuje bezpiecznego, współdzielonego rejestru transakcji w czasie rzeczywistym, może skorzystać z tej unikalnej technologii. Nie ma jednego miejsca, w którym wszystko jest przechowywane, co poprawia bezpieczeństwo i dostępność oraz eliminuje główny punkt ryzyka. (Oracle, 2023)

## Podział kryptowalut

Mimo że Bitcon był pierwszą kryptowalutą, istnieje wiele innych kryptowalut. W zależności od ich budowy, zastosowania lub przypadku użycia oraz innych kryteriów, wyróżnić można co najmniej cztery różne rodzaje kryptowalut.

**TOKENY UŻYTKOWE (UTILITY TOKENS)**

Tokeny użytkowe są uważane za kupony lub bony, ale zasadniczo są to jednostki cyfrowe reprezentujące wartość w blockchainie. Innymi słowy, token zapewnia określony dostęp do produktu, lub usługi prowadzonej lub obsługiwanej przez emitenta tokena. Możliwe jest uzyskanie dostępu poprzez zakup tokena i wymianę na określoną wartość dostępu do produktu lub usługi.

Główne cechy:

* Posiadacz zyskuje prawo do produktu lub usługi odpowiadającej wartości tokena, ale nie do jego własności. Na przykład dostęp do produktu lub usługi po obniżonych opłatach, lub za darmo, dopóki posiadane są tokeny.
* Tokeny użytkowe są lepiej rozumiane z perspektywy regulacyjnej w tym sensie, że z założenia nie podlegają regulacji. Posiadacz tokena nie posiada odpowiednika akcji czy obligacji lub innego aktywa regulowanego przez ustawy finansowe, tak więc mogą całkowicie stracić na wartości na koszt posiadacza.

Przykłady: Basic Attention Token, Golem, Sirin Labs Token

**TOKENY PŁATNICZE (PAYMENT TOKENS)**

Są to tokeny używane do kupna i sprzedaży dóbr i usług na platformach cyfrowych bez pośrednika, w odróżnieniu od tradycyjnych finansów. Większość tokenów należy do tej kategorii, natomiast nie każdy tken użytkowy może być tokenem płatniczym.

Główne cechy:

* Zwykle hybrydy innych tokenów
* Tokeny płatnicze nie stanowią i nie mogą być inwestowane jako papiery wartościowe. Dlatego też nie podlegają regulacji finansowej jako papiery wartościowe z aktywami.
* Mogą, ale nie muszą gwarantować posiadaczom dostępu do produktu lub usługi teraz, lub w przyszłości

Przykłady: Bitcoin, Ethereum, Monero

**TOKENY WYMIANY (EXCHANGE TOKENS)**

Są to zwykle tokeny, które otrzymują nazwę po giełdach kryptowalut, które je emitują. Mimo że można ich używać poza ich rodzimymi środowiskami, używa się ich przede wszystkim do ułatwienia wymiany między innymi tokenami lub jako płatności za opłaty towarzyszące wymianie.

Główne cechy:

* Mogą je emitować centralizowane giełdy z lub bez zdecentralizowanych platform, lub własnych blockchainów
* Mogą one służyć do tańszego płacenia za opłaty, zwiększania płynności czy udzielania darmowych rabatów
* W celu zwiększenia płynności giełdy wykorzystują je, aby zachęcić ludzi do udziału w projektach.

Przykłady: Binance Coin, Gemini Dollar, OKB

**TOKENY PRYWATNOŚCI (PRIVACY TOKENS)**

Są to kryptowaluty używane do zastosowań związanych z prywatnością, ponieważ ich kod sprzyja lepszej prywatności, niż byłoby to w przypadku Bitcoina i kryptowalut z głównego nurtu.

Istnieje wiele powodów, dla których ktoś potrzebowałby lepszej prywatności w transakcjach kryptowalutowych — po pierwsze jako prawo do prywatności, dochodzenia w sprawie bezpieczeństwa i wysoce wrażliwe transakcje, chociaż są one również wykorzystywane do przestępstw i oszustw.

* Te kryptowaluty zawierają różne metody zapewnienia prywatności transakcji, np. techniki anonimowości, takie jak CoinJoin, i transakcje offline. Jest to dodatek do technik stosowanych w kryptowalutach głównego nurtu jak np. brak wiązania nazwisk z realnego świata z adresami kryptowalut i szyfrowanie blockchain.

Przykłady: Monero, Zcash, Dash (Software Testing Help, 2023)

## Przegląd literatury

Ponieważ temat kryptowalut jest dosyć nowy, literatura w tej dziedzinie dopiero się tworzy i głównie skupia się na technologii blockchain, skalowalności, decentralizacji i regulacjach, które ich dotyczą. Nie weszły one jeszcze do głównego nurtu i dla niektórych wciąż są tajemnicą a często też uważane są za niebezpieczne, co do pewnego stopnia jest prawdą.

Mimo, że rynek ten jest stosunkowy nowy, dostępna jest wystarczająca ilość danych aby zbadać jego właściwości. (Cheung, et al., 2015), (Dwyer, 2015) i (Carrick, 2016) pokazują, że jest on znacznie bardziej zmienny niż inne rynki. Z kolei Bartos (Bartos, 2015) stwierdza, że rynek ten natychmiast reaguje na pojawienie się nowych informacji i dlatego można go określić jako efektywny. Tak więc można przeprowadzić analizę zdarzeń tak jak Kujawa i Ostrowska (Kujawa & Ostrowska, 2016).

Jako, że kryptowaluty są podobne do tradycyjnych walut, powinny one działać na podobnych zasadach. Efekt dnia tygodnia był jedną z pierwszych anomali kalendarzowych, które zostały zauważone na rynku. Fields w swojej pracy (Fields, 1931) pokazał, że najlepszym dniem do handlu na giełdzie jest Sobota. (Cross, 1973) dostarczył dowody na statystyczne różnice w piątkowo-poniedziałkowych danych na amerykańskim rynku akcji. Z kolei na GPW w Warszawie w pracy Landmesser (Landmesser, 2006) wykazała, że najczęściej wysokie stopy zwrotu osiągane są w poniedziałki i piątki. Natomiast na rynku kryptowalut Caporale i Plastun (Caporale & Plastun, 2019) pokazali, że w przypadku Bitcoina występują niestandardowe dodatnie stopy zwrotu w poniedziałki.

[zniszczyc analizę fundamentalną i techniczną]piotr zielonka -> ekonomia behawioralna

Interesującym tematem jest aspekt behawioralny.

# Metodyka

## Efekt dnia tygodnia

Anomalie sezonowe związane z występowaniem efektu dnia tygodnia przebadano wstępnie wykorzystując prosty model regresji liniowej, zawierający pięć zmiennych zero-jedynkowych, po jednej dla każdego dnia tygodnia (Równanie 1):

Równanie 1. Prosty model regresji liniowej

gdzie:  
 - dzienna logarytmiczna stopa zwrotu z inwestycji w instrument finansowy  
 - zmienna zero-jedynkowa przybierająca wartość 1 w wypadku, gdy korespondujący z nią dzień tygodnia jest poniedziałkiem, wtorkiem, środą, czwartkiem, piątkiem, sobotą, niedzielą lub wartość 0 w przeciwnym przypadku  
 - parametry wskazujące na średnią stopę zwrotu dla każdego z dni tygodnia  
 - składnik losowy

***Jako że giełdy kryptowalut funkcjonują także w weekendy, oryginalny wzór został rozszerzony o parametry dla soboty i niedzieli.***

Równanie (Równanie 1) estymowano przy użyciu metody najmniejszych kwadratów.

Z powyższym podejściem wiążą się dwa prblemy

1. uzyskane z modelu reszty mogą wykazywać autokorelację
2. wariancja reszt nie jest stała w czasie

Rozwiązaniem pierwszego problemu jest zastosowanie następującego modelu AR(s) (Równanie 2):

Równanie 2. Model

Drugi problem można rozwiązać uwzględniając zmienność wariancji reszt w modelach typu ARCH. Dzięki zaleŜności wariancji od poprzednich wartości szereg ARCH dobrze modeluje efekt grupowania danych. Uogólniona wersja tego modelu – – zaproponowana została przez Bollersleva (Bollerslev, 1986) i dla analizowanego przez nas szeregu stóp zwrotu przyjmuje następującą postać (Równanie 3):

, gdzie

Równanie 3. Model

Zakładamy, że składnik losowy ma warunkowy rozkład normalny ze średnią 0 i zmienną w czasie warunkową wariancją . Wymogiem specyfikacji jest

Celem uwzględnienia relacji zachodzących pomiędzy stopami zwrotu i zmiennością oraz zidentyfikowania sezonowości dziennej szacowano w niniejszej pracy następujący model   
 (porównaj: (Berument & Kiymaz, 2001)) (Równanie 4):

Równanie 4. Model

Model ten następnie zmodyfikowano włączając zmienne związane z efektem dnia tygodnia również do równania wariancji warunkowej (Równanie 5):

Równanie 5. (Równanie 4) rozszerzone o równanie wariancji warunkowej

Estymacji powyższych modeli dokonano metodą największej wiarygodności. (Landmesser, 2006)

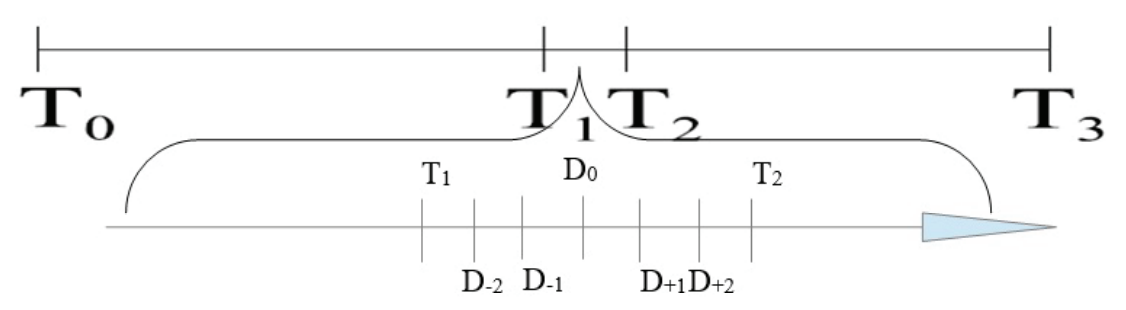
Przed przystąpieniem do modelowania wariancji stóp zwrotu przeprowadzono badanie ciągu pod kątem jego stacjonarności, występowania autokorelacji oraz obecności efektu ARCH. Stacjonarność badano za pomocą testu Dickey’a-Fullera, a występowanie autokorelacji badano za pomocą testu Boxa-Pierce’a. W wypadku jej obecności uznawano, że proces winien być opisany modelem AR, którego rząd ustalano posługując się wartościami funkcji ACF i PACF. W celu sprawdzenia czy dany szereg charakteryzuje się heteroskedastyczną wariancją wykorzystywano test Engle’a mnożników Lagrange’a (test na występowanie efektu ARCH).

## Analiza zdarzeń

Powołując się na artykuł Kujawy i Ostrowskiej (Kujawa & Ostrowska, 2016), należy przyjąć hipotezę rynku efektywnego prowadzącą do podstawowwego wniosku, że jeśli dane zdarzenie jest ważne, to powinno znaleźć niemalże natychmiastowe odzwierciedlenie w cenie waloru. Klasyczne teorie finansów zakładają racjonalność uczestników rynku, co oznacza, że inwestorzy podejmując decyzje inwestycyjne, działają w sposób, który zmaksymalizuje ich korzyści oraz właściwie zinterpretują napływające informacje. (Howells & Bain, 1999) Racjonalny inwestor w naturalny sposób powinien racjonalnie wybierać optymalne rozwiązanie spośród różnych alternatyw. Inwestorzy w praktyce, nawet gdy zdają sobie sprawę, co jest dla nich najlepsze, nie zawsze dokonują optymalnych wyborów. Oddziaływanie na takie decyzje wynika z zaangażowania emocjonalnego inwestora oraz chęci podążania za tłumem (w literaturze przedmiotu opisywane jako zachowania stadne, których cechą charakterystyczną jest niska inteligencja).

Podstawowymi etapami badań analiz zdarzeń są (Gurgul, 2012):

1. definicja zdarzenia oraz określenie okna zdarzenia
2. sprecyzowanie kryteriów doboru firmy/składników do próby
3. wybór miar określających poziom oczekiwanej i nadwyżkowej stopy zwrotu
4. estymacja modelu opisującego oczekiwaną stopę zwrotu, po wcześniejszym określeniu podstawowych parametrów, takich jak długość okna zdarzenia oraz umiejscowienie okna estymacyjnego względem okna zdarzenia
5. weryfikacja hipotez początkowych
6. interpretacja wyników końcowych oraz formułowanie wniosków



Rysunek 1. Okna w analizie zdarzeń  
Źródło: (Kujawa & Ostrowska, 2016)

Objaśnienia:  
 – okno estymacji  
 – okno zdarzenia  
 – okno po zdarzeniu  
 – dzień zdarzenia  
 – pierwszy dzień po zdarzeniu  
 – drugi dzień po zdarzeniu  
 – dzień przed zdarzeniem  
 – dwa dni przed zdarzeniem

Na rysunku (Rysunek 1) graficznie zaprezentowano usytuowanie okna zdarzenia względem okna estymacyjnego. Estymowanie wyników służących do generowania oczekiwanych stóp zwrotu może być realizowane na podstawie notowań z okna estymacyjnego T0–T1 lub nawet T2–T3, tj. na podstawie danych występujących po okresie zdarzenia. Miejsce okna estymacyjnego to w badaniach najczęściej okres bezpośrednio poprzedzający okno zdarzenia, ale nigdy nie przylegający do dnia zdarzenia, co oznacza, że ostatni dzień okna estymacyjnego nie może oznaczać początku okna zdarzenia. Okno estymacyjne nie może zatem pokrywać się z oknem zdarzenia. W literaturze przedmiotu można spotkać przypadki, w których oczekiwana stopa zwrotu jest obliczana na podstawie danych z okresu poprzedzającego okno zdarzenia (najczęściej wykorzystywany okres) lub okresu po oknie zdarzenia, czy też stanowić kombinację danych sprzed, jak i po zdarzeniu. Długość okna zdarzenia w porównaniu do okna estymacyjnego winna być relatywnie krótka. W literaturze mowa o tym, że szerokość okna zdarzenia powinna rozciągać się do pierwszego dnia po zdarzeniu, w którym nie zaobserwowano (Krivin, 2003):

* istotnej wartości zwyżkowej stopy zwrotu (dodatniej lub ujemnej)
* istotnej wartości zwyżkowego wolumenu (dodatniego lub ujemnego)
* istotnej wartości zwyżkowej wariancji (dodatniej lub ujemnej)

Szerokość okna zdarzenia oraz usytuowanie i długość okna estymacyjnego może być za każdym razem indywidualnie ustalana dla każdego składnika podlegającego badaniu z osobna, ale można również przyjąć założenie, że dla wszystkich składników przyjmuje się to samo okno zdarzenia, zaczynające się (dla przykładu) 2 dni przed zdarzeniem i kończące 2 dni po nim. Trzeba dodać, że w takich sytuacjach należy bardzo wnikliwie przeanalizować, czy w okresie okna estymacyjnego nie ma zakłócających, dodatkowych wydarzeń dotyczących analizowanego składnika klasycznego czy też alternatywnego. Dla potrzeb niniejszej pracy, w każdym przypadku oznacza dzień zdarzenia, np. dzień wydarzenia gospodarczego (notowanie na zamknięcie sesji lub na koniec dnia w zależności od składnika) i dla obliczona została dzienna procentowa zmiana wartości indeksu lub ceny składnika.

W celu dokonania weryfikacji, czy zdarzenie miało oddziaływanie na notowania cen/wartości składnika inwestycyjnego, można dokonać obliczeń dodatkowej stopy zwrotu według wzoru (Równanie 6):

Równanie 3. Dodatkowa stopa zwrotu

gdzie:  
 - dodatkowa stopa zwrotu z akcji osiągnięta w okresie   
 - rzeczywista stopa zwrotu z akcji osiągnięta w okresie   
 - oczekiwana stopa zwrotu z akcji w okresie w sytuacji, gdyby zdarzenie nie wystąpiło  
 - dzień lub miesiąc w zależności od przyjętych do obliczeń danych i jednostki okna zdarzenia

Następnie należy obliczyć rzeczywistą stopę zwrotu (Równanie 7):

Równanie 4. Rzeczywista stopa zwrotu

gdzie:  
 - oczekiwana stopa zwrotu z akcji w okresie   
 - średnia stopa zwrotu z akcji w okresie niezależnym

Kolejnym krokiem jest obliczenie skumulowanej nadwyżkowej stopy zwrotu w oknie zdarzenia (Równanie 8):

Równanie 5. Skumulowana nadwyżkowa stopa zwrotu

gdzie:  
 - skumulowana nadwyżkowa stopa zwrotu z akcji osiągnięta w okresie obserwacji   
 - okres obserwacji, przedział czasowy mierzony w dniach lub miesiącach  
 - suma dodatkowych stóp zwrotu

Ostatnim krokiem jest obliczenie średnich skumulowanych nadwyżkowych stóp zwrotu (Równanie 9):

Równanie 6. Średniaskumulowanych nadwyżkowych stóp zwrotu

gdzie:  
 - średnia skumulowana dodatkowa stopa zwrotu  
 - liczba składników badanej populacji  
 - suma dodatkowych stóp zwrotu

## Analiza wolumenu obrotów

Analizę rozpoczęto wyszczególniając następujące zmienne:

- poziom indeksu giełdowego na zamknięcie notowań sesji   
 - logarytmiczna stopa zwrotu indeksu wyznaczona jako   
 - zmienność stóp zwrotu indeksu wyznaczona jako odchylenie standardowe stóp zwrotu indeksu z ostatnich 20 sesji z włącznie  
 - wolumen obrotu akcjami – uczestnikami indeksu w czasie sesji

Okres badawczy podzielono na ?????? podokresów na podstawie minimów i maksimów poziomu BTC (), co pozwoliło na określenie zależności między zmiennymi w okresach zarówno wzrostów, jak i spadków na giełdzie:

* I okres: 3.10.2001–6.07.2007
* II okres: 7.07.2007–17.02.2009



Rysunek 2. Poziom BTC na zamknięcie notowań w okresie od 1.01.2018 do 31.12.2022  
Źródło: opracowanie własne

Badanie zależności między zmiennymi zostało przeprowadzone dla trzech par zmiennych: i , i oraz i dla każdej z czterech kryptowalut. W pierwszej kolejności analiza dotyczyła zależności korelacyjnych na podstawie współczynników korelacji Pearsona (Równanie 6):

Równanie 7. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona

gdzie:  
 - współczynnik korelacji r-Pearsona pomiędzy zmiennymi i   
 - kowariancja pomiędzy zmiennymi i   
, - odchylenie standardowe z populacji, odpowiednio i

Następnie zostało przeprowadzone badanie przyczynowości liniowej w sensie Grangera. Definicja przyczynowości w sensie Grangera mówi, że zmienna jest przyczyną , jeżeli przyszłe wartości można lepiej prognozować na podstawie całego dostępnego zbioru informacji, niż używając informacji z wyłączeniem (Osińska, 2008). Zmienna jest więc przyczyną w sensie Grangera dla zmiennej (tzn. ), jeśli uwzględnienie w modelu objaśniającym opóźnionych wartości zmiennej poprawia jakość prognozowania zmiennej .

Przed przeprowadzeniem testu Grangera poszczególne zmienne zostały poddane badaniu na występowanie pierwiastka jednostkowego w celu stwierdzenia stacjonarności szeregów. Posłużył temu rozszerzony test Dickeya-Fullera (ADF), szerzej opisany w pracy Maddali (Maddala, 2008). Hipoteza o stacjonarności zmiennych była rozstrzygana przy poziomie istotności 0,05.

Badanie przyczynowości w sensie Grangera zostało przeprowadzone z wykorzystaniem modelu VAR (Charemza & Deadman, 1997) (Maddala, 2008)(Równanie 7):

Równanie 8. Model VAR

gdzie:  
 - deterministyczna część równania (wyraz wolny, trend deterministyczny, zmienne sezonowe)  
, (dla ) - – parametry strukturalne równania  
 – rząd opoźnień dla zmiennych i   
 – składnik losowy

Hipoteza oznacza, że zmienna nie jest przyczyną w sensie Grangera. W pracy została ona zweryfikowana za pomocą statystyki Walda o rozkładzie przy poziomie istotności . Fałszywość hipotezy świadczy o występowaniu przyczynowości. Maksymalny rząd opóźnień dla modeli VAR został wyznaczony na podstawie kryterium informacyjnego Schwartza – BIC (Kufel, 2011). Wybrany został ten rząd opóźnień, dla którego wartość kryterium była najmniejsza, ponieważ oznaczało to, że utrata informacji jest najmniejsza. W rozważanych modelach rząd opóźnień wyniósł ???????. W niniejszej pracy analiza przyczynowości została dokonana dla trzech par zmiennych: i , i oraz i , na podstawie następujących modeli (Równanie 8):

Równanie 9. Analiza przyczynowości dla wybranych zmiennych

Sposób przeprowadzenia testu został przedstawiony w książce Charemzy i Deadmana. (Charemza & Deadman, 1997) Dodatkowo badanie przyczynowości zostało poprzedzone testami kointegracji Johansena, które informują o potencjalnym istnieniu długookresowego związku między zmiennymi (kointegracja implikuje przyczynowość w sensie Grangera) (Widz, 2017)

# Wyniki empiryczne

## Prezentacja danych empirycznych

## Efekt dni tygodnia

Wykorzystane w badaniach empirycznych dane statystyczne pochodzą z giełdy kryptowalut Binance. Baza danych o częstotliwości dziennej obejmuje okres pięciu lat, od 1.01.2018 do 31.12.2022. Liczebność próby wynosi ???? obserwacji. Informacje dotyczą kryptowalut BTC, BNB, XMR i BAT. Przedmiotem modelowania były logarytmiczne dzienne stopy zwrotu dla indeksów oraz kursów akcji, wyznaczone na podstawie wzoru ⋅ , gdzie oznacza poziom indeksu lub kurs zamknięcia dla akcji w chwili .

Obliczone dzienne stopy zwrotu pogrupowano w zależności od dnia tygodnia, w którym przypadły. Dla wybranych kryptowalut wyznaczono wartości przeciętne, zarówno dla całego rozpatrywanego okresu (Tab.1), jak również dla rocznych podokresów (Tab. 2)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Wszystkie dni | Poniedziałki | Wtorki | Środy | Czwartki | Piątki | Soboty | Niedziele |
| BTC | średnia arytm. | 0.01 | 0.19 | -0.14 | 0.22 | -0.42 | 0.21 | 0.18 | -0.16 |
| odch. stand. | 3.99 | 4.52 | 3.97 | 4.06 | 5.15 | 3.88 | 2.67 | 3.19 |
| wsp. zmienn. | 343.21 | 24.24 | -29.32 | 18.66 | -12.19 | 18.65 | 14.53 | -20.46 |
| skośność | -1.25 | -0.02 | -0.77 | -0.35 | -3.52 | 0.43 | 0.01 | -0.6 |
| kurtoza | 15.92 | 2.27 | 4.69 | 2.23 | 33.55 | 2.27 | 3.95 | 2.81 |
| BNB | średnia arytm. | 0.18 | -0.08 | 0.21 | 0.26 | -0.31 | 0.99 | 0.47 | -0.25 |
| odch. stand. | 5.82 | 5.87 | 6.29 | 5.92 | 6.42 | 6.73 | 4.6 | 4.46 |
| wsp. zmienn. | 31.48 | -72.7 | 30.49 | 22.73 | -21 | 6.79 | 9.85 | -18.06 |
| skośność | 0.08 | 0.02 | -0.2 | -1.21 | -2.83 | 3.26 | 1.87 | -0.45 |
| kurtoza | 17.3 | 3.79 | 8.06 | 10.49 | 25.67 | 23.06 | 29.16 | 3.99 |
| XMR | średnia arytm. | 0.07 | -0.06 | -0.37 | 0.22 | -0.24 | 0.11 | 0.41 | 0.45 |
| odch. stand. | 5.22 | 5.41 | 4.8 | 6.32 | 6.62 | 4.47 | 3.85 | 4.46 |
| wsp. zmienn. | 69.6 | -87.33 | -13.07 | 29.31 | -28.11 | 40.31 | 9.27 | 10.01 |
| skośność | -1.52 | -1.03 | 0.09 | -3.33 | -1.91 | -0.19 | 0.12 | 0.59 |
| kurtoza | 19.28 | 4.39 | 5.57 | 28.51 | 23.9 | 1.06 | 3.17 | 3.38 |
| BAT | średnia arytm. | 0 | -0.19 | -0.14 | 0.06 | -0.38 | 1.11 | 0.31 | -0.77 |
| odch. stand. | 6.2 | 6.01 | 6 | 6.8 | 7.46 | 6.24 | 5.43 | 5.06 |
| wsp. zmienn. | -12049.3 | -32.19 | -42.17 | 114.85 | -19.64 | 5.64 | 17.7 | -6.55 |
| skośność | -0.31 | 0.58 | 0.11 | -0.85 | -2.13 | 0.9 | 2.02 | -0.56 |
| kurtoza | 10.35 | 3.43 | 3.87 | 6.81 | 20.76 | 2.65 | 13.55 | 2.87 |

Tabela 1. Przeciętne dzienne stopy zwrotu wybranych kryptowalut wraz z wartościami podstawowych statytsyk opisowych w okresie od 1.01.2018 do 31.12.2022

Dla wszystkich badanych kryptowalut przeciętne poniedziałkowe oraz piątkowe stopy zwrotu były w łącznym badanym okresie dodatnie i znacznie wyższe od uzyskiwanych w inne dni tygodnia. Na uwagę zasługują zazwyczaj ujemne środowe stopy. Najwyższe odchylenia standardowe dla zwrotów z indeksów zanotowano w poniedziałki najniższe – w piątki. Jak wynika z danych, analizowane rozkłady stóp zwrotu charakteryzują się wysoką zmiennością, często prawostronną skośnością oraz zawsze podwyższoną kurtozą. Są to cechy towarzyszące zazwyczaj finansowym szeregom czasowym. ()

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Wszystkie dni | Poniedziałki | Wtorki | Środy | Czwartki | Piątki | Soboty | Niedziele |
| BTC | 2018 | -0.35 | -0.71 | -0.56 | -0.76 | -0.66 | 0.13 | 0.37 | -0.28 |
| 2019 | 0.18 | 0.60 | -0.37 | 0.57 | -0.88 | 1.06 | 0.38 | -0.06 |
| 2020 | 0.38 | 1.23 | 0.62 | 0.87 | -0.22 | 0.29 | 0.27 | -0.40 |
| 2021 | 0.13 | -0.11 | -0.26 | 0.70 | -0.10 | 0.30 | 0.06 | 0.30 |
| 2022 | -0.28 | -0.08 | -0.10 | -0.31 | -0.25 | -0.75 | -0.16 | -0.32 |
| BNB | 2018 | -0.09 | -1.21 | -0.35 | -0.39 | -0.52 | 2.22 | 1.03 | -1.41 |
| 2019 | 0.22 | 0.18 | -0.37 | 0.66 | -0.44 | 1.25 | 0.84 | -0.56 |
| 2020 | 0.27 | 0.89 | 0.58 | -0.03 | -1.09 | 0.88 | 0.60 | 0.12 |
| 2021 | 0.72 | 0.60 | 0.60 | 1.53 | 0.62 | 0.94 | 0.04 | 0.69 |
| 2022 | -0.20 | -0.86 | 0.58 | -0.47 | -0.09 | -0.34 | -0.15 | -0.07 |
| XMR | 2019 | -0.05 | 0.09 | -1.72 | 0.93 | -1.32 | 0.83 | 0.32 | 0.52 |
| 2020 | 0.34 | 1.16 | 0.46 | 0.24 | -0.19 | 0.19 | 0.68 | -0.12 |
| 2021 | 0.10 | -1.25 | -0.20 | 0.05 | 0.36 | -0.04 | 0.64 | 1.17 |
| 2022 | -0.12 | -0.21 | -0.26 | -0.21 | -0.03 | -0.37 | 0.01 | 0.23 |
| BAT | 2019 | 0.02 | -0.77 | -0.98 | -0.20 | -0.89 | 2.68 | 0.99 | -0.63 |
| 2020 | 0.03 | 0.89 | 0.58 | -0.49 | -1.34 | 1.49 | 0.20 | -1.10 |
| 2021 | 0.49 | -0.15 | -0.52 | 1.61 | 0.70 | 1.63 | 0.49 | -0.35 |
| 2022 | -0.54 | -0.82 | 0.22 | -0.72 | -0.06 | -1.11 | -0.33 | -0.98 |

Tabela 2. Przeciętne dzienne stopy zwrotu dla kryptowalut w rozbiciu na roczne podokresy

Analizując roczne podokresy można zauważyć wyraźną różnicę występującą pomiędzy rokiem 2002 a latami 2003-2005. Różnica ta dotyczy zdecydowanie niższych niż w pozostałych podokresach stóp zwrotu w roku 2002 (w szczególności ujemnych poniedziałkowych stóp). Z uwagi na zakres czasowy badania nie można stwierdzić, czy zaobserwowane zależności mają charakter trwały, czy też są dziełem przypadku. ()

Przed przystąpieniem do modelowania wariancji stóp zwrotu przeprowadzono badanie ciągu pod kątem jego stacjonarności, występowania autokorelacji oraz obecności efektu ARCH. Stacjonarność badano za pomocą testu Dickey’a-Fullera, uzyskując każdorazowo pozytywny wynik. Występowanie autokorelacji badano za pomocą testu Boxa-Pierce’a, a w wypadku jej obecności uznawano, że proces winien być opisany modelem AR, którego rząd ustalano posługując się wartościami funkcji ACF i PACF. W celu sprawdzenia czy dany szereg charakteryzuje się heteroskedastyczną wariancją wykorzystywano test Engle’a mnożników Lagrange’a (test na występowanie efektu ARCH).

Następnie przystąpiono do estymacji poszczególnych modeli: modeli liniowych z sezonowością ((1), ewentualnie (2)), modeli GARCH z sezonowością w równaniu średniej (4) oraz zmodyfikowanych modeli GARCH z sezonowością w równaniu średniej i wariancji (5). Dokonując wyboru rzędu opóźnień w strukturze GARCH(p,q) kierowano się istotnością parametrów strukturalnych, wartościami kryteriów informacyjnych Akaike’a i Schwarza oraz wielkością ujemnego dwukrotnego logarytmu funkcji wiarygodności (-2lnL), który jest tym mniejszy, im większa jest wiarygodność wyników.

Wyniki estymacji przedstawiają tabele Tab. 4 i Tab. 5. Oceny parametrów z oszacowanych równań (1) i (2) (w tabelach w kolumnach o nagłówkach KMNK) wskazują na średnią stopę zwrotu dla każdego z dni tygodnia. Stopy z poniedziałku i piątku okazywały się w większości badanych szeregów sposób statystycznie istotny różne od zera.

Oszacowania modeli typu (4) dały podobne wyniki. Wprowadzenie do modeli wariancji warunkowej spowodowało polepszenie ich jakości. Estymatory są teraz bardziej efektywne (uzyskano mniejsze błędy ocen odpowiednich parametrów). Zmniejszeniu uległy wartości -2lnL. Parametry w równaniach na wariancję uzyskały dodatnie oceny, ich sumy (poza stałymi) są mniejsze niż 1, aczkolwiek zbliżone do tej wartości. Ten ostatni fakt wskazuje na to, że informacje z odległej przeszłości są istotne w wyjaśnieniu bieżącej zmienności (persistence of volatility).

W zmodyfikowanych modelach GARCH typu (5) efekt dnia tygodnia jest obecny w obu równaniach: w wyraźny sposób w równaniach na średnią i w słabszy w równaniach na wariancję warunkową. W równaniach średniej statystycznie istotne okazały się najczęściej poniedziałek i piątek. Jeśli zaś chodzi o wariancję warunkową, to w kilku przypadkach statystycznie istotna jest wysoka zmienność poniedziałkowa (dla indeksów WIG, WIG20, MidWIG i spółki Prokom), a towarzysząca jej najniższa zmienność w piątki okazywała się statystycznie nieistotna. Otrzymany wynik dla stóp zwrotu z indeksów giełdowych znajduje swoje potwierdzenie w wartościach dla odchylenia standardowego umieszczonych w Tab. 1. Można go tłumaczyć tym, że poniedziałkowe ceny zamknięcia zawierają w sobie informacje aż z trzech dni. Stąd też uważa się, iż odchylenie standardowe dla poniedziałkowych zwrotów winno być wyższe niż w inne dni. Teza ta znajduje potwierdzenie na wielu rynkach finansowych. Na GPW jednak wysoki poziom wariancji poniedziałkowej nie tłumaczy efektu niskiego ryzyka wynikającego z dużych dziennych zwrotów osiąganych właśnie w poniedziałki. Wyższe poniedziałkowe zwroty można by uzasadniać przyjmując, że nie są one zwrotami dla okresu jednodniowego, lecz w rzeczywistości uwzględniają konieczność zamrożenia środków na czas weekendu. Z kolei wysokie stopy zwrotu realizowane w piątki idą w parze z niską wariancją w te dni, co potwierdza powszechnie uznawaną za słuszną relację: wysoka wariancja – niskie zwroty. Ten ostatni efekt jest już często obserwowany na światowych giełdach. Wydaje się, że jedynie wysokie stopy zwrotu w poniedziałki należy uznać za szczególną specyfikę warszawskiej giełdy w okresie jej funkcjonowania od roku 2003 do 2005

## Analiza zdarzeń

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Dzień | | Składniki klasyczne | | | | Skladniki alternatywne | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| AR(%) |  |  |  |  |  |  |  |
| Okno zdarzenia | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| CAR |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| ACAR |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## Analiza wolumenu obrotów

Wybrane statystyki opisowe dla poszczególnych zmiennych w przyjętym okresie badawczym przedstawiono w Tab 3. Szereg stóp zwrotu dla BNB cechował się najwyższą średnią, ale największą zmienność stóp zwrotu zanotowano dla BTC. Z kolei największa zmienność wolumenu obrotu charakteryzowała BAT.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Średnia | Mediana | Odchylenie standardowe | Współczynnik zmienności | Skośność | Kurtoza |
| P\_BTC | 20314.61 | 10931.31 | 16979.48 | 83.58 | 1.03 | -0.29 |
| P\_BNB | 150.96 | 27.51 | 183.85 | 121.79 | 0.97 | -0.42 |
| P\_XMR | 145.83 | 136.40 | 81.71 | 56.03 | 0.93 | 0.66 |
| P\_BAT | 0.46 | 0.31 | 0.33 | 71.43 | 1.36 | 0.99 |
| R\_BTC | 1.16E-04 | 8.67E-04 | 0.04 | 34320.52 | -1.25 | 15.92 |
| R\_BNB | 1.85E-03 | 1.41E-03 | 0.06 | 3148.23 | 0.08 | 17.30 |
| R\_XMR | 7.49E-04 | 2.59E-03 | 0.05 | 6959.80 | -1.52 | 19.28 |
| R\_BAT | -5.15E-06 | -4.37E-04 | 0.06 | -1.20E+06 | -0.31 | 10.35 |
| V\_BTC | 73024.97 | 49650.16 | 72581.29 | 99.39 | 3.38 | 16.57 |
| V\_BNB | 2.16E+06 | 1.69E+06 | 1.79E+06 | 83.09 | 2.73 | 14.38 |
| V\_XMR | 92701.91 | 82535.89 | 72212.38 | 77.90 | 2.60 | 14.37 |
| V\_BAT | 1.95E+07 | 1.24E+07 | 2.92E+07 | 149.80 | 7.05 | 73.94 |

Tabela . Wybrane statystyki dla całej próby

Badanie zależności korelacyjnych między zmiennymi w całym okresie badawczym wykazało umiarkowaną korelację zmienności stóp zwrotu z wolumenem obrotu dla BNB, XMR i BAT, a także umiarkowaną korelację ceny zamknięcia z wolumenem obrotu dla XMR i BAT.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I okres | II okres | III okres | IV okres | V okres | VI okres | Cały okres |
| BTC | -0.24 | 0.36 | 0.14 | 0.04 | -0.13 | -0.67 | 0.07 |
| BNB | 0.29 | 0.25 | 0.24 | 0.36 | 0.08 | 0.33 | -0.22 |
| XMR |  | 0.37 | -0.25 | 0.33 | 0.15 | 0.25 | 0.47 |
| BAT |  | 0.56 | 0.35 | 0.40 | 0.46 | 0.43 | 0.34 |

Tabela . Współczynniki korelacji ceny zamknięcia z wolumenem obrotu

Pogrubioną czcionką zaznaczono współczynniki korelacji statystycznie istotne na poziomie istotności α = 0,05 (na podstawie testu istotności t)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I okres | II okres | III okres | IV okres | V okres | VI okres | Cały okres |
| BTC | -0.15 | 0.20 | 0.04 | -0.01 | -0.24 | -0.05 | -0.04 |
| BNB | 0.13 | 0.27 | 0.17 | 0.25 | -0.23 | -0.20 | 0.14 |
| XMR |  | -0.05 | 0.09 | -0.03 | -0.17 | -0.13 | -0.07 |
| BAT |  | 0.19 | 0.08 | 0.34 | -0.16 | 0.16 | 0.22 |

Tabela . Współczynniki korelacji stóp zwrotu z wolumenem obrotu

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I okres | II okres | III okres | IV okres | V okres | VI okres | Cały okres |
| BTC | 0.35 | 0.38 | 0.25 | 0.55 | 0.41 | -0.11 | 0.09 |
| BNB | 0.37 | -0.13 | 0.35 | 0.59 | 0.53 | 0.37 | 0.53 |
| XMR |  | -0.12 | -0.15 | 0.31 | 0.33 | 0.38 | 0.40 |
| BAT |  | 0.35 | -0.09 | 0.24 | 0.07 | 0.49 | 0.33 |

Tabela . Współczynniki korelacji zmienności stóp zwrotu indeksu z wolumenem obrotu

Wartości zmiennej p dla testu Dickeya-Fullera, mówiącej o możliwości przyjęcia bądź odrzucenia hipotezy zerowej o występowaniu pierwiastka jednostkowego, zostały zamieszczone w tabeli 5 (dla całego okresu badawczego). Stacjonarne okazały się zarówno szeregi stóp zwrotów badanych indeksów, ich zmienności, jak i szeregi wolumenów obrotu. W przypadku samych poziomów indeksów stacjonarne były pierwsze przyrosty (zmienna zintegrowana stopnia I).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Statystyka | p\_value |
| P\_BTC | -1.3572 | 0.6 |
| P\_BNB | -1.588 | 0.49 |
| P\_XMR | -1.8817 | 0.34 |
| P\_BAT | -1.896 | 0.33 |
| R\_BTC | -29.9511 | 0.00e+00 |
| R\_BNB | -12.9663 | 3.15e-24 |
| R\_XMR | -17.2235 | 6.26e-30 |
| R\_BAT | -10.484 | 1.19e-18 |
| D\_BTC | -5.3033 | 5.39e-06 |
| D\_BNB | -4.9907 | 2.32e-05 |
| D\_XMR | -3.692 | 4.23e-03 |
| D\_BAT | -3.7876 | 3.04e-03 |
| V\_BTC | -2.5242 | 0.11 |
| V\_BNB | -3.7705 | 3.22e-03 |
| V\_XMR | -4.2398 | 5.64e-04 |
| V\_BAT | -4.7893 | 5.70e-05 |

Tabela . Test występowania pierwiastka jednostkowego dla całego okresu badawczego

W okresach II, III, IV i VI niestacjonarne były szeregi zmienności stóp zwrotu badanych indeksów, a w okresie IV również szeregi stóp zwrotu indeksów WIG i WIG20 (tab. 6), ale zmienne były zintegrowane stopnia I.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | I okres | II okres | III okres | IV okres | V okres | VI okres |
| P\_BTC |  |  | Y |  |  |  |
| P\_BNB |  |  |  |  |  |  |
| P\_XMR |  |  |  |  |  | Y |
| P\_BAT |  |  | Y |  |  |  |
| R\_BTC | Y | Y | Y | Y | Y | Y |
| R\_BNB | Y | Y | Y | Y |  | Y |
| R\_XMR |  | Y | Y | Y | Y | Y |
| R\_BAT |  | Y | Y | Y | Y | Y |
| D\_BTC |  |  |  | Y |  | Y |
| D\_BNB |  |  | Y | Y |  | Y |
| D\_XMR |  |  |  | Y |  | Y |
| D\_BAT |  |  | Y | Y |  | Y |
| V\_BTC | Y | Y | Y | Y |  |  |
| V\_BNB | Y | Y | Y | Y |  | Y |
| V\_XMR |  |  | Y | Y | Y | Y |
| V\_BAT |  | Y |  |  | Y | Y |

Tabela . Test występowania pierwiastka jednostkowego dla poszczególnych podokresów badawczych

Analiza wyników testu śladu i testu Lmax pozwoliła stwierdzić występowanie kointegracji zarówno między stopami zwrotu poszczególnych badanych indeksów a wolumenem obrotu akcjami – uczestnikami tych indeksów, jak i między zmiennością stóp zwrotu analizowanych indeksów a wolumenem ich obrotu (tab. 7).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Rząd | Wartość własna | Test śladu [p-value] | Test Lmax [p-value] |
| P\_BTC i V\_BTC |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| R\_BTC i V\_BTC |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| D\_BTC i V\_BTC |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| P\_BNB i V\_ BNB |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| R\_BNB i V\_BNB |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| D\_BNB i V\_BNB |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| P\_XMR i V\_ XMR |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| R\_XMR i V\_ XMR |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| D\_XMR i V\_ XMR |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| P\_BAT i V\_ BAT |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| R\_BAT i V\_ BAT |  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| D\_BAT i V\_ BAT |  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Tabela . Wyniki testu Johansena

Test liniowy Grangera wykazał występowanie przyczynowości tylko w jednym kierunku. To stopy zwrotu indeksów i ich zmienność są przyczyną w sensie Grangera zmian wolumenu obrotu. Taką zależność zanotowano dla indeksów WIG20 i sWIG80. Test nie dał natomiast podstaw do stwierdzenia istnienia przyczynowości w przeciwnym kierunku: wolumen nie jest przyczyną w sensie Grangera stóp zwrotu i ich zmienności dla żadnego z badanych indeksów. Z kolei dla indeksów WIG i mWIG40 nie odnotowano występowania przyczynowości ani w kierunku od stóp zwrotu i ich zmienności do wolumenu, ani od wolumenu do stóp zwrotu i ich zmienności. W poszczególnych podokresach wyniki nie były zbieżne, choć w kilku podokresach została potwierdzona przyczynowość w kierunku do wolumenu obrotu (tab. 9):

* R→V w II okresie oraz D→V w II i III okresie dla indeksu WIG20,
* R→V w I okresie oraz D→V w I, IV, V i VI okresie dla indeksu mWIG40,
* R→V w III i V okresie oraz D→V w II i IV okresie dla indeksu sWIG80.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Kierunek oddziaływania | Przyczynowość | | | | | |
| I okres | II okres | III okres | IV okres | V okres | VI okres |
| BTC | P→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→P |  |  |  |  |  |  |
|  | R→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→R |  |  |  |  |  |  |
|  | D→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→D |  |  |  |  |  |  |
| BNB | P→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→P |  |  |  |  |  |  |
|  | R→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→R |  |  |  |  |  |  |
|  | D→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→D |  |  |  |  |  |  |
| XMR | P→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→P |  |  |  |  |  |  |
|  | R→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→R |  |  |  |  |  |  |
|  | D→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→D |  |  |  |  |  |  |
| BAT | P→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→P |  |  |  |  |  |  |
|  | R→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→R |  |  |  |  |  |  |
|  | D→V |  |  |  |  |  |  |
|  | V→D |  |  |  |  |  |  |

Tabela . Test przyczynowości liniowej Grangera (statystyka Walda) dla poszczególnych podokresów badawczych

## Wnioski

# Podsumowanie

# Spis rysunków

[Rysunek 1. Okna w analizie zdarzeń Źródło: (Kujawa & Ostrowska, 2016) 11](#_Toc127290162)

[Rysunek 2. Poziom BTC na zamknięcie notowań w okresie od 3.10.2001 do 20.01.2016 Źródło: opracowanie własne 13](#_Toc127290163)

# Spis tabel

# No table of figures entries found.

# Spis równań

[Równanie 1. Prosty model regresji liniowej 9](#_Toc127217966)

[Równanie 2. Model 9](#_Toc127217967)

[Równanie 3. Model 10](#_Toc127217968)

[Równanie 4. Model 10](#_Toc127217969)

[Równanie 5. (Równanie 4) rozszerzone o równanie wariancji warunkowej 10](#_Toc127217970)

[Równanie 6. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona 11](#_Toc127217971)

[Równanie 7. Model VAR 12](#_Toc127217972)

[Równanie 8. Analiza przyczynowości dla wybranych zmiennych 12](#_Toc127217973)

# Bibliografia

Berument, H. & Kiymaz, H., 2001. The Day of the Week Effect on Stock Market Volatility. *JOURNAL OF ECONOMICS AND FINANCE,* 25(2), pp. 181-193.

Binance, 2021. *Binance Blog.* [Online]   
Available at: https://www.binance.com/en/blog/fiat/fiat-money-vs-cryptocurrency-can-they-coexist-421499824684902103  
[Accessed 19 lipiec 2022].

Bollerslev, T., 1986. Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity. *Journal of Econometrics,* 31(3), pp. 307-327.

Business, N. U. D.-M. S. o., 2018. *GUIDE TO THE RISE OF CRYPTOCURRENCY, DIGITAL CURRENCY AND BITCOIN.* [Online]   
Available at: https://onlinebusiness.northeastern.edu/masters-in-finance-msf/knowledge/guide-to-the-rise-of-cryptocurrency-digital-currency-and-bitcoin/  
[Accessed 19 lipiec 2022].

Charemza, W. & Deadman, D., 1997. *Nowa ekonometria.* Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.

Kufel, T., 2011. *Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETL.* 3rd ed. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Landmesser, J., 2006. *EFEKT DNIA TYGODNIA NA GIEŁDZIE PAPIERÓW WARTOŚCIOWYCH W WARSZAWIE,* Warszawa: s.n.

Maddala, G. S., 2008. *Ekonometria.* Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.

Oracle, 2023. *Oracle.* [Online]   
Available at: https://www.oracle.com/pl/blockchain/what-is-blockchain/  
[Accessed 13 Luty 2023].

Osińska, M., 2008. *Ekonometryczna analiza zależności przyczynowych.* 1st ed. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

Software Testing Help, 2023. *Software Testing Help.* [Online]   
Available at: https://www.softwaretestinghelp.com/types-of-cryptocurrency/  
[Accessed 13 Luty 2023].

TradeStation, 2020. *TradeStation.* [Online]   
Available at: https://www.tradestation.com/learn/market-basics/cryptocurrencies/the-basics/how-does-crypto-compare-to-traditional-currency/  
[Accessed 19 lipiec 2022].

Wyrażam zgodę na udostępnienie mojej pracy w czytelniach Biblioteki SGGW   
w tym w Archiwum Prac Dyplomowych SGGW

.................................................................

*(czytelny podpis autora pracy)*