

Justyna Hyjek\*

ORCID: 0000-0001-8764-0008

Uniwersytet Wrocławski

<https://doi.org/10.19195/1733-5779.40.12>

## Efekt zarażania się rynków kryptowalut

**JEL Classification:** C13, C51, C58, G15

**Słowa kluczowe:** kryptowaluty, kointegracja, test ADF, model VECM

**Keywords:** cryptocurrencies, cointegration, ADF test, VECM model

**Abstrakt:** Celem artykułu jest ocena powiązań wybranych rynków kryptowalut i rozpoznanie efektu zarażania się rynków. W badaniu wykorzystano test ADF, zgodnie z którym określono stopień integracji badanych procesów oraz dokonano estymacji MNW parametrów modelu korekty błędem do oceny zależności o charakterze długookresowym z krótkookresowymi stanami nierównowagi. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że tylko niektóre z kryptowalut są skointegrowane i opisuje je model z mechanizmem korekty błędem, czyli charakteryzuje je relacja długookresowa z mechanizmem dochodzenia do stanu równowagi, co oznacza ich wspólne „błądzenie”, które można potraktować jako efekt zarażania się rynków. W przypadku pozostałych kryptowalut kointegracja nie została potwierdzona co oznacza, że o efekcie zarażania nie można w takim przypadku mówić. Wyniki artykułu mogą stanowić pomoc przy wyborze strategii inwestycyjnej w kryptowaluty dostosowanej do jej horyzontu czasowego.

### The contagion effect of cryptocurrency markets

**Abstract:** The purpose of the article is to assess the interconnectedness of selected cryptocurrency markets and to identify the contagion effect of the markets. The study used the ADF test according to which the degree of integration of the studied processes was determined and the MNW estimation of the parameters of the error correction model was performed to assess the dependencies of short-term and long-term character. The results of the study indicate clearly that the cryptocurrency markets are interrelated in the short term, and only some of them are integrated and described by a model with an error correction mechanism, i.e., they are characterized by a long-term relationship, which refers to their common “wandering,” which can be treated as the effect of contagion of markets. In the case of other cryptocurrencies cointegration was not confirmed, which means that the analysis of mutual relations in these cases allows us to capture only short-term relationships, and we cannot talk about the contagion effect in this case. The results of the article can be an aid in choosing an investment strategy in cryptocurrencies adapted to its time horizon.

---

\* Opiekun naukowy (Scientific Tutor) — dr Magdalena Homa.

## Wprowadzenie

Kryptowaluty to innowacja na rynkach finansowych, stanowiąca narzędzie, dzięki któremu ludzie w dowolnym miejscu mogą przeprowadzać transakcję za pośrednictwem sieci bez centralnej instytucji zarządzającej. Mimo że są one instrumentem budzącym wiele kontrowersji, ryzykownym i słabo uregulowanym, to ich obecność w gospodarce jest coraz większa, ponieważ rozpowszechniają się nie tylko jako instrument inwestycyjny, ale również jako środek płatniczy. Zatem koncepcja kryptowalut łączy zalety gotówki z szybkością oraz wygodą transakcji elektronicznych i tym sposobem pełni funkcję waluty cyfrowej, która nie ma oparcia w kruszcach, a jest unikalnym kodem uzyskiwanym poprzez kopalnie kryptowalut, będącym formą zarówno inwestycji, jak i środka płatniczego<sup>1</sup>. Pojawia się więc pytanie, czy mechanizmy i zależności, które charakteryzują klasyczny rynek finansowy, są odtwarzane na rynku kryptowalut. Chodzi tu głównie o efekt zarażania się rynków finansowych, ponieważ problematyka zmienności kryptowalut oraz ich korelacji z kursem złotego poruszana jest w publikacjach polskich naukowców<sup>2</sup>, a ich relację w stosunku do EUR czy USD rozważała między innymi K. Kądziołka<sup>3</sup>, która wykazała, że ryzyko inwestycji w bitcoina jest znacznie wyższe niż w przypadku walut tradycyjnych. Wartościowe konkluzje, dotyczące możliwości wykorzystania tradycyjnych narzędzi finansowych do analiz kryptowalut można znaleźć w publikacjach K. Piecha<sup>4</sup>. Publikacji dotyczących mechanizmów kształtujących wzajemne powiązania rynków kryptowalut opartych na różnych ideach i rozwiązaniach jest stosunkowo niewiele, co wynika bez wątpienia z ich niedługości obecności w światowych finansach. Dlatego też celem artykułu jest zbadanie, czy kryptowaluty jako procesy błędzą wspólnie, czyli są skointegrowane i do opisu ich wzajemnej relacji można poprawnie stosować model z mechanizmem korekty błędów. W tym rozumieniu będzie można mówić o istocie efektu zarażania się rynków kryptowalut, sprawdzając jednocześnie, czy bitcoin jest naturalną walutą bazową dla pozostałych kryptowalut oraz czy można mówić o wspólnym błędzeniu BTC z pozostałymi kryptowalutami.

---

<sup>1</sup> K. Raczkowski, M. Postuła, *Kryptowaluty — przyszłość czy zagrożenie dla polskiego systemu finansowego*, „Zarządzanie i Finanse. Journal of Management and Finance” 15, 2017, s. 37–38.

<sup>2</sup> M. Gal, A. Pyć, *Rola kryptowaluty bitcoin na rynku walutowym*, „Journal of Capital Market and Behavioral Finance” 7, 2017, nr 3.

<sup>3</sup> K. Kądziołka, *Ocena ryzyka inwestycji w kryptowalutę bitcoin*, „Współczesna Gospodarka” 2015, nr 3.

<sup>4</sup> K. Piech, *Polityka państw wobec kryptowalut*, [w:] *Nauki ekonomiczne w XXI wieku. Stan obecny i perspektywy rozwoju*, red. R. Bartkowiak, P. Wachowiak, Warszawa 2014; *Podstawy korzystania z walut cyfrowych*, red. K. Piech, Warszawa 2017.

## Kryptowaluty i ich znaczenie na rynku

Ze względu na brak jednoznacznej definicji kryptowalut, wskazane jest skorzystanie z definicji waluty wirtualnej, odnoszącej się do szerszego pojęcia. Europejski Bank Centralny (EBC) zaproponował w 2012 roku definicję, zgodnie z którą wirtualna waluta to nieuregulowany cyfrowy pieniądz emitowany przez jego twórców, a wykorzystywany i akceptowany przez uczestników wirtualnego świata<sup>5</sup>. W 2015 roku EBC zredefiniował walutę wirtualną, podkreślając, że jest to cyfrowa reprezentacja wartości niewyemitowanej przez bank centralny, instytucję kredytową lub instytucję pieniądza elektronicznego, która w pewnych okolicznościach może być użyta jako alternatywa dla pieniędzy<sup>6</sup>. Z definicji tych wynika zatem, że waluty wirtualne, a co za tym idzie i kryptowaluty, nie są tym samym, co pieniądz. Pojawia się więc pytanie: czy z ekonomicznego punktu kryptowaluty można uznać za pieniądz? Według autorów opracowanego w 2017 roku raportu<sup>7</sup> kryptowaluty są pieniądzem, brak im jednak jednoznacznego statusu prawnego. Autorzy wskazują, że w ich ocenie kryptowaluty spełniają wszystkie funkcje pieniądza, a także odznaczają się cechami, jakimi powinna być obdarzona jednostka pieniężna, jednak ich status prawny jest różny w poszczególnych państwach. Państwa członkowskie UE pozytywnie oceniają stosowanie technologii *blockchain* i podkreślają znaczenie gospodarki cyfrowej, niemniej każde państwo indywidualnie określa, jaką funkcję może pełnić kryptowaluta na ich obszarze i regulują krajową sferę rynku kryptowalut<sup>8</sup>. Z jednej strony należy podkreślić, że z racji na to, iż kryptowaluty bazują na zastosowaniu kryptografii, a w szczególności technologii *blockchain*, będącej mechanizmem kontroli i zarządzania ich obrotem, zapewnione jest bezpieczeństwo i anonimowość ich obrotu. Z drugiej jednak bez wątpienia kryptowaluty różnią się w swej istocie od pieniądza, gdyż nie są wydawane przez banki centralne, a ich wartość nie zależy od polityki bankowej. W przeciwieństwie do regularnych walut, w przypadku których można emitować nowe pieniądze i dostarczać je do systemu pieniężnego, ceny kryptowaluty są oparte wyłącznie na podaży i popycie.

Pierwszą i jednocześnie najbardziej rozpoznawalną kryptowalutą, w sposób jednoznaczny kojarzącą się z całym rynkiem, jest bitcoin, który zadebiutował w 2009 roku<sup>9</sup>. W połowie 2015 roku na rynku kryptowalut pojawił się ethereum.

<sup>5</sup> European Central Bank, *Virtual Currency Schemes*, Frankfurt am Main 2012.

<sup>6</sup> European Central Bank, *Virtual Currency Schemes — a further analysis*, 2015, <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemesen.pdf> (dostęp: 16.03.2022).

<sup>7</sup> *Podstawy korzystania...*

<sup>8</sup> European Parliament, A8-0168/2016, Report on virtual currencies (2016/2007(INI)) Committee on Economic and Monetary Affairs, 3 maja 2016 roku, <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//NONSGML+REPORT+A8-2016-0168+0+DOC+PDF+V0//EN> (dostęp: 16.03.2022).

<sup>9</sup> P. Sobański, *Kryptowaluty a regulacje prawa spadkowego. Rozważania de lege lata*, Warszawa 2019, s. 443.

Podobnie jak bitcoin, wykorzystuje technologię łańcucha bloków, jednak różni się od bitcoina tym, że oprócz samego przesyłu kryptowaluty, umożliwia również tworzenie tak zwanych Smart Contracts, czyli algorytmów zaprogramowanych do wykonywania specyficznych czynności, między innymi dzielenia środków między udziałowców przy okazji zbiórki na dany projekt w procesie nazywanym Initial Coin Offering. Ethereum może zatem ułatwiać inwestowanie czy *crowdfunding*<sup>10</sup>. Dla niższych kosztów transakcyjnych i większej efektywności podczas codziennego użytku został zaprojektowany litecoin. W przeciwieństwie do bitcoina, który wykorzystywany był bardziej jako wartość dla celów długoterminowych, w przypadku litecoina limit monet jest o wiele wyższy, a proces wydobywania znacznie szybszy. Oznacza to, że transakcje przebiegają szybciej i są tańsze, choć generalnie o mniejszym wolumenie.

Pierwszą kryptowalutą nieopartą na protokole bitcoina było ripple, które powstało w 2012 roku i miało na celu stworzenie nowej metody płatności. Ujmując precyzyjniej, można stwierdzić, że jest to odmienny system rozliczeniowy, dlatego też poza nową funkcjonalnością ma ona cechy instrumentu finansowego. Kolejną kryptowalutą, która zdobyła popularność, jest dash, pierwotnie znana także jako xcoin lub darkcoin. Jej nazwa odnosi się do pseudonimu twórców kryptowaluty, Satoshi Nakamoto. Cechą wyróżniającą jest wyposażenie tej kryptowaluty w dwustopniową sieć peer-to-peer, która jest zmotywowana do dostarczania pełnego wachlarza usług dla całej sieci. Użytkownicy mogą niemal natychmiastowo wysłać i zamknąć transakcje, bez jakiegokolwiek nadzoru. Obecnie popularność zdobył także dogecoin. Jest to również internetowa waluta peer-to-peer, oparta o zmodyfikowany protokół bitcoina. Odróżnia ją od większości deflacyjnych kryptowalut to, że jest walutą inflacyjną, to znaczy nie ma limitu monet<sup>11</sup>.

Obecnie istnieje ponad 800 alternatywnych kryptowalut, zwanych altcoins, takich jak ethereum, ripple i litecoin<sup>12</sup>. Wskazuje to jednoznacznie, jak bardzo konkurencyjne względem siebie powinny być kryptowaluty. Zważając na ich różnorodność, jak i przeprowadzane badania, nowe kryptowaluty są wręcz bardziej optymalne dla inwestorów. Jednak sama rozpoznawalność i klasyczna charakterystyka bitcoina tworzy duży dystans, jaki muszą pokonać pozostałe, często zawierające lepszy mechanizm wśród zbioru kryptowalut<sup>13</sup>.

---

<sup>10</sup> P. Belleflamme, N. Omrani, M.N. Peitz, *The economics of crowdfunding platforms*, „Information Economics and Policy” 33, 2015, s. 11–28.

<sup>11</sup> E. Want, *Bitcoin i inne kryptowaluty jako przedmiot świadczenia pieniężnego*, „Transformacje Prawa Prywatnego” 2019, nr 2, s. 85.

<sup>12</sup> P. Opitek, *Kryptowaluty jako przedmiot zabezpieczenia i poręczenia majątkowego*, „Prokuratura i Prawo” 2017, nr 6, s. 36–59.

<sup>13</sup> R. Farrell, *An Analysis of the Cryptocurrency Industry*, „Wharton Research Scholars” 2015, nr 130, s. 10–12.

## Metoda badawcza

Badanie opisywane w artykule ma na celu zweryfikowanie stawianych hipotez:

1. kryptowaluty jako procesy finansowe wspólnie ewoluują i osiągają stan wzajemnej równowagi długookresowej;

2. bitcoin jest naturalną walutą bazową dla pozostałych kryptowalut.

W celu weryfikacji stawianych hipotez konieczne jest przeprowadzenie testu kointegracji, a następnie, zgodnie z twierdzeniem Grangera o reprezentacji<sup>14</sup>, każdy szereg, który jest z sobą skointegrowany musi być wyrażony za pomocą tak zwanego mechanizmu korekty błędem, aby oszacować parametry modelu z mechanizmem korekty błędu (ECM lub VECM).

Relacja kointegrująca odpowiada równowadze dynamicznej między badanymi zmiennymi niestacjonarnymi, a regresja między takimi zmiennymi ma jakikolwiek sens, jeśli reszty są stacjonarne, to znaczy zmienne współlegzystują w taki sposób, że różnica między nimi pozostaje stacjonarna. Dzieje się tak, gdy zmienne niestacjonarne względem wartości oczekiwanej „błądzą wspólnie” w tym wymiarze tak, że różnica między nimi jest stacjonarna. Toteż w takich przypadkach testowanie kointegracji ma służyć odróżnieniu regresji wyrażającej związek długofalowy, w której zmienne są skointegrowane, od sytuacji, w której nie ma kointegracji zmiennych. Zgodnie z definicją<sup>15</sup>:

dwa procesy  $Y_t$  i  $X_t$  są skointegrowane, jeżeli:

warunek 1: są one zintegrowane w tym samym rzędzie,

warunek 2: istnieje kombinacja liniowa tych procesów:

$$u_t = \beta_1 Y_t + \beta_2 X_t$$

która jest stacjonarna, czyli zintegrowana rzędu  $I(0)$ .

W pierwszej kolejności należy zatem zbadać stopień zintegrowania procesów związanych z badaną długookresową zależnością, a następnie przeprowadzić procedurę Engle’a-Grangera (EG) w celu sprawdzenia, czy reszty równania kointegrującego<sup>16</sup>:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1t} + \alpha_2 X_{2t} + \dots + \alpha_i X_{it} + \varepsilon_t$$

są stacjonarne, czyli zintegrowane w stopniu zero ( $\varepsilon_t I(0)$ ).

W tym celu zastosowanie znajduje rozszerzony test Dickeya-Fullera pierwiastka jednostkowego oznaczony ADF. Test polega na weryfikacji hipotez:

<sup>14</sup> C.W.J. Granger, *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods*, „Econometrica” 37, 1969.

<sup>15</sup> E. Kusideł, *Modele wektorowo-autoregresyjne VAR. Metodologia i zastosowania*, [w:] *Dane panelowe i modelowanie wielowymiarowe w badaniach ekonomicznych*, red. B. Suchecki, t. 3, Absolwent, Łódź 2000, s. 18.

<sup>16</sup> A. Welfe A, *Ekometria: metody i ich zastosowania*, Warszawa 2009, s. 360.

$$H_0: \alpha = 1$$

$$H_1: \alpha < 1$$

Statystykę testową DF wyznacza się jako iloraz (który poprzednio nazywany był ilorazem t):

$$DF = \frac{\hat{\delta}}{S(\hat{\delta})}$$

W przypadku, gdy wartość bezwzględna statystyki testowej jest większa od wartości krytycznej odczytanej z tablic Dickeya i Fullera, odrzucamy hipotezę zerową na rzecz hipotezy o stacjonarności. Pozytywne zweryfikowanie kointegracji procesów pozwala dokonać opisu relacji badanych zmiennych w postaci modelu z mechanizmem korekty błędu (ECM lub VECM), który jest próbą połączenia opisu krótko- i długookresowych zależności zmiennych, czyli opisu zjawiska długofalowej równowagi (występującej gdy zmienne są skointegrowane) z krótkookresowymi stanami nierównowagi. Model z mechanizmem korekty błędu VECM to model, który składa się zatem z równania kointegrującego w postaci<sup>17</sup>:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1t} + \alpha_2 X_{2t} + \dots + \alpha_i X_{it} + \varepsilon_t$$

oraz równania mechanizmu korekty błędem, które można zapisać w następujący sposób:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta X_t + \gamma ECM_{t-1} + \varepsilon_t$$

Zmienna  $ECM$  reprezentuje stan równowagi, a  $\gamma$  to współczynnik związany z szybkością, z jaką badany proces dostosowuje się do poziomu równowagi. Kluczowy znak parametru  $\rightarrow$  powinien być ujemny, bo tylko wówczas będzie funkcjonował mechanizm dochodzenia do poziomu równowagi. Natomiast współczynnik  $\beta_1$  jest powiązany bezpośrednio z dynamiką krótkookresową.

Na podstawie wartości MNW-estymatorów wskazanych parametrów możliwe jest zatem opisanie i wnioskowanie o relacji długookresowej z mechanizmem osiągnięcia stanu równowagi, czyli „wspólnego błędzenia” procesów, co świadczy o istnieniu efektu zarażania się ich wskazanymi rynkami. Warto podkreślić, że w literaturze nie ma zgody co do jednoznacznej definicji efektu zarażenia na rynkach finansowych. Generalnie jest to rozprzestrzenianie się między sektorami, rynkami czy krajami wzajemnych powiązań wynikających z wspólnej tendencji rozwojowej bądź na skutek zdarzeń ekstremalnych<sup>18</sup>. Ze względu na to, że estymatory MNW modelu VECM pozwalają na wnioskowanie w zakresie istotności długookreso-

<sup>17</sup> M. Olczyk, A. Kordalska, *Identyfikacja konkurencyjności sektorów przemysłu przetwórczego i ich wpływ na międzynarodową konkurencyjność gospodarki polskiej — analiza panelowa w modelu ECM*, „Materiały i Studia” 2015, nr 311, s. 27.

<sup>18</sup> M. Iwanicz-Drozdowska, K. Rogowicz, Ł. Kurowski, P. Smaga, *Two decades of contagion effect on stock markets: Which events are more contagious?*, „Journal of Financial Stability” 55, 2021.

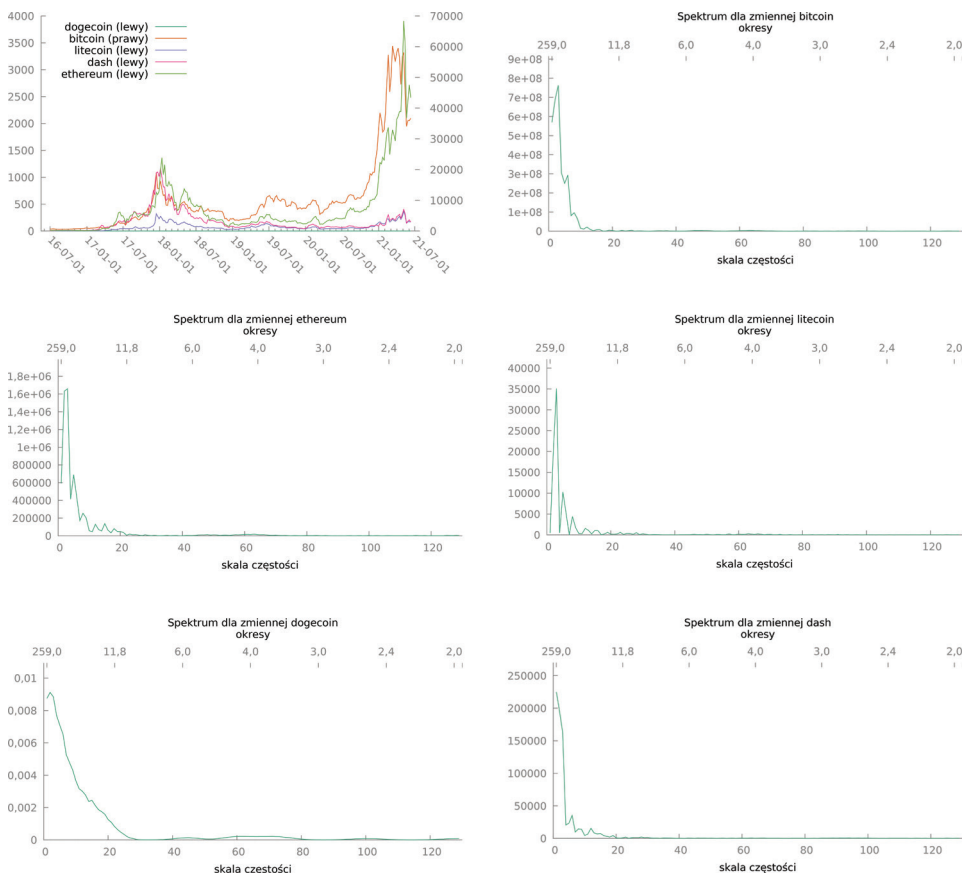
wego stanu równowagi i krótkookresowych stanów nierównowagi, takie ujęcie problemu wpisuje się w nurt badań o efektach zarażania na rynkach finansowych.

## Wyniki analizy

W celu zweryfikowania stawianych hipotez dotyczących relacji długookresowej o charakterze błędzenia losowego zachodzącej między rynkami kryptowalut wskazującej na istnienie efektu zarażania się przeprowadzono analizę wybranych pięciu kryptowalut uznanych za najbardziej rozpoznawalne: bitcoina (BTC), ethereum (ETH), litecoina (LTC), dogecoina (DOGE) i dasha (DASH). W analizie wykorzystano dane tygodniowe za okres od 3 lipca 2016 do 11 czerwca 2021 roku, co daje okres prawie pięciu lat (przyjęte okno czasowe jest powiązane z notowaniami najmłodszej z walut — dogecoina), dotyczące kursu zamknięcia wyrażonego w dolarach amerykańskich. W artykule w celu weryfikacji postawionej hipotezy przy użyciu metod statystyczno-ekonometrycznych dokonano porównania wybranych kryptowalut w stosunku do bitcoina (BTC). Zastosowano test ADF w celu wskazania par, które są skointegrowane z BTC, czyli kryptowalut sprzężonych z BTC i wspólnie błędzących. Punktem wyjścia w analizie wzajemnych powiązań między poszczególnymi kryptowalutami jest ocena mechanizmów kształtujących je. W tym celu oceny dokonano na podstawie periodogramów i wykresów szeregów czasowych, stanowiących podstawę określenia wzorca rozwoju (rysunek 1).

Na podstawie wykresów można stwierdzić, że bitcoin i kryptowaluty, które oparte zostały na tej samej technologii, wykorzystywane są jako wartość dla celów długoterminowych i w związku z tym w ich wzorzec rozwoju wpisany jest trend, którego nie obserwujemy w przypadku litecoina, który miał szybszy przebieg transakcji. Poza trendem wszystkie kryptowaluty charakteryzują się występowaniem wahań średniookresowych. Dodatkowo można zauważyć wspólną relację długoterminową między kryptowalutami oraz podejrzewać zjawisko „wspólnego błędzenia”, zatem badanie kointegracji jest zasadne. Do weryfikacji istnienia kointegracji stosowana jest procedura Engle’a-Grangera obejmująca następujące kroki.

1. Przeprowadzenie testu ADF dla badanych zmiennych w celu zbadania ich stopnia zintegrowania.
2. Estymacja parametrów równania kointegrującego.
3. Przeprowadzenie testu ADF dla procesu resztowego w celu zweryfikowania jego stacjonarności



Rysunek 1. Periodogram i szereg czasowy dla wybranych kryptowalut

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki przeprowadzonej procedury EG z bazową kryptowalutą BTC — oznacza, że w przypadku BTC w równaniu kointegrującym uwzględniono wszystkie pozostałe kryptowaluty, natomiast w pozostałych przypadkach zbadano relację z walutą bazową — przedstawiono w tabelach poniżej (1 i 2).

Tabela 1. Wyniki procedury EG (wartości  $p$ ) dla waluty bazowej BTC

Kryptowaluta	Krok 1 — Test ADF			Krok 2 — Równanie kointegrujące	Krok 3 — Test ADF reszt
	poziomy	różnice	stopień	istotność	poziomy
BTC	0,7963	6,568e-05	$I(1)$	ETH - LTC 3,20e-072 DOGE 0,0266 DASH 6,12e-032	0,1569

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 2. Wyniki procedury EG (wartości  $p$ ) dla kryptowalut uwzględnionych w analizie względem BTC (bazowej)

Kryptowaluta	Krok 1 — Test ADF			Krok 2 — Równanie kointegrujące	Krok 3 — Test ADF reszt
	poziomy	różnice	stopień	istotność	
ETH	0,9881	0,1763	$I(2)$	—	—
LTC	0,1702	1,155e-07	$I(1)$	2,71e-049	0,2731
DOGE	0,9998	0,077	$I(1)$	5,33e-031	0,0009063
DASH	0,1523	0,002486	$I(1)$	0,0005	0,579

\*przyjęty poziom istotności 0,1

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki procedury EG wskazują, że nie obserwujemy skointegrowania wszystkich procesów objętych analizą. Mianowicie w przypadku większości rozważanych kryptowalut są to procesy zintegrowane w stopniu 1, a tylko w przypadku etherum jest to proces  $I(2)$ , co oznacza, że procedurę EG kończymy na kroku pierwszym, bo kointegracja w tym wypadku nie występuje. Odnośnie do pozostałych par istnieje istotny wektor kointegrujący, jednak tylko w przypadku pary DOGE–BTC otrzymaliśmy stacjonarny proces resztowy, co oznacza, że kryptowaluty są w relacji ale krótkookresowej, a tylko w przypadku pary DOGE–BTC istnieje relacja długookresowa. Wynikać to może przede wszystkim z wrażliwości procesów. DOGE reagują tak samo mocno jak BTC, czego znakomitymi przykładami mogą być pandemia czy „manipulacje” ze strony Elona Muska. Wpłynęły one ekstremalnie szybko na proces, wybijając go ze stanu równowagi. W celu zweryfikowania, czy procesy te „błądzą wspólnie” osiagając stan długookresowej równowagi, zastosowano więc model z mechanizmem korekty błędem. Wyniki MNW-estymacji metodą największej wiarygodności parametrów modelu wraz z wartościami  $p$  (w nawiasach) przedstawiono poniżej:

$$\Delta Y_t = \frac{-0,00463527}{(0,0193)} + \frac{3,07465e-06}{(1,03e-05)} \Delta X_t - \frac{0,0812164}{(3,17e-05)} ECM_{(t-1)}$$

Z analizy modelu VECM wynika, że parametry modelu są istotne oraz wartość parametru związanego z szybkością dostosowywania badanego procesu do poziomu równowagi jest ujemny, a to oznacza, że między parą kryptowalut BTC i DOGE funkcjonuje mechanizm dochodzenia do poziomu równowagi i tym samym procesy błądzą wspólnie.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że kryptowaluty jako procesy są głównie zintegrowane w stopniu 1, co oznacza, że ich różnice są procesami stacjonarnymi. Niestety większość z nich nie jest skointegrowana,

co oznacza, że nie obserwuje się między nimi sensowej relacji długookresowej. Wśród rozważanych kryptowalut tylko jedna para, BTC–DOGE, charakteryzowała się istotnym wektorem kointegrującym i stacjonarnym procesem resztowym, a wyniki MNW estymacji potwierdziły, że jest to para kryptowalut, którą charakteryzuje „wspólne błędzenie”. Oznacza to, że tylko w tym przypadku można zaobserwować „efekt zarażania się rynków”. Uzyskane wyniki pozwalają zatem na zweryfikowanie negatywnie stawianych hipotez, ponadto należy stwierdzić, że mimo iż bitcoin jest najpopularniejszą kryptowalutą, to jednak nie jest naturalną walutą bazową dla pozostałych.

Oznacza to, że każda kryptowaluta tworzy oddzielny, indywidualny i niejako niezależny, oczywiście w teorii, rynek. Pokazuje to różnorodność wynikająca z samej technologii oraz przeznaczenia kryptowalut. Wynikać z tego może ogromne ryzyko, ponieważ skoro są one nieuregulowane i, jak wynika z analiz, również nieskointegrowane, bardzo ciężko jest przewidzieć zachowanie danej kryptowaluty wraz z jej reakcją na daną sytuację ekonomiczną. Jedyny wyjątek, który wskazuje właśnie na występowanie efektu zarażania się rynku, może być spowodowany popularnością obu walut wirtualnych oraz ingerencji w nie Elona Muska. Dzięki jego wpisom na platformie Twitter zaobserwowano, że w Stanach Zjednoczonych DOGE i BTC są najbardziej popularne — DOGE nawet wyprzedziła BTC w liczbie wyszukiwań w Google. Reasumując, efekt zarażania się rynków rzadko występuje na rynkach kryptowalut, jednakże należy pamiętać, że jest to rynek nie do końca uregulowany i dlatego mechanizmy na nim działające różnią się od mechanizmów charakterystycznych dla klasycznych rynków finansowych.

## Bibliografia

- Belleflamme P., Omrani N., Peitz M., *The economics of crowdfunding platforms*, „Information Economics and Policy” 33, 2015.
- Farrell R., *An Analysis of the Cryptocurrency Industry*, „Wharton Research Scholars” 130, 2015.
- Gal M., Pyć A., *Rola kryptowaluty bitcoin na rynku walutowym*, „Journal of Capital Market and Behavioral Finance” 7, 2017, nr 3.
- Granger C.W.J., *Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods*, „Econometrica” 37, 1969.
- Iwanicz-Drozdowska M., Rogowicz K., Kurowski Ł., Smaga P., *Two decades of contagion effect on stock markets: Which events are more contagious?*, „Journal of Financial Stability” 55, 2021.
- Kądziołka K., *Ocena ryzyka inwestycji w kryptowalutę bitcoin*, „Współczesna Gospodarka” 2015, nr 3.
- Kusideł E., *Modele wektorowo-autoregresyjne VAR. Metodologia i zastosowania*, [w:] *Dane panelowe i modelowanie wielowymiarowe w badaniach ekonomicznych*, red. B. Suchecki, t. 3, Łódź 2000.
- Olczyk M., Kordalska A., *Identyfikacja konkurencyjności sektorów przemysłu przetwórczego i ich wpływ na międzynarodową konkurencyjność gospodarki polskiej — analiza panelowa w modelu ECM*, „Materiały i Studia” 2015, nr 311.

- Opitek P., *Kryptowaluty jako przedmiot zabezpieczenia i poręczenia majątkowego*, „Prokuratura i Prawo” 2017, nr 6.
- Piech K., *Polityka państw wobec kryptowalut*, [w:] *Nauki ekonomiczne w XXI wieku. Stan obecny i perspektywy rozwoju*, red. R. Bartkowiak, P. Wachowiak, Warszawa 2014.
- Podstawy korzystania z walut cyfrowych*, red. K. Piech, Warszawa 2017.
- Raczkowski K., Postuła M., *Kryptowaluty — przyszłość czy zagrożenie dla polskiego systemu finansowego*, „Zarządzanie i Finanse. Journal of Management and Finance” 15, 2017, nr 4.
- Want E., *Bitcoin i inne kryptowaluty jako przedmiot świadczenia pieniężnego*, „Transformacje Prawa Prywatnego” 2019, nr 2.
- Welfe A., *Ekonometria: metody i ich zastosowania*, Warszawa 2009.