

Analiza Korelacji Notowań Bitcoina

Vasyl Fedoriv
Wydział Zarządzania
Akademia Górniczo-Hutnicza im.St.Staszica
Kraków, Poland
fedorivas@gmail.com

Jacek Obrzud
Wydział Zarządzania
Akademia Górniczo-Hutnicza im.St.Staszica
Kraków, Poland
jobrzud@zarz.agh.edu.pl

Streszczenie—W artykule przeanalizowano zmiany notowań wybranych indeksów giełd światowych i kursów walut, a także bitcoina i Special Drawing Rights w okresie od 1.01.1998 do 30.03.2018. Obliczono funkcje autokorelacji i korelacji wzajemnej szeregów przyrostów dziennych opóźnionych (do 6 dni) i miesięcznych (do 12 miesięcy). Stwierdzono akceptowalną stacjonarność badanych parametrów statystycznych przyrostów szeregów. Wykazano brak istotnej korelacji z opóźnionymi przyrostami cen, co może być skutkiem obecnego powszechnego braku akceptacji dla bitcoina.

Abstract—The article studied changes of the rates of selected indexes of world stock exchanges and currencies exchange rates, Bitcoin, Special Drawing Rights and USD Value from 1.01.1998 to 30.03.2018. Autocorrelation and cross-correlation functions have been calculated for daily increments (up to 6 days) and monthly (up to 12 months). It was found that the statistical parameters of the series increments were considered as acceptable. There has been no significant correlation of the delayed price increments, which may be the result of a widespread lack of acceptance of Bitcoin.

Słowa kluczowe—kryptowaluty, bitcoin, analizy zmienności korelacji finansowych szeregów czasowych

Keywords— cryptocurrency, bitcoin, rolling cross-correlation of financial time series

I. WPROWADZENIE

Dyskusje na temat międzynarodowego pieniądza, w ostatnich latach są dość żywe, o czym świadczą konferencje tematyczne, a także publikacje w światowej literaturze ekonomicznej. Dyskutowane są liczne idee reform obecnego systemu walutowego. Obecny światowy system walutowy oparty jest na dolarze USA, który pełni rolę waluty kluczowej. Z pozostałych walut, część pełni funkcje walut regionalnych, są też takie, które nie aspirują do pełnienia funkcji międzynarodowych. Interesującym pomysłem są SDR¹-y, których wartość zależy od koszyka walut krajów mających największy wpływ na rozwój gospodarki światowej. W swojej historii SDR przyczyniły się do zwiększenia międzynarodowej stabilności finansowej. Jednak biorąc pod uwagę uwarunkowania funkcjonowania SDR można sformułować tezę, że będą one raczej pełnić funkcję jednostki obrachunkowej MFW, a ich funkcja jako składnika aktywów rezerwowych będzie marginalna. Realnie, powszechna jest opinia, że nie ma też możliwości przekształcenia SDR w

pieniądz światowy [7]. W ostatnich latach wzrasta wykorzystanie juana (jest większe niż SDR) i rośnie międzynarodowa pozycja waluty chińskiej. Ważnym jest fakt, że renminbi jest pieniądzem, podczas gdy SDR nim nie jest. Co do roli złota to wydaje się, że w dzisiejszym świecie złoto jest towarem jak każdy inny towar, a rezerwy złota, to już tylko konserwatyzm bankierów. Wprawdzie złoto odgrywa przydatną rolę, np. jest wygodnym towarem, który łatwo można zamienić na dowolną walutę np. w celu utrzymania kursu i dobrze nadaje się też do akumulacji wartości ale złoto nie zabezpiecza waluty, która dzisiaj tego nie wymaga. Wydaje się, że bardziej użyteczne będą rezerwy w postaci np.: zapasów zbożowych (na wypadek słabych zbiorów) czy też zapasów ropy naftowej (na wypadek niepokoju w rejonach wydobywania) itp..

Jednocześnie obecny międzynarodowy system walutowy nie wydaje się być systemem przyszłości, ale też trudno jest przypuszczać, że lepszy system wykreuje się samoistnie, np. przy pomocy „niewidzialnej ręki rynku”. Prowadzone są żywe dyskusje i powstaje wiele propozycji zmian obecnego systemu.

Historycznie złożyło się tak, że praktycznie wszędzie pieniędzmi rządzi państwo, począwszy od ich produkcji, poprzez ustalanie przepisów, aż do ich utylizacji. Taka sytuacja ma swoje plusy i minusy, jednak usunięcie „minusów” jest praktycznie niemożliwe, gdyż były by to działania nielegalne. W takiej sytuacji Międzynarodowego Systemu Walutowego pojawiły się kryptowaluty. Pierwsza kryptowaluta – bitcoin – była innowacją, i co jest ważne nie była inicjatywą państwa. Bitcoin nie jest podobny np. do dolara czy euro, czyli do walut, które znajdują się pod kontrolą banków centralnych i dużych międzynarodowych instytucji finansowych. Bitcoin to pieniądze, które tworzą i utrzymują sami użytkownicy, a ich emisja powoli rozpowszechnia się wśród użytkowników, którzy wspomagają pracę sieci. Jest to system z wcześniej zaprogramowaną emisją, która wyklucza polityczne manipulacje lub nadużycia związane z możliwością zarządzania np. wydaniem pieniędzy. Jest to system, który nie wymaga zaufania, a jego prawidłowe działanie jest gwarantowane przez matematykę i interfejs użytkownika do kryptografii a nie przez prawne umowy, co całkowicie eliminuje czynnik ludzki. Bitcoin stał się pierwszą praktyczną realizacją udanej pracy blockchain-systemów².

¹ Special Drawings Rights

² Blockchain jest nową technologią rozproszonych baz danych. Jedną z jej właściwości jest to, że dokonanie jakiegokolwiek zmiany w zapisach

Światowy biznes jest już gotowy wprowadzać krypto waluty, a największe światowe banki badają możliwości technologii blockchain. Przemysł nazywa blockchain jednym z najbardziej obiecujących współczesnych trendów i tylko brak prawnych regulacji obecnie nie daje tej technologii się rozwinąć.

Problematyka ta ostatnich lat jest przedmiotem dużego zainteresowania wielu autorów [3-6] głównie pod kątem funkcjonowania bitcoin³ i blockchain, problematyki bezpieczeństwa bitcoinów, anonimowości użytkowników i rolikrypto walut dzisiejszym świecie.

Przeprowadzone badania dotyczą poszukiwań formalnego podobieństwa i związku kursów bitcoina ze światową gospodarką. Przebiegi bitcoin różnią się swoim charakterem od przebiegów indeksów, co ukazują wykresy na rysunkach 1 i 2. Celem analiz było stwierdzenie, czy te jakościowe różnice znajdują potwierdzenie formalne? Czy kurs bitcoina posiada związku ze światową koniunkturą gospodarczą?

II. ANALIZY KORELACYJNE

Sytuację w światowym łańdź monetarnym w przeprowadzonych analizach reprezentowały dzienne szeregi czasowe za okres od 1 stycznia 1998 do 4 marca 2018 roku. Dla analizy zostały wybrane dzienne notowania DAX, Nikkei 225, Dow Jones Industrial Average, WIG, SP 500, SDR, kursy BTC/USD, EUR/USD, CNY/USD, BTC/PLN oraz Nominal Major Currencies Dollar⁴. Unormowane wartościami maksymalnymi przebiegi badanych wskaźników przedstawia rysunek 1 i 2.

Na wykresach zaznaczono ważne wydarzenia o charakterze globalnym, takie jak atak na WTC, rozpoczęcie działań wojennych w Iraku, akcesja 10 krajów Europy Centralnej do Unii Europejskiej, światowy kryzys finansowy. Można zauważyć, że wydarzenia te silnie wpłynęły na wielkości indeksów na giełdach światowych. Jak widać na rysunkach profile czasowe analizowanych szeregów czasowych swoim kształtem odzwierciedlają wahania światowej koniunktury gospodarczej.

Jak widać z wykresów (rys.1 i 2) wszystkie wskaźniki charakteryzują się dużą zmiennością i mają niestacjonarny charakter. Jednocześnie, trudno nie zauważyć charakterystyczny jakościowo podobny kształt niemal wszystkich przebiegów.

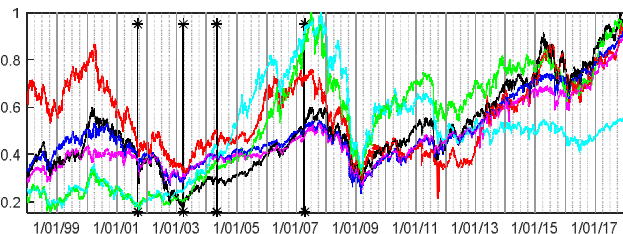
Podstawowym narzędziem formalnym badania współzależności zjawisk w ekonomice jest analiza

historycznych jest niemożliwe. Nie ma centralnego serwera, który mógłby być podatny na cyberataki, ponieważ – podobnie jak sam internet – blockchain jest oparty na rozwiązaniach *peer-to-peer* (P2P). Według Światowego Forum Gospodarczego (WEF), technologia blockchain będzie jedną z najważniejszych w „bankach przyszłości”. Konsorcjum ponad największych banków i firm na świecie (m.in. Barclays, Goldman Sachs, JP Morgan, Deutsche Bank, Santander) założyło we wrześniu 2015 r. spółkę R3, której celem jest opracowanie technologii blockchain na potrzeby ww. konsorcjum. W sierpniu 2016 r. Dubai Future Foundation uruchomił akcelerator startupów o budżecie ok. 275 mln dol. w ramach którego inkubowane są projekty zastosowania technologii blockchain w sektorach, które rząd Zjednoczonych Emiratów Arabskich uznał za „strategicznie ważne”

3

⁴Nominal Major Currencies Dollar - indeks dolara USA jest jednym z trzech głównych indeksów siły nabywczej dolara USA: Broad (indeks - 26 walut), Major Currencies (indeks głównych partnerów handlowych USA - 7 walut), OITP (indeks 19 walut głównych partnerów handlowych USA

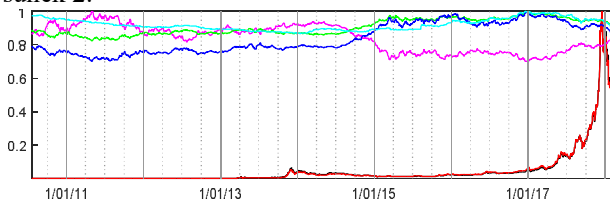
korelacyjna. W przypadku szeregów czasowych, analiza taka może obejmować nie tylko współczynniki korelacji, ale także korelacje szeregów przesuniętych względem siebie w czasie, czyli funkcje korelacyjne. W analizach danych giełdowych istotną rolę odgrywają przyrosty dzienne a także miesięczne (okresy kontraktowania są najczęściej wyrażane w miesiącach). Do takich analiz zastosowano dedykowane procedury wydzielające miesięczne odstępy czasu, z uwzględnieniem długości miesiąca.



Rys. 1. Przebiegi szeregów czasowych dziennych notowań wybranych indeksów giełdowych unormowane wartościami maksymalnymi w okresie od 01.01.1998 do 04.03.2018 roku. Oznaczenia kolorów linii, notowania: DAX – czarna, Nikkei 225 – czerwona, Dow Jones Industrial Average – purpurowa, WIG – kolor zielony, SP 500 – kolor niebieski, PX50 –kolor fioletowy. Pionowe linie zakończone gwiazdką oznaczają zdarzenia o charakterze globalnym: 11.09.2001 – atak na WTC w Nowym Jorku, 20.03.2003 – początek wojny w Iraku, 1.05.2004 – akcesja 10 krajów Europy Centralnej do Unii Europejskiej, kwiecień 2007 rok – umowny początek światowego kryzysu finansowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: <https://www.oanda.com/>, <https://stooq.pl/>

Interesujące, że jedynie charakter zmian kursów bitcoina odbiega od przebiegów pozostałych badanych indeksów (w tym kursów euro, yuana, valueUSD i SDR co pokazują rysunek 2.



Rys. 2. Przebiegi szeregów czasowych dziennych notowań unormowane wartościami maksymalnymi w okresie od 19.07.2010 do 04.03.2018 roku. Oznaczenie kolorów: bitcoin/dolar US (BTC/USD) – kolor czarna, BTC/PLN – czerwony, EUR/USD – purpurowy, Special Drawing Rights/USD – kolor zielony, ValueUSD – kolor niebieski, CNY/USD –kolor fioletowy

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych:

<https://www.oanda.com/fx-for-business/historical-rates?srcrent=rightnav>, https://stooq.pl

Ze względu na niestacjonarność badanych szeregów analizę korelacyjną przeprowadzono dla ich przyrostów. W ekonometrii wykorzystuje się przyrosty zwykłe, względne lub logarymiczne wybierając typ najlepiej spełniający założenie stacjonarności. Pierwszym etapem przeprowadzonej analizy był dobór typu przyrostu na podstawie wizualnej oceny stacjonarności analizowanych szeregów.

Klasyczną techniką badania współzależności szeregów czasowych jest analiza korelacyjna. Oprócz stosowanego powszechnie współczynnika korelacji można takie badanie

poszerzyć badając korelacje szeregów przesuniętych względem siebie w czasie, tworząc funkcje korelacyjne.

Dla szeregów $X_N = \{x_1, \dots, x_N\}$, $Y_N = \{y_1, \dots, y_N\}$ definiuje je formuła (1):

$$R_{yxd} \stackrel{def}{=} \frac{E\{(Y_N - \bar{y})(X_{N-d} - \bar{x})\}}{\sqrt{E\{(Y_N - \bar{y})^2\}E\{(X_{N-d} - \bar{x})^2\}}} \cong \frac{1}{N-d} \frac{1}{\sigma_y \sigma_x} \sum_{n=d+1}^N (y_n - y_{sr})(x_{n-d} - x_{sr})$$

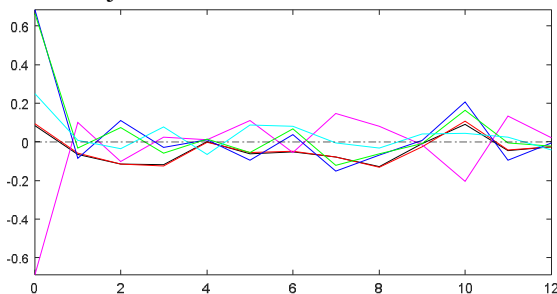
gdzie σ_x , σ_y , \bar{y} , \bar{x} , y_{sr} , x_{sr} oznaczają dyspersje i wartości oczekiwane i średnie ciągów X i Y , d – opóźnienie.

Wzór (1) można zastosować dla dowolnych ciągów, ale funkcja R_{yxd} jest miarodajna, gdy są one stacjonarnymi szeregami czasowymi [1,2]. Jeśli szeregi Y_N , X_{N-d} są stacjonarne, mają zerowe średnie ($y_{sr}=0$, $x_{sr}=0$) i są powiązane liniową funkcją regresji o postaci: $\hat{y}_n = ax_{n-d}$, to

$$a = (\sigma_y / \sigma_x) \cdot R_{yxd} \text{ oraz } \sigma_e / \sigma_y = \sqrt{1 - R_{yxd}^2},$$

gdzie σ_e – dyspersja reszt (2)

W przypadku szeregów niestacjonarnych, analizę korelacyjną można prowadzić dla reszt z uzyskanych dla przyrostów szeregów (po tzw. ustacjonaryzowaniu szeregu) lub po ekstrakcji trendów.



Rys. 3. Funkcje autokorelacji dla przyrostów miesięcznych analizowanych szeregów czasowych. Oznaczenia kolorów: BTC/USD – kolor czarny, BTC/PLN – czerwony, EUR/USD purpurowy, SDR/USD – niebieski, ValueUSD – zielony, CNY/USD – lazurowy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych: <https://www.oanda.com/>, <https://stooq.pl/>

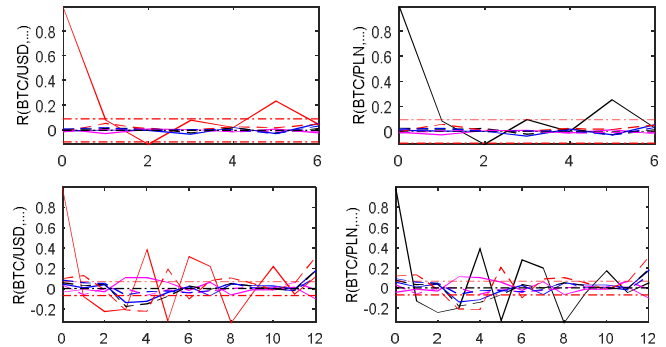
W analizie notowań giełdowych pewne problemy wynikają z niekompletności danych spowodowanej przerwami świątecznymi i technicznymi w działalności giełdy. Takie przerwy stanowią wprawdzie niewielką część wykorzystywanych tu danych (rzędu 1%) niemniej w każdym przypadku konieczne jest zapewnienie spójności wszystkich badanych szeregów.

W tych badaniach brakujące dane uzupełniono poprzez liniową interpolację. Uwzględnienie podstawowego czynnika dynamicznej współzależności szeregów, jakim jest opóźnienie, dostarcza istotnych informacji o randze poszczególnych parkietów i ujawnia wiodące giełdy a także wskazują na możliwości prognozowania wskaźników na podstawie wartości istotnych czynników. [1,2].

Przebiegi funkcji autokorelacji dla przyrostów miesięcznych, (autokorelacja oryginalnych danych nie wnosi tu żadnej informacji ze względu na niestacjonarność) wybranych wskaźników przedstawiono na rysunku 3. Jak

widać we wszystkich przypadkach autokorelacja jest pomijalna, gdyż wartości współczynników dla opóźnień większych od 0 są dużo mniejsze od 1. Oznacza to, że kolejne przyrosty są statystycznie niezależne, co wskazuje na brak wpływu wewnętrznej dynamiki parkietów na wartości wskaźników.

Podobne rezultaty otrzymano w badaniach funkcji autokorelacji dla przyrostów dziennych, gdzie praktycznie nie występuje autokorelacja dla poszczególnych szeregów badanych wskaźników.



Rys. 4. Przebiegi funkcji korelacji dla przyrostów dziennych do 6 dni (górny wykres) oraz dla przyrostów miesięcznych (wykres dolny) do 12 miesięcy. Oznaczenie kolorów: BTC/USD – kolor czarny, BTC/PLN – czerwony, EUR/USD – purpurowy, SDR/USD – kolor zielony, ValueUSD – kolor niebieski, CNY/USD – kolor lazurowy

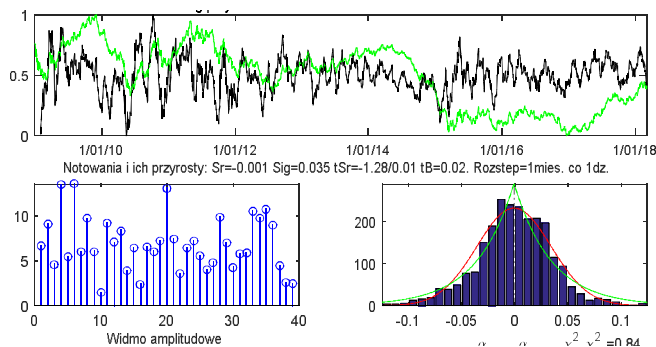
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych:

<https://www.oanda.com/fx-for-business/historical-rates?srcont=rightnav>, <https://stooq.pl>

Miarą powiązań bitcoina z gospodarką światową może być korelacja jego notowań z innymi wskaźnikami rynkowymi. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki analiz korelacyjnych w postaci przebiegów funkcji korelacji bitcoina z wybranymi walutami i notowaniami SDR dla opóźnień dziennych od 0 do 6 dni oraz dla opóźnień miesięcznych od 0 do 12 miesięcy.

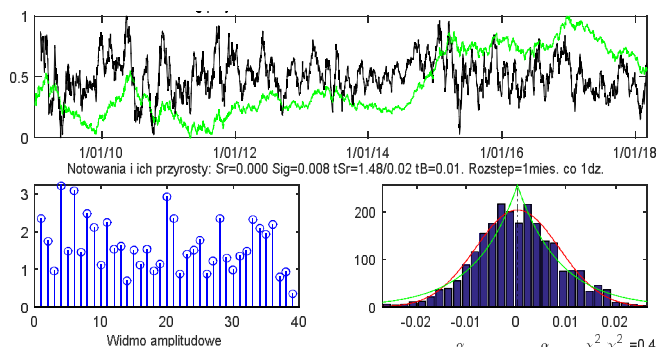
Jak widać z wykresów analiza korelacji wzajemnej przyrostów dziennych (rysunek górny) praktycznie nie ujawniła współzależności. Istnieje korelacja pomiędzy BTC/USD i BTC/PLN z opóźnieniem 5 dni lecz jest ona nieznaczna. Nieco ciekawsza sytuacja występuje dla opóźnień miesięcznych od 4 do 10 miesięcy. Tu interesujące mogą być współczynniki ujemne - w inwestycji może sugerować uniknięcie ryzyka. Jednak ten wynik ma marginalne znaczenie i nie poszerza wiedzy o relacjach bitcoina i światowej ekonomiki.

Na rysunkach 5-7 zestawiono charakterystyki wybranych szeregów przyrostów. Widać, że właściwości szeregów przyrostów (zamieszczone pod wykresami) dla kursów Euro i SDR w przybliżeniu można uznać za stacjonarne. Również widmo amplitudowe kolejnych elementów tych szeregów sugeruje niezależność statystyczną. Wahania widma można uznać za przypadkowe. W szczególności nie obserwuje się wyraźnych pików wskazujących na obecność dominujących składowych okresowych. Histogramy można uznać za typu „gausowskiego”



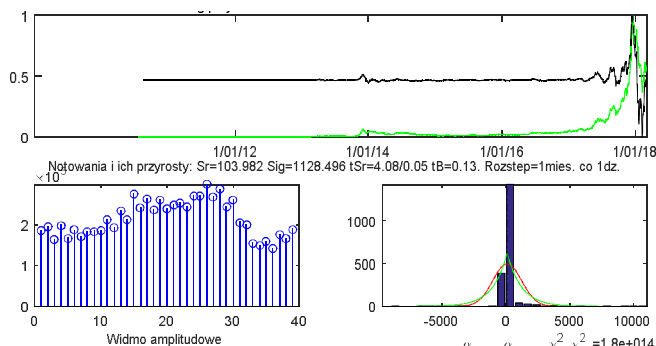
Rys. 5. Szereg przyrostów EUR/USD w okresie od 01.01.2009 do 04.03.2018

Źródło: opracowanie własne



Rys. 6. Szereg przyrostów SRD/USD w okresie od 01.01.2009 do 04.03.2018

Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Szereg przyrostów BTC/USD w okresie od 01.01.2009 do 04.03.2018

Źródło: opracowanie własne

III. ZAKOŃCZENIE

Każdy z analizowanych szeregów czasowych funkcjonuje w otoczeniu rynkowym. Można to zauważyć, na rysunkach 1 i 2 gdzie jakościowy charakter zmian tendencji, czyli wzrosty i spadki odwzorowują zdarzenia o charakterze globalnym jak np.: wyjście Wielkiej Brytanii z Unii Europejskiej, atak na WTC w Nowym Jorku, wojna w Iraku, akcesja 10 krajów

Europy Centralnej do Unii Europejskiej czy światowy kryzys finansowy. Rynek jest wrażliwy na zdarzenia globalne i żadne wnikliwe analizy nie dają gwarancji o słuszności wnioskowania.

Bitcoin, jest pozbawiony wpływów inflacyjnych, decyzji banków centralnych i można by rzec, że jest pomysłem idealnym. Jednak jego zachowanie, w szczególności w ostatnim roku, kiedy ujawnił swój nieobliczalny charakter, wykazując niemożliwe do wyjaśnienia duże skoki, (pozwoliły one na realizację znacznych zysków i strat), sprawia, że jest walutą(?) wysokiego ryzyka.

Przeprowadzone analizy wykazują istnienie korelacji pomiędzy różnymi walutami [1]. Jednak w naszych badaniach tak dla opóźnień dziennych i jak miesięcznych, dla par w których występuje bitcoin korelacja się nie ujawniła. W każdym przypadku pary waluty z bitcoinem nie obserwowano korelacji, lub korelację na bardzo niskim poziomie. Oznacza to, że przeprowadzone badania nie poszerzyły naszej wiedzy. Mimo to niektórzy analitycy twierdzą, że na podstawie informacji o niskich korelacjach można np. bezpiecznie budować swoje portfele inwestycyjne.[3]. Jednak specyfika bitcoina i nieobliczalne jego zachowanie w ostatnim roku raczej wykluczają takie działania. Bitcoin jest bardzo niestabilny, nie koreluje z żadnym z analizowanych szeregów. Trudno też przypuszczać, że zachodzi powtarzalność sytuacji na jego rynku, ale ta teza wymaga zbadania. Brak korelacji na rynku walutowym, z żadną z walut, może być też skutkiem powszechnego braku akceptacji dla bitcoina. O wiele bardziej korelują ze sobą waluty tradycyjne, które spełniają wszystkie wymagania związane z definicjami i funkcjami pieniądza. Bitcoin jako twór współczesności, nie pozwala dzisiaj jednoznacznie odpowiedzieć czy jest tworem wiarygodnym.

LITERATURA REFERENCES

- [1] A. Augustynek, A. Duda-Kekus "Effects of European Union Enlargement on East European stock markets and World Economy Indices", in *Business Management*, Bulgaria, 2006, No 3, p. 20-36
- [2] J.T. Duda, A. Augustynek, "Statistical links of Polish zloty and European currencies exchange rates with prices of petroleum products on world markets during the crisis 2008–12", in *Marketing management – selected issues* eds. Honorata Howaniec, Wiesław Waszkielewicz. — Bielsko-Biała, ATH, 2012, p. 163–190.
- [3] M. Gał, A. Pyć, "Rola kryptowaluty bitcoin na rynku walutowym", in *Journal of Capital Market and Behavioral Finance*, 2017, Vol. 3(7), p. 17–26.
- [4] A. Narayanan, J. Bonneau, *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*, Princeton University Press, 2016
- [5] A. Piotrowska, „Bitcoin a definicja i funkcje pieniądza”, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Oeconomia*, nr 3, 2014
- [6] K.S. Rogoff, *The Curse of Cash*. Princeton University Press, 2016
- [7] J. Williamson, *Understanding Special Drawing Rights SDRs*, Peterson Institute for International Economics Policy Brief, No. PB09-11, June 2009