



AUTOREFERAT

BEATA SZETELA

**WIELOWYMIAROWA NIEZALEŻNOŚĆ KRYPTOWALUT
NA PRZYKŁADZIE BITCOINA**

PROMOTOR:

DR HAB. AGNIESZKA MAJEWSKA, PROF. US

PROMOTOR POMOCNICZY:

DR GRZEGORZ MENTEL

POLITECHNIKA RZESZOWSKA

RECENZENCI:

PROF. DR HAB. JERZY WĘCŁAWSKI

UNIwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

DR HAB. MARIOLA PIŁATOWSKA, PROF. UMK

UNIwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

SPIS TREŚCI

1. UZASADNIENIE WYBORU TEMATU.....	3
2. CEL I TEZY BADAWCZE PRACY.....	3
3. UKŁAD PRACY	4
4. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA BADAŃ PRZEPROWADZONYCH W PRACY.....	6
5. WNIOSKI KOŃCOWE.....	18

1. UZASADNIENIE WYBORU TEMATU

Dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii informatycznych oraz coraz powszechniejszy dostęp użytkowników do tych technologii, spowodował zmiany w usługach bankowych i finansowych. Pojawiły się nowe możliwości, które w połączeniu z narastającym, masowym niezadowoleniem przeciwników globalizacji oraz rosnącym poczuciem inwigilacji, ograniczania swobód i wolności, doprowadziły do powstania wirtualnych walut, w tym bitcoina (BTC). Jest to jedna z najpopularniejszych obecnie kryptowalut na świecie o kapitalizacji przekraczającej w 2016 roku siedem miliardów dolarów. Fenomen bitcoina polega na tym, że został on stworzony w oparciu o protokoły informatyczne, których celem było wyeliminowanie z transakcji czynników opartych na zaufaniu.

Twórcy bitcoina podkreślają, że jest to niezawodny i bezpieczny środek płatniczy. Zwolennicy podkreślają szereg zalet, jakimi według nich, charakteryzuje się bitcoin. Należą do nich, między innymi, anonimowość, transparentność, szybkość i efektywność przeprowadzanych transakcji oraz przede wszystkim często artykułowana niezależność.

Bitcoin w stosunkowo krótkim czasie osiągnął niemały sukces, co wywołało spore zamieszanie w środowisku gospodarczym i finansowym. Z jednej strony jest nieuznawany jako pieniądz, z drugiej próbuje się go zamknąć w istniejące ramy prawne, w których się nie mieści. Można zauważyć negację ze strony banków i blokowanie jego rozwoju, przy jednoczesnej pracy tychże banków nad utworzeniem własnej, alternatywnej kryptowaluty oraz nad możliwościami obsługi płatności przy użyciu kryptowalut.

2. CEL I TEZY BADAWCZE PRACY

Podstawowym celem pracy jest identyfikacja i ocena niezależności kryptowalut na przykładzie najpopularniejszej obecnie kryptowaluty bitcoin. Tematyka związana z niezależnością kryptowalut jest istotna dla istniejących systemów finansowych. Stwierdzenie/Potwierdzenie niezależności kryptowalut w skali makro daje możliwość pozyskiwania finansowania przez państwa poza oficjalnym obiegiem, z pominięciem zależności istniejących w ramach systemów finansowych. W skali mikro natomiast umożliwia efektywniejszą dywersyfikację portfeli inwestycyjnych, poprzez inwestycje w nieskorelowane ze sobą aktywa. Stwierdzenie występowania zależności umożliwia

formalna i/lub pozaformalną kontrolę nad rynkiem kryptowalut, a także podważa w pewnym sensie fundament i zasadność istnienia kryptowalut w ich pierwotnym znaczeniu.

W obszernej literaturze dotyczącej problematyki związanej z wirtualnymi walutami autorzy często powołują się na ich niezależność (Segendorf, 2014, Balestrieri i Huberman, 2014), mimo to nie próbowano określić czy bitcoin jest rzeczywiście niezależny i czy ta niezależność dotyczy jedynie kwestii innych walut, złota, regulacji prawnych, czy innych czynników mogących mieć potencjalny wpływ na kryptowaluty.

W pracy postawiono następującą hipotezę badawczą: bitcoin jest walutą niezależną.

Podporządkowując tę hipotezę celowi głównemu niniejszej dysertacji i możliwości weryfikacji niezależności na polu prawnym, finansowym i gospodarczym, konieczne jest dookreślenie postawionej hipotezy za pomocą następujących hipotez pomocniczych:

1. Bitcoin (BTC) nie jest skorelowany z głównymi, światowymi walutami (EUR, USD, GBP, CNY).
2. BTC do EUR, USD i PLN nie jest skorelowany ze światową ceną złota wyrażoną w dolarach i euro.
3. Uregulowania prawne nie wpływają na kurs BTC do EUR, USD i PLN.
4. BTC do PLN jest niezależny od cen energii elektrycznej w Polsce.

Weryfikacja hipotezy głównej będzie przebiegać w ramach dwojakiego rozumienia zależności, tj. zależności w średniej warunkowej i zależności w wariancji warunkowej.

3. UKŁAD PRACY

Praca składa się z wprowadzenia, czterech rozdziałów, zakończenia, spisu tabel, wykresów, symboli, stron internetowych, aktów prawnych, literatury przedmiotu oraz załączników.

Rozdział pierwszy – „*Charakterystyka i funkcjonowanie kryptowalut w systemie finansowym*” ma charakter wprowadzający w tematykę kryptowalut. Przytoczono definicje kryptowalut stosowane przez Międzynarodowy Fundusz Walutowy, Europejski Bank Centralny oraz inne instytucje finansowe. Scharakteryzowano trzy typy schematów wirtualnych walut zidentyfikowanych przez EBC. W ramach rozważań dotyczących

miejsca kryptowalut w systemie finansowym zakwalifikowano bitcoina oraz inne kryptowaluty jako pieniądź prywatny wpisujący się w teorię libertariańską, mogący przysłużyć się rozwojowi ekonomii współdzielonej (ang. sharing economy). porównano cechy bitcoina do dolara oraz złota

Przedstawiono status prawny kryptowalut w Polsce i na świecie (brak konsensusu dotyczącego zakwalifikowania kryptowalut jako waluty, towaru czy alternatywnego instrumentu finansowego). W związku z toczącą się dyskusją dotyczącą wyższości kryptowalut nad tradycyjnymi środkami wymiany, porównano cechy bitcoina do dolara oraz złota, także zaprezentowano zarówno potencjalne korzyści, jak i zagrożenia dla systemu finansowego związane z postępującą akceptowalnością kryptowalut.

Rozdział drugi – „*Rozwój bitcoina jako waluty oraz towaru*” jest kontynuacją teoretycznych rozważań, które koncentrują się wokół wiodącej kryptowaluty – bitcoin. Przedstawiono historię, sposób pozyskiwania, funkcjonowania oraz rozwój bitcoina. Poddano handel bitcoinem szczegółowej charakterystyce, a także zestawiono przykładowe typy produktów i usług mogących być nabywane za kryptowaluty. Opisano zagrożenia, których świadomość powinien posiadać użytkownik chcący być czynnym uczestnikiem rynku kryptowalut. W celu zobrazowania skali ryzyka wiążącego się z handlem bitcoinem zwrócono uwagę na historię nadużyć, prób kradzieży oraz defraudacji na przestrzeni ostatnich lat.

Rozdział trzeci – „*Statystyczno – ekonometryczne metody badania zależności*” ma na celu opis wykorzystanych w pracy statystyczno-ekonometrycznych metod badania zależności między zmiennymi. Zaprezentowano metodologię badania, przedstawiono klasyczne metody badania zależności oraz modele autoregresyjne (ARMA, GARCH) wraz z ich wektorową reprezentacją. Opisano testy i modele ekonometryczne zastosowane do analizy i oceny niezależności bitcoina

Rozdział czwarty – „*Badanie niezależności bitcoina*” ma charakter w pełni empiryczny. Rozpoczyna go przegląd zmiennych objaśnianych (BTC/PLN, BTC/USD, BTC/EUR) i objaśniających, do których należą uwzględnione w analizie kursy walut: (EUR/PLN, USD/PLN, EUR/USD, GBP/PLN, CNY/PLN), cena złota wyrażona w dolarach i w euro, cena energii elektrycznej oraz zmienna binarna odwzorowująca informacje medialne dotyczące faktycznych lub potencjalnych zmiany w prawie mogących wpływać na rynek kryptowalut, w tym ze szczególnym uwzględnieniem bitcoina. Pokazano zmienność kursu bitcoina wyrażonego w dolarach, euro i złotym wobec zmienności pozostałych zmiennych,

a także zbadano wybrane własności szeregów czasowych. Analizę niezależności kryptowalut potraktowano wielokierunkowo. Poddano ją weryfikacji w kontekście tradycyjnej analizy zależności, reprezentowanej przez analizę korelacji, a także w rozumieniu zależności w średniej warunkowej z zastosowaniem modeli VARMA i zależności w wariancji warunkowej uwzględniając modele GARCH, dopełnioną o analizę przyczynowości w sensie Grangera. Wyboru optymalnej postaci modelu dokonano w oparciu o kryteria informacyjne, a następnie każdy z dopasowanych modeli ekonometrycznych VARMA i GARCH poddano szczegółowej weryfikacji uwzględniającej sprawdzenie istotności oszacowanych parametrów, analizę reszt, dopasowania do danych, dodatkowo stosując test Chowa zweryfikowano występowanie zmian strukturalnych, spowodowanych na przykład dużymi skokami cen analizowanych walorów.

4. KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA BADAŃ PRZEPROWADZONYCH W PRACY

Badaniem objęto codzienne notowania kursu bitcoina wyrażonego w dolarach, euro i złotych (BTC/USD, BTC/EUR, BTC/PLN) wobec wybranych kursów walut (EUR/PLN, USD/PLN, EUR/USD, GBP/PLN, CNY/PLN), kursu złota (Gold/USD, Gold/EUR), informacji medialnych (News) oraz cen energii elektrycznej (Energia). Łącznie badaniu poddano jedenaście szeregów czasowych obejmujących po 620 obserwacji od 1 stycznia 2014 roku do 30 czerwca 2016 roku. Do analizy wybrano trzy kursy wymiany bitcoina: do dolara, euro i złotego. Reprezentują one kraje, które są najbardziej aktywne w handlu bitcoinem i kontrybuują do jego rozwoju. Nie uwzględniono natomiast kursu bitcoina do yuana oraz rubla ze względu na specyfikę lokalnego rynku oraz obawy agencji rządowych przed wypływaniem yuana oraz rubla z kraju. Prowadzenie restrykcyjnej polityki przez rząd w Pekinie i Moskwie skutkowało permanentnymi próbami ograniczania obrotu wirtualnymi walutami oraz zamykaniem giełd internetowych. Tak zasadnicza ingerencja rządu spowodowała czasowe przerwy w handlu bitcoinem na niektórych giełdach bitcoinowych, a tym samym częściowy brak danych dla badanych okresów.

Badanie rozpoczęto od komparacji zmienności kursu bitcoina wyrażonego w dolarach, euro i złotym wobec zmienności pozostałych zmiennych. Zbadano wybrane własności szeregów czasowych. Już wstępne analizy uwidoczniły pewne możliwe zależności, które zweryfikowano w późniejszym badaniu, w oparciu o modele ekonometryczne. Zaobserwowano:

1. Odwrotną zależność między wahaniami kursu BTC/USD a kursem EUR/USD, co oznacza, że przy spadku notowań kursu EUR/USD obserwowano wzrosty w parze BTC/USD.
2. Zbieżność spadków kursu BTC/PLN z znaczącymi skokami cen energii elektrycznej, co może wskazywać na możliwy wpływ rosnącej ceny energii na kurs bitcoina.
3. Kurs bitcoina do dolara oraz złota do dolara charakteryzują się trendami posiadającymi ten sam kierunek, jednak zmiany cen w większości przypadków mają przeciwne zwroty. Należy zwrócić uwagę, że oba walory cechuje znacząca zmienność, przy czym złoto wyróżnia się większą amplitudą wahań niż para BTC/USD.

Wstępna analiza wybranych własności szeregów czasowych potwierdziła występowanie w całym badanym okresie dużych wahań kursu bitcoina, szczególnie widocznych w pierwszym kwartale 2015 roku, a także skupianie się wariacji. Dodatkowo stwierdzono, że analizowane zmienne charakteryzują się asymetrią lewostronną oraz grubymi ogonami, co wiąże się z występowaniem wahań oraz obserwacji odstających. Przeprowadzone testy sprawdzające normalność rozkładu danych pozytywnie zweryfikowały hipotezę o braku normalności rozkładu cen bitcoina. Otrzymane wyniki wskazują zatem na możliwość występowania efektu ARCH, co zostało zweryfikowane w ramach analizy zależności w średniej warunkowej.

Kolejnym elementem badania statystycznej własności szeregów czasowych jest wyznaczenie podstawowej miary zależności, którą jest korelacja. Otrzymane wyniki zestawione w tabeli 1 jednoznacznie wskazują, że zależność pomiędzy bitcoinem wyrażonym w złotym, dolarze i euro w stosunku do pozostałych analizowanych zmiennych nie istnieje lub jest na bardzo niskim poziomie, nieprzekraczającym $R_s = 0,1$. Należy także zwrócić uwagę, że większość wyznaczonych współczynników korelacji na przyjętym poziomie istotności wynoszącym 5% okazała się być statystycznie nieistotna.

Tabela 1. Analiza korelacji

	Spearman R			p		
	rBTC/ PLN	rBTC/ EUR	rBTC/ USD	rBTC/ PLN	rBTC/ EUR	rBTC/ USD
rUSD/PLN			0,036	0,006	0,000	0,374
rEUR/PLN		0,050	0,060	0,028	0,215	0,135
rGBP/PLN	0,012	-0,007	-0,041	0,764	0,860	0,304
rCNY/PLN		0,078	0,038	0,001	0,052	0,349
rEUR/USD	-0,060	-0,058	0,003	0,138	0,152	0,949
rEnergia	-0,032	-0,025	-0,028	0,425	0,540	0,492
rGold/EUR	0,035	0,049	-0,001	0,382	0,221	0,976
rGold/USD	-0,071	-0,068	-0,003	0,077	0,089	0,937

Zródło: opracowanie własne.

W następstwie wykazania możliwych zależności pomiędzy kursem bitcoina a niektórymi pozostałymi zmiennymi objaśniającymi przystąpiono do właściwego badania niezależności w kontekście średniej warunkowej.

Pierwszym etapem było, na podstawie kryterium informacyjnego AICC, wytypowanie modelu pozwalającego na właściwe odwzorowanie badanych zależności, a następnie estymacja oraz analiza istotności parametrów oszacowanych modeli. W tabeli 2 zestawiono wyniki testów istotności parametrów oszacowanych modeli dla zależności pomiędzy kursem bitcoina do złotego a pozostałymi zmiennymi objaśniającymi. Wyniki wskazują, że dla zmiennej rBTC/PLN w żadnym z analizowanych przypadków, pierwsze opóźnienia zmiennych objaśniających nie są statystycznie istotne (wartości $p \gg 0.05$). Można zatem wstępnie wnioskować o niezależności kursu bitcoina od wymienionych zmiennych w kontekście modelowanej średniej warunkowej.

Tabela 2. Wartości parametrów oraz wyniki testu istotności dla zależności względem bitcoina do złotego

rBTC/PLN Model	Parametr	Wartość	Błąd Std.	t	p	Zmienna
1.	stała	0,02764	0,16506	0,17	0,8671	stała
	AR1_1_1	0,04758	0,04011	1,19	0,2360	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	-0,50527	0,45963	-1,10	0,2721	rEUR/PLN(t-1)
2.	stała	0,01410	0,16549	0,09	0,9321	stała
	AR1_1_1	0,04343	0,04015	1,08	0,2798	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	0,19033	0,26859	0,71	0,4788	rUSD/PLN(t-1)
3.	stała	0,01374	0,16499	0,08	0,9337	stała
	AR1_1_1	0,04593	0,04003	1,15	0,2516	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	0,42876	0,29974	1,43	0,1531	rGBP/PLN(t-1)
4.	stała	0,02496	0,16532	0,15	0,8800	stała

	AR1_1_1	0,04629	0,04022	1,15	0,2502	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	-0,09269	0,26988	-0,34	0,7314	rCNY/PLN(t-1)
5.	stała	0,02122	0,16513	0,13	0,8978	stała
	AR1_1_1	0,04611	0,04012	1,15	0,2509	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	0,09015	0,17631	0,51	0,6093	rGold/USD(t-1)
6.	stała	0,01426	0,16521	0,09	0,9313	stała
	AR1_1_1	0,04355	0,04009	1,09	0,2777	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	0,18430	0,18389	1,00	0,3166	rGold/EUR(t-1)
7.	stała	0,01601	0,16090	0,10	0,9207	stała
	AR1_1_1	0,06927	0,24675	0,28	0,7790	rBTC/PLN(t-1)
	AR1_1_2	-0,03076	0,01625	-1,89	0,0589	rEnergia(t-1)
8.	MA1_1_1	0,01468	0,24983	0,06	0,9532	e1(t-1)
	MA1_1_2	-0,02978	0,01882	-1,58	0,1140	e2(t-1)
	stała	0,04274	0,16725	0,26	0,798	
9.	AR1_1_1	-0,79408	1,04194	-0,8	0,446	News(t-1)
	AR1_1_2	0,04479	0,04007	1,12	0,264	rBTC/PLN(t-1)

Źródło: opracowanie własne.

Modele wektorowo-autoregresyjne wymagają analizy reszt pod kątem normalności rozkładu oraz występowania składnika autoheteroskedastycznego, tak zwanego składnika ARCH. W pracy wykorzystano test Jarque-Bera do badania normalności rozkładu reszt oraz test mnożnika Lagranga sprawdzający występowanie efektu ARCH. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić brak normalności rozkładu reszt oraz występowanie efektu ARCH w przypadku zmiennych rBTC/PLN, rEUR/PLN, rGBP/PLN, rGold/EUR oraz rEnergia. Wartości prawdopodobieństwa testowego przyjętego poziomu istotności (5%) nie potwierdziły występowania efektu ARCH w modelowaniu zmiennej rUSD/PLN, rCNY/PLN oraz rGold/USD. Do stwierdzenia poprawności dopasowania modelu VARMA zastosowano test Boxa – Pierce’a, którego wyniki implikują brak zależności między wartościami rezydualnymi. Brak występowania systematycznych i powtarzających się wzorów zachowań wartości rezydualnych oraz brak statystycznej istotności opóźnień składnika losowego wskazują na poprawnie dopasowane modeli do danych.

Analizę zależności w kontekście średniej warunkowej uzupełniono w analizę przyczynowości w sensie Grangera, z wykorzystaniem testu Walda (zob, tabela 3). Do testu wykorzystano jedynie jedną zmienną zależną i jedną niezależną. Ma to na celu sprawdzenie, czy jedna zmienna jest przyczyną w sensie Grangera drugiej zmiennej z pominięciem wpływu pozostałych zmiennych, takich jak na przykład opóźnienia własne.

Tabela 3 Wyniki testu przyczynowości w sensie Grangera

Kierunek zależności rBTC/PLN ←				Kierunek zależności rBTC/PLN →			
	Chi ²	p	Efekt		Chi ²	p	Efekt
rEUR/PLN	0,50	0,4785	brak	rEUR/PLN	18,11	0,0001	←
rUSD/PLN	1,21	0,2716	brak	rUSD/PLN	3,91	0,0481	←
rGBP/PLN	2,05	0,1526	brak	rGBP/PLN	11,91	0,0006	←
rCNY/PLN	0,12	0,7313	brak	rCNY/PLN	19,54	0,0001	←
rGold/USD	0,26	0,6091	brak	rGold/USD	5,43	0,0198	←
rGold/EUR	1,00	0,3162	brak	rGold/EUR	2,53	0,1120	brak
rEnergia	0,86	0,3551	brak	rEnergia	2,20	0,1381	brak
News	0,58	0,4460	brak				

Źródło: opracowanie własne.

Wartości prawdopodobieństwa testowego dla zależności pomiędzy rBTC/PLN a zmiennymi objaśniającymi EUR/PLN, USD/PLN, GBP/PLN, CNY/PLN, Gold/USD, Gold/EUR oraz energią elektryczną mogą wskazywać na brak liniowej zależności w sensie Grangera. Wyniki testu sugerują natomiast, że kurs bitcoin do złotego może być przyczyną w sensie Grangera dla zmiennych EUR/PLN, USD/PLN, GBP/PLN, CNY/PLN oraz Gold/USD. Nie stwierdzono przyczynowo-skutkowego wpływu bitcoina na kurs złota do euro oraz energii elektrycznej.

Ogólna charakterystyka logarytmicznej stopy zwrotu bitcoina do złotego wskazywała na możliwość wystąpienia efektu ARCH, który związany jest z występowaniem zjawiska skupiania się wariancji, asymetrii oraz grubych ogonów. Potwierdziła to analiza reszt modelu VARMA. W związku z tym konieczne jest uzupełnienie badania zależności o modelowanie warunkowej wariancji przez próbę dopasowania modelu GARCH, czyli uogólnionego modelu autoregresyjnej warunkowej heteroskedastyczności. Wyboru optymalnego modelu GARCH dokonano w oparciu o kryterium informacyjne SBC. We wszystkich przypadkach najniższą wartość kryterium informacyjnego charakteryzował się model EGARCH. Optymalny rząd opóźnień dla modelowania warunkowej wariancji energii elektrycznej został ustalony na 3 ($p = 3$ i $q = 3$), we wszystkich pozostałych przypadkach sugerowany rząd opóźnień wyniósł 1 ($p = 1$ i $q = 1$). Wyestymowane parametry wytypowanych modeli zostały poddane weryfikacji poprzez analizę istotności (zob. tabela 4). Wyniki wskazują dla wszystkich analizowanych zależności, że parametry modelu GARCH są statystycznie istotne. Na warunkową wariancję bitcoina do złotego pozytywny wpływ ma kurs dolara oraz euro do złotego, natomiast cena złota wyrażonego w dolarach wykazuje wpływ negatywny. Brak jest natomiast statystycznie istotnego

wpływu logarytmicznej stopy zwrotu funta oraz yuana do złotego, złota do euro, energii elektrycznej oraz informacji medialnych na warunkową wariancję bitcoina do złotego.

Tabela 4. Wartości parametrów oraz wyniki testu istotności modeli EGARCH dla zależności względem zmiennej BTC/PLN

GARCH								
Wartość	rUSD/ PLN	rEUR/ PLN	rGBP/ PLN	rCNY/ PLN	rGold/ USD	rGold/ EUR	rEnergia	News
Model	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (3,3)	EGARCH (1,1)
rx/PLN			-0,14	0,37	-0,29	0,08	0,01	-0,74
EARCH0	0,24	0,24	0,25	0,24	0,24	0,25	0,98	0,24
EARCH1	0,29	0,29	0,31	0,29	0,30	0,299	0,34	0,30
EARCH2	-	-	-	-	-	-	0,50	-
EARCH3	-	-	-	-	-	-	0,29	-
EGARCH1	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,922	-0,32	0,924
EGARCH2	-	-	-	-	-	-	0,12	-
EGARCH3	-	-	-	-	-	-	0,89	-
THETA	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,07	-0,058	-0,21	-0,058
Restrict	-10,17	1,25	-9,73	-	-	-	-	-
p	rUSD/ PLN	rEUR/ PLN	rGBP/ PLN	rCNY/ PLN	rGold/ USD	rGold/ EUR	rEnergia	News
rx/PLN			0,5392	0,0746	0,0279	0,6638	0,2821	0,2477
EARCH0	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EARCH1	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EARCH2	-	-	-	-	-	-	<,0001	-
EARCH3	-	-	-	-	-	-	<,0001	-
EGARCH1	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EGARCH2	-	-	-	-	-	-	<,0001	-
EGARCH3	-	-	-	-	-	-	<,0001	-
THETA	0,2145	0,2570	0,3068	0,2448	0,2176	0,2865	0,0001	0,2797
Restrict	0,0210	0,7469	0,0301	-	-	-	-	-

Źródło: opracowanie własne.

Dopasowanie modeli do danych zweryfikowano pozytywnie przy użyciu testu BDS. Ze względu na charakterystykę kursu bitcoina i występowanie znaczących skoków cen, modele EGARCH poddano dodatkowo nieparametrycznemu testowi Chowa. Stanowi on znaczące uzupełnienie analizy dopasowania, zwłaszcza w przypadku możliwości wystąpienia zmian strukturalnych, spowodowanych na przykład dużymi skokami cen analizowanych walorów. Jest to szczególnie istotne w kontekście kryptowalut, których kurs charakteryzuje się nagłymi wahaniami. Otrzymane wyniki wskazują na przyjęcie hipotezy zerowej, zakładającej, że strukturalne parametry szacowanych modeli są stabilne w czasie, co

stanowi dodatkowe potwierdzenie właściwego dopasowania analizowanych modeli do danych.

Na podstawie otrzymanych wyników, w kontekście badania niezależności kursu bitcoina wyrażonego w złotych, w odniesieniu do sformułowanych hipotez pomocniczych, można wnioskować o:

1. niezależności rBTC/PLN od wymienionych kursów walutowych, cen złota, energii elektrycznej oraz informacji prawnych w kontekście modelowania średniej warunkowej,
2. niezależności rBTC/PLN od wymienionych kursów walutowych, cen złota, energii elektrycznej oraz informacji prawnych w kontekście analizy przyczynowości w sensie Grangera,
3. niezależności rBTC/PLN od kursów walutowych rGBP/PLN, rCNY/PLN, cen energii oraz informacji prawnych w kontekście modelowania warunkowej wariancji,
4. braku niezależności rBTC/PLN od zmiennych rEUR/PLN, rUSD/PLN oraz cen złota wyrażonych w dolarach.

Implikacją przedstawionych wniosków jest stwierdzenie, że bitcoin do złotego nie jest w pełni niezależnym środkiem transakcyjnym, co wskazuje na konieczność odrzucenie hipotezy głównej.

Analogiczną metodologię weryfikacji niezależności zastosowano w odniesieniu do kursu bitcoina wyrażonego w euro.

Wyniki analizy niezależności w rozumieniu średniej warunkowej, opartej na analizie istotności przedstawionej w tabeli 5, uzupełnioną o analizę reszt oraz analizę dopasowania modeli do danych, wskazują na brak zależności pomiędzy badanymi zmiennymi objaśniającymi a kursem bitcoina do euro.

Tabela 5. Wartości parametrów oraz wyniki testów istotności dla bitcoina do euro jako zmiennej zależnej

rBTC/EUR Model	Parametr	Wartość	Błąd Std.	t	p	Zmienna
1.	stała	0,01206	0,16340	0,07	0,9412	stała
	AR1_1_1	0,21595	0,45232	0,48	0,6332	rEUR/PLN(t)
	AR1_1_2	0,05297	0,04007	1,32	0,1866	rBTC/EUR(t-1)
2.	stała	0,00857	0,16376	0,05	0,9583	stała

	ARI_1_1	0,05250	0,04010	1,31	0,1909	rBTC/EUR(t-1)
	ARI_1_2	0,12452	0,26556	0,47	0,6393	rUSD/PLN(t-1)
3.	stała	0,00284	0,16346	0,02	0,9862	stała
	ARI_1_1	0,05162	0,04005	1,29	0,1979	rBTC/EUR(t-1)
	ARI_1_2	-0,79118	0,66400	-1,19	0,2339	rEUR/USD(t-1)
4.	stała	0,00637	0,16328	0,04	0,9689	stała
	ARI_1_1	0,05469	0,04003	1,37	0,1723	rBTC/EUR(t-1)
	ARI_1_2	0,37916	0,29672	1,28	0,2018	rGBP/PLN(t-1)
5.	stała	0,01795	0,16354	0,11	0,9126	stała
	ARI_1_1	0,05462	0,04013	1,36	0,1740	rBTC/EUR(t-1)
	ARI_1_2	-0,13724	0,26658	-0,51	0,6069	rCNY/PLN(t-1)
6.	stała	0,01272	0,16335	0,08	0,9380	stała
	ARI_1_1	0,05456	0,04010	1,36	0,1742	rBTC/EUR(t-1)
	ARI_1_2	0,10550	0,17445	0,60	0,5456	rGold/USD(t-1)
7.	stała	0,00587	0,16344	0,04	0,9713	stała
	ARI_1_1	0,05154	0,04007	1,29	0,1989	rBTC/EUR(t-1)
	ARI_1_2	0,18523	0,18196	1,02	0,3091	rGold/EUR(t-1)
8.	stała	0,04065	0,03586	1,13	0,2574	stała
	ARI_1_1	-0,01368	0,00879	-1,56	0,1202	News(t)
	ARI_1_2	-0,06640	0,03993	-1,66	0,0968	rBTC/EUR(t-1)

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki analizy przyczynowości w sensie Grangera, przedstawione w tabeli 6 wskazują, że bitcoin do euro nie jest skutkiem analizowanych zmiennych objaśniających, ale jest przyczyną dla zmiennych rUSD/PLN, rEUR/USD, rGBP/PLN, rCNY/PLN oraz rGold/USD.

Tabela 6. Wyniki testu przyczynowości w sensie Grangera

Kierunek zależności rBTC/EUR ←				Kierunek zależności rBTC/EUR →			
	Chi ²	p	Efekt		Chi ²	p	Efekt
rEUR/PLN	1,15	0,2834	brak	rEUR/PLN	0,25	0,6189	brak
rUSD/PLN	0,22	0,6391	brak	rUSD/PLN	12,80	0,0003	←
rEUR/USD	1,42	0,2334	brak	rEUR/USD	13,18	0,0003	←
rGBP/PLN	1,63	0,2013	brak	rGBP/PLN	7,56	0,0060	←
rCNY/PLN	0,27	0,6067	brak	rCNY/PLN	14,88	0,0001	←
rGold/USD	0,37	0,5453	brak	rGold/USD	5,56	0,0181	←
rGold/EUR	1,04	0,3087	brak	rGold/EUR	2,42	0,1197	brak
News	0,28	0,5976	brak				

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku modelowania warunkowej wariancji bitcoina do euro w zależności od zmiennej: rEUR/PLN, rUSD/PLN, rGold/USD oraz News należy w pierwszej kolejności rozpatrywać model EGARCH(1,1). Natomiast model EGARCH(3,3) do analizy zależności

uwzględniającej zmienne: rEUR/USD, rGBP/PLN, rCNY/PLN, a także rGold/EUR. Zbiorcze wyniki przedstawione w tabeli 7 wskazują na brak statystycznej istotności zmiennych: rUSD/PLN, rEUR/USD, rGBP/PLN, rGold/USD, rGold/EUR oraz News w modelowaniu warunkowej wariancji bitcoina do euro. Kurs euro do złotego oraz yuana do złotego charakteryzuje się natomiast statystyczną istotnością oraz pozytywnym wpływem na warunkową wariancję zmiennej rBTC/EUR.

Tabela 7. Wartości parametrów oraz wyniki testów istotności modeli GARCH

Wartość	GARCH							
	rEUR/ PLN	rUSD/ PLN	rEUR/ USD	rGBP/ PLN	rCNY/ PLN	rGold/ USD	rGold/ EUR	News
Model	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (3,3)	EGARCH (3,3)	EGARCH (3,3)	EGARCH (1,1)	EGARCH (3,3)	EGARCH (1,1)
rx/PLN		0,3442	-0,6750	-0,0291	0,4338	-0,2391	0,1571	-0,7238
EARCH0	0,2539	0,2573	0,7503	1,0035	1,0235	0,2593	0,7428	0,2498
EARCH1	0,3031	0,3005	0,3392	0,3320	0,3222	0,3006	0,4119	0,3040
EARCH2	-	-	0,3653	0,5004	0,4873	-	0,5416	-
EARCH3	-	-	0,2229	0,2934	0,2810	-	0,3031	-
EGARCH1	0,9197	0,9185	-0,1918	-0,3262	-0,3283	0,9176	-0,2606	0,9212
EGARCH2	-	-	0,0509	0,1147	0,1093	-	0,1297	-
EGARCH3	-	-	0,8983	0,8866	0,8851	-	0,9118	-
THETA	-0,0822	-0,0840	0,1385	-0,2603	-0,2875	-0,0929	0,000724	-0,0824
Restrict		-8,4093				10,9936		
P	rEUR/ PLN	rUSD/ PLN	rEUR/ USD	rGBP/ PLN	rCNY/ PLN	rGold/ USD	rGold/ EUR	News
rx/PLN		0,0882	0,2530	0,8849	0,0211	0,0675	0,2358	0,2352
EARCH0	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EARCH1	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EARCH2	-	-	<,0001	<,0001	<,0001	-	<,0001	-
EARCH3	-	-	<,0001	<,0001	<,0001	-	<,0001	-
EGARCH1	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EGARCH2	-	-	0,0021	<,0001	0,0002	-	<,0001	-
EGARCH3	-	-	<,0001	<,0001	<,0001	-	<,0001	-
THETA	0,1211	0,1164	0,0028	<,0001	<,0001	0,0827	0,9841	0,1243
Restrict		0,0615				0,1305		

Źródło: opracowanie własne.

Właściwe dopasowanie modeli do danych zweryfikowano pozytywnie przy użyciu testów BDS oraz Chowa.

Na podstawie otrzymanych wyników, w kontekście badania niezależności kursu bitcoina wyrażonego w euro, w odniesieniu do sformułowanych hipotez pomocniczych, można wnioskować o:

1. niezależności $r_{BTC/EUR}$ od wymienionych kursów walutowych, cen złota oraz informacji prawnych w kontekście modelowania średniej warunkowej,
2. niezależności $r_{BTC/EUR}$ od wymienionych kursów walutowych, cen złota oraz informacji prawnych w kontekście analizy przyczynowości w sensie Grangera,
3. niezależności $r_{BTC/EUR}$ od kursów walutowych $r_{USD/PLN}$, EUR/USD , GBP/PLN , cen złota oraz informacji prawnych w kontekście modelowania warunkowej wariancji,
4. braku niezależności $r_{BTC/EUR}$ od zmiennych $r_{EUR/PLN}$ i $r_{CNY/PLN}$.

Konsekwencją przedstawionych wniosków jest stwierdzenie, że bitcoin do euro nie jest w pełni niezależnym środkiem transakcyjnym, co wskazuje na konieczność odrzucenie hipotezy głównej. Wyniki otrzymane w analizie zależności bitcoina do euro są zbliżone do tych otrzymanych dla bitcoina do złotego.

Wyniki analizy niezależności bitcoina do dolara w kontekście średniej warunkowej zestawione w tabeli 8 wskazują jednoznacznie na brak statystycznej istotności wszystkich zmiennych objaśniających na zmienną $r_{BTC/EUR}$.

Tabela 8. Wartości parametrów oraz wyniki testów istotności dla bitcoina do dolara jako zmiennej objaśnianej

	Parametr	Wartość	Błąd Std.	t	p	Zmienna
rEUR/PLN	stała	0,00860	0,01453	0,59	0,5542	stała
	AR1_1_1	0,00296	0,00362	0,82	0,4132	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	0,01026	0,04041	0,25	0,7998	rEUR/PLN(t-1)
rUSD/PLN	stała	0,03735	0,02491	1,50	0,1343	stała
	AR1_1_1	0,00876	0,00619	1,42	0,1570	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	0,04764	0,04036	1,18	0,2383	rUSD/PLN(t-1)
rEUR/USD	stała	0,01321	0,00992	-1,33	0,1834	stała
	AR1_1_1	-0,00255	0,00246	-1,04	0,3004	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	0,00913	0,04026	0,23	0,8207	rEUR/USD(t-1)
rGBP/PLN	stała	0,01928	0,02209	0,87	0,3832	stała
	AR1_1_1	0,00872	0,00550	1,59	0,1132	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	0,02687	0,04018	0,67	0,5039	rGBP/PLN(t-1)
rCNY/PLN	stała	0,02365	0,02469	0,96	0,3385	stała
	AR1_1_1	0,01189	0,00614	1,94	0,0532	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	0,07542	0,04019	1,88	0,0611	rCNY/PLN(t-1)

rGold/USD	stała	0,00778	0,03747	0,21	0,8356	stała
	AR1_1_1	-0,01902	0,00933	-2,04	0,0118	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	-0,04216	0,03998	-1,05	0,2921	rGold/USD(t-1)
rGold/EUR	stała	0,04032	0,03585	1,12	0,2611	stała
	AR1_1_1	-0,01501	0,00891	-1,68	0,0926	rBTC/USD(t-1)
	AR1_1_2	-0,06879	0,03987	-1,73	0,0850	rGold/EUR(t-1)

Źródło: opracowanie własne.

Otrzymane wyniki, są tożsame z analizą przyczynowo – skutkową w sensie Grangera (zob. tabela 9), która potwierdza brak wpływu uwzględnionych zmiennych niezależnych na kurs bitcoina do dolara. Warto zauważyć natomiast, że zmienna rBTC/USD jest przyczyną w sensie Grangera zmiennej rGold/USD.

Tabela 9. Wyniki testu przyczynowości w sensie Grangera

	Kierunek zależności rBTC/USD ←			Kierunek zależności rBTC/USD →			
	Chi ²	p	Efekt	Chi ²	p	Efekt	
rEUR/PLN	0,82	0,3654	brak	rEUR/PLN	0,67	0,4129	brak
rUSD/PLN	0,31	0,5747	brak	rUSD/PLN	2,01	0,1565	brak
rEUR/USD	1,40	0,2359	brak	rEUR/USD	1,07	0,3000	brak
rGBP/PLN	2,23	0,1355	brak	rGBP/PLN	2,52	0,1127	brak
rCNY/PLN	0,14	0,7040	brak	rCNY/PLN	3,75	0,0528	brak
rGold/USD	0,53	0,4652	brak	rGold/USD	4,16	0,0111	←
rGold/EUR	1,66	0,1974	brak	rGold/EUR	2,84	0,0921	brak
News	0,70	0,4027	brak				

Źródło: opracowanie własne.

W oparciu o najmniejsze wartości kryterium informacyjnego stwierdzono, że model EGARCH(3,3) jest odpowiedni do odzwierciedlenia warunkowej wariancji dla zależności między bitcoinem do dolara a kursem euro do złotego oraz złota do euro. Pozostałe zmienne były modelowane z wykorzystaniem eksponencjalnego modelu autoregresyjnej heteroskedastyczności rzędu pierwszego. Po oszacowaniu parametrów wytypowanych modeli (zob. tabela 10.), poddano je testowi na istotność. Wyniki wskazują, że żadna z uwzględnionych zmiennych egzogenicznych nie okazała się być statystycznie istotna w modelowaniu warunkowej wariancji bitcoina, przy jednocześnie potwierdzonej istotności pozostałych parametrów modelu EGARCH.

Tabela 10. Wartości parametrów oraz wyniki testów istotności modeli GARCH

Wartość Model	GARCH							News
	rEUR/ PLN	rUSD/ PLN	rEUR/ USD	rGBP/ PLN	rCNY/ PLN	rGold/ USD	rGold/ EUR	
	EGARCH (3,3)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	EGARCH (3,3)	
rx/PLN	0,3299	0,1374	0,0851	-0,0633	0,1334	-0,0639	0,0810	-1,0569
EARCH0	0,9244	0,2455	0,2464	0,2471	0,2474	0,2479	0,9071	0,2294
EARCH1	0,3382	0,3016	0,3014	0,3016	0,3011	0,3015	0,3421	0,3070
EARCH2	0,5053						0,5226	
EARCH3	0,2640						0,2626	
EGARCH1	-0,3090	0,9226	0,9224	0,9221	0,9219	0,9217	-0,3075	0,9286
EGARCH2	0,1251						0,1308	
EGARCH3	0,8865	-0,1031	-0,0976	-0,0971	-0,1019	-0,1024	0,8863	-0,0940
THETA							0,2531	1,3498
Restrict								
P	rEUR/ PLN	rUSD/ PLN	rEUR/ USD	rGBP/ PLN	rCNY/ PLN	rGold/ USD	rGold/ EUR	News
rx/PLN	0,2765	0,4715	0,8770	0,7195	0,4721	0,6121	0,5167	0,0840
EARCH0	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EARCH1	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EARCH2	<,0001						<,0001	
EARCH3	<,0001						<,0001	
EGARCH1	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
EGARCH2	<,0001						<,0001	
EGARCH3	<,0001						<,0001	0,0680
THETA	<,0001	0,0481	0,0630	0,0662	0,0514	0,0550	<,0001	0,3861
Restrict								

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie otrzymanych wyników, w kontekście badania niezależności kursu bitcoina wyrażonego w dolarze, w odniesieniu do sformułowanych hipotez pomocniczych, można wnioskować o:

1. niezależności rBTC/USD od wymienionych kursów walutowych, cen złota oraz informacji prawnych w kontekście modelowania średniej warunkowej,
2. niezależności rBTC/USD od wymienionych kursów walutowych, cen złota oraz informacji prawnych w kontekście analizy przyczynowości w sensie Grangera,
3. niezależności rBTC/USD od wymienionych kursów walutowych, cen złota oraz informacji prawnych w kontekście analizy wariancji warunkowej

Konsekwencją przedstawionych wniosków jest stwierdzenie, że bitcoin do dolara jest w pełni niezależnym środkiem transakcyjnym, co wskazuje na konieczność braku możliwości odrzucenia hipotezy głównej.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Kryptowaluty, to temat niewątpliwie aktualny, ale przede wszystkim bardzo złożony i wieloaspektowy. W literaturze przedmiotu naukowcy starają się zgłębiać jego poznanie szczególnie w kontekście analizy ryzyka w handlu bitcoinem, funkcjonowania oraz możliwości jego zmiany, a także z uwzględnieniem możliwych regulacji prawnych. Podejmuje się próby analizy zmienności kryptowalut, a także zestawia się bitcoina z różnymi typami aktywów, na przykład ze złotem. Jak dotąd w literaturze przedmiotu nie próbowano określić oraz zweryfikować niezależności bitcoina. Cechy, która wymieniana jest przez zwolenników kryptowalut, za fundament zaistnienia kryptowalut w systemie finansowym. Przedstawiona w pracy tematyka oraz podjęta próba ekonometrycznej weryfikacji niezależności wypełnia tę lukę i stanowi znaczący wkład w literaturę przedmiotu.

Z uwagi na złożoność oraz specyfikę tematyki kryptowalut zdecydowano się na analizę niezależności w rozumieniu zależności w średniej warunkowej oraz średniej wariancji, dopełnioną analizą korelacji oraz przyczynowości w sensie Grangera. Do badania wytypowano zbiór zmiennych mogących mieć realny wpływ na zmienność bitcoina.

W oparciu o przeprowadzone badania można sformułować następujące wnioski szczegółowe

1. BTC/PLN oraz BTC/EUR nie jest niezależny w kontekście wariancji warunkowej
2. BTC/USD jest w pełni niezależnym środkiem transakcyjnym w zależności od wszystkich przyjętych zmiennych objaśniających

Hipoteza główna może być jedynie pozytywnie zweryfikowana w odniesieniu do zmiennej BTC/USD. Różnice w analizie niezależności bitcoina względem wybranych kursów walut i cen złota można tłumaczyć historią powstawania i ustalania kursu wymiany bitcoina. Ustalenie parytetów wymiany do innych walut, najprawdopodobniej według przelicznika do dolara, spowodowało wkomponowanie w kurs bitcoina występowania bieżących zależności pomiędzy rynkami, na przykład pomiędzy dolarem a euro czy dolarem a złotem. Związek między dolarem i euro a bitcoinem można wyjaśnić między innymi tym, że są to waluty, w których dokonywano największej liczby transakcji lub były wykorzystywane do możliwego arbitrażu cenowego pomiędzy giełdami. Ze względu na początkowy okres konstituowania się rynku kryptowalut trudno jest jednak jednoznacznie wyjaśnić genezę stwierdzonych zależności.

W wyniku przeprowadzonej analizy można sformułować także kilka wniosków pobocznych:

1. Rynek bitcoina wykazuje właściwości analogiczne do tradycyjnych rynków finansowych (występowaniem efektu dźwigni, grubych ogonów, a także efektu grupowania się wariacji)
2. W całym analizowanym okresie, warunkowa wariancja jest wrażliwa na pojawiające się na rynku szoki (wartość parametru $EARCH > 0.1$)
3. Stosunkowo wysoka oraz statystycznie istotna wartość parametru EGARCH wskazuje, że po wystąpieniu szoku następuje powolna regresja procesu w kierunku średniej.
4. Wyniki estymacji parametrów modeli GARCH wskazują na niestabilność rynku kryptowalut i wysoką wrażliwość na spekulacje oraz pojawianie się negatywnych informacji na rynku.
5. Stwierdzenie odwrotnej zależności pomiędzy bitcoinem a złotem implikuje możliwość wykorzystania bitcoina jako bezpiecznej przystani. Analitycy finansowi zaczęli dostrzegać odwrotnie proporcjonalną zależność między złotem a bitcoinem na poziomie korelacyjnym dopiero pod koniec 2017 roku.
6. Kurs bitcoina do dolara okazał się być rezystentny na pojawiające się kryzysy, na przykład grecki czy cypryjski. Związane jest to także z brakiem bezpośredniego powiązania bitcoina z jakąkolwiek gospodarką światową, a zatem brakiem możliwości bezpośredniego wpływania na kurs tej kryptowaluty.
7. Bitcoin może stać się dla inwestorów alternatywą wobec złota. Analitycy spekulują, że stabilna cena złota, która nie pozwala na uzyskanie wysokich stóp zwrotu z inwestycji, jest jednym z powodów wyprzedzaży złota z zamiarem inwestycji w kryptowaluty

Rozwój bitcoina pokazał, że rozwiązania wydające się trudne do implementacji, na przykład transakcje niskokosztowe wykonywane w czasie rzeczywistym, obecnie stają się faktem i to bez konieczności ponoszenia znaczących kosztów na inwestycje infrastrukturalne czy systemowe. Możliwość wpływania na bitcoina może skutkować ograniczeniem zaufania użytkowników do tej waluty oraz zahamować jej rozwój i związane z nim nowe rozwiązania technologiczne oparte na blockchainie. Puentą przeprowadzonych badań mogą być słowa Miltona Friedmana, wypowiedziane w 1999 roku, dziewięć lat przed powstaniem bitcoina: „internet będzie jedną z głównych sił

ograniczającą rolę rządu. Jedyna rzecz, której brakuje, a która wkrótce zostanie opracowana, to wiarygodny e-pieniądz".