

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ,
ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΥ**



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Κρυπτονομίσματα και Χρηματιστηριακή Αγορά:
Οικονομική Ανάλυση»**

Γεώργιος Λαζάρου

Επιβλέπων: Παναγιώτης Μιχαηλίδης, Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2024

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με την αγορά του χρηματιστηρίου. Χρησιμοποιήθηκαν ως μεταβλητές οι τιμές κλεισίματος του Bitcoin, του Ethereum, του δείκτη S&P500, των 10-ετών ομολόγων και του χρυσού. Τα δεδομένα χωρίζονται σε δύο χρονικές περιόδους, οι οποίες ορίζονται ως η προ halving και η μετά halving περίοδος αντίστοιχα. Για τη μελέτη της σχέσης αυτής έγινε χρήση της φασματικής αιτιότητας στις δύο χρονικές περιόδους, μέσω του υπολογιστικού πακέτου STATA. Τέλος, εκτιμήθηκε η σχέση που παρουσιάζεται βάση των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας των μετρήσεων.

Λέξεις κλειδιά: Κρυπτονομίσματα, Χρηματιστηριακή Αγορά, Φασματική Αιτιότητα

Abstract

This Diploma thesis aims to analyse the relationship between the cryptocurrency market and the stock market. The variables used are the closing prices of Bitcoin, Ethereum, the S&P500, 10-year bonds and gold. The data are divided into two time periods, which are defined as the pre-halving and post-halving periods, respectively. Spectral causality has been used in these two time periods to unveil causality patterns. The analysis has been conducted using the STATA statistical software. Finally, the causal relationships are presented based on the estimated results for all the relevant variables.

Key Words: Cryptocurrencies, Stock Market, Spectral Causality

*Στους γονείς μου,
Χριστάκη και Έλενα*

Περίληψη

Abstract

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορία Κρυπτονομισμάτων	1
1.2 Τι είναι τα Κρυπτονομίσματα	3
1.3 Βασικότερα Κρυπτονομίσματα	6
1.4 Παραδοσιακά Μέσα Επενδύσεων	8

2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1 Γενική Επισκόπηση	10
2.2 Κρυπτονομίσματα και S&P 500	12
2.3 Κρυπτονομίσματα και Χρυσός	20
2.4 Κρυπτονομίσματα και Ομόλογα	25
2.5 Κρυπτονομίσματα και Spectral Causality	29

3. Μεθοδολογία

32

4. Εμπειρική Ανάλυση

4.1 Δεδομένα και Μεταβλητές	39
4.2 Ανάλυση Δεδομένων	41

5. Συζήτηση

57

6. Συμπεράσματα

64

7. Βιβλιογραφία

66

Εισαγωγή

1.1 Ιστορία Κρυπτονομισμάτων

Η ιδέα ενός ψηφιακού νομίσματος, και άρα κατ'επέκταση των κρυπτονομισμάτων αλλά και των εννοιών που τα διαμόρφωσαν, αποτελούν συνέχεια προγενέστερων κρυπτογραφικών και νομισματικών κατασκευών. Στις δεκαετίες του 1980 και 1990, εμφανίστηκαν οι πρώτες σκέψεις για δημιουργία ψηφιακών νομισμάτων. Αποκορύφωμα άλλωστε αυτών των πρόδρομων ιδεών των κρυπτονομισμάτων, είναι η δημιουργία του David Chaum της εταιρείας DigiCash, το 1989. Η DigiCash ήταν η πρώτη εταιρεία που παρείχε ένα ηλεκτρονικό σύστημα πληρωμών το οποίο χρησιμοποιούσε την κρυπτογραφία.

Τα κρυπτονομίσματα, ή αλλιώς γνωστά και ως ψηφιακά νομίσματα, πρωτοεμφανίστηκαν το 2009, ως επακόλουθο της οικονομικής κρίσης του 2007-2008. Πιθανώς αυτό να οφείλεται στο γεγονός ότι υπήρξε κακή διαχείριση της οικονομίας από τις κυβερνήσεις, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί η ανάγκη για ένα είδος συναλλάγματος το οποίο δεν θα είναι τόσο εύκολα χειραγωγήσιμο, όπως είναι το χρηματιστήριο ή τα ήδη υπάρχοντα νομίσματα των κρατών. Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε το πρώτο κρυπτονόμισμα, το Bitcoin, από ένα άτομο ή μια ομάδα ατόμων, με το ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto. Ο χρήστης Satoshi, δημοσίευσε ένα άρθρο στο οποίο περιγράφεται η λειτουργία του Bitcoin.

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 2010, άρχισε σταδιακά το bitcoin να αποκτά δημοτικότητα, αυτό είχε ως επακόλουθο την δημιουργία νέων κρυπτονομισμάτων, τα οποία είχαν διαφορετικές λειτουργίες και χαρακτηριστικά.

Προς το τέλος της δεκαετίας του 2010, και κατά τη δεκαετία του 2020, λόγω της αυξημένης δημοτικότητας που άρχισαν να αποκτούν τα κρυπτονομίσματα, υπήρξε παράλληλα και η ανάγκη από διάφορες χώρες αλλά και χρηματοοικονομικές αρχές για ρύθμιση και αναγνώριση των κρυπτονομισμάτων. Υπάρχουν χώρες που έχουν απαγορεύσει εξ ολοκλήρου την οποιαδήποτε ενασχόληση των πολιτών τους με τα κρυπτονομίσματα όπως παραδείγματως χάριν η Κίνα, ενώ αντιθέτως υπάρχουν χώρες όπως το Ελ Σαλβαδόρ οι οποίες επενδύουν στα κρυπτονομίσματα από το κρατικό τους κεφάλαιο. Επιπρόσθετα, υπάρχουν χώρες όπως η Ουκρανία, οι οποίες συνεργάζονται με ανταλλακτήρια κρυπτονομισμάτων με στόχο την ενσωμάτωση των τεχνολογιών κρυπτογράφησης στην οικονομία και τις δημόσιες υπηρεσίες τους.

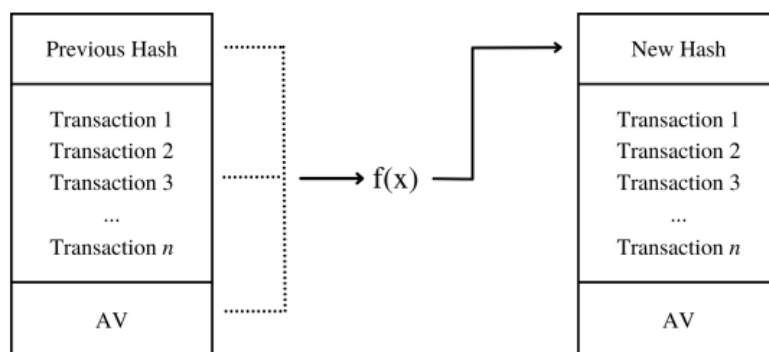
Η τεχνολογία πίσω από τα κρυπτονομίσματα συνεχίζει να εξελίσσεται μέχρι και σήμερα, με την εισαγωγή των έξυπνων συμβολαίων (smart contracts), αλλά και μέσω της ανάπτυξης της Αποκεντροποιημένης Χρηματαγοράς (Decentralized Finance), από όπου γίνονται επιτρεπτές διάφορες χρηματοοικονομικές συναλλαγές, χωρίς την οποιαδήποτε ανάγκη για μεσάζοντες.

1.2 Τι είναι τα Κρυπτονομίσματα

Τα κρυπτονομίσματα είναι μια αποκεντρωμένη ηλεκτρονική μορφή χρήματος, η οποία έχει δημιουργηθεί για να λειτουργεί ως ένα μέσο ανταλλαγής (medium of exchange) ή και αποθήκευσης πλούτου. Τα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούν την κρυπτογραφία, για την ασφαλή δημιουργία αλλά και διαχείριση των συναλλαγών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη η παραβίαση του συστήματος ενός κρυπτονομίσματος από κακόβουλους παράγοντες.

Η ιδέα της δημιουργίας των κρυπτονομισμάτων, προέκυψε από τον αντίκτυπο που είχε η τεχνολογία του blockchain. Το blockchain είναι μια τεχνολογία κατακευματισμένου καταλόγου, η οποία επιτρέπει την καταγραφή ασφαλών και αμετάβλητων συναλλαγών. Κάθε συναλλαγή προστίθεται σε ένα block, και έπειτα τα block «αλυσιδώνονται», μεταξύ τους δημιουργώντας έτσι ένα αναλλοίωτο ιστορικό.

Σχήμα 1.1: Τρόπος λειτουργίας του blockchain



Ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό που έχουν τα κρυπτονομίσματα είναι ότι λειτουργούν ανεξάρτητα από τράπεζες ή κεντρικές αρχές. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως οι χρήστες των κρυπτονομισμάτων, μπορούν να ανταλλάξουν μεταξύ τους οποιαδήποτε αξία κρυπτονομίσματος, χωρίς την ανάγκη για κάποια ενδιάμεση αρχή.

Με την αποκεντρωμένη φύση των κρυπτονομισμάτων αλλά και την τεχνολογική τους καινοτομία, διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβανόμαστε την αξία, τις συναλλαγές αλλά και τη χρηματοοικονομική διαχείριση. Θα μπορούσε να πει κανείς πως αποτελούν μια σημαντική εξέλιξη στο χώρο της οικονομίας αλλά και της τεχνολογίας, παράλληλα.

Η αγορά των κρυπτονομισμάτων είναι μια δυναμική αγορά, η οποία ξεπερνάει το 3 τρις σε αξία δολαρίων. Ωστόσο, για πολλούς, η συγκεκριμένη αγορά θεωρείται ακόμη και σήμερα μια αρκετά επικίνδυνη επένδυση, καθώς πολλοί πιστεύουν ότι επηρεάζεται από εξωγενείς σε σχέση με τα κρυπτονομίσματα παράγοντες, όπως παραδείγματος χάριν, τη χρηματιστηριακή αγορά, ή την αγορά ομολόγων και χρυσού.

Σχήμα 1.2 Παγκόσμια Αξία Αγοράς Κρυπτονομισμάτων



Πηγή: [Coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com)

Σχήμα 1.3 Παγκόσμια Αξία Αγοράς Κρυπτονομισμάτων – Χωρίς το Bitcoin

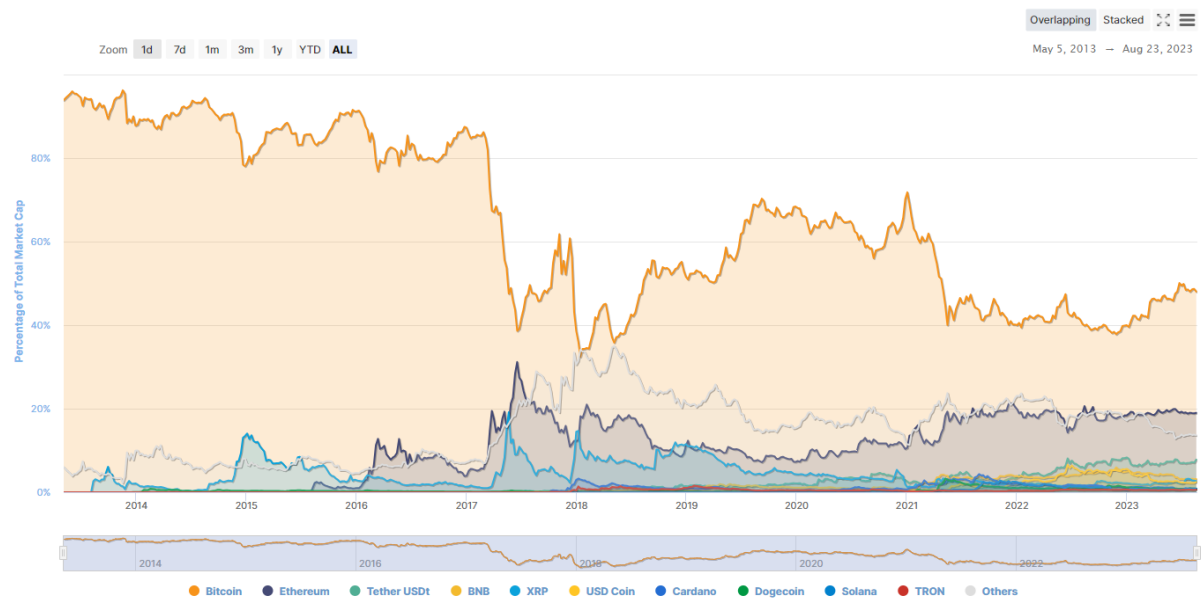
Total Cryptocurrency Market Capitalization (Excluding Bitcoin)



Πηγή: [Coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com)

Σχήμα 1.4 Ποσοτική Κατανομή Κρυπτονομισμάτων με Βάση την Συνολική Αξία Αγοράς

Major Cryptoassets By Percentage of Total Market Capitalization (Bitcoin Dominance Chart)



Πηγή: [Coinmarketcap.com](https://coinmarketcap.com)

1.3 Βασικότερα κρυπτονομίσματα

Παρά τον αμέτρητο αριθμό κρυπτονομισμάτων, τα δυο μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα με βάση της Αξίας Αγοράς τους (Market Capitalization), είναι με διαφορά το Bitcoin με Market Cap στα \$500,000,000,000 (500 δις δολάρια), και το Ethereum με Market Cap στα \$200,000,000,000 (200 δις δολάρια). Φυσικά, οι αξίες Αγοράς μεταβάλλονται συνέχεια, και αυτές οι τιμές είναι οι ενδεικτικές κατά τη διάρκεια συγγραφής της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Τα ως άνω δεδομένα, μπορούν να επιβεβαιωθούν αν παρατηρήσει κανείς τα Σχήματα 1.2-1.4, όπου φαίνεται η αισθητή διαφορά στην Παγκόσμια Αξία Αγοράς των Κρυπτονομισμάτων εάν προστεθεί ή αφαιρεθεί αντίστοιχα το Bitcoin στα Σχήματα 1.2 και 1.3. Επιπρόσθετα, στο Σχήμα 1.4 με τη βοήθεια και του γραφήματος, παρατηρούμε ότι τα δύο μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα είναι το Bitcoin, με μεγάλη διαφορά από το δεύτερο Ethereum, που από την ημερομηνία της δημιουργίας του, το 2015, αυξανόταν σταδιακά η ποσοτική Αξία Αγοράς του, έως ότου εδραιωθεί ως το δεύτερο σε αξία κρυπτονομίσμα.

Οι λόγοι που αυτά τα δύο κρυπτονομίσματα παραμένουν πάνω από μια οκταετία πλέον στις πρώτες δύο θέσεις ποικίλουν. Για πολλούς, παίζει σίγουρα ρόλο η δημοτικότητα, και προτιμούν να χρησιμοποιούν τα κρυπτονομίσματα που οι πλείστοι γνωστοί και φίλοι τους χρησιμοποιούν. Εξού και ανά περιόδους βλέπουμε ραγδαία και απότομη αύξηση σε αξία αγοράς κρυπτονομισμάτων γνωστών και ως meme-coins, τα οποία γίνονται τάσεις της εποχής.

Για άλλους είναι η πίστη στον τρόπο με τον οποίο λειτουργούν τα ίδια τα κρυπτονομίσματα. Το Bitcoin, για παράδειγμα, το οποίο χρησιμοποιεί το blockchain για τη δημιουργία και λειτουργία του network του είναι για πολλούς το πιο ασφαλές κρυπτονόμισμα. Αυτό γιατί όσο περισσότεροι miners υπάρχουν στο δίκτυο δημιουργίας του blockchain, τόσο πιο δύσκολα γίνεται η εξόρυξη του κρυπτονομίσματος, αλλά παράλληλα τόσο πιο δύσκολο είναι και κάποιος να προκαλέσει κάποια κακόβουλη ζημιά στο δίκτυο αυτό. (Luno, 2020)

Από την άλλη, το Ethereum, το δεύτερο μεγαλύτερο σε Αγοραστική Αξία Κρυπτονόμισμα επιτρέπει στον χρήστη τη δημιουργία και την ανάπτυξη των λεγόμενων έξυπνων συμβολαίων (smart contracts) αλλά και των αποκεντρωμένων εφαρμογών (dApps). Για να το επιτύχει αυτό, το Ethereum χρησιμοποιεί μια δική του ξεχωριστή γλώσσα προγραμματισμού η οποία τρέχει σε blockchain.

1.4 Παραδοσιακά Μέσα Επενδύσεων

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία (ΔΕ), θα συγκρίνουμε τις αποδόσεις των τιμών των δύο μεγαλύτερων κρυπτονομισμάτων, με αυτές των βασικότερων παραδοσιακών επενδυτικών μέσων. Θα μελετήσουμε εάν υπάρχει η οποιαδήποτε σχέση μεταξύ της παραδοσιακής έως τώρα αγοράς του χρηματιστηρίου, με την αντίστοιχη αγορά των κρυπτονομισμάτων.

Αδιαμφισβήτητα, ο πιο σημαντικός δείκτης, ο οποίος αντικατοπτρίζει την κίνηση της αγοράς, δεν μπορεί να είναι άλλος πέρα από τον S&P500 (\$SPY). Ο συγκεκριμένος δείκτης παρακολουθεί και κυμαίνεται παράλληλα με την απόδοση των 500 μεγαλύτερων εταιρειών, από όλους τους τομείς της οικονομίας, που υπάρχουν στο χρηματιστήριο των Η.Π.Α., κατά κεφαλαιοποίηση. Αποτελεί τον βασικό δείκτη τόσο από αναλυτές αλλά και από επενδυτές, για την αξιολόγηση της οικονομικής υγείας των Ηνωμένων Πολιτειών, της μεγαλύτερης και ισχυρότερης οικονομικής δύναμης στον κόσμο. Η τιμή του δείκτη υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία σταθμισμένης κεφαλαιοποίησης αγοράς (Thune, 2021).

Ακόμη ένα παραδοσιακό μέσο επένδυσης, το οποίο για πολλούς θεωρείται ίσως το πιο ασφαλές και αξιόπιστο μέσω επένδυσης, είναι ο χρυσός. Η μακρά ιστορία του χρυσού ως ένα μέσω αποθήκευσης αξίας και παράλληλα προστασίας από τις οικονομικές αναταράξεις, τον έχει καθιερώσει εδώ και αρκετά χρόνια ως έναν “ασφαλή λιμένα” κατά τη διάρκεια περιόδων αβεβαιότητας αλλά και ρευστότητας στις αγορές. Ο χρυσός διατηρεί σχετικά σταθερή την αξία του με την πάροδο του χρόνου, χωρίς απότομες διακυμάνσεις, όπως τείνουν να έχουν

άλλες μορφές επενδύσεων. Για την αποτύπωση της αγοράς του χρυσού, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης (\$GC=F).

Τέλος, θα συγκρίνουμε τα δύο μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα με τα 10 ετή ομόλογα των ΗΠΑ, με δείκτη (\$TNX). Ο συγκεκριμένος δείκτης, αντιπροσωπεύει την απόδοση των 10ετών ομολόγων των ΗΠΑ, αποτελεί σημείο αναφοράς για τα επιτόκια και είναι ο βασικός δείκτης του κλίματος της αγοράς σχετικά με τις οικονομικές συνθήκες που επικρατούν στη χώρα. Ο συγκεκριμένος δείκτης παρακολουθείται από επενδυτές και αναλυτές, καθώς παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις αλλαγές στις συνθήκες αγοράς ομολόγων, αντικατοπτρίζει τη συνολική οικονομική προοπτική της χώρας, ενώ παράλληλα δείχνει και σε ποιά κατάσταση βρίσκεται η οικονομία της χώρας ως προς την αντιμετώπιση του πληθωρισμού.

2. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

2.1 Γενική Επισκόπηση

Η παρούσα διπλωματική εργασία, ασχολείται με τις κινήσεις της αγοράς των κρυπτονομισμάτων σε σχέση με τα κλασσικά επενδυτικά μέσα, και πιο συγκεκριμένα με τον δείκτη του S&P500, τον χρυσό και τα 10-ετη ομόλογα. Η μελέτη αυτή θα γίνει χρησιμοποιώντας μια οικονομετρική μεθοδολογία. Σε αυτό το πλαίσιο λοιπόν, η βιβλιογραφική επισκόπηση που θα ακολουθήσει, θα αποτελείται από τέσσερις υποενότητες. Η κάθε υποενότητα θα ασχολείται με την μελέτη που έχει γίνει για το εκάστοτε επενδυτικό μέσο και πως αυτό επηρεάζει ή όχι την αγορά των κρυπτονομισμάτων, ανάλογα με το ποιά είναι τα αποτελέσματα από τους αρθρογράφους των μελετών αυτών. Ενώ θα υπάρχει και μια υποενότητα η οποία θα επικεντρώνεται στην εφαρμογή της οικονομετρικής μεθόδου και ποια είναι τα αποτελέσματα που έχουν βρει άλλοι, με τη μέθοδο την οποία θα χρησιμοποιήσουμε και εμείς για την παρούσα διπλωματική εργασία. Η βιβλιογραφική επισκόπηση λοιπόν θα μας βοηθήσει να έρθουμε ένα βήμα πιο κοντά στην κατανόηση της μεθοδολογίας την οποία θα χρησιμοποιήσουμε στην παρούσα εργασία για την οικονομετρική ανάλυση των κρυπτονομισμάτων.

Είναι γνωστό άλλωστε πως η αγορά των μετοχών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη τόσο με την αγορά των κρατικών ομολόγων, αλλά και με την αγορά του χρυσού. Αυτό μπορεί εύκολα να γίνει κατανοητό, εάν παρατηρήσει τις διακυμάνσεις στις τιμές που έχουν τα πιο πάνω αναφερθέντα επενδυτικά προϊόντα, τόσο σε περιόδους άνθησης της οικονομίας (bull market) όσο και σε περιόδους

αβεβαιότητας και ύφεσης της (bear market). Ωστόσο, το παρόν κεφάλαιο της βιβλιογραφικής επισκόπησης αποτελεί το θεμέλιο για την κατανόηση του τρέχοντος ερωτήματος της έρευνας αυτής της διπλωματικής εργασίας, του κατά πόσο δηλαδή τα κρυπτονομίσματα έχουν την οποιαδήποτε άμεση ή και έμμεση σύνδεση τους με τις χρηματιστηριακές αγορές. Θα μελετηθούν έρευνες από διάφορα άρθρα που έχουν εμφανιστεί ανά χρονικά διαστήματα, στα οποία γινόταν μια προσπάθεια σύνδεσης ή διαχωρισμού των δύο αγορών.

2.2 Κρυπτονομίσματα και S&P500

Πολλοί είναι αυτοί που πιστεύουν ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων επηρεάζεται από τις διακυμάνσεις της χρηματιστηριακής αγοράς. Δεν είναι λίγοι ωστόσο και αυτοί που διαφωνούν με αυτή την άποψη, και θεωρούν πως τα κρυπτονομίσματα έχουν φτάσει σε ένα τέτοιο επίπεδο μετά από τόσα χρόνια εξέλιξης και ανάπτυξης της λειτουργίας τους, το οποίο τα καθιστά αυτόνομη αγορά, η οποία δεν τείνει να επηρεαστεί από εξωγενείς παράγοντες οι οποίοι δεν έχουν κάποια άμεση σχέση με αυτά.

Για αυτό λοιπόν, υπάρχουν αρκετοί έμπειροι αναλυτές, οι οποίοι με τη σειρά τους θέλησαν να δώσουν λύση σε αυτό το ερώτημα.

Ξεκινώντας λοιπόν από ένα πολύ ενδιαφέρον άρθρο (Wang et al., 2020), το οποίο εμβαθύνει στην σχέση την οποία έχει αναπτυχθεί από την δημιουργία κιάλας του πρώτου κρυπτονομίσματος, του Bitcoin. Κατά τους συγγραφείς του συγκεκριμένου άρθρου, και χρησιμοποιώντας τη λεγόμενη Sliding Window Technique, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η τυπική απόκλιση που έχει τόσο ο S&P 500, αλλά και ο Dow Jones Industrial, ο οποίος είναι ένας εξίσου μεγάλος δείκτης ο οποίος ταυτίζεται η απόδοση του με την απόδοση της υγείας της οικονομίας των Η.Π.Α, έχει συγκριτικά σημαντική επίδραση, στην τυπική απόκλιση της τιμής του Bitcoin.

Σε παρόμοιου τύπου μελέτη, ο (Hung, 2022) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι παρόλο που ο δείκτης του S&P 500 ήταν μια πηγή αστάθειας για τις αγορές του πετρελαίου και του χρυσού, παρέμενε μια πηγή σταθερότητας για το Bitcoin.

Δηλαδή είναι της άποψης, βάση των μελετών τους, ότι η οποιαδήποτε εξάρτηση από τις διακυμάνσεις των αγορών σε σχέση με το Bitcoin και αντίστροφα, είναι υπαρκτή, ωστόσο, μια εξάρτηση μεταξύ της αγοράς των κρυπτονομισμάτων και αυτή του χρυσού ή του πετρελαίου δεν υφίσταται.

Επιπρόσθετα οι Bouiri et al., (2022), αναλύοντας δεδομένα από το 2011 έως και το 2022, και χρησιμοποιώντας την προοπτική χρονικής κλίμακας της ανάλυσης συνοχής των κυματιδίων υποστηρίζουν ότι υπάρχει μία σύνδεση μεταξύ του δείκτη S&P 500 και του Bitcoin. Αυτό φαίνεται κατά τα λεγόμενα τους, από τις συμμεταβολές μεταξύ του Bitcoin και του S&P 500.

Μία επιπλέον μελέτη από τους (Conlon & McGee, 2020), υποστηρίζει ότι το Bitcoin είναι ένα μέσο επένδυσης το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένο με τον δείκτη S&P 500. Τονίζουν μάλιστα ότι ακόμη και μια μικρή "θέση" να κρατάει το Bitcoin στο χαρτοφυλάκιο κάποιου, είναι ικανή για να αυξήσει το ρίσκο πτώσης της συνολικής αξίας του πορτοφολίου αυτού, καθώς η συγκεκριμένη επένδυση επέχει μια επιπλέον θέση ρίσκου.

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του Granger-Causality ο (Estrada, 2017) στο άρθρο του, υπογραμμίζει ότι υπάρχει μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ του Bitcoin και των κλασικών μέσων επενδύσεων, συμπεριλαμβανομένου και τού δείκτη S&P 500. Τονίζει, ωστόσο, το γεγονός ότι η σχέση αυτή που προέκυψε με τη χρήση της στατιστικής μεθόδου την οποία ακολούθησε, πιθανώς να επηρεάζεται και από εξωγενείς παράγοντες, όπως είναι αυτός του ενθουσιασμού του κοινού, αλλά και από τα Google Trends της εποχής.

Η ίδια παρατήρηση για τη σχέση μεταξύ του Bitcoin και του δείκτη S&P500 έγινε και στο άρθρο (Nepř & Karpeko, 2024). Κάνοντας χρήση μοντέλων GARCH, προσπάθησαν να δουν εάν η δημοτικότητα του Bitcoin σε διάφορες χρονικές περιόδους, επηρεάζεται ή επηρεάζει τον κεντρικού δείκτη του χρηματιστηρίου. Παρατήρησαν πως όσο αυξανόταν η δημοτικότητα, τόσο αυξανόταν και η αστάθεια στις διακυμάνσεις του Bitcoin και κατ'επέκταση και της υπόλοιπης αγοράς των κρυπτονομισμάτων. Μια επίσης ενδιαφέρουσα παρατήρηση που έκαναν, είναι το γεγονός πως η δημοτικότητα του Bitcoin έχει θετικό αντίκτυπο σε χαμηλής αστάθειας αλλά και εξαιρετικά ασταθείς ανερχόμενες αγορές, ωστόσο σε πτωτικές αγορές παρατηρείται μια αρνητική επίπτωση λόγω της δημοτικότητας.

Συσχέτιση μεταξύ του Bitcoin και των μεγάλων χρηματιστηριακών αγορών (αυτών των Η.Π.Α. αλλά και των κυριότερων ευρωπαϊκών δεικτών), βρέθηκε επίσης στο άρθρο (Jia et al., 2024). Χρησιμοποιώντας δεδομένα υψηλής συχνότητας συναλλαγών του Bitcoin παρατήρησε ότι μετά από μεγάλες διακυμάνσεις που μπορεί να παρουσιάσουν οι δείκτες των χρηματιστηρίων ακολουθεί μεγάλη διακύμανση και της τιμής του Bitcoin, προς την ίδια κατεύθυνση με αυτή που κινήθηκαν οι δείκτες. Τα κύρια αίτια αυτής της παρατήρησης, αναφέρει στο άρθρο του, είναι το συναίσθημα που διακατέχει τους επενδυτές και η αβεβαιότητα της οικονομικής πολιτικής που παρουσιάζουν οι αγορές.

Σε ίδιου τύπου μελέτη, αλλά για τις κεντρικές αγορές της Ασίας (Hung, 2024), κατέληξε στα ίδια συμπεράσματα όσον αφορά τη σχέση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων και των κεντρικών χρηματιστηριακών αγορών. Κάνοντας χρήση του πλαισίου μετασχηματισμού σωματιδίων, παρατήρησε σχέση μεταξύ των Ασιατικών αγορών και των κρυπτονομισμάτων τόσο βραχυπρόθεσμα αλλά και μακροπρόθεσμα. Για να επιβεβαιώσει τα αποτελέσματά του, χρησιμοποίησε δεδομένα υψηλής διακύμανσης του Bitcoin, επιβεβαιώνοντας έτσι τις παρατηρήσεις του.

Εξετάζοντας την συσχέτιση μεταξύ του δείκτη S&P500 και του Bitcoin σε μια πιθανή περίπτωση απότομης μεταβολής της τιμής τους (Tang et al., 2024), υπήρξε μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση. Παρόλο που σε πιθανή απότομη μεταβολή του S&P500 δεν δείχνει να επηρεάζεται άμεσα η τιμή του Bitcoin, ωστόσο φαίνεται να συσχετίζεται με την αστάθεια στην οποία θα υπάρχει στην αγορά, ειδικά σε περιπτώσεις όπως ο Covid-19 και οι εκλογές των Η.Π.Α.

Μέσω της μελέτης του με μοντέλα παλινδρόμησης ο Batool (2024), σύγκρινε τις μεταβολές στο Bitcoin, με τους κυριότερους δείκτες στο χρηματιστήριο των Η.Π.Α. (S&P500 και Nasdaq), τον χρυσό και το πετρέλαιο. Μέσω των αποτελεσμάτων του, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο ο μόνος δείκτης ο οποίος δείχνει να μεταβάλλει τις τιμές του Bitcoin, είναι αυτός του S&P500. Αυτό, κατά τον αρθρογράφο, μπορεί να οριστεί ως μια εξάρτηση που έχει το Bitcoin και ως επακόλουθο και τα μικρότερα σε Συνολική Χρηματιστηριακή Αξία κρυπτονομίσματα ως προς τον κεντρικό δείκτη του χρηματιστηρίου των Η.Π.Α. Θέλει ωστόσο να τονίσει το γεγονός ότι το Bitcoin, δεν έδειξε να ακολουθεί τις

τιμές του χρυσού και του πετρελαίου, το οποίο υποδηλώνει την ανεξαρτησία της αγοράς των κρυπτονομισμάτων ως προς αυτές τις δύο αγορές.

Ακολουθώντας έναν συνδυασμό μεθόδων, Multifractal Detrended Partial Cross-Correlation Analysis (MF-DPCCA) και Asymmetric Multifractal Cross-Correlation Analysis (MF-ACCA), οι (Mei-jun & Guang-xi, 2024) δοκίμασαν να αποκαλύψουν τη σχέση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων και των παγκόσμιων χρηματιστηρίων. Εστίασαν στους δείκτες των χωρών που αποτελούν τις G7, δηλαδή επτά από τις ισχυρότερες παγκόσμιες οικονομίες, συγκρίνοντας τις με την αγορά του Bitcoin. Από τα ευρήματα της έρευνας τους, φάνηκε να υπάρχει μια μακροπρόθεσμη σχέση όσον αφορά τους δείκτες των χωρών και της αγοράς τους Bitcoin. Η παρατήρηση τους αυτή παρουσιάστηκε τόσο σε περιόδους όπου η αγορά βρισκόταν σε bear market, αλλά και σε περιόδους bull market. Τονίζουν ότι παρόλο που η αγορά του Bitcoin συνδέεται με τις κεντρικές αγορές των χωρών, οι διακυμάνσεις στην τιμή του Bitcoin φαίνεται να είναι πιο απότομες.

Στην μελέτη που έγινε από τους (Chen et al., 2024), έγινε μια σύγκριση μεταξύ του δείκτη του S&P500 και της αγοράς του Bitcoin. Χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο στοχαστικής μεταβλητότητας με ένα ανεξάρτητο μοντέλο δομής αυτοδιέγερσης άλματος (SE-SVIJ), παρατήρησαν μια ενδιαφέρουσα συσχέτιση μεταξύ των δύο αγορών σε περιόδους αστάθειας. Πιο συγκεκριμένα, κατά τις περιόδους όπου ο δείκτης S&P500 παρουσίαζε απότομες μεταβολές στις τιμές του, ακολουθούσε μια αντίστοιχη απότομη μεταβολή και στην αξία του Bitcoin. Το αξιωματικό σε αυτή τη μελέτη ωστόσο είναι το γεγονός ότι αυτές οι

απότομες αλλά ομόρροπες μεταβολές, παρουσιάζονταν κατά κύριο λόγο σε θετικές απότομες μεταβολές που είχε ο δείκτης του S&P500.

Αντίθετα, ωστόσο, με τις μελετές που παρουσιάστηκαν πιο πριν, οι Baur, et al. (2018), μελετώντας τις στατιστικές ιδιότητες του Bitcoin, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει η οποιαδήποτε σχέση στις διακυμάνσεις των τιμών της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με αυτή των παραδοσιακών αγορών του χρηματιστηρίου. Τόνισαν, επίσης, το γεγονός πως η παρατήρηση τους αυτή αφορά και τις περιόδους στις οποίες οι αγορές παρουσιάζονται ως ασταθείς και άρα με περισσότερες και πιο βίαιες διακυμάνσεις στις τιμές τους, αλλά και σε περιόδους οι οποίες θα χαρακτηρίζονταν ως φυσιολογικές για τα επενδυτικά αυτά μέσα.

Ακόμη μερικές περιπτώσεις στις οποίες μελετήθηκαν οι δύο αυτές αγορές (Chan et al., 2019, Liu & Serletis, 2019, Pal & Mitra, 2019), χρησιμοποίησαν τα μοντέλα GARCH. Διαπίστωσαν ότι το Bitcoin αποτελεί ένα αποτελεσματικό και ισχυρό μέσο επένδυσης για αντιστάθμιση (hedging) έναντι του δείκτη S&P 500. Με βάση αυτό λοιπόν, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι αποδόσεις του Bitcoin δεν εξαρτώνται από αυτές των αγορών του S&P αλλά και των άλλων κύριων δεικτών των Η.Π.Α.

Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξε και ο αρθρογράφος (Grobys, 2023). Παρατήρησε μάλιστα, ότι τα κρυπτονομίσματα τα οποία χρησιμοποίησε για την έρευνα του, όχι μόνο δεν ακολουθούσαν τον δείκτη S&P 500, αλλά είχαν καλύτερη απόδοση σε σχέση με αυτόν. Τονίζει, επίσης, ότι η απόδοση αυτή των

κρυπτονομισμάτων δεν αλλάζει με την οποιαδήποτε πάροδο του χρόνου, για το διάστημα στο οποίο ο ίδιος τα έχει μελετήσει.

Με τη βοήθεια μοντέλου (GARCH) στο άρθρο τους οι Bâra et al. (2024), μελέτησαν τη σχέση μεταξύ του δείκτη S&P500, του πετρελαίου και του Bitcoin. Μελέτησαν τη μετά Covid-19 χρονική περίοδο, θέλοντας να αποκλείσουν περιόδους παγκόσμιας αστάθειας, ούτως ώστε, όπως αναφέρουν, να έχουν πιο αντικειμενική σύγκριση μεταξύ των τριών δεικτών. Ωστόσο, δεν παρουσιάστηκε η οποιαδήποτε σχέση μεταξύ των δεικτών. Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα της μελέτης τους, φαίνεται ότι οι τρεις δείκτες παραμένουν ασύνδετοι μεταξύ τους, επηρεαζόμενοι ο κάθε ένας από διαφορετικούς παράγοντες.

Κάνοντας χρήση ενός μοντέλου διανυσματικής αυτοπαλινδρόμησης (VAR) οι (Riahi et al., 2024), προσπάθησαν να διερευνήσουν τις μεταβολές της αγοράς των κρυπτονομισμάτων (οκτώ μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα με βάση την Συνολική Αξία Αγοράς) και του δείκτη S&P500, κατά την περίοδο της πανδημίας του Covid-19. Παρατήρησαν ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων τόσο πριν όσο και μετά την περίοδο της πανδημίας, δεν παρουσίαζε οποιαδήποτε σχέση με τον δείκτη του S&P500. Αντιθέτως, φαινόταν να κινείται ανεξάρτητα από τον δείκτη, παρά την οποιαδήποτε αστάθεια η οποία παρουσιάστηκε στην αγορά.

Μια παρόμοιου τύπου μελέτη, όσων αφορά τους κεντρικούς χρηματιστηριακούς δείκτες των χωρών BRICS σε σχέση με το Bitcoin, έγινε από τους (Liu et al., 2024). Για τη μελέτη μεταξύ των μεταβλητών έγινε χρήση δύο μοντέλων, αρχικά μιας χρονικά μεταβαλλόμενης παραμέτρου διανυσματικής αυτόματης

παλλινδρόμησης (TVP-VAR) και στη συνέχεια δυναμικής συσχέτισης συνθηκών γενικευμένης αυτοπαλλινδρομικής ετεροσκεδαστικότητας υπό όρους (DCC-GARCH). Σύμφωνα με τα ευρήματα των αρθρογράφων, οι μεταβολές που παρουσιάστηκαν στους συγκεκριμένους χρηματιστηριακούς δείκτες, δεν παρουσίασαν την οποιαδήποτε σχέση με τις διακυμάνσεις του Bitcoin. Αιτιολογώντας τα αποτελέσματα τους, εικάζουν ότι αυτό πιθανώς να προκύπτει από την αστάθεια στις αξίες των νομισμάτων των συγκεκριμένων χωρών. Αυτό γιατί όλα τα νομίσματα των χωρών BRICS βρίσκονται σε καθοδική πορεία τα τελευταία χρόνια.

2.3 Κρυπτονομίσματα και Χρυσός

Ένα άλλο μέσο επενδύσεων με το οποίο υπάρχει μέτρο σύγκρισης για τα κρυπτονομίσματα είναι αυτό του χρυσού. Δεν είναι λίγες οι φορές που υπήρξε προσπάθεια διερεύνησης μιας σχέσης που πιθανώς να έχουν τα κρυπτονομίσματα, όπως το Bitcoin ή και το Ethereum με τον χρυσό.

Εύλογα θεωρούνται άλλωστε τα ερωτήματα για το κατά πόσο τα δύο αυτά επενδυτικά μέσα αλληλοεξαρτώνται αλλά και το κατά πόσο η διακύμανση της τιμής του ενός μπορεί να επηρεάσει την τιμή του άλλου. Αυτό γιατί ο χρυσός είναι ιστορικά ένας από τους καλύτερους τρόπους για αποθήκευση πλούτου. Επομένως, εάν τα κρυπτονομίσματα έχουν αποκτήσει μια ταύτιση με τη διακύμανσή του, κάνει αυτό τα κρυπτονομίσματα μια επιπλέον μέθοδο αποταμίευσης πλούτου; Ή κάνει τον χρυσό μια πιο ριψοκίνδυνη επένδυση;

Απάντηση στα πιο πάνω ερωτήματα, αλλά και σε πολλά ακόμη, προσπάθησαν να δωθούν από τα άρθρα (Baur, et al., 2018. Dyhrberg, 2016, Jin et al., 2019, Liu & Serletis, 2019, Yaya et al., 2022), στα οποία με την μέθοδο που είδαμε και πιο πριν από άλλους αρθρογράφους (μέθοδος GARCH), συγκρίθηκε μέσω στατιστικών μοντέλων η διακύμανση στον χρυσό και στο Bitcoin. Από τα αποτελέσματα των στατιστικών ερευνών, προέκυψε το αποτέλεσμα πως κατά την περίοδο μελέτης, το Bitcoin παρουσίασε σαφώς διαφορετικά χαρακτηριστικά στις αποδόσεις του. Η σχέση που υπήρξε τόσο στην διακύμανση όσο και στην μεταβλητότητα του, σε σχέση με τον χρυσό αλλά και το αμερικάνικο δολάριο, ήταν μηδαμινή κατά τους αρθρογράφους.

Σε ίδια συμπεράσματα καταλήγουν και τα άρθρα (Bouri et al., 2020, Jia et al., 2023), στα οποία χρησιμοποιήθηκε διαφορετική προσέγγιση για την μελέτη και ανάλυση των δεδομένων. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της κατανομής απόδοσης, μέσω της αξίας σε κίνδυνο κυματιδίων (wavelet value-at-risk [VaR]), η οποία βοήθησε στο να φτάσει στο συμπέρασμα ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων, παρουσιάζει ένα διαφορετικό μέσο επένδυσης σε σχέση με τον χρυσό, καθώς οι τιμές της αγοράς αυτής έχουν διαφορετική διακύμανση κατά την πάροδο του χρόνου στον οποίο μελετήθηκαν, και μάλιστα τείνουν να έχουν καλύτερα αποτελέσματα.

Σε μελέτη του για το αν το Bitcoin μπορεί να γίνει ο νέος χρυσός, ως μια μέθοδος για αντιστάθμιση του κινδύνου ενός πορτοφολίου (Majumder, 2024), παρατηρήθηκε μια ομόρροπη σχέση στις μεταβολές των δύο αυτών αγορών. Χρησιμοποιώντας μηνιαία δεδομένα για μια 10-ετή περίοδο, με τη βοήθεια διανύσματος αυτοπαλινδρόμησης (VAR) έγινε μια ανάλυση του Bitcoin έναντι της τιμής του χρυσού σε τρία διαφορετικά μακροοικονομικά σοκ, και πιο συγκεκριμένα, το σοκ αβεβαιότητας της οικονομικής πολιτικής, το σοκ χρηματοοικονομικής αβεβαιότητας και το σοκ του πληθωρισμού. Με βάση τα αποτελέσματα από την έρευνα του, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι τόσο ο χρυσός όσο και το Bitcoin έχουν περιορισμένες δυνατότητες αντιστάθμισης έναντι μακροοικονομικών μεταβολών που θα προκύψουν από αστάθειες που θα παρουσιαστούν στις παγκόσμιες αγορές. Αυτό σημαίνει, κατά τα λεγόμενα του αρθρογράφου, πως υπάρχει μια σύνδεση στις δύο αυτές αγορές, οι οποίες φαίνεται να αντιδράνε με τις ίδιες μεταβολές στα οποιαδήποτε χρηματοοικονομικά σοκ που παρουσιάζονται στις αγορές. Παρατήρησε ωστόσο,

ότι σε κάποιες χώρες, όπως η Ινδία, ο χρυσός έχει αντικατασταθεί από τον νέο ψηφιακό χρυσό.

Όμοια αποτελέσματα όσον αφορά τη σχέση μεταξύ του χρυσού και των κρυπτονομισμάτων, έχουν και οι Ibrahim et al. (2024). Με τη χρήση μοντέλων δικτύου DCC-GARCH και συνοχής κυματιδίων έγινε η μελέτη μεταξύ του χρυσού, των κύριων δεικτών χρηματιστηρίου σε έξι μεγάλες χώρες ανά το παγκόσμιο και του Bitcoin. Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις τους, υπήρξε μια βραχυπρόθεσμη εξάρτηση του Bitcoin ως προς τους κύριους δείκτες του χρηματιστηρίου σε περιόδους αναταραχής και αστάθειας στην αγορά. Ωστόσο σχέση του Bitcoin ως προς το χρυσό, παρουσιάστηκε μόνο σε μακροπρόθεσμη περίοδο.

Σε αντίθετη άποψη κατέληξαν οι (Baur & Hoang, 2021), στο άρθρο τους το 2021. Παρατήρησαν ότι κατά τις περιόδους πτώσεις του χρυσού, υπήρχε άνοδος στην αγορά των κρυπτονομισμάτων, ενώ όταν τα κρυπτονομίσματα έχαναν αγοραστική αξία, ο χρυσός παρουσιαζόταν πιο ισχυρός. Προτείνουν μάλιστα δύο πιθανές εξηγήσεις για τις παρατηρήσεις τους. Θεωρούν ότι είτε η όποια ομοιότητα που ηγήρξε ήταν συμπτωματική, και δεν υπάρχει κάποια άμεση σύνδεση μεταξύ των δύο αγορών, είτε ότι προσπαθούν οι επενδυτές να κάνουν μια κάλυψη στο χαρτοφυλάκιο τους (hedging). Στην προσπάθειά τους λοιπόν να επεκτείνουν τα μέσα επένδυσης εντός του χαρτοφυλακίου τους, αναγκάζονται να πουλήσουν κάποιο ποσοστό χρυσού, και να αγοράσουν ανάλογη αξία κρυπτονομισμάτων, και αντιστρόφως. Για αυτό εικάζουν οι αρθρογράφοι ότι παρατηρήθηκε μια κίνηση αντίθετων κατευθύνσεων μεταξύ

των δύο αγορών κατά την περίοδο που μελέτησαν. Στο άρθρο των Elsayed et al., (2022), παρατήρησαν την ίδια σχέση όσον αφορά τον χρυσό και τα κρυπτονομίσματα. Κατά τις περιόδους, επισημαίνουν οι αρθρογράφοι, που η αγορά των κρυπτονομισμάτων παρουσιάζει πτώση (bear market) οι επενδυτές μεταφέρουν τα χρήματα τους στην αγορά του χρυσού. Πιστεύουν πως η όποια απότομη διακύμανση παρατηρείται στην αγορά των κρυπτονομισμάτων, έχει ως αίτιο της την αβεβαιότητα η οποία υπάρχει στην πολιτική αντιμετώπισης των κρυπτονομισμάτων απο τα κράτη, με αποτέλεσμα να ωθεί τους επενδυτές να ψάχνουν νέα μέσα για επένδυση.

Σε αντίστοιχα αποτελέσματα οδηγούνται και οι (Fasanya et al., 2023), οι οποίοι βρίσκουν μια γραμμική σχέση μεταξύ του bitcoin και του χρυσού. Χρησιμοποιώντας μη παραμετρικές σχέσεις εξέτασαν τη σύνδεση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με αυτή του χρυσού κατά περιόδους αστάθειας, όπως πχ αυτή του Covid-19, και καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η αστάθεια η οποία υπήρξε στην αγορά του χρυσού λόγω της πανδημίας, έχει επηρεάσει και τη διακύμανση στην τιμή της αξίας του Bitcoin, αντίστοιχα.

Όσον αφορά τη σχέση μεταξύ της αγοράς των κρυπτονομισμάτων και της αγοράς του χρυσού, με τη βοήθεια μιας άλλης μεθοδολογίας προσπάθησαν να δώσουν απάντηση στο ερώτημα της σύνδεσης των δύο αγορών οι (Kang et al., 2019). Με τη βοήθεια κατάλληλων τεχνικών, καταλήγουν στο συμπέρασμα πως μια σχέση μεταξύ των δύο αγορών είναι υπαρκτή. Σύμφωνα με τα όσα περιγράφουν στο άρθρο τους, παρατηρήθηκε μια ένδειξη σύνδεσης μεταξύ της αγοράς των κρυπτονομισμάτων και της αγοράς των συμβολαίων μελλοντικής

εκπλήρωσης του χρυσού (Gold Futures). Η σχέση η οποία παρατήρησαν τείνει να αυξάνεται κατά περιόδους κρίσεως στην αγορά.

Σύνδεση μεταξύ του Bitcoin και της αγοράς του χρυσού παρατήρησε και ο Aliu et al. (2023). Χρησιμοποιώντας διανυσματική παλινδρόμηση (VAR) αλλά και δομική διανυσματική παλινδρόμηση (SVAR), για να συγκρίνει τις δυο αυτές αγορές, παρουσιάστηκε μια ισχυρή σχέση στις διακυμάνσεις που παρουσιάζονται στον χρυσό ως προς το Bitcoin και αντιστρόφως. Σχολιάζοντας στο άρθρο του, ότι οποιαδήποτε θετική μεταβολή της τιμής του Bitcoin φαίνεται να αυξάνει σημαντικά και τις τιμές του χρυσού, επιβεβαιώνοντας το σχόλιο του και από τις δύο διαφορετικές παλινδρομήσεις τις οποίες χρησιμοποίησε.

2.4 Κρυπτονομίσματα και Ομόλογα

Τα κρυπτονομίσματα και τα ομόλογα είναι για πολλούς δύο διαφορετικές και ασύνδετες μεταξύ τους κατηγορίες επενδύσεων. Τα κρυπτονομίσματα είναι μια μορφή ενός ψηφιακού νομίσματος χωρίς την οποιαδήποτε συμμετοχή τραπεζών ή κεντρικών αρχών για τον έλεγχο τους. Αντίθετα, τα ομόλογα είναι χρηματοοικονομικά προϊόντα, τα οποία προέρχονται μέσω της κυβέρνησης και της κεντρικής αγοράς της εκάστοτε χώρας. Και τα δύο μιν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως επενδυτικά μέσα αλλά το καθένα παρέχει διαφορετικά χαρακτηριστικά στους επενδυτές. Λίγοι είναι αυτοί οι οποίοι έχουν προσπαθήσει να μελετήσουν και να εκφράσουν σε ένα άρθρο τους την οποιαδήποτε σχέση, εάν αυτή υπάρχει, μεταξύ των δύο αυτών μέσων.

Οι Anyfantaki et al. (2021) στο άρθρο τους, κάνοντας χρήση μιας στοχαστικής μεθοδολογίας, συμπεραίνουν ότι τα δύο αυτά μέσα είναι αντίρροπα όσων αφορά τη μεταβλητότητα της διακύμανσης της τιμής τους. Με άλλα λόγια δηλαδή, το ένα μπορεί να λειτουργήσει ως μια προστασία για το άλλο, έτσι ώστε να μπορεί να παρέχεται μια προστασία για τους επενδυτές, οι οποίοι θέλουν να διαφοροποιήσουν τις επενδύσεις τους, με σκοπό να διαχειριστούν καλύτερα το ρίσκο στο χαρτοφυλάκιο τους. Στο ίδιο συμπέρασμα έφτασαν και οι (Corbet et al., 2018), ωστόσο τονίζουν ότι αυτό ισχύει μόνο για επενδυτές οι οποίοι έχουν σύντομους επενδυτικούς ορίζοντες.

Σε αντίστοιχη έρευνα των (Ciner et al., 2022), μελετήθηκε αποκλειστικά η περίοδος της πανδημίας λόγω Covid-19. Με τη χρήση ενός πλαισίου παλινδρόμησης ποσοτικών τιμών για την επιλογή των μεταβλητών, σε αυτή τη

χρονική περίοδο, οι αρθρογράφοι παρατήρησαν πως τόσο τα κρατικά ομόλογα των Η.Π.Α. όσο και οι δείκτες των κυριότερων αγορών του χρηματιστηρίου, επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων.

Ωστόσο, σε αντίθετα αποτελέσματα κατέληξαν οι Harb et al. (2022), οι οποίοι χρησιμοποίησαν μια προσέγγιση εκτίμησης δύο σταδίων. Στην αρχή έγινε χρήση ενός Μονομεταβλητού Γενικά Αυτοπαλινδρομικού Υπό όρους Ετεροσκεδαστικού μοντέλου (Univariate General Autoregressive Conditional Heteroskedastic model), ενώ ακολούθως ένα Μοντέλο Ταυτόχρονων Εξισώσεων. Με τη βοήθεια αυτών των δύο μοντέλων, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων τα οποία είχε μελετήσει, παρουσιάζονται ασύνδετα με την αγορά των ομολόγων των Η.Π.Α. Επιπρόσθετα, τονίζει ότι η οποιαδήποτε μορφή αβεβαιότητας, η οποία θα εμφανιστεί στην αγορά των ομολόγων αλλά και του χρηματιστηρίου των Η.Π.Α. και τυχόν επηρεάσει την διακύμανση της τιμής της αγοράς των κρυπτονομισμάτων θα είναι βραχύβια.

Όμοια σχέση παρουσιάστηκε και στην μελέτη των (Bouteska et al., 2024), όπου έγινε χρήση γραμμικής αυτοπαλινδρομικής κατανεμημένης υστέρησης (NARDL). Επέλεξαν να συμπεριλάβουν στην μελέτη τους και τις περιόδους αστάθειας που παρουσιάστηκαν λόγω της πανδημίας Covid-19, αλλά και τον πόλεμο μεταξύ Ρωσίας-Ουκρανίας, έτσι ώστε να έχουν μια πλήρη εικόνα για τη συσχέτιση και σε περιόδους αστάθειας. Παρά την συσχέτιση της μεταβολής του χρυσού με την αγορά των ομολόγων, δεν παρουσιάστηκε η οποιαδήποτε σχέση με την μεταβολή της τιμής του Bitcoin. Αυτό, εξηγούν, γίνεται λόγω του ότι οι δύο

αυτές αγορές αντιδρούν υπερβολικά σε πτώση μακροπρόθεσμα λόγω των συνθηκών αστάθειας, ενώ το Bitcoin όχι. Εικάζουν ότι αυτή η παρατήρηση γίνεται γιατί τόσο η Ρωσία αλλά και η Ουκρανία είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς και εξαγωγούς εμπορευμάτων και ενέργειας στον κόσμο.

Στα ίδια τελικά αποτελέσματα κατέληξαν στο άρθρο τους και οι (Shaik et al., 2024), όπου με τη βοήθεια του χρονικά μεταβαλλόμενου VAR μοντέλου, έκαναν μια σύγκριση μεταξύ των μεγαλύτερων δεικτών του χρηματιστηρίου, του χρυσού των ομολόγων και του Bitcoin Καθ'όλη την χρονική περίοδο την οποία επέλεξαν να μελετήσουν (συμπεριλαμβανομένου της εποχής του Covid-19 και του Ρωσο-Ουκρανικού πολέμου), οι παρατηρήσεις τους παρέμεναν οι ίδιες. Οι χρηματιστηριακοί δείκτες, και συνάμα και οι μετοχές που απαρτίζουν αυτούς, ήταν τα μόνα περιουσιακά στοιχεία που επηρεάζονταν από τις αστάθειες που ανα διαστήματα παρουσιάζονταν στα γεωπολιτικά δρόμενα. Τόσο ο χρυσός, τα ομόλογα και το Bitcoin, χαρακτηρίζονταν από μια σταθερότητα, ανεξάρτητη από την μεταβλητότητα που παρουσιαζόταν στους χρηματιστηριακούς δείκτες. Αυτό το αποτέλεσμα, εικάζουν από τα αποτελέσματα τους οι συγγραφείς, προέρχεται από το γεγονός ότι τόσο η αγορά του χρυσού, των ομολόγων αλλά και του Bitcoin, και συνάμα της συνολικής αγοράς των κρυπτονομισμάτων, είναι ανεξάρτητες και ασύνδετες με τις ως τώρα φαινομενικά ομόρροπες ως προς αυτές αγορές των δεικτών του χρηματιστηρίου.

Σε μια προσπάθεια για να βρουν σχέση μεταξύ της αγοράς των κρυπτονομισμάτων (παίρνοντας δεδομένα από τα δέκα μεγαλύτερα σε χρηματιστηριακή αξία κρυπτονομίσματα), της αγοράς των ομολόγων και του

πετρελαίου, οι (Będowska-Sójka et al., 2024) έκαναν χρήση χρονικά μεταβαλλόμενων διανυσματικών αυτό-παλίνδρομων μοντέλων και ανάλυση διαχύσεων. Παρατήρησαν ότι οι αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων παρουσιάζουν μια δυνατή σχέση με την αγορά του πετρελαίου και τις αντίστοιχες μεταβολές που παρουσιάζονται σε αυτό, ωστόσο δεν υπήρξε η οποιαδήποτε σχέση με την αντίστοιχη αγορά των ομολόγων. Παρά τις ομόρροπες μεταβολές που υπήρξαν κατά τις περιόδους αβεβαιότητας, όπως αυτήν του Ρωσο-Ουκρανικού πολέμου, μεταξύ των κρυπτονομισμάτων και των ομολόγων, δεν υπήρξαν ενδείξεις ότι αυτές οι δύο αγορές συνδέονται μεταξύ τους. Οι αρθρογράφοι εικάζουν ότι οι τυχόν ομοιότητες σε μεταβολές μεταξύ των δύο αγορών είναι συμπτωματικές.

2.5 Κρυπτονομίσματα και Φασματική Αιτιότητα (Spectral Causality)

Δεν είναι λίγοι επίσης οι ερευνητές οι οποίοι προσπάθησαν να μελετήσουν τις διακυμάνσεις στην αγορά των κρυπτονομισμάτων με τη μέθοδο της φασματικής αιτιότητας. Τα αποτελέσματά τους ποικίλουν, σε μια προσπάθεια για διερεύνηση της οποιασδήποτε πιθανής σχέσης η οποία μπορεί να υπάρχει μεταξύ της αγοράς αυτής, και άλλων αγορών, όπως αυτή του πετρελαίου ή του χρηματιστηρίου.

Οι Bhuiyan et al. (2021), οι οποίοι θέλησαν να μελετήσουν τη σχέση του Bitcoin με ποικίλες κατηγορίες αγορών, παρατήρησαν ότι με τις πλείστες αγορές παρουσιάζεται μια ουδέτερη εξάρτηση, κατά τη φασματική αιτιότητα. Οι αγορές αυτές ήταν το πετρέλαιο, και οι κύριοι δείκτες του χρηματιστηρίου, ενώ επίσης βρέθηκε και μια ασθενής μονοκατευθυντική σχέση με το αμερικάνικο δολάριο. Ωστόσο, η σχέση με τον χρυσό εμφάνισε κατά τις μελέτες τους μια ισχυρή αμφίδρομη σχέση.

Σε άλλου είδους μελέτη, ο Bouri et al. (2019) χρησιμοποίησε την ανάλυση αιτιότητας κατά Granger για να εξετάσει τη σύνδεση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων με βάση τον όγκο των συναλλαγών τους. Με βάση τα δεδομένα τα οποία έχει ερευνήσει, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο όγκος των συναλλαγών προκαλεί αιτιακά κατά Granger ακραίες θετικές και αρνητικές αποδόσεις σε όλα τα υπό μελέτη κρυπτονομίσματα.

Προσπαθώντας να εξετάσουν εάν υπάρχει συχνότητα μεταξύ των ακραίων διακυμάνσεων που εμφανίζονται ανά διαστήματα στην αγορά των κρυπτονομισμάτων, οι Caporale et al. (2019), σε συνδυασμό χρήσης φασματικής αιτιότητας κατά Granger αλλά και άλλων στατιστικών μεθόδων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η οποιαδήποτε ομοιότητα η οποία παρουσιάζεται είναι εντελώς συμπτωματική και σε καμία περίπτωση δεν είναι ένα επαναλαμβανόμενο φαινόμενο το οποίο θα συνεχίσει να συμβαίνει.

Εξετάζοντας εάν μια σχέση μεταξύ της προσοχής των επενδυτών ως προς της αγορές των κρυπτονομισμάτων είναι υπαρκτή, οι (Li et al., 2021; Subramaniam & Chakraborty, 2020), κάνοντας χρήση της αιτιότητας κατά Granger, παρατήρησαν ότι αυτό διαφέρει από κρυπτονόμισμα σε κρυπτονόμισμα. Βρήκαν, παραδείγματος χάριν, μια ισχυρή σχέση μεταξύ των δύο όσων αφορά το Bitcoin, ωστόσο για το Ethereum η σχέση αυτή παρουσιάζεται ως μια ασθενής σχέση. Ακόμη μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση που έκαναν είναι το γεγονός ότι η σχέση αυτή μεταξύ των δύο στοιχείων, έχει σχετικά ισχυρότερο αντίκτυπο στις αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων, όταν οι αγορές είναι σε φθίνουσα πορεία, παρά σε ανοδική.

Ακόμη, σε έρευνα που έγινε από τον (Ünvan, 2021), ο οποίος στο άρθρο του, μελέτησε τη σχέση του Bitcoin με τους δείκτες των αγορών της Ιαπωνίας, της Κίνας, της Τουρκίας και των Η.Π.Α. παρατηρήθηκε ότι το Bitcoin είχε μια αμφίδρομη σχέση με τον δείκτη του χρηματιστηρίου της Τουρκίας, ενώ με τους δείκτες των άλλων τριών χωρών, παρουσίαζε μια αμφίδρομη σχέση από τους δείκτες προς αυτό.

Σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι (Bouri et al., 2018), οι οποίοι στην έρευνά τους ανακάλυψαν μια εξάρτηση των αποδόσεων του Bitcoin σε σχέση με τους παγκόσμιους κεντρικούς χρηματοοικονομικούς δείκτες αγορών.

3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία (ΔΕ) θα χρησιμοποιήσουμε για την επεξεργασία και μελέτη των δεδομένων μας, τη μέθοδο της φασματικής αιτιότητας (spectral causality). Πρόκειται για ένα σημαντικό εργαλείο, το οποίο βοηθάει στην ανάλυση των χρονοσειρών και της στατιστικής μοντελοποίησης, το οποίο μας επιτρέπει να εξετάσουμε τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ διαφορετικών συνιστωσών ή συχνοτήτων.

Η έννοια της αιτιότητας, αναπτύχθηκε από τον Granger (1969), βραβευμένο με το βραβείο Νόμπελ Οικονομίας, τη δεκαετία του 1960. Έχει παίξει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της φασματικής αιτιότητας. Οι μαθηματικές και στατιστικές μέθοδοι για τη φασματική αιτιότητα συνεχίζουν να εξελίσσονται ακόμη και σήμερα, καθώς οι ερευνητές επεκτείνουν την κατανόηση τους και αναπτύσσουν πιο προηγμένα μοντέλα. Οι τεχνικές της φασματικής αιτιότητας εμφανίζονται σε διάφορους τομείς, όπως παραδείγματος χάριν, την οικονομία, τη νευροεπιστήμη, την κλιματική αλλαγή, κ.ά. για τη διερεύνηση των αιτιακών σχέσεων σε πολύπλοκα συστήματα.

Η φασματική αιτιότητα (Chicharro, 2011) μας είναι αρκετά χρήσιμη, στις περιπτώσεις όπου οι αιτιώδεις σύνδεσμοι σχέσης των μεταβλητών των οποίων μελετάμε αλλάζουν ανάλογα με τη συχνότητα. Με τη χρήση της μεθόδου αυτής, μπορούμε να προσδιορίσουμε εάν κάποια συγκεκριμένη συνιστώσα μιας μεταβλητής αιτίας σε μια συχνότητα (ω), μας είναι χρήσιμη για την πρόβλεψη της συνιστώσας της μεταβλητής επίδρασης στην ίδια συχνότητα μια περίοδο

νωρίτερα (Breitung & Candelon, 2006, Friston et al., 2014, Konstantakis et al., 2023, Tastan, 2015).

Ορίζουμε την $Y_t = (x_t, y_t)$, η οποία είναι μια χρονοσειρά συδνιακύμανσης στάσιμων διανυσμάτων η οποία αντιπροσωπεύεται από ένα διανυσματικό αυτοπαλινδρομικό μοντέλο πεπερασμένης τάξης VAR(p).

$$\theta(L)Y_t = \varepsilon_t \quad (1)$$

Όπου $\theta(L) = I_2 - \theta_1 L - \theta_2 L^2 - \dots - \theta_p L^p$ ορίζεται ως ένα διμεταβλητό πολυώνυμο υστέρησης με τελεστή υστέρησης $Y_i L^i = Y_{i-1}$, I_2 είναι ο μοναδιαίος πίνακας.

Το $\theta_i, i = 1, 2, \dots, p$ είναι ένας πίνακας συντελεστών και το $\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t})$ υποδηλώνει μια διανυσματική διεργασία λευκού θορύβου με $E(\varepsilon_t) = 0$ και θετικά ορισμένο πίνακα συδνιακύμανσης $\Sigma = E(\varepsilon_t \varepsilon_t')$. Εφαρμόζοντας παραγοντοποίηση κατά Cholesky, $GG' = \Sigma^{-1}$, το G είναι ένας κάτω τριγωνικός πίνακας, έχουμε μια αναπαράσταση κινούμενου μέσου του συστήματος στην εξίσωση (1).

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} &= \Phi(L) \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \Phi_{11}(L) & \Phi_{12}(L) \\ \Phi_{21}(L) & \Phi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix} \\ &= \Psi(L) \eta_t = \begin{bmatrix} \Psi_{11}(L) & \Psi_{12}(L) \\ \Psi_{21}(L) & \Psi_{22}(L) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{1t} \\ \eta_{2t} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

όπου $\eta_t = G\varepsilon_t$, $E(\eta_t\eta_t') = I$, $\Phi(L) = \theta(L)^{-1}$ και $\Psi(L) = \Phi(L)G^{-1}$.

Εφαρμόζουμε στη συνέχεια τον μετασχηματισμό Fourier των πολυωνυμικών όρων κινητού μέσου και ξαναγράφουμε τη φασματική πυκνότητα του x_t ως:

$$f_x(\omega) = \frac{1}{2\pi} \{ |\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2 + |\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 \}$$

Το μέτρο του Geweke για τη γραμμική ανάδραση από y_t προς x_t στη συχνότητα ω ορίζεται από την εξίσωση:

$$M_{y \rightarrow x}(\omega) = \log \left\{ \frac{2\pi f_x(\omega)}{|\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right\} = \log \left\{ 1 + \frac{|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2}{|\Psi_{11}(e^{-i\omega})|^2} \right\}$$

Αν ισχύει ότι $|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 = 0$, τότε έχουμε ότι $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$. Σε αυτή την περίπτωση τότε, το y_t δεν προκαλεί κατά Granger το x_t στη συχνότητα ω . Η μηδενική υπόθεση τότε έχει ως εξής:

$$H_0 : M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$$

Σύμφωνα με τους (Breitung & Candelon, 2006), οι οποίοι έδειξαν ότι όταν

$|\Psi_{12}(e^{-i\omega})|^2 = 0$, έχουμε επίσης και $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$ και το y_t δεν προκαλεί

κατά Granger το x_t , στη συχνότητα ω εάν ικανοποιείται η ακόλουθη συνθήκη:

$$|\Theta_{12}(e^{-i\omega})| = \left| \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \cos(k\omega) - \sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \sin(k\omega)i \right| = 0$$

Εδώ έχουμε ότι το $\theta_{12,k}$ είναι το (1,2)-στοιχείο του Θ_k . Σε αυτή την περίπτωση,

απαιτείται:

$$\sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \cos(k\omega) = 0$$

$$\sum_{k=1}^p \theta_{12,k} \sin(k\omega) = 0$$

Κατά τους (Breitung & Candelon, 2006) έχουμε την εξίσωση για το x_t στο σύστημα VAR(p):

$$x_t = c_1 + a_1 x_{t-1} + \dots + a_p x_{t-p} + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_p y_{t-p} + \varepsilon_{1t}$$

Όπου $\alpha_j = \theta_{11,j}$ και $\beta_j = \theta_{12,j}$. Η μηδενική υπόθεση του $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$ είναι ίση

με:

$$H_0 : R(\omega)\beta = 0$$

Όπου $b = (b_1, \dots, b_p)'$ και $R(\omega)$ είναι ένας πίνακας $2 \times p$:

$$R(\omega) = \begin{bmatrix} \cos(\omega) & \cos(2\omega) & \dots & \cos(p\omega) \\ \sin(\omega) & \sin(2\omega) & \dots & \sin(p\omega) \end{bmatrix}$$

Λόγω του ότι υπάρχουν γραμμικοί περιορισμοί, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τη συνηθισμένη στατιστική Wald.

Έστω $\gamma = [c_1, a_1, \dots, a_p, b_1, \dots, b_p]'$ είναι $q = (2p + 1) \times 1$ διάνυσμα παραμέτρων και έστω ότι V είναι ένας $q \times q$ πίνακας συνδιακύμανσης από τη μη περιορισμένη παλινδρόμηση (2). Η στατιστική Wald θα είναι ως εξής:

$$W = (Q\gamma)'(QVQ')^{-1}(Q\gamma) \sim \chi_2^2$$

Όπου Q είναι πίνακας $2 \times q$:

$$Q = [0_{2 \times (p+1)} : R(\omega)]$$

Για να μπορέσουμε να αποτρέψουμε την έμμεση αιτιότητα, μπορούμε να επεκτείνουμε το πλαίσιο στην περίπτωση πρόσθετων μεταβλητών. Σε αυτή λοιπόν την περίπτωση, ο έλεγχος συχνότητας μπορεί να υπολογιστεί σε αυτές τις μεταβλητές (Tastan, 2015). Ένας τρόπος ρύθμισης είναι να συμπεριληφθούν οι υστερημένες τιμές πρόσθετων μεταβλητών στο τεστ παλινδρόμησης (Geweke, 1984). Για απλότητα, υποθέτουμε ότι υπάρχει μόνο μια επιπλέον μεταβλητή, η z_t . Ελέγχοντας τη μηδενική υπόθεση, $H_0: M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$, τότε μπορούμε να εκτελέσουμε την ακόλουθη παλινδρόμηση:

$$x_t = c_1 + \sum_{j=1}^p a_j x_{t-j} + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{t-j} + \sum_{j=1}^p \delta_j z_{t-j} + e_t$$

Ακολουθώντας, μπορούμε να εφαρμόσουμε τη διαδικασία ελέγχου στις παραμέτρους του y_t . Έστω ότι w_t η προβολή από την παλινδρόμηση του z_t σε $x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-p}, y_t, y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$ και z_{t-1}, \dots, z_{t-p} . Με βάση τον (Stevanonić, 2001), η υπό όρους αιτιότητα κατά Granger μπορεί να ελεγχθεί στο ακόλουθο μοντέλο:

$$x_t = c_1 + \sum_{j=1}^p a_j x_{t-j} + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{t-j} + \sum_{j=0}^p \delta_j w_{t-j} + e_t$$

Οι Breitung & Candelon (2006) αναφέρουν στην προσέγγιση του Stevanonić (2001) ότι η μεταβλητή w_t μεταφέρει τη σύγχρονη πληροφορία σε z_t . Επιπρόσθετα, η παράβλεψη των σύγχρονων πληροφοριών στο z_t , όπως στην προσέγγιση του Geweke, μπορεί επίσης να οδηγήσει σε ψευδή αιτιότητα.

Οι αιτιότητες κατά συνέπεια στο σύστημα θεωρούνται ότι είναι $I(0)$ και μπορούν να αναπαρασταθούν από ένα σταθερό VAR. Εάν οι μεταβλητές στο σύστημα είναι μη στάσιμες, τότε πρέπει να καθορίσουμε τις ιδιότητες ολοκλήρωσης και συνολοκλήρωσης των δεδομένων. Εάν κάθε μεταβλητή είναι $I(1)$, τότε το σύστημα πρέπει να ελεγχθεί για συνολοκλήρωση, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας τον έλεγχο Johansen. Εάν οι μεταβλητές είναι συνολοκληρωμένες, τότε υπάρχει τουλάχιστον μονόδρομη αιτιότητα Granger

μεταξύ των μεταβλητών. Εάν το σύστημα φαίνεται να μην έχει συνολοκλήρωση, τότε μπορούμε να εκτιμήσουμε ένα VAR στις πρώτες διαφορές και να εφαρμόσουμε έλεγχο αιτιότητας κατά Granger (Tastan, 2015).

Επιπλέον, κατά τους Toda & Yamamoto (1995) και Dolado & Lütkepohl (1996) οι οποίοι πρότειναν ότι η συνήθης στατιστική δοκιμή Wald θα ισχύει για την αιτιότητα Granger σε p υστερήσεις μιας μεταβλητής σε ένα μοντέλο VAR ($p+d_{\max}$), όπου το d_{\max} είναι η υψηλότερη τάξη ολοκλήρωσης στο σύστημα. Οι Breitung & Candelon (2006) πρότειναν ότι αυτή η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έλεγχο στο πεδίο της συχνότητας. Υποθέτοντας λοιπόν ότι $d_{\max} > 0$, τότε μπορούμε να γράψουμε την παλινδρόμηση ως:

$$x_t = c_1 + \sum_{j=1}^p a_j x_{t-j} + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{t-j} + \sum_{k=p+1}^{p+d_{\max}} a_k x_{t-k} + \sum_{k=p+1}^{p+d_{\max}} \beta_k y_{t-k} + e_t$$

Η μηδενική υπόθεση του $M_{y \rightarrow x}(\omega) = 0$ η οποία περιλαμβάνει μόνο β_j , $j = 1, \dots, p$ μπορεί να ελεγχθεί χρησιμοποιώντας τη στατιστική Wald. Οι συντελεστές στις πρόσθετες μεταβλητές με υστέρηση δεν περιλαμβάνονται στον υπολογισμό της στατιστικής Wald.

4. Εμπειρική Ανάλυση

4.1 Δεδομένα και μεταβλητές

Τα δεδομένα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι οι τιμές των δύο μεγαλύτερων σε κεφαλαιοποίηση κρυπτονομισμάτων, του Bitcoin (\$BTC) και του Ethereum (\$ETH), καθώς επίσης και οι τιμές κλεισίματος για τον κύριο δείκτη του αμερικάνικου χρηματιστηρίου τον S&P500 (\$SPY), οι τιμές για τον χρυσό (\$GCQ2) και, τέλος, οι τιμές των 10ετών ομολόγων των ΗΠΑ με δείκτη (\$TNX).

Οι προαναφερθείσες τιμές των δεικτών αυτών ελήφθησαν ως ακολούθως. Για τα κρυπτονομίσματα από την ιστοσελίδα: <https://coinmarketcap.com/>. Για τον δείκτη S&P500 και των 10ετών ομολόγων χρησιμοποιήθηκε η ιστοσελίδα: <https://finance.yahoo.com/>. Ενώ, τέλος, για τις τιμές του χρυσού χρησιμοποιήσαμε την ιστοσελίδα: <https://www.investing.com/> Τα ακόλουθα δεδομένα τα μετατρέψαμε σε τιμές μεταβλητότητας ημερήσιας συχνότητας ως ακολούθως:

Η πραγματοποιηθείσα διακύμανση μιας μεταβλητής X υπολογίστηκε ως:

$$RV_x = \sum_{t=1}^T \ln(X_{t+1}) - \ln(X_t)$$

Όπου T είναι ο αριθμός των ημερών.

Το όλο δείγμα των δεδομένων μας, το χωρίσαμε ακολούθως σε δύο τμήματα.

Το πρώτο είναι για την προ halving περίοδο των κρυπτονομισμάτων, ενώ το δεύτερο για την μετά halving περίοδο.

Πίνακας 1. Δεδομένα προ halving

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Date	547	21405	158.05	21132	21678
Price BTC	547	7247.291	3226.179	3236.762	19497.4
Market Cap BTC	547	1.242	5.480	5.600	3.293
Price ETH	547	407.576	291.528	84.308	1396.42
Market Cap ETH	547	4.053	2.831	8.697	1.404
Price SP500	547	273.787	10.889	234.34	294.03
Return SP500	547	4.721	0.033	4.594	4.78
Price GOLD	547	1276.874	46.548	1177.1	1362.9
Return Bonds	547	2.789	0.227	2.322	3.234
t	547	274	158.05	1	547
return BTC	546	0	0.043	-0.185	0.225
return ETH	546	-0.001	0.054	-0.207	0.235
return SP500	546	0	0.008	-0.038	0.033
return Gold	546	0	0.005	-0.032	0.028
halving	547	0	0	0	0

Πίνακας 2. Δεδομένα μετά halving

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Date	1040	22198.5	300.366	21679	22718
Price BTC	1040	25490.4 4	18986.95 6	4970.788	67566. 828
Market Cap BTC	1040	4.754	3.600	9.196	1.279
Price ETH	1040	1333.65 1	1397.093	110.606	4812.0 87
Market Cap ETH	1040	1.555	1.659	1.196	5.717
Price SP500	1040	361.465	64.102	222.95	477.71
Return SP500	1040	4.938	0.147	4.553	5.183
Price GOLD	1040	1721.42 1	181.854	1273.2	2054.6
Return Bonds	1040	1.377	0.481	0.499	2.455
t	1040	1067.5	300.366	548	1587
return BTC	1040	0.002	0.04	-0.465	0.172
return ETH	1040	0.003	0.051	-0.551	0.231
return SP500	1040	0	0.015	-0.142	0.146
return Gold	1040	0	0.022	-0.42	0.421
halving	1040	1	0	1	1

4.2 Ανάλυση Δεδομένων

Για τα δύο δείγματα τιμών από τους Πίνακες 1 και 2, ελέγχουμε για φασματική μη αιτιότητα χρησιμοποιώντας τη μεθοδολογία των Breitung & Candelon (2006), την οποία περιγράψαμε προηγουμένως στο Κεφάλαιο 3. Για να μοντελοποιήσουμε με συνέπεια την εξίσωση της προ halving περιόδου, χρησιμοποιήσαμε όλες τις μεταβλητές των κρυπτονομισμάτων και τις ημερήσιες μεταβλητότητές τους που παρουσιάστηκαν, καθώς και τις αποδόσεις του S&P500, των ομολόγων και του χρυσού.

Απορρίψαμε τη μηδενική υπόθεση της μοναδιαίας ρίζα για όλες τις χρονοσειρές, ως εκ τούτου τα δεδομένα μας μπορούμε να τα θεωρήσουμε ότι είναι $I(0)$. Χρησιμοποιήσαμε τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας Philips-Perron.

Για να αποφύγουμε την συγγραμικότητα η οποία θα μπορούσε να είναι υπαρκτή στις τιμές των δεδομένων μας, υπολογίσαμε τους πίνακες συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών για τις δύο περιόδους που μελετάμε.

Πίνακας 3. Συντελεστές Συσχέτισης S&P500

Correlation Coefficient	Προ halving	Μετά halving
BTC	0.065	0.216
ETH	0.088	0.230
GOLD	-0.083	0.536
BONDS	-0.060	-0.066

Πίνακας 4. Συντελεστές Συσχέτισης Bitcoin

Correlation Coefficient	Προ halving	Μετά halving
S&P 500	0.065	0.216
ETH	0.701	0.821
GOLD	-0.001	0.083
BONDS	-0.118	-0.032

Πίνακας 5. Συντελεστές Συσχέτισης Ethereum

Correlation Coefficient	Προ halving	Μετά halving
BTC	0.701	0.821
S&P 500	0.088	0.230
GOLD	0.036	0.068
BONDS	-0.142	-0.034

Πίνακας 6. Συντελεστές Συσχέτισης Χρυσός

Correlation Coefficient	Προ halving	Μετά halving
S&P 500	-0.083	0.536
BTC	0.001	0.083
ETH	0.036	0.068
GOLD	-0.041	-0.091

Πίνακας 7. Συντελεστές Συσχέτισης Ομόλογα

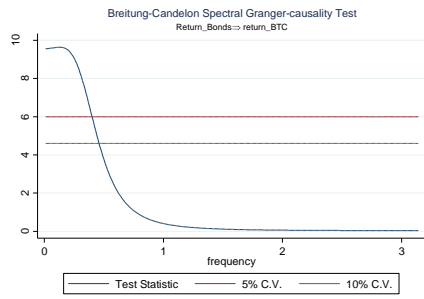
Correlation Coefficient	Προ halving	Μετά halving
S&P 500	-0.060	-0.066
BTC	-0.118	-0.032
ETH	-0.142	-0.034
GOLD	-0.041	-0.091

Από τα δεδομένα των Πινάκων 3 έως 7, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων φαίνεται να έχουν μεγάλη συσχέτιση με τη μεταβλητότητα του S&P500 και των ομολόγων, ενώ μικρότερη έως μηδαμινή με αυτή του χρυσού, κατά την περίοδο που εξετάζει ο Πίνακας 1, δηλαδή την προ halving περίοδο.

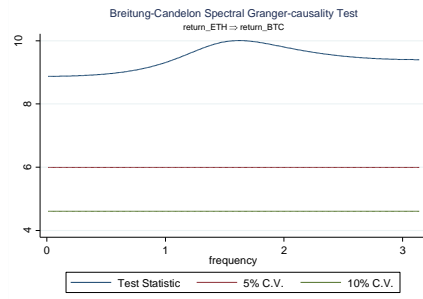
Αντιθέτως, φαίνεται ότι η ως άνω παρατήρηση μεταβάλλεται όσον αφορά τα δεδομένα του Πίνακα 2, δηλαδή τη μετά halving περίοδο. Στη συγκεκριμένη περίοδο, παρατηρούμε ότι υπάρχει μικρότερη συσχέτιση μεταξύ των κρυπτονομισμάτων σε σχέση με τον δείκτη του S&P500 και των ομολόγων, σε σχέση με πριν. Ενώ, αντίστοιχα με πριν, η συσχέτιση του Bitcoin και του Ethereum με τη μεταβολή της τιμής του χρυσού παραμένει μηδαμινή.

Κατά τη διερεύνηση της φασματικής αιτιότητας, όλες οι μεταβλητές θα πρέπει να εισέρχονται με έως και μία καθυστέρηση. Τα αποτελέσματα των φασματικών ελέγχων μη αιτιότητας κατά την προ halving περίοδο παρουσιάζονται στα ακόλουθα διαγράμματα.

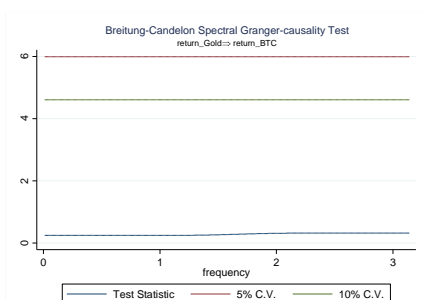
Διαγράμματα 1-4. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς το Bitcoin



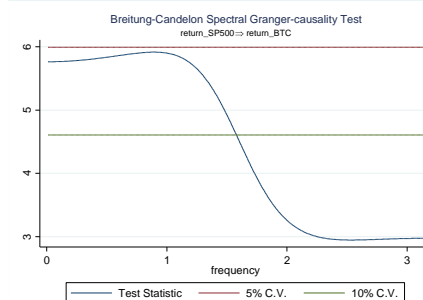
Διάγραμμα 1



Διάγραμμα 2

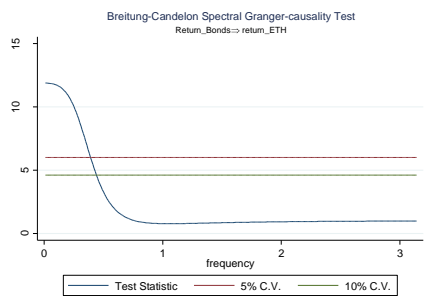


Διάγραμμα 3

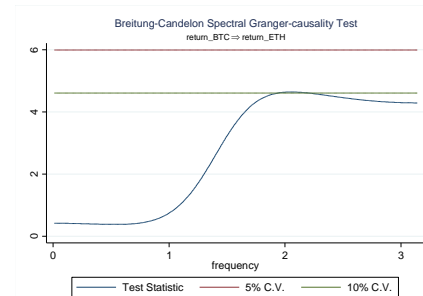


Διάγραμμα 4

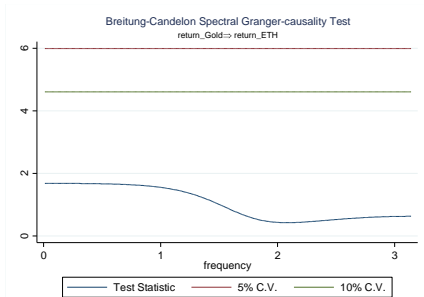
Διαγράμματα 5-8. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς το Ethereum



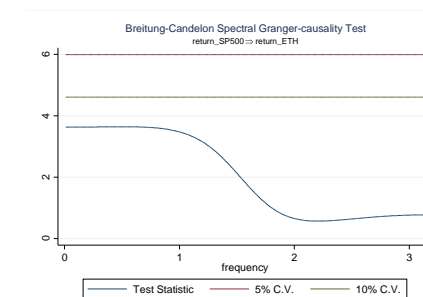
Διάγραμμα 5



Διάγραμμα 6

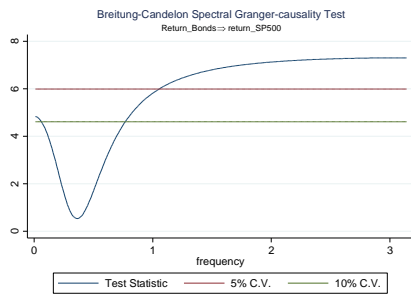


Διάγραμμα 7

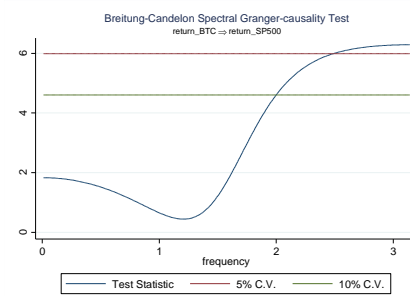


Διάγραμμα 8

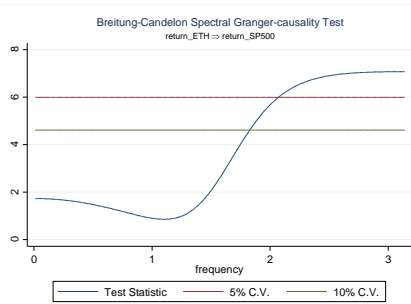
Διαγράμματα 9-12. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς τον S&P500



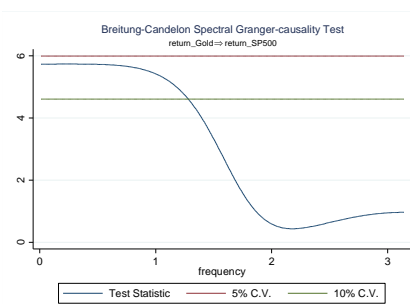
Διάγραμμα 9



Διάγραμμα 10

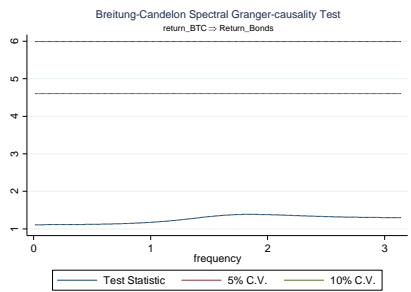


Διάγραμμα 11

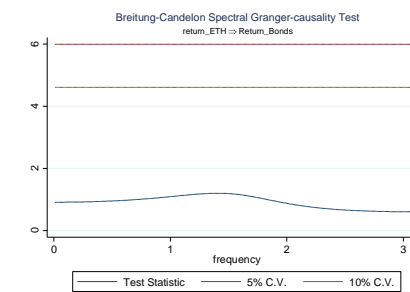


Διάγραμμα 12

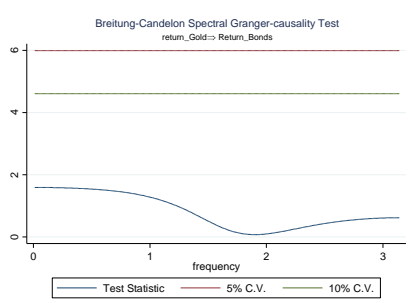
Διαγράμματα 13-16. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς τα 10ετή ομόλογα



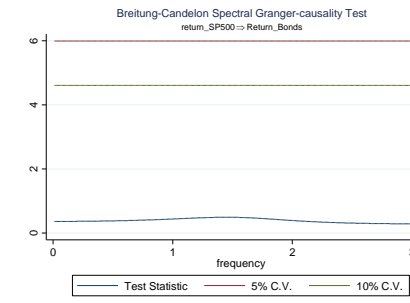
Διάγραμμα 13



Διάγραμμα 14

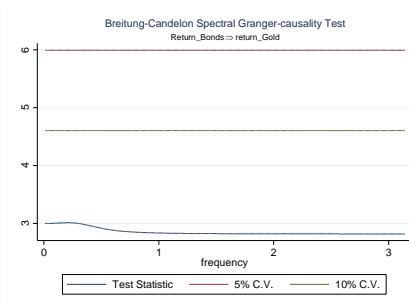


Διάγραμμα 15

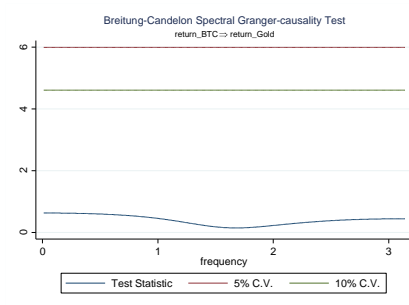


Διάγραμμα 16

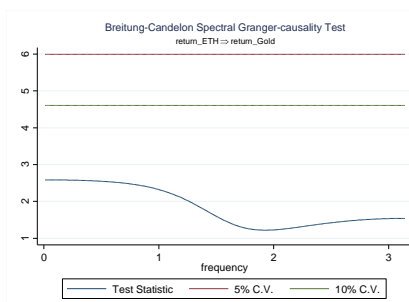
Διαγράμματα 17-20. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς τον χρυσό



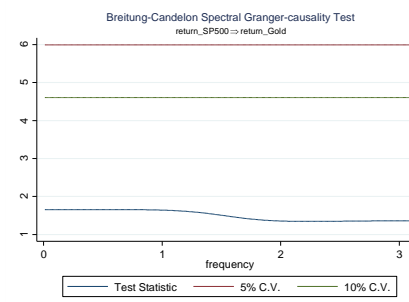
Διάγραμμα 17



Διάγραμμα 18



Διάγραμμα 19



Διάγραμμα 20

Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στα πιο πάνω σχήματα, η εξέλιξη της τιμής των κρυπτονομισμάτων που μελετάμε επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβλητότητες, κυρίως του S&P500 και των ομολόγων.

Στους ακόλουθους πίνακες Πίνακας 8-12 παρουσιάζονται τα εύρη συχνοτήτων για την αιτιότητα, καθώς και το αντίστοιχο χρονικό εύρος σε ημέρες.

Πίνακας 8. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για το Bitcoin

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
S&P 500	1.57	91.20
ETH	3.14	182.41
GOLD	-	-
BONDS	0.45	26.14

Πίνακας 9. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για το Ethereum

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
BTC	1.94/2.2	112.70/127.80
S&P 500	-	-
GOLD	-	-
BONDS	0.44	25.56

Πίνακας 10. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για τον S&P500

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
BTC	2.00	316.18
ETH	1.83	106.31
GOLD	1.28	74.36
BONDS	0.06/0.77	3.49/44.73

Πίνακας 11. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για τα ομόλογα

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
S&P 500	-	-
BTC	-	-
ETH	-	-
BONDS	-	-

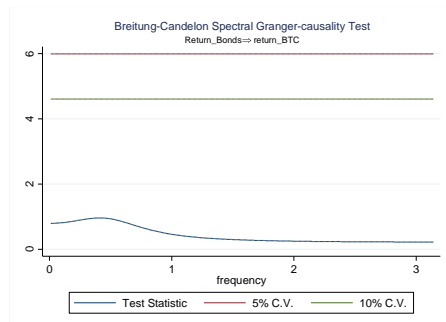
Πίνακας 12. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για το χρυσό

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
S&P 500	-	-
BTC	-	-
ETH	-	-
GOLD	-	-

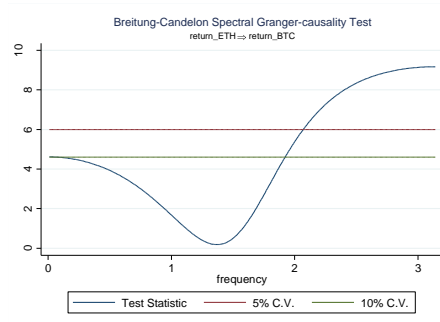
Παρατηρούμε ότι σύμφωνα με τους πιο πάνω πίνακες ο κύριος λόγος που παρατηρείται αστάθεια στις αποδόσεις των τιμών των κρυπτονομισμάτων κατά την προ halving περίοδο είναι κυρίως λόγω του δείκτη S&P500, ο οποίος φαίνεται να επηρεάζει τις διακυμάνσεις στις τιμές του Bitcoin έως και 91 ημέρες. Παράλληλα, λόγω της εξάρτησης που έχει το Ethereum από το Bitcoin επηρεάζει έμμεσα και αυτό, αφού βλέπουμε μια σύνδεση μέχρι και τις 182 ημέρες μεταξύ των δύο κρυπτονομισμάτων. Λιγότερο φαίνεται να επηρεάζονται τα κρυπτονομίσματα από τα ομόλογα, λόγω των 26 ημερών που παρατηρείται σχέση μεταξύ των ομολόγων και του Bitcoin, ενώ είναι 25 ημέρες για το Ethereum. Ωστόσο, όσο μικρές και να είναι αυτές οι επιρροές των ομολόγων στα κρυπτονομίσματα, είναι ικανές να διαδραματίσουν εξίσου σημαντικό ρόλο στη διάρκεια των περιόδων υψηλής/χαμηλής μεταβλητότητας των κρυπτονομισμάτων.

Στη συνέχεια, θα αναλύσουμε τις φασματικές αιτιότητες κατά την μετά halving περίοδο. Στα ακόλουθα διαγράμματα 21-40 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.

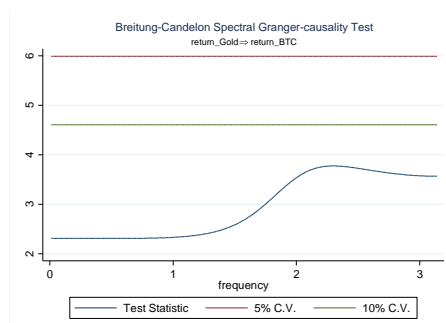
Διαγράμματα 21-24. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς το Bitcoin



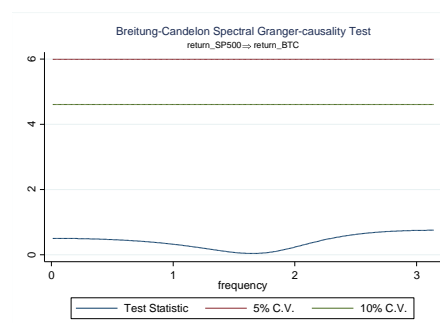
Διάγραμμα 21



Διάγραμμα 22

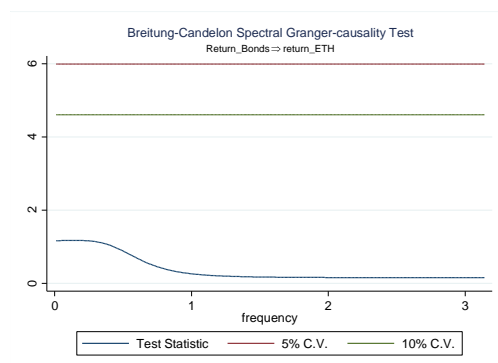


Διάγραμμα 23

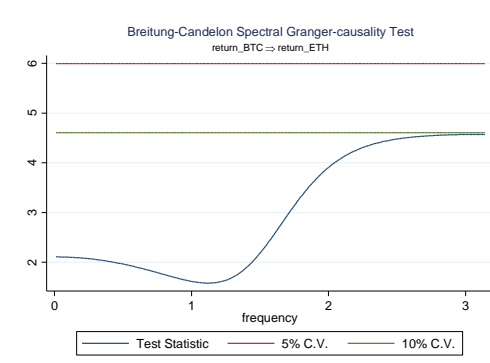


Διάγραμμα 24

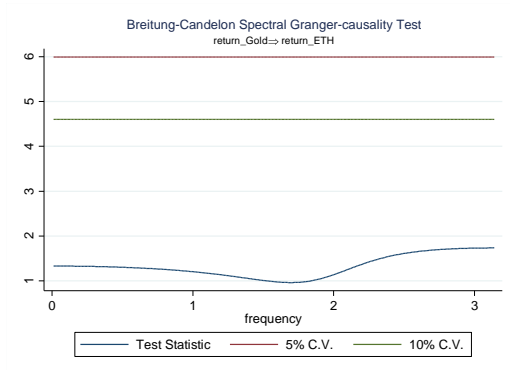
Διαγράμματα 25-28. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς το Ethereum



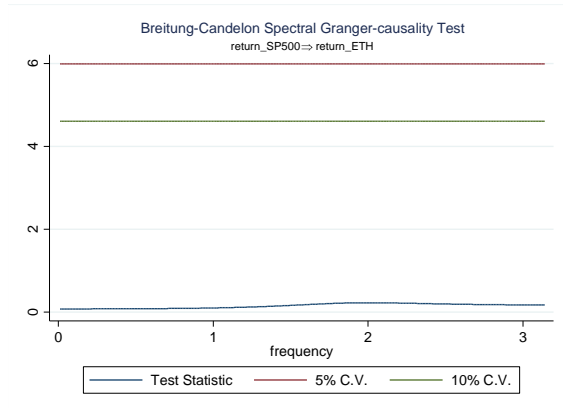
Διάγραμμα 25



Διάγραμμα 26

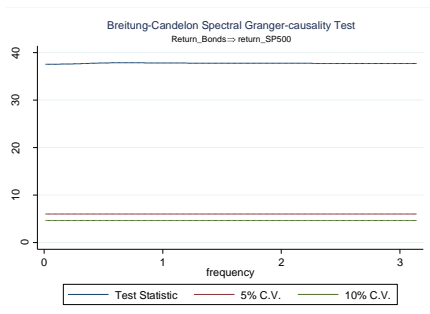


Διάγραμμα 27

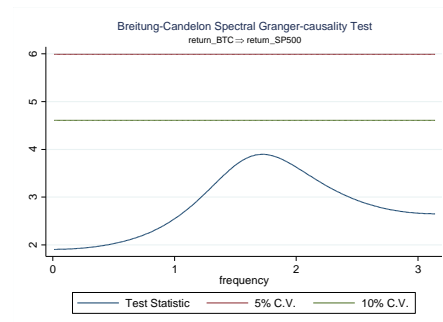


Διάγραμμα 28

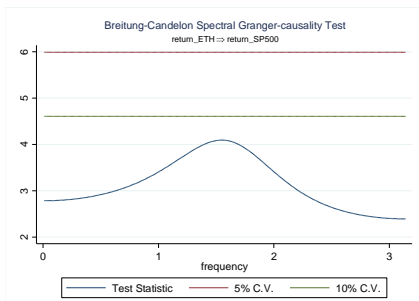
Διαγράμματα 29-32. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς τον S&P500



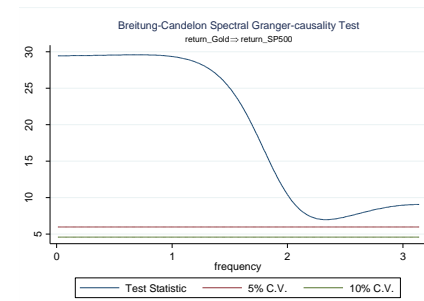
Διάγραμμα 29



Διάγραμμα 30

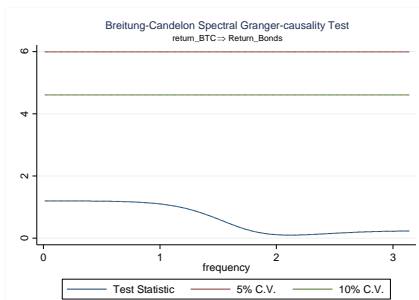


Διάγραμμα 31

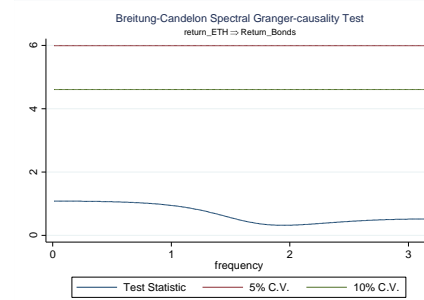


Διάγραμμα 32

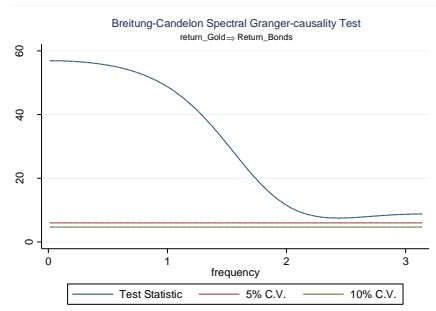
Διαγράμματα 33-36. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς τα 10ετή ομόλογα



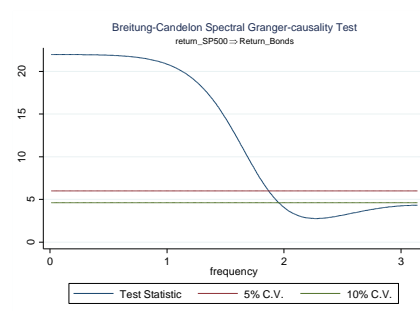
Διάγραμμα 33



Διάγραμμα 34

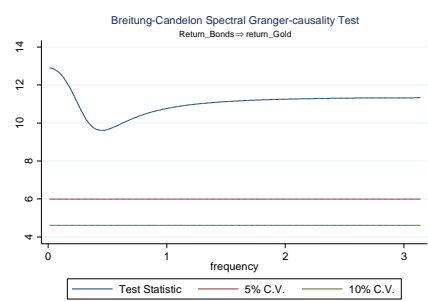


Διάγραμμα 35

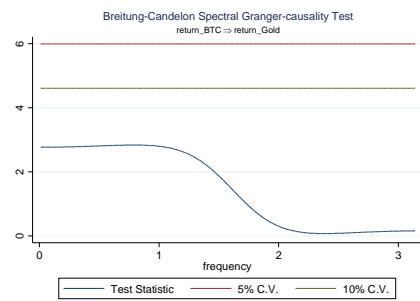


Διάγραμμα 36

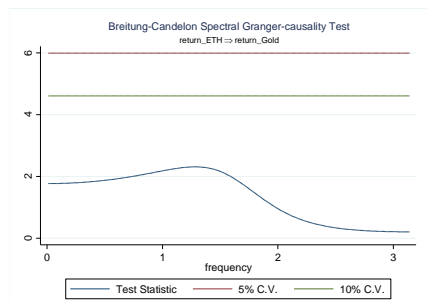
Διαγράμματα 37-40. Φασματικοί έλεγχοι μη αιτιότητας ως προς τον χρυσό



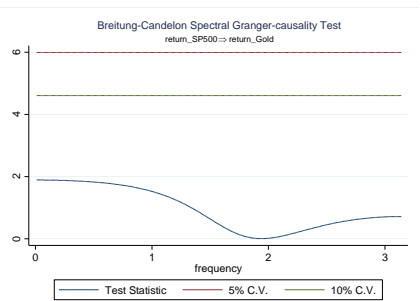
Διάγραμμα 37



Διάγραμμα 38



Διάγραμμα 39



Διάγραμμα 40

Με βάση τα ως άνω σχήματα, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η μεταβλητότητα στην τιμή του Bitcoin επηρεάζεται από την οποιαδήποτε μεταβολή της τιμής του Ethereum, και αντίστροφα. Οι όποιες σχέσεις οι οποίες υπήρχαν μεταξύ των άλλων μέσων επενδύσεων, χρυσός, ομόλογα και S&P500, οι οποίες έτειναν να επηρεάσουν τις διακυμάνσεις των τιμών των κρυπτονομισμάτων έχουν μειωθεί και δεν φαίνεται από τα πιο πάνω δεδομένα να τα επηρεάζουν κατά οποιονδήποτε τρόπο.

Στους ακόλουθους πίνακες Πίνακας 13-17 παρουσιάζονται τα εύρη συνοτήτων για την αιτιότητα, καθώς και το αντίστοιχο χρονικό εύρος σε ημέρες.

Πίνακας 13. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για το Bitcoin

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
S&P 500	-	-
ETH	0.05/1.93	2.90/112.12
GOLD	-	-
BONDS	-	-

Πίνακας 14. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για το Ethereum

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
BTC	-	-
S&P 500	-	-
GOLD	-	-
BONDS	-	-

Πίνακας 15. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για τον S&P500

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
BTC	-	-
ETH	-	-
GOLD	3.14	182.41
BONDS	3.14	182.41

Πίνακας 16. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για τα ομόλογα

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
S&P 500	1.95	113.28
BTC	-	-
ETH	-	-
GOLD	3.14	182.41

Πίνακας 17. Απόρριψη της μη αιτιότητας σε επίπεδο 10% σημαντικότητας για το χρυσό

Causality Variables	Frequency Range ω (in rads)	Time range (in days)
S&P 500	-	-
BTC	-	-
ETH	-	-
BONDS	3.14	182.41

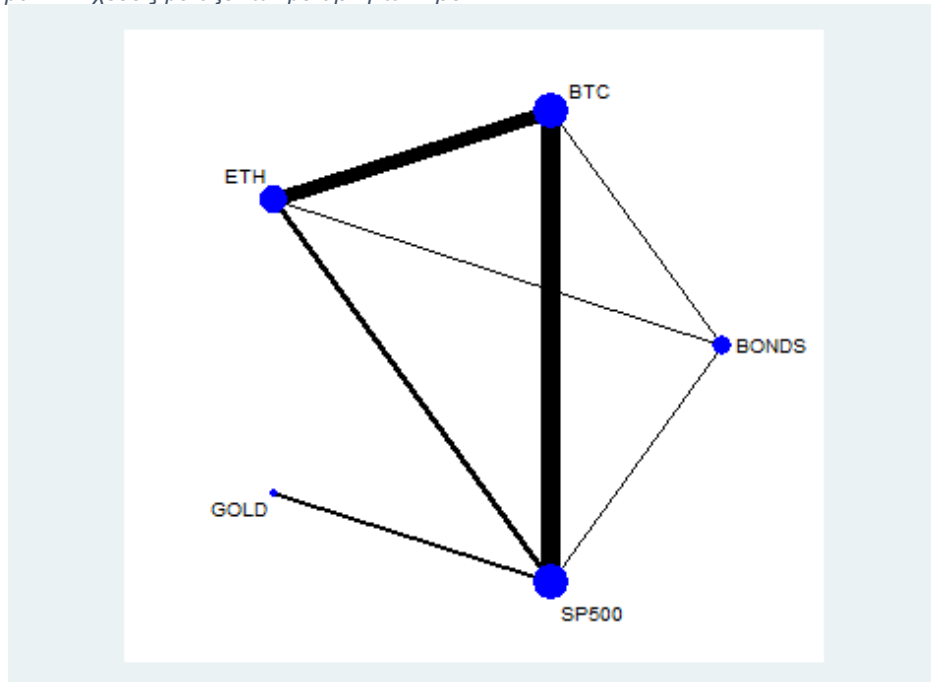
Με τη βοήθεια των πιο πάνω πινάκων, παρατηρούμε ότι όσον αφορά τα κρυπτονομίσματα, έχει σταματήσει να υπάρχει η οποιαδήποτε σχέση τους με τα λεγόμενα κλασσικά μέσα επενδύσεων. Υπάρχει ωστόσο μια σχέση μεταξύ των δύο, όπως υπήρχε και στην προ halving περίοδο. Πέρα όμως από αυτή τη σύνδεση, με βάση τα πιο πάνω δεδομένα, ούτε το Bitcoin αλλά ούτε και το Ethereum φαίνεται να συνδέονται τόσο με τον S&P500, αλλά ούτε με τα ομόλογα και τον χρυσό.

Η προαναφερθείσα σχέση μεταξύ του Bitcoin και του Ethereum φαίνεται να είναι διάρκειας 112 ημερών. Επιπρόσθετα, μπορούμε να δούμε ότι ο χρυσός, τα ομόλογα, και ο S&P500 έχουν μια σχέση 182 ημερών. Επίσης, παρατηρείται μια σχέση μεταξύ των ομολόγων με τον δείκτη S&P500 της τάξεως των 113 ημερών.

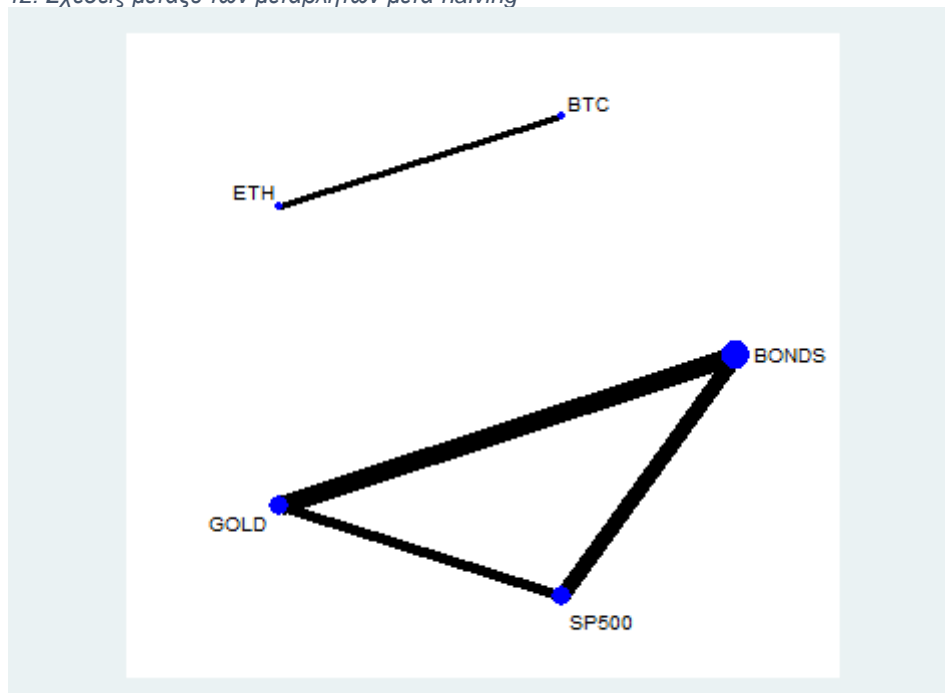
Με βάση τα όσα αναλύσαμε πιο πάνω, μπορούμε να αντιληφθούμε την επιρροή στην σύνδεση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων ως προς την κλασική αγορά, την οποία έχει προκαλέσει το halving.

Τέλος μπορούμε να παρουσιάσουμε και οπτικά τα πιο πάνω δεδομένα. Με αυτόν τον τρόπο, θα μπορέσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα τα ευρήματά μας.

Διάγραμμα 41. Σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών προ



Σχήμα 42. Σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών μετά halving



Με τη βοήθεια των Διαγραμμάτων 41 και 42, μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε τα όσα συμπεράναμε από τα αποτελέσματα μας νωρίτερα.

Στην προ halving περίοδο την οποία μελετήσαμε, φαίνεται να συνδέονται τόσο μεταξύ τους τα δύο κρυπτονομίσματα, ενώ παράλληλα επηρεάζονται και σε μεγάλο βαθμό κυρίως από τον δείκτη του S&P500, και ακολούθως από τα ομόλογα.

Στην μετά halving περίοδο, ωστόσο, δεν παρουσιάζεται η οποιαδήποτε σύνδεση μεταξύ του Bitcoin και του Ethereum ούτε με τον δείκτη S&P500 αλλά ούτε και με τα ομόλογα, όπως προέκυπτε πιο πριν. Τα δύο αυτά κρυπτονομίσματα ωστόσο φαίνεται να διατηρούν μια σύνδεση μεταξύ τους.

Αντιθέτως, ο δείκτης S&P500 έχει μια πιο έντονη σύνδεση με την αγορά του χρυσού και των ομολόγων. Αυτό μπορούμε να το διακρίνουμε από το γεγονός ότι στο Σχήμα 42 οι συνέσεις μεταξύ των τριών αυτών αγορών έχουν πιο έντονο σχήμα σε σχέση με το Σχήμα 41.

5. Συζήτηση

Στην παρούσα εργασία, και κάνοντας χρήση των ημερήσιων δεδομένων των αγορών, μελετήσαμε στις περιόδους προ και μετά halving τις καταστάσεις μεταβλητότητας των διακυμάνσεων των τιμών των δύο μεγαλύτερων κρυπτονομισμάτων, αυτή του Bitcoin και του Ethereum, σε σχέση με τους τρεις βασικότερους, ίσως, δείκτες στο χρηματιστήριο, του S&P500, του χρυσού και των ομολόγων. Σε αυτό το πλαίσιο, για να μπορέσουμε να μελετήσουμε την σύνδεση μεταξύ αυτών των δύο φαινομενικά άρρηκτα συνδεδεμένων αγορών, χρησιμοποιήσαμε φασματικά τεστ Granger (μη) αιτιότητας (spectral Granger (non) causality tests). Με βάση τα αποτελέσματά μας, οι διακυμάνσεις των τιμών στην αγορά των κρυπτονομισμάτων κατά την προ halving περίοδο, επηρεάζονται σε ένα μεγάλο βαθμό από τον δείκτη του S&P500, δηλαδή από τον κεντρικό δείκτη του χρηματιστηρίου των Η.Π.Α. Σχέση επίσης παρουσιάστηκε και με την αγορά των ομολόγων, ενώ αντίθετως δεν φάνηκε να επηρεάζεται κατά κάποιο τρόπο η αγορά των κρυπτονομισμάτων από αυτή του χρυσού. Αυτό μπορεί να αιτιολογηθεί εάν αναλογιστεί κανείς ότι τα κρυπτονομίσματα στην προ halving περίοδο, δεν ήταν ευρέως γνωστά και οι περισσότεροι οι οποίοι είχαν ακούσει για αυτά τα θεωρούσαν μια μορφή «τζόγου». Στις περιπτώσεις δηλαδή όπου η αγορά βρισκόταν σε bull market, οι επενδυτές ήταν πρόθυμοι να διαθέσουν ένα ποσοστό από το χαρτοφυλάκιο τους στην αγορά των κρυπτονομισμάτων. Αντίστοιχα, όταν η αγορά βρισκόταν σε bear market οι επενδυτές θέλοντας να προστατεύσουν το χαρτοφυλάκιο τους, απόσυραν τα κεφάλαια τους από τις αγορές των κρυπτονομισμάτων προκειμένου να αναζητήσουν ασφαλέστερες επενδύσεις. Είναι αναμενόμενο λοιπόν το γεγονός ότι εφόσον τα κρυπτονομίσματα δεν ήταν ευρέως γνωστά,

δεν μπορούσαν να δημιουργήσουν μια ανεξάρτητη αγορά με τόσο μικρή κεφαλαιοποίηση.

Με τη βοήθεια ωστόσο της φασματικής αιτιότητας Granger, για τη μετά halving περίοδο που μελετήθηκε, μπορέσαμε να εντοπίσουμε μερικά ενδιαφέροντα αποτελέσματα, σε σύγκριση με αυτά της προ halving περιόδου, όσον αφορά τη σύνδεση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με τη χρηματιστηριακή αγορά. Αρχικά, είδαμε ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων στη μετά halving περίοδο, δεν συνδέεται ούτε με τον δείκτη του S&P500, αλλά ούτε με την αγορά των ομολόγων. Με τη χρήση κατάλληλου διαγράμματος (netplot) διακρίναμε ότι οι δύο αγορές έχουν ξεχωρίσει η μια από την άλλη. Αυτό συνδράμει στην κατανόηση του ότι παρά τις οποιεσδήποτε απόψεις που τείνουν να θεωρούν αυτές τις δύο αγορές αλληλένδετες μεταξύ τους, αυτές μπορούν να κινούνται και αντίρροπα. Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι είναι αδύνατο η μια αγορά να επηρεάσει την άλλη. Για παράδειγμα, κατά την έξαρση της νόσου Covid-19, όπου με την είδηση ότι θα υπάρξουν lockdown ανά το παγκόσμιο και επομένως τα μαγαζιά και οι επιχειρήσεις θα παρέμεναν κλειστά με άγνωστη την ημερομηνία επαναλειτουργίας τους, αυτό επηρέασε πέρα από τον δείκτη του S&P500, που ήταν το αναμενόμενο, και την αγορά των κρυπτονομισμάτων. Παράλληλα, όταν ξεκίνησαν να παρουσιάζουν άνοδο στην μετα Covid εποχή τα παραδοσιακά μέσα επενδύσεων, ακολούθησε και η αγορά των κρυπτονομισμάτων.

Επιπρόσθετα, μια ακόμη παρατήρηση που μπορούμε να κάνουμε είναι το γεγονός ότι, τόσο και στην προ halving περίοδο, αλλά και στην μετά halving, το Bitcoin συνδέεται με το Ethereum. Αυτό σημαίνει ότι, εάν η συνολική αγορά των κρυπτονομισμάτων παρουσιάζει ανοδική πορεία, η ανοδική πορεία ενός εκ των δύο, θα τείνει να μετακινήσει και το άλλο (Akbulatov et al., 2020). Επιπρόσθετα, ως τα δύο μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα στην αγορά, και συνάμα και τα πιο σταθερά χωρίς πολλές διακυμάνσεις σε σχέση με τα υπόλοιπα, αρκετοί επενδυτές στο χώρο των κρυπτονομισμάτων προτιμάνε να έχουν στο πορτφόλιο τους και τα δύο, και μάλιστα σε σχεδόν ίση ποσόστωση (Maghssoodi, 2023). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ότι, εάν οι επενδυτές οι οποίοι έχουν στην κατοχή τους αυτά τα δύο κρυπτονομίσματα, νιώθουν σίγουροι για την αγορά των κρυπτονομισμάτων, και συνεχίζουν να αγοράζουν, τότε θα αγοράζουν πιθανώς και τα δύο παράλληλα, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, εάν επικρατεί πτώση στην αγορά, και αποφασίσουν να πουλήσουν, τότε επίσης είναι αρκετά πιθανό να πουλήσουν παράλληλα και τα δύο, ή μερίδιο και των δύο μαζί.

Στην παρούσα εργασία, το οικονομετρικό μοντέλο το οποίο αναπτύχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξετάσει τις διακυμάνσεις των τιμών και να συνδράμει στη μελέτη για τη σύνδεση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με αυτή των παραδοσιακών μέσων επένδυσης. Αναλυτικά, η προτεινόμενη προσέγγιση η οποία επιλέχθηκε για να μας δώσει απάντηση στο ερώτημα συσχέτισης μεταξύ των δύο αγορών, είναι ικανή να απαντήσει επαρκώς σε κάθε ερώτημα περί σύνδεσης των αγορών μεταξύ τους, είτε αυτές είναι φαινομενικά ασύνδετες είτε όχι.

Από τη βιβλιογραφική μας μελέτη, είχαμε ανακαλύψει αρκετές μελέτες οι οποίες υποστηρίζουν ότι, λόγω του τρόπου λειτουργίας των κρυπτονομισμάτων αλλά και της κοινώς αποδεκτής άποψης ότι τα κρυπτονομίσματα παραμένουν ακόμη και σήμερα μια μορφή «σπέκουλας», θα έτειναν να επηρεάζονται από εξωγενείς παράγοντες όπως πχ η χρηματιστηριακή αγορά (Baur, Hong, et al., 2018). Ωστόσο με βάση τα αποτελέσματα που έχουμε βρει, φαίνεται να ισχύει το ακριβώς αντίθετο.

Στην πλειοψηφία των μελετών που έχουμε δει στην βιβλιογραφική επισκόπηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας (ΔΕ), το καταληκτικό συμπέρασμα ήταν ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων συνδεόταν καθ'όλη τη χρονική περίοδο στην οποία μελετήθηκε, με αυτή των παραδοσιακών μέσων επενδύσεων. Οι πλείστοι αρθρογράφοι παρατηρούσαν μια σύνδεση των δύο κύριων κρυπτονομισμάτων ως προς τα παραδοσιακά μέσα επενδύσεων. Δηλαδή ότι τα κρυπτονομίσματα δεν μπορούσαν να έχουν διαφορετική πορεία, είτε αυτή θα ήταν ανοδική είτε καθοδική, εάν δεν έκανε την αντίστοιχη πορεία και η αγορά.

Αντίθετη άποψη έχουν ωστόσο κυρίως όσοι έχουν μελετήσει τις δύο αγορές με στατιστικά μοντέλα. Παραδείγματος χάριν οι (Pal & Mitra, 2019) παρόλο που χρησιμοποίησαν διαφορετικό στατιστικό μοντέλο από ότι στην παρούσα διπλωματική εργασία (ΔΕ), κατέληξαν στο ίδιο τελικό αποτέλεσμα όπως και εμείς. Ενώ αντίστοιχα, ο (Estrada, 2017) χρησιμοποιώντας και αυτός τη μέθοδο της φασματικής αιτιότητας, παρατήρησε μια αμφίδρομη σχέση μεταξύ των δύο αγορών.

Το αποτέλεσμα στο οποίο έχουμε καταλήξει, αυτό της ανεξάρτητης αγοράς των κρυπτονομισμάτων στη μετα halving περίοδο (bull market περίοδος), είναι αποτέλεσμα αρκετών αλλαγών τα οποία έχουν παρουσιαστεί στον χώρο των κρυπτονομισμάτων.

Αρχικά με την πάροδο του halving, το Bitcoin φαίνεται να έχει παρουσιάσει, όπως γίνεται πάντα μετά από halving, μια άνοδο στην αξία του. Το halving καθιστά κάθε φορά το Bitcoin όλο και πιο σπάνιο ως νόμισμα, καθώς μειώνει την ποσότητα με την οποία μπορούν να το παράξουν οι miners. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να το καθιστά όλο και πιο σπάνιο, εξού και η άνοδος της αξίας που ιστορικά παρατηρείται. Λόγω της σπανιότητας που δημιουργείται στο Bitcoin, και επειδή είναι το μεγαλύτερο κρυπτονόμισμα σε κεφαλαιοποίηση, τα μικρότερα σε αξία κεφαλαίου κρυπτονομίσματα ακολουθούν κατά την πλειοψηφία τους τις κινήσεις που παρουσιάζονται στο Bitcoin.

Επιπρόσθετα, η αύξηση της αξίας αυτής ελκύει νέους αγοραστές οι οποίοι θέλουν να διευρύνουν το χαρτοφυλάκιο τους, πέρα από τα παραδοσιακά μέσα επενδύσεων, και άρα δημιουργείται ένα νέο κύμα αγοραστών στην αγορά των κρυπτονομισμάτων. Αυτός είναι ακόμη ένας επιπλέον λόγος που πιθανώς να παρατηρείται μια αύξηση σε όλη την αγορά των κρυπτονομισμάτων μετά από κάθε halving.

Ακόμη, η συνεχής άνοδος των κρυπτονομισμάτων, έχουν αναγκάσει τα κράτη να τα αναγνωρίσουν αλλά και να τα αποδεχτούν επίσημα, ως επί το πλείστον, ως ένα νέο μέσο επένδυσης (M & V, 2019, Ponsford, 2015, Solodan, 2019).

Πολλές είναι οι χώρες οι οποίες έχουν ξεκινήσει να δημιουργούν νέα μέτρα όπως τη χρήση των κρυπτονομισμάτων για πληρωμές αλλά και τη φορολογία σε περίπτωση κέρδους από τις συναλλαγές.

Υπάρχει πιθανότητα ωστόσο να παρουσιαστούν περίοδοι όπου η αγορά των κρυπτονομισμάτων και η αγορά των παραδοσιακών μέσων να κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Ωστόσο αυτό δεν συνεπάγεται ότι αυτή η σύζευξη θα διατηρηθεί για πάντα. Παρατηρώντας τη μετά-halving περίοδο, διαφαίνεται ότι οι δύο αυτές αγορές δεν παρουσιάζουν συνεχή συσχέτιση.

Βάσει των προαναφερθέντων, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι τα κρυπτονομίσματα έχουν εδραιωθεί στον χώρο των επενδύσεων, αποτελώντας μια καινοτόμα μέθοδο η οποία τα διακρίνει από τα παραδοσιακά επενδυτικά μέσα που γνωρίζαμε μέχρι σήμερα. Έχει αναδειχθεί μια νέα επιλογή για κάθε επενδυτική που επιθυμεί να διευρύνει το επενδυτικό του χαρτοφυλάκιο, αναζητώντας μια εναλλακτική αγορά για να ενσωματώσει σε αυτό. Τα κρυπτονομίσματα δεν πρέπει πλέον να αντιμετωπίζονται ως μια μορφή «τζόγου», αλλά ως μια νέα, αναδυόμενη αγορά στην οποία ο επενδυτής μπορεί να διαθέσει ένα ποσοστό από το χαρτοφυλάκιο του.

Είναι ωστόσο απαραίτητο να πραγματοποιείται ενδελεχής έρευνα πριν από κάθε επενδυτική κίνηση σε κάποιο κρυπτονόμισμα. Οι επενδυτές θα πρέπει να εξετάζουν προσεκτικά τις ιδιαιτερότητες και τις προοπτικές του κάθε κρυπτονομίσματος. Η ενσωμάτωση των κρυπτονομισμάτων σε ένα επενδυτικό χαρτοφυλάκιο δεν πρέπει να γίνεται επιπόλαια. Είναι απαραίτητο να γίνεται μια

διεξοδική ανάλυση και κατανόηση των ιδιαιτεροτήτων του κάθε κρυπτονομίσματος, καθώς και η παρακολούθηση των τεχνολογικών εξελίξεων και των αγοραστικών τάσεων. Αναμφισβήτητα, τα δύο μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα βάσει της κεφαλαιοποίησης τους, το Bitcoin και το Ethereum, θα παρουσιάζουν μικρότερη αστάθεια συγκριτικά με τα μικρότερα κρυπτονομίσματα, καθιστώντας τα έτσι πιο ασφαλή ως επενδυτικές επιλογές, σε σχέση με τα λιγότερο εδραιωμένα στην αγορά κρυπτονομίσματα.

Η επένδυση σε κρυπτονομίσματα απαιτεί μια διαφορετική προσέγγιση από αυτή των παραδοσιακών επενδύσεων, συνδιάζοντας την κατανόηση των τεχνολογικών καινοτομιών με τις οικονομικές στρατηγικές. Η νέα αυτή μορφή επένδυσης, στον χώρο των κρυπτονομισμάτων, μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη και να συμβάλει στην αποτελεσματική διαφοροποίηση του επενδυτικού χαρτοφυλακίου. Τα κρυπτονομίσματα μπορούν να εμπλουτίσουν και να διευρύνουν περαιτέρω ένα χαρτοφυλάκιο, καθιστώντας το έτσι περισσότερο διαφοροποιημένο και άρα πιθανώς πιο ανθεκτικό απέναντι σε πτωτικές αγορές που ενδέχεται να εμφανιστούν στο μέλλον. Η αγορά των κρυπτονομισμάτων πρέπει, συνεπώς, να θεωρείται ως μια εναλλακτική επιλογή επένδυσης, όπως θεωρείται ο χρυσός ή τα κρατικά ομόλογα, προσφέροντας μια διαφοροποιημένη προσέγγιση στη διαχείριση του κινδύνου και την αναζήτηση των αποδόσεων.

6. Συμπεράσματα

Τα κρυπτονομίσματα έχουν γνωρίσει τα τελευταία χρόνια μια ταχεία άνοδο τόσο σε δημοτικότητα, όσο και στην αξία τους. Όλο και περισσότεροι είναι αυτοί οι οποίοι θέλουν να εμβαθύνουν τις γνώσεις τους γύρω από την αγορά των κρυπτονομισμάτων, τόσο για την γνώση της λειτουργίας και των χαρακτηριστικών τους, αλλά και ως επένδυση. Λόγω της αρχικώς «αδύναμης» αγοράς των κρυπτονομισμάτων, αυτά είχαν μια άμεση σχέση με τη χρηματιστηριακή αγορά, σχετική με τις οποιεσδήποτε μεταβολές στην τιμή της θα είχε και αυτή. Ωστόσο, καθώς η αγορά των κρυπτονομισμάτων αλλά και η γνώση των επενδυτών για αυτή εξελίσσονται, φαίνεται ότι η σχέση τους με τις υπόλοιπες χρηματιστηριακές αγορές αλλάζει.

Στην πρώτη περίοδο της εργασίας αυτής, την προ halving περίοδο, τα δύο μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα, το Bitcoin και το Ethereum, παρατηρήθηκε ότι ακολουθούσαν κυρίως τον δείκτη του S&P500, ενώ είχαν παρουσιάσει και μια σύνδεση, μικρότερης κλίμακας, με την αγορά των ομολόγων. Δεν παρουσιάστηκε σε αυτή την περίοδο μελέτης η οποιαδήποτε σχέση με την αγορά του χρυσού.

Κατά τη δεύτερη περίοδο μελέτης ωστόσο, αυτή της μετά halving περιόδου, τόσο το Bitcoin όσο και το Ethereum δεν φάνηκε να συσχετίζονται ούτε με τον S&P500, ούτε με το χρυσό αλλά ούτε με τα ομόλογα. Παρατηρήθηκε όμως μια εσωτερική συνδεσιμότητα μεταξύ των ίδιων των κρυπτονομισμάτων, υποδεικνύοντας έτσι μια αυτόνομη πορεία ανεξάρτητη από τις παραδοσιακές αγορές.

Με βάση τα όσα παρατηρήσαμε πιο πάνω, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων έχει αποκτήσει μια αυτόνομη ταυτότητα και ανεξαρτησία από τις παραδοσιακές αγορές. Οι δύο αυτές ανεξάρτητες πλέον αγορές δεν τείνουν να επηρεάζουν η μια την άλλη με τις εκάστοτε μεταβολές οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν. Παρ'όλα αυτά, η πιθανότητα να παρουσιάζουν παρόμοιες κινήσεις σε κάποιες περιόδους, είτε αυτές είναι ανοδικές είτε καθοδικές, παραμένει. Ωστόσο αυτό δεν σημαίνει ότι οι δύο αυτές αγορές σχετίζονται μεταξύ τους.

7. Βιβλιογραφία

- Akbulaev, N., Mammadov, I., & Hemdullayeva, M. (2020). Correlation and Regression Analysis of the Relation between Ethereum Price and Both Its Volume and Bitcoin Price. *The Journal of Structured Finance*, 26(2), 46–56. <https://doi.org/10.3905/jsf.2020.1.099>
- Aliu, F., Asllani, A., & Hašková, S. (2023). The impact of bitcoin on gold, the volatility index (VIX), and dollar index (USDIX): Analysis based on VAR, SVAR, and wavelet coherence. *Studies in Economics and Finance*, 41(1), 64–87. <https://doi.org/10.1108/SEF-04-2023-0187>
- Anyfantaki, S., Arvanitis, S., & Topaloglou, N. (2021). Diversification benefits in the cryptocurrency market under mild explosivity. *European Journal of Operational Research*, 295(1), 378–393. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.02.058>
- Bâra, A., Georgescu, I. A., Oprea, S.-V., & Cristescu, M. P. (2024). Exploring the Dynamics of Brent Crude Oil, S&p500; Bitcoin Prices Amid Economic Instability. *IEEE Access*, 12, 31366–31385. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3370029>
- Batool, F. (2024). *Financial implications of Cryptocurrencies on Financial Markets* (SSRN Scholarly Paper 4805977). <https://doi.org/10.2139/ssrn.4805977>
- Baur, D. G., Dimpfl, T., & Kuck, K. (2018). Bitcoin, gold and the US dollar – A replication and extension. *Finance Research Letters*, 25, 103–110. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.10.012>
- Baur, D. G., & Hoang, L. (2021). The Bitcoin gold correlation puzzle. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 32, 100561. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100561>

- Baur, D. G., Hong, K., & Lee, A. D. (2018). Bitcoin: Medium of exchange or speculative assets? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, *54*, 177–189. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2017.12.004>
- Bhuiyan, R. A., Husain, A., & Zhang, C. (2021). A wavelet approach for causal relationship between bitcoin and conventional asset classes. *Resources Policy*, *71*, 101971. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101971>
- Bouri, E., Gupta, R., Lau, C. K. M., Roubaud, D., & Wang, S. (2018). Bitcoin and global financial stress: A copula-based approach to dependence and causality in the quantiles. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *69*, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2018.04.003>
- Bouri, E., Kristoufek, L., & Azoury, N. (2022). Bitcoin and S&P500: Co-movements of high-order moments in the time-frequency domain. *PLOS ONE*, *17*(11), e0277924. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277924>
- Bouri, E., Lau, C. K. M., Lucey, B., & Roubaud, D. (2019). Trading volume and the predictability of return and volatility in the cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, *29*, 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.08.015>
- Bouri, E., Shahzad, S. J. H., Roubaud, D., Kristoufek, L., & Lucey, B. (2020). Bitcoin, gold, and commodities as safe havens for stocks: New insight through wavelet analysis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *77*, 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.03.004>
- Bouteska, A., Hassan, M. K., Rashid, M., & Bilgin, M. H. (2024). The dynamics of bonds, commodities and bitcoin based on NARDL approach. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *94*, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2023.12.013>

- Breitung, J., & Candelon, B. (2006). Testing for short- and long-run causality: A frequency-domain approach. *Journal of Econometrics*, *132*(2), 363–378. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.004>
- Caporale, G. M., Plastun, A., & Oliinyk, V. (2019). Bitcoin fluctuations and the frequency of price overreactions. *Financial Markets and Portfolio Management*, *33*(2), 109–131. <https://doi.org/10.1007/s11408-019-00332-5>
- Chan, W. H., Le, M., & Wu, Y. W. (2019). Holding Bitcoin longer: The dynamic hedging abilities of Bitcoin. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *71*, 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2018.07.004>
- Chen, Y., Zhang, L., & Bouri, E. (2024). Can a self-exciting jump structure better capture the jump behavior of cryptocurrencies? A comparative analysis with the S&P 500. *Research in International Business and Finance*, *69*, 102277. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102277>
- Chicharro, D. (2011). On the spectral formulation of Granger causality. *Biological Cybernetics*, *105*(5), 331–347. <https://doi.org/10.1007/s00422-011-0469-z>
- Ciner, C., Lucey, B., & Yarovaya, L. (2022). Determinants of cryptocurrency returns: A LASSO quantile regression approach. *Finance Research Letters*, *49*, 102990. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102990>
- Conlon, T., & McGee, R. (2020). Safe haven or risky hazard? Bitcoin during the Covid-19 bear market. *Finance Research Letters*, *35*, 101607. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101607>
- Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B., & Yarovaya, L. (2018). Exploring the dynamic relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economics Letters*, *165*, 28–34. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2018.01.004>

- Dolado, J. J., & Lütkepohl, H. (1996). Making wald tests work for cointegrated VAR systems. *Econometric Reviews*, 15(4), 369–386.
<https://doi.org/10.1080/07474939608800362>
- Dyhrberg, A. H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2015.10.008>
- Elsayed, A. H., Gozgor, G., & Yarovaya, L. (2022). Volatility and return connectedness of cryptocurrency, gold, and uncertainty: Evidence from the cryptocurrency uncertainty indices. *Finance Research Letters*, 47, 102732.
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.102732>
- Estrada, J. C. S. (n.d.). Analyzing Bitcoin Price Volatility. 2017.
- Fasanya, I. O., Oyewole, O., & Dauda, M. (2023). Uncertainty due to infectious diseases and bitcoin-gold nexus: Evidence from a non-parametric causality-in-quantiles approach. *Resources Policy*, 82, 103549.
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103549>
- Friston, K. J., Bastos, A. M., Oswal, A., van Wijk, B., Richter, C., & Litvak, V. (2014). Granger causality revisited. *NeuroImage*, 101, 796–808.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.06.062>
- Geweke, J. F. (1984). Measures of Conditional Linear Dependence and Feedback between Time Series. *Journal of the American Statistical Association*, 79(388), 907–915. <https://doi.org/10.1080/01621459.1984.10477110>
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438.
<https://doi.org/10.2307/1912791>

- Grobys, K. (2023). A Fractal and Comparative View of the Memory of Bitcoin and S&P 500 Returns. *Research in International Business and Finance*, 66, 102021. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2023.102021>
- Harb, E., Bassil, C., Kassamany, T., & Baz, R. (2022). Volatility Interdependence Between Cryptocurrencies, Equity, and Bond Markets. *Computational Economics*. <https://doi.org/10.1007/s10614-022-10318-7>
- Hung, N. T. (2022). Asymmetric connectedness among S&P 500, crude oil, gold and Bitcoin. *Managerial Finance*, 48(4), 587–610. <https://doi.org/10.1108/MF-08-2021-0355>
- Hung, N. T. (2024). Time-frequency nexus between bitcoin and developed stock markets in the asia-pacific. *The Singapore Economic Review*, 69(01), 399–424. <https://doi.org/10.1142/S0217590820500691>
- Ibrahim, B. A., Elamer, A. A., Alasker, T. H., Mohamed, M. A., & Abdou, H. A. (2024). Volatility contagion between cryptocurrencies, gold and stock markets pre-and-during COVID-19: Evidence using DCC-GARCH and cascade-correlation network. *Financial Innovation*, 10(1), 104. <https://doi.org/10.1186/s40854-023-00605-z>
- Jia, B., Shen, D., & Zhang, W. (2024). Bitcoin market reactions to large price swings of international stock markets. *International Review of Economics & Finance*, 90, 72–88. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.11.011>
- Jia, Z., Tiwari, S., Zhou, J., Farooq, M. U., & Fareed, Z. (2023). Asymmetric nexus between Bitcoin, gold resources and stock market returns: Novel findings from quantile estimates. *Resources Policy*, 81, 103405. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103405>

- Jin, J., Yu, J., Hu, Y., & Shang, Y. (2019). Which one is more informative in determining price movements of hedging assets? Evidence from Bitcoin, gold and crude oil markets. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 527, 121121. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121121>
- Kang, S. H., McIver, R. P., & Hernandez, J. A. (2019). Co-movements between Bitcoin and Gold: A wavelet coherence analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 536, 120888. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.124>
- Konstantakis, K. N., Melissaropoulos, I. G., Daglis, T., & Michaelides, P. G. (2023). The euro to dollar exchange rate in the Covid-19 era: Evidence from spectral causality and Markov-switching estimation. *International Journal of Finance & Economics*, 28(2), 2037–2055. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2524>
- Li, R., Li, S., Yuan, D., & Zhu, H. (2021). Investor attention and cryptocurrency: Evidence from wavelet-based quantile Granger causality analysis. *Research in International Business and Finance*, 56, 101389. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101389>
- Liu, J., & Serletis, A. (2019). Volatility in the Cryptocurrency Market. *Open Economies Review*, 30(4), 779–811. <https://doi.org/10.1007/s11079-019-09547-5>
- Liu, J., Wang, S., Xiang, L., Ma, S., & Xiao, Z. (2024). Unveiling hidden connections: Spillover among BRICS' cryptocurrency-implied exchange rate discounts and US financial markets. *The North American Journal of Economics and Finance*, 71, 102090. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2024.102090>
- Luno, T. (2020, December 21). *Why is Bitcoin the number one cryptocurrency by market cap?* Luno. <https://discover.luno.com/why-is-bitcoin-the-number-one-cryptocurrency-by-market-cap/>

- M, C., & V, S. (2019). Cryptocurrency regulation in the BRiCS countries and the Eurasian Economic Union. *BRICS Law Journal*, 6(1), Article 1.
- Maghsoodi, A. I. (2023). Cryptocurrency portfolio allocation using a novel hybrid and predictive big data decision support system. *Omega*, 115, 102787. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2022.102787>
- Majumder, S. B. (2024). Is cryptocurrency a new digital gold? Evidence from the macroeconomic shocks in selected emerging economies. *Journal of Economic Studies*, ahead-of-print(ahead-of-print). <https://doi.org/10.1108/JES-08-2023-0410>
- Mei-jun, L., & Guang-xi, C. (2024). Dynamics of asymmetric multifractal cross-correlations between cryptocurrencies and global stock markets: Role of gold and portfolio implications. *Chaos, Solitons & Fractals*, 182, 114739. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2024.114739>
- Nepp, A., & Karpeko, F. (2024). Hype as a Factor on the Global Market: The Case of Bitcoin. *Journal of Behavioral Finance*, 25(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/15427560.2022.2073593>
- Pal, D., & Mitra, S. K. (2019). Hedging bitcoin with other financial assets. *Finance Research Letters*, 30, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.03.034>
- Ponsford, M. P. (2015). A Comparative Analysis of Bitcoin and Other Decentralised Virtual Currencies: Legal Regulation in the People’s Republic of China, Canada, and the United States. *Hong Kong Journal of Legal Studies*, 9, 29.
- Riahi, R., Bennajma, A., Jahmane, A., & Hammami, H. (2024). Investing in cryptocurrency before and during the COVID-19 crisis: Hedge, diversifier or safe haven? *Research in International Business and Finance*, 67, 102102. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2023.102102>

- Shaik, M., Rabbani, M. R., Atif, M., Aysan, A. F., Alam, M. N., & Kayani, U. N. (2024). The dynamic volatility nexus of geo-political risks, stocks, bond, bitcoin, gold and oil during COVID-19 and Russian-Ukraine war. *PLOS ONE*, *19*(2), e0286963. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286963>
- Solodan, K. (2019). Legal Regulation Of Cryptocurrency Taxation in European Countries. *European Journal of Law and Public Administration*, *6*(1), 64–74.
- Stevanović, D. (2001). Hosoya polynomial of composite graphs. *Discrete Mathematics*, *235*(1), 237–244. [https://doi.org/10.1016/S0012-365X\(00\)00277-6](https://doi.org/10.1016/S0012-365X(00)00277-6)
- Subramaniam, S., & Chakraborty, M. (2020). Investor Attention and Cryptocurrency Returns: Evidence from Quantile Causality Approach. *Journal of Behavioral Finance*, *21*(1), 103–115. <https://doi.org/10.1080/15427560.2019.1629587>
- Tang, C.-H., Lee, Y.-H., Huang, Y.-L., & Liu, Y.-X. (2024). The impact of index futures crash risk on bitcoin futures returns and volatility. *Heliyon*, *10*(2), e24126. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24126>
- Tastan, H. (2015). Testing for Spectral Granger Causality. *The Stata Journal*, *15*(4), 1157–1166. <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500411>
- Thune, K. (2021, July 28). *S&P 500: What It Is & How It Works | Seeking Alpha*. <https://seekingalpha.com/article/4442005-what-is-sp-500>, <https://seekingalpha.com/article/4442005-what-is-sp-500>
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, *66*(1), 225–250. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01616-8](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01616-8)
- Ünvan, Y. A. (2021). Impacts of Bitcoin on USA, Japan, China and Turkey stock market indexes: Causality analysis with value at risk method (VAR).

Communications in Statistics - Theory and Methods, 50(7), 1599–1614.

<https://doi.org/10.1080/03610926.2019.1678644>

Wang, X., Chen, X., & Zhao, P. (2020). The Relationship Between Bitcoin and Stock Market. *International Journal of Operations Research and Information Systems (IJORIS)*, 11(2), 22–35. <https://doi.org/10.4018/IJORIS.2020040102>

Yaya, O. S., Lukman, A. F., & Vo, X. V. (2022). Persistence and volatility spillovers of bitcoin price to gold and silver prices. *Resources Policy*, 79, 103011. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.103011>