



ΕΛ.ΜΕ.ΠΑ

**Τμήμα Λογιστικής και Χρηματ/κής
ΠΜΣ Χρηματοοικονομική Διοίκηση**

Διπλωματική Εργασία

Ανάλυση κρυπτονομισμάτων

Βεργαδής Γιώργος

Επιβλέπων Καθηγητής : Δρ. Χρήστος Φλώρος

Ηράκλειο, 2021

Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων.....	4
Κατάλογος Πινάκων	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	9
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΟΡΑΣ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΑΓΟΡΩΝ..	16
3.1. Κρυπτονόμισμα και Blockchain τεχνολογία	16
3.2. Bitcoin.....	21
3.3. Ethereum	28
3.4. S&P 500	32
3.5. Χρυσός.....	32
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	33
5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ- ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ.....	36
5.1. Περιληπτικά στατιστικά δεδομένα χρονοσειρών	36
5.2. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση	40
5.3. Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας.....	43
5.4. Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας λογάριθμων και λογαριθμικών διαφορών χρονοσειρών.....	45
5.5. Υποδείγματα GARCH	46
5.6. Υποδείγματα Exponential GARCH (EGARCH).....	50
5.7. Υποδείγματα Threshold GARCH (TGARCH).....	52
5.8. Έλεγχος Hurst	54
5.9. Έλεγχος Συνολοκλήρωσης Johansen.....	56
5.10. Αιτιότητα κατά Granger	59
5.11. Το φαινόμενο του Ιανουαρίου.....	63
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Τοπ 10 κρυπτονομίσματα με βάση την κεφαλαιοποίηση στις 17/01/2020 (Πηγή https://coinmarketcap.com/)	18
Εικόνα 2: Εικόνα 2: Τοπ 10 κρυπτονομίσματα με βάση την κεφαλαιοποίηση στις 11/01/2021 (Πηγή https://coinmarketcap.com/)	18
Εικόνα 3: Παραγωγή Bitcoin (Πηγή https://currency.com/what-is-bitcoin-halving)..	23
Εικόνα 4: Ημερήσιες τιμές BITCOIN (Πηγή https://finance.yahoo.com)	24
Εικόνα 5: Γράφημα Χρυσού ανά τα έτη (Πηγή https://fred.stlouisfed.org/).....	33

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Περιληπτικά στατιστικά	37
Πίνακας 2: Γραφική απεικόνιση S&P 500	38
Πίνακας 3: Γραφική απεικόνιση Χρυσού	38
Πίνακας 4: Γραφική απεικόνιση Bitcoin	38
Πίνακας 5: Γραφική απεικόνιση Ethereum	39
Πίνακας 6: Έλεγχος κανονικότητας Jarque-Bera	39
Πίνακας 7: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Bitcoin	40
Πίνακας 8: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Ethereum	42
Πίνακας 9: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας με ADF	44
Πίνακας 10: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας με KPSS.....	45
Πίνακας 11: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας λογαρίθμων μεταβλητών	46
Πίνακας 12: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας λογαριθμικών διαφορών μεταβλητών	46
Πίνακας 13: Ομαδοποίηση μεταβλητότητας	48
Πίνακας 14: Έλεγχος για Arch effect	48
Πίνακας 15: Υπόδειγμα GARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Bitcoin$	49
Πίνακας 16: Υπόδειγμα GARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Ethereum$	50
Πίνακας 17: Υπόδειγμα EGARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Bitcoin$	51
Πίνακας 18: Υπόδειγμα EGARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Ethereum$	52
Πίνακας 19: Υπόδειγμα TGARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Bitcoin$	53
Πίνακας 20: Υπόδειγμα TGARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Ethereum$	53
Πίνακας 21: Έλεγχος εκθέτη Hurst για $ld_BITCOIN$	55
Πίνακας 22: Έλεγχος εκθέτη Hurst για $ld_ETHEREUM$	55
Πίνακας 23: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας πρώτες διαφορές μεταβλητών	58
Πίνακας 24: Υπόδειγμα Johansen 1: Ζεύγος $l_BITCOIN$ με l_SP500	58
Πίνακας 25: Υπόδειγμα Johansen 2: Ζεύγος $l_BITCOIN$ με l_GOLD	59
Πίνακας 26: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος $ld_BITCOIN$ με $ld_ETHEREUM$	61
Πίνακας 27: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος $ld_BITCOIN$ με ld_SP500	61
Πίνακας 28: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος $ld_BITCOIN$ με ld_GOLD	61
Πίνακας 29: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος $ld_ETHEREUM$ με ld_SP500	62
Πίνακας 30: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος $ld_ETHEREUM$ με ld_GOLD	62
Πίνακας 31: Πολλαπλή παλινδρόμηση με ψευδομεταβλητές με εξαρτημένη το Bitcoin	64

Πίνακας 32: Πολλαπλή παλινδρόμηση με ψευδομεταβλητές με εξαρτημένη το
Ethereum65

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κρυπτονομίσματα αποτελούν ψηφιακά νομίσματα με το βασικό τους χαρακτηριστικό να είναι η αποκεντρωμένη φύση τους, καθώς δεν ελέγχονται ούτε παράγονται από κάποια κεντρική τράπεζα ή αρχή αλλά βασίζονται στην παραγωγή τους σε ανεξάρτητους miners και σε τεχνολογίες κρυπτογράφησης blockchain ώστε οι συναλλαγές να γίνονται με ασφάλεια μεταξύ των χρηστών – επενδυτών. Έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης τα τελευταία χρόνια, καθώς η δημιουργία τους άνοιξε μια νέα και ρηξικέλευθη αγορά, με αποτέλεσμα να γίνουν πόλος έλξης και εξερεύνησης για την διεθνή επιστημονική κοινότητα. Επίσης έχουν καταφέρει να διχάσουν την κοινότητα αυτή με το ένα μέρος της να θεωρεί τα νομίσματα αυτά μια «φούσκα» που κάποια στιγμή θα σκάσει, και το άλλο μέρος να θεωρεί πως είναι το μέλλον των συναλλαγών και πως «ήρθαν για να μείνουν».

Η παγκόσμια κρίση λόγω της πανδημίας του κορονοϊού, σε συνδυασμό με το υψηλό ποσοστό τύπωσης νέου χρήματος για την αντιμετώπιση της κρίσης αυτής που οδηγεί όμως σε πληθωριστικές τάσεις τις αγορές, ώθησε πολλούς επενδυτές να επενδύσουν στην αγορά των κρυπτονομισμάτων. Το θέμα λοιπόν είναι επίκαιρο και έχει αξία να ερευνηθούν κάποια χαρακτηριστικά αυτής της συνεχώς αναπτυσσόμενης αγοράς.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι να εξεταστεί αν υπάρχει σχέση μεταξύ κρυπτονομισμάτων, χρυσού και του χρηματιστηριακού δείκτη S&P500 με τη χρήση πολλαπλής παλινδρόμησης και με διάφορα Αυτοπαλίνδρομα Υποδείγματα. Η θεωρία αναφέρει ότι υπάρχει χαμηλή συσχέτιση των κρυπτονομισμάτων με τους δείκτες χρηματιστηρίων. Μεγαλύτερη όμως συσχέτιση από τους διάφορους δείκτες φαίνεται να παρουσιάζει ο S&P 500. Το 2020 φαίνεται να παρουσιάζεται αύξηση της συσχέτισης αυτής, ενδεχομένως λόγω της κρίσης του Covid-19. Αντίστοιχα χαμηλή συσχέτιση υπάρχει και για την σχέση Χρυσού – Bitcoin, σύμφωνα με τη θεωρία, με το Χρυσό όμως να σχετίζεται περισσότερο συγκριτικά με άλλα εμπορεύματα.

Θα εξεταστεί επίσης και η μνήμη του Bitcoin και του Ethereum με έλεγχο εκθέτη Hurst καθώς και αν παρουσιάζονται ημερολογιακά φαινόμενα στο δείγμα μας.

Αρχικά θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από δημοσιευμένα άρθρα και έρευνες που υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία και είναι σχετικά με το θέμα μας,

ώστε να λάβουμε υπόψη την πρότερη γνώση που έχει αποδειχτεί από έμπειρους ερευνητές, σχετικά με τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ κρυπτονομισμάτων αλλά και με άλλα περιουσιακά στοιχεία όπως Χρυσός, Αργό Πετρέλαιο, χρηματιστηριακούς Δείκτες κλπ.

Έπειτα θα γίνει περιγραφή της αγοράς των κρυπτονομισμάτων, του δείκτη S&P500 και της αγοράς του Χρυσού, που είναι και οι αγορές που εξετάζουμε. Εκεί θα δοθούν χρήσιμοι για την έρευνα ορισμοί, θα αναλυθεί ο τρόπος λειτουργίας των κρυπτονομισμάτων καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους και θα επεκτείνουμε την ανάλυση μας στα δύο κρυπτονομίσματα που θα εξετάσουμε στην εργασία, το Bitcoin, το Ethereum. Τέλος θα παρουσιαστούν και οι τελευταίες εξελίξεις σχετικά με την αγορά των κρυπτονομισμάτων.

Στην περιγραφή της αγοράς θα δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην αγορά των κρυπτονομισμάτων συγκριτικά με τα τον δείκτη S&P500 και τον Χρυσό, καθώς η ανάλυση αυτής της αγοράς αποτελεί το βασικό αντικείμενο της έρευνας. Ο λόγος επιλογής του Bitcoin και του Ethereum στην έρευνα προκύπτει από το γεγονός ότι είναι τα δύο μεγαλύτερα σε κεφαλαιοποίηση κρυπτονομίσματα, η οποία αθροιστικά αντιπροσωπεύει ένα ποσοστό μεγαλύτερο του 60% της αγοράς.

Η επιλογή του Χρυσού στην έρευνα προκύπτει από το γεγονός ότι θεωρείται ένα υψηλής προτίμησης επενδυτικό προϊόν ακόμη και σε περίοδο κρίσης ή υποτίμησης νομισμάτων καθώς προσελκύει πολλούς επενδυτές που επιθυμούν να προστατεύσουν το κεφάλαιο τους. Τα ίδια χαρακτηριστικά παρατηρούμε ότι παρουσιάζει και το Bitcoin, με μεγαλύτερες διακυμάνσεις στην τιμή του βέβαια, αλλά και με μεγαλύτερες αποδόσεις. Οπότε εύλογα καταλήγουμε στο ότι η σχέση που ενδεχομένως έχουν, κάτι που αποτελεί σκοπό της έρευνας να εξετάσει, θα παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον.

Παράλληλα μια πιθανή σχέση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με την αγορά του Χρηματιστηρίου, σίγουρα θα αποτελούσε σημαντική πληροφορία. Ένας αντιπροσωπευτικός δείκτης της αγοράς του Χρηματιστηρίου είναι ο S&P500, που θα χρησιμοποιηθεί στην έρευνα.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε την μεθοδολογία που θα ακολουθήσει η έρευνα, τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και τον τρόπο που θα αναλυθούν. Το δείγμα αποτελείται από ιστορικά δεδομένα ημερήσιων τιμών κλεισίματος σε USD

των κρυπτονομισμάτων Bitcoin και Ethereum, του χρηματιστηριακού δείκτη Standard And Poor's 500 και του Gold Fixing Price in London Bullion Market. Το διάστημα που εξετάζεται αφορά την τελευταία 5ετία, δηλαδή από 1/1/2016 έως 31/12/2020. Τα δεδομένα αυτά αντλήθηκαν από τους διαδικτυακούς τόπους <https://finance.yahoo.com> και <https://gr.investing.com> και <https://www.stlouisfed.org>.

Σε πρώτο στάδιο θα αναλύσουμε τα βασικά περιγραφικά χαρακτηριστικά των χρονοσειρών και έπειτα θα γίνει έλεγχος στασιμότητας των χρονοσειρών με έλεγχο μοναδιαίας ρίζας, με την μέθοδο επαυξημένου ελέγχου Dickey – Fuller (ADF) και με την μέθοδο KPSS. Είναι σημαντικό οι χρονοσειρές μας να είναι στάσιμες για κάποια από τα υποδείγματα που θα χρησιμοποιήσουμε, οπότε ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν οι λογάριθμοι ή οι λογαριθμικές διαφορές των χρονοσειρών έπειτα από τον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας.

Έπειτα θα εξετάσουμε τη σχέση των επενδυτικών προϊόντων που αναφέρθηκαν παραπάνω, με τη μέθοδο πολλαπλής παλινδρόμησης αλλά και με Αυτοπαλίνδρομα Υποδειγμάτα, ώστε να παρατηρήσουμε αν υπάρχει μακροχρόνια σχέση μεταξύ τους, αν κάθε χρονοσειρά είναι χρήσιμη για την πρόβλεψη των άλλων, αν οι χρονοσειρές των Bitcoin και Ethereum ακολουθούν την τάση με έλεγχο Hurst και αν τα αρνητικά νέα επηρεάζουν την αγορά των κρυπτονομισμάτων και τέλος θα εξετάσουμε αν τα κρυπτονομίσματα του δείγματος μας ακολουθούν ημερολογιακές ανωμαλίες όπως το φαινόμενο του Ιανουαρίου.

Θεωρούμε στην έρευνα μας, ότι τα αρνητικά νέα στην αγορά, όπως για παράδειγμα η είδηση για απαγόρευση του mining στην Κίνα, έχουν επίδραση στο Bitcoin και το Ethereum καθώς και ότι τα νομίσματα αυτά ακολουθούν την γενικότερη τάση και διακατέχονται από μακροχρόνια μνήμη. Ως αρχική υπόθεση επίσης στην έρευνα μας, ορίζουμε ότι υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης και αμφίδρομης αιτιότητας με τον Χρυσό και τον δείκτη S&P500 και θα εξετάσουμε αν όντως ισχύει η υπόθεση αυτή.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τις διάφορες μελέτες και έρευνες που συναντάμε στη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τα κρυπτονομίσματα, τη σχέση που έχουν μεταξύ τους τα νομίσματα αυτά, την σχέση τους με άλλα περιουσιακά στοιχεία καθώς και το κατά πόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν εργαλείο αντιστάθμισης κινδύνου σε επενδυτικό χαρτοφυλάκιο. Με την ανασκόπηση αυτή ουσιαστικά παρουσιάζεται η πρότερη γνώση και τα αποτελέσματα έμπειρων ερευνητών για το θέμα της παρούσης έρευνας.

Αρχικά, η έρευνα των Toan Luu Duc Huynh, Muhammad Shahbaz, Muhammad Ali Nasir και Subhan Ullah (2020) διερευνά εμπειρικά εάν τα κρυπτονομίσματα έχουν χρήσιμο ρόλο στη χρηματοοικονομική μοντελοποίηση και τη διαχείριση κινδύνων στις αγορές ενέργειας. Εξετάσανε λοιπόν την αιτιώδη σχέση μεταξύ των κινήσεων της τιμής του αργού πετρελαίου και της αξίας των κρυπτονομισμάτων αντλώντας από καθημερινά δεδομένα μιας περιόδου που αφορά στον Απρίλιο του 2013 έως τον Απρίλιο του 2019. Παρατήρησαν ότι τόσο για τις ΗΠΑ όσο και για το ευρωπαϊκό αργό, οι δείκτες πετρελαίου συνδέονται στενά με τις κινήσεις των περισσότερων κρυπτονομισμάτων. Εφαρμόζοντας μια μη παραμετρική στατιστική, την «transferring entropy» διαπίστωσαν ότι ορισμένα κρυπτονομίσματα (XEM, DOGE, VTC, XLM, USDT, XRP) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αντιστάθμιση και διαφοροποίηση χαρτοφυλακίου. Επιπλέον, τα αποτελέσματα αποκαλύπτουν ότι ο ευρωπαϊκός δείκτης αργού πετρελαίου αποτελεί πηγή σοκ στην αγορά κρυπτονομισμάτων, ενώ ο δείκτης πετρελαίου των ΗΠΑ φαίνεται να δέχεται το σοκ από την αγορά κρυπτονομισμάτων.

Οι Seyed Alireza Manavi, Gholamreza Jafari, Shahin Rouhani και Marcel Ausloos (2020) συνέκριναν 7 κρυπτονομίσματα με ένα δείγμα τριών τύπων νομισματικών συστημάτων: 28 χρήματα fiat, 2 εμπορεύματα, 2 δείκτες με βάση τα εμπορεύματα και 3 δείκτες χρηματοπιστωτικής αγοράς. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο συσχέτισης μήτρας επιβεβαίωσαν ότι τα κρυπτονομίσματα δεν είναι αποκεντρωμένα. Παρατήρησαν επίσης ότι τα περισσότερα νομίσματα στον κόσμο δεν συσχετίζονται σημαντικά ή παρουσιάζουν ασθενή συσχέτιση με τα κρυπτονομίσματα ενώ τα αποτελέσματα τους έδειξαν ότι η αγορά κρυπτογράφησης και η αγορά Forex ανήκουν σε διαφορετικές περιοχές.

Στην έρευνα των Sirikwan Jaroenwiriyakul και Wichyada Tanomchat (2020) εξετάστηκε η δυναμική σύνδεση μεταξύ τεσσάρων κύριων κρυπτονομισμάτων - Bitcoin, Ethereum, Ripple και Litecoin - και χρηματιστηρίων στο ASEAN-5. Τα ευρήματα αποκάλυψαν πρώτον ότι οι δοκιμές σύνδεσης, μακροπρόθεσμα χρησιμοποιώντας τη συνένωση Engle και Granger, παρείχαν αποδεικτικά στοιχεία για μια σχέση μεταξύ όλων των κρυπτονομισμάτων με τα χρηματιστήρια στο ASEAN-5, με εξαίρεση τη Μαλαισία. Δεύτερον, χρησιμοποιώντας το μοντέλο δυναμικής συσχέτισης υπό όρους, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι βρέθηκαν χρονικά μεταβαλλόμενα μοτίβα βραχυπρόθεσμων συσχετίσεων σε όλες τις σχέσεις. Επιπλέον, η σύνδεση Litecoin με τις αγορές της ASEAN-5 παρουσίασε σημαντική διακύμανση ενώ η δυναμική σύνδεση του Bitcoin με τις χρηματιστηριακές αγορές έδειξε μια πολύ υψηλή συσχέτιση από το 2013 έως το 2015. Τέλος, δοκιμάσανε τους καθοριστικούς παράγοντες σύνδεσης των κρυπτονομισμάτων με παράγοντες χρηματοπιστωτικής αγοράς, που αποτελούνται από GOLD, CRUDE, FX και INT. Τα εμπειρικά αποτελέσματα έδειξαν ότι το GOLD και το INT δεν επηρέασαν το βαθμό διασύνδεσης με το χρηματιστήριο ή την κρυπτογράφηση, αν και το CRUDE και το FX την επηρέασαν. Όσον αφορά τις συστάσεις και τις επιπτώσεις της πολιτικής, τα κρυπτονομίσματα επέδειξαν δυναμική σύνδεση με τα χρηματιστήρια και παρουσίασαν εξαιρετική αστάθεια. Ως εκ τούτου, θεωρούν ότι οι πέντε χώρες (ASEAN - 5) πρέπει να προετοιμάσουν μια πολιτική πληροφόρηση σχετικά με τα κρυπτονομίσματα που θα απευθύνεται σε επενδυτές ή υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Από την άλλη, οι επενδυτές θα πρέπει να επικεντρωθούν σε δείκτες όπως οι συναλλαγματικές ισοτιμίες και οι τιμές του αργού πετρελαίου πριν από τη διαπραγμάτευση τους.

Οι Elie Bouria, David Roubaud και Syed Jawad Hussain Shahzadba (2019) εξετάσανε την παρουσία “άλματος” στις αποδόσεις 12 κρυπτονομισμάτων και παρατήρησαν σημαντική δραστηριότητα “άλματος”, ειδικά στα Ripple, Bitcoin και Litecoin. Εξέτασαν επίσης αν οι αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων “πηδούν” παράλληλα και τα αποτελέσματα διαφόρων αναλύσεων έδειξαν στοιχεία τέτοιας συμπεριφοράς, με ελάχιστες εξαιρέσεις (Ripple και Bytecoin). Αυτά τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι η παρουσία άλματος σε ένα κρυπτονομίσμα αυξάνει την πιθανότητα πρόκλησης άλματος και σε άλλα κρυπτονομίσματα. Ωστόσο, το παράλληλο άλμα στις αποδόσεις, συνδυάζεται με μια δραστηριότητα άλματος στον

όγκο συναλλαγών. Αυτό το τελευταίο έρευμα υπογραμμίζει τη σημασία του άλματος στον όγκο συναλλαγών κατά τον σχηματισμό «άλματος» σε κρυπτονομίσματα, επιβεβαιώνοντας προηγούμενα ευρήματα σχετικά με τη επίδραση του όγκου συναλλαγών στην αστάθεια των κρυπτονομισμάτων.

Στην έρευνα των Lanouar Charfeddine, Nouredine Benlagha και Youcef Maouchi (2019) διερευνάται η δυναμική σχέση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και συμβατικών χρηματοοικονομικών στοιχείων. Εξετάζονται τα οικονομικά και χρηματοοικονομικά οφέλη των χρηματοοικονομικών επενδυτών από τη διαφοροποίηση του χαρτοφυλακίου καθώς και τις στρατηγικές αντιστάθμισης χρησιμοποιώντας δύο από τα κορυφαία ψηφιακά κρυπτονομίσματα, το Bitcoin και το Ethereum. Τρία σημαντικά συμπεράσματα προέκυψαν από τη μελέτη τους. Αρχικά τα αποτελέσματα της εκτίμησης στατικών και χρονικών ουρών διακυμάνσεων, υποδεικνύει την απουσία ασύμμετρης εξάρτησης από την ουρά μεταξύ των αποδόσεων ψηφιακών και συμβατικών χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων. Δεύτερον, για την περίπτωση χαρτοφυλακίου με μικτά περιουσιακά στοιχεία, το επίπεδο εξάρτησης είναι πολύ αδύναμο και για τα επτά ζευγάρια που εξετάστηκαν χωρίς εξαίρεση, αποτέλεσμα που υποδηλώνει ότι το Bitcoin και το Ethereum μπορούν να προσφέρουν νέες ευκαιρίες για διαφοροποίηση χαρτοφυλακίου. Επιπλέον, τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι, σε γενικές γραμμές, η βέλτιστη διαφοροποίηση μπορεί να επιτευχθεί συμπεριλαμβάνοντας μόνο ένα μικρό βάρος ψηφιακών στοιχείων σε ένα χαρτοφυλάκιο συμβατικών χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων. Τρίτον, τα εμπειρικά μας αποτελέσματα δείχνουν ότι οι δυνατότητες αντιστάθμισης ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων είναι πολύ αδύναμες. Εκτός από όλα τα προηγούμενα αποτελέσματα και συμπεράσματα, αποδείχτηκε επίσης ότι η σχέση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και συμβατικών περιουσιακών στοιχείων είναι ευαίσθητη σε εξωτερικούς κραδασμούς.

Οι Tony Kleina, Hien Pham Thuc και Thomas Walther (2018) συνέκριναν το Bitcoin με το Χρυσό και συμπέραναν ότι ο χρυσός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις χρηματοπιστωτικές αγορές με καλή ποιότητα σε περιόδους κρίσης στην αγορά, ενώ το Bitcoin συμπεριφέρεται με τον ακριβώς αντίθετο τρόπο και συσχετίζεται θετικά με πτωτικές αγορές. Επίσης καταλήξαν στο συμπέρασμα ότι το Bitcoin και ο Χρυσός διαθέτουν ριζικά διαφορετικές ιδιότητες ως περιουσιακά στοιχεία και

διαφορετικές συνδέσεις με τις αγορές μετοχών, ενώ δε προέκυψαν στοιχεία που να εμφανίζουν το Bitcoin ως στοιχείο αντιστάθμισης κινδύνου σε χαρτοφυλάκιο.

Οι Eleftheria Kostika και Nikiforos T. Laopodis (2019) εξέτασαν την βραχυχρόνια και μακροχρόνια σύνδεση κρυπτονομισμάτων με σημαντικά παγκόσμια νομίσματα και χρηματιστηριακούς δείκτες. Τα αποτελέσματα της έρευνας τους έδειξαν ότι, παρά το γεγονός ότι μοιράζονται κάποια κοινά χαρακτηριστικά, τα κρυπτονομίσματα δεν εμφανίζουν βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες τάσεις με συναλλαγματικές ισοτιμίες ή αποδόσεις μετοχών. Αντιθέτως φαίνεται ότι κάθε κρυπτονόμισμα ακολουθεί τη δική του τάση στην παγκόσμια χρηματοοικονομική αγορά και είναι ανεξάρτητο από τις συναλλαγματικές ισοτιμίες ή τις παγκόσμιες χρηματιστηριακές αγορές, καθιστώντας τα κατάλληλα για συμπερίληψη στα παγκόσμια επενδυτικά χαρτοφυλάκια ως εργαλείο αντιστάθμισης κίνδυνου.

Αξίζει να αναφερθεί επίσης και η έρευνα του Josef Kurka (2019), όπου μελέτησε τους μηχανισμούς μετάδοσης σοκ μεταξύ των πιο ρευστών εκπροσώπων των παραδοσιακών κατηγοριών περιουσιακών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένων των εμπορευμάτων, του συναλλάγματος, των μετοχών και των κρυπτονομισμάτων, που εκπροσωπούνται από το Bitcoin. Τα αποτελέσματά της ανάλυση που έκανε έδειξαν ότι η άνευ όρων σύνδεση μεταξύ κρυπτονομισμάτων και περιουσιακών στοιχείων είναι αμελητέα. Ωστόσο, η ανάλυση υπό όρους αποκαλύπτει περιόδους σημαντικής μετάδοσης σοκ μεταξύ Bitcoin και περιουσιακών στοιχείων. Αυτό το εύρημα υπονομεύει το δυναμικό του Bitcoin ως εργαλείο αντιστάθμισης για τα παραδοσιακά περιουσιακά στοιχεία και δείχνει ότι οι διαταραχές της αγοράς μπορούν να εξαπλωθούν από το Bitcoin στην παραδοσιακή οικονομία ενώ η αυξανόμενη κεφαλαιοποίηση των κρυπτονομισμάτων στην αγορά ενισχύει περαιτέρω τη σημασία αυτών των ευρημάτων.

Τα κρυπτονομίσματα με μικρή κεφαλαιοποίηση συχνά παραβλέπονται, παρά το γεγονός ότι μπορεί ενδεχομένως να είναι η πηγή σοκ σε άλλα κρυπτονομίσματα στην αγορά. Το άρθρο των Toan Luu Duc Huynha, Muhammad Ali Nasirb, Vinh Xuan Voc, Thong Trung Nguyend εξετάζει το παραπάνω φαινόμενο διερευνώντας τις επιπτώσεις μεταξύ 14 κρυπτονομισμάτων με τη χρήση εντροπίας μεταφοράς. Τα αποτελέσματά τους δείχνουν ότι μεταξύ διαφορετικών τύπων κρυπτονομισμάτων, το Bitcoin εξακολουθεί να είναι το πιο κατάλληλο μέσο για αντιστάθμιση, ενώ το Tether

(USDT) που έχει ισχυρή σύνδεση με το δολάριο Αμερικής είναι σημαντικά ασταθές. Η έρευνας τους επίσης τεκμηριώνει ότι τα μικρά νομίσματα είναι πιο πιθανό να δημιουργούν σοκ στην αγορά κρυπτογράφησης. Με την ίδια προσέγγιση, διερευνήσαν τη σχέση μεταξύ τιμών χρυσού και τιμών κρυπτονομισμάτων και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο χρυσός θα μπορούσε να είναι ένα καλό μέσο αντιστάθμισης των κρυπτονομισμάτων λόγω της ανεξαρτησίας του, οπότε οι επενδυτές θα πρέπει να εξισορροπήσουν το επενδυτικό τους χαρτοφυλακίο συμπεριλαμβάνοντας τον χρυσό ως μέσο αντιστάθμισης έναντι της απροσδόκητης κίνησης της αγοράς κρυπτονομισμάτων.

Στο επόμενο άρθρο, ερευνήθηκε η σχέση μεταβλητότητας μεταξύ των τιμών spot αργού πετρελαίου και των κρυπτονομισμάτων. Η έρευνα των David Iheke Okorie και Boqiang Lin (2020) χρησιμοποιώντας τεχνικές VAR – MGARCH – GJR – BEKK και theWald δοκιμές, εντόπισαν αποδεικτικά στοιχεία για αμφίδρομη διακύμανση μεταβλητότητας μεταξύ της αγοράς αργού πετρελαίου και του Bit Capital Vendor, καθώς και ένα μονοκατευθυντικό φαινόμενο μεταβλητότητας από την αγορά αργού πετρελαίου στην αγορά Bitcoin Cash και τέλος, ότι οι αγορές κρυπτονομισμάτων Ethereum, XRP και ReddCoin έχουν σημαντική υπερκατευθυνόμενη διακύμανση μεταβλητότητας στις αγορές αργού πετρελαίου. Επιπλέον, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ενώ οι δυνατότητες αντιστάθμισης του αργού πετρελαίου στο Ethereum μπορεί να είναι βραχυχρόνιες, οι δυνατότητες αντιστάθμισης του αργού πετρελαίου για τους Solve, Elastos και Bit Capital Vendor είναι μάλλον μακροχρόνιες στο μέλλον.

Οι Aviral Kumar Tiwari, Ibrahim Dolapo Raheem και Sang Hoon Kang (2019) εξετάσανε τις χρονικές διακυμάνσεις μεταξύ έξι αγορών κρυπτονομισμάτων και του δείκτη S&P 500 χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο copula-ADCC-EGARCH. Από την εμπειρική τους ανάλυση, διαπίστωσαν ότι οι συνολικοί χρονικοί συσχετισμοί είναι πολύ χαμηλοί, υποδεικνύοντας ότι τα κρυπτονομίσματα χρησιμεύουν ως εργαλείο αντιστάθμισης έναντι του κινδύνου του χρηματιστηρίου S&P 500. Έδειξαν επίσης ότι οι μεταβλητότητες ανταποκρίνονται περισσότερο στο αρνητικό σοκ σε σύγκριση με το θετικό σοκ και στις δύο αγορές. Τέλος, αναγνωρίζουν το Litecoin ως το πιο αποτελεσματικό περιουσιακό στοιχείο αντιστάθμισης έναντι του κινδύνου του δείκτη S&P 500.

Η μελέτη των Erdas, M. L. και Caglar, A. E. (2018). εξέτασε τις ασύμμετρες αιτιώδεις σχέσεις μεταξύ Bitcoin και χρυσού, Brent oil, US dollar, S&P 500 και BIST 100 Indexes για τα εβδομαδιαία δεδομένα της περιόδου μεταξύ Νοεμβρίου 2013 και Ιουλίου 2018 μέσω της δοκιμής Hatemi-J (2012). Τα αποτελέσματα τους έδειξαν μόνο έναν αιτιώδη σύνδεσμο που πηγαινει από την τιμή του Bitcoin στο δείκτη S&P 500. Αυτό έχει ως συνέπεια, οι αλλαγές στις τιμές του Bitcoin όπως φαίνεται να επηρεάζουν τις αποφάσεις των επενδυτών σχετικά με τον δείκτη S&P 500. Ωστόσο, δεν εμφανίστηκε αιτιότητα μεταξύ της τιμής του Bitcoin και άλλων των μεταβλητών, συμπεραίνοντας επομένως, ότι το Bitcoin μπορεί να υπάρχει σε συνδυασμό με την αγορά εμπορευμάτων και άλλους παγκόσμιους δείκτες στο μέλλον, μαζί με την αναγνώριση του νομίσματος Bitcoin από χώρες, την αποδοχή του ως μέσου ανταλλαγής και την αυξημένη αξιοπιστία του.

Οι Ting Zeng , Mengying Yangb και Yifan Shenc εξέτασαν τη σχέση μεταξύ του Bitcoin και των συμβατικών χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων από την άποψη της σύνδεσης των δικτύων περιουσιακών στοιχείων. Υιοθέτησαν τη μέθοδο μέτρησης της συνδετικότητας που προτείνουν οι Diebold και Yilmaz (2009, 2012 και 2014) σε ένα σύστημα VAR για να μελετήσουν τη δυναμική αλληλεξάρτηση μεταξύ των αποδόσεων σε Bitcoin, μετοχές, πετρέλαιο και χρυσό και διαπίστωσαν ότι η σύνδεση μεταξύ bitcoin και συμβατικών περιουσιακών στοιχείων είναι αδύναμη. Ο διαχωρισμός θετικών και αρνητικών αποδόσεων στην αγορά Bitcoin έδειξε την ύπαρξη ασύμμετρου μοτίβου επιπτώσεων μεταξύ του Bitcoin και των συμβατικών στοιχείων. Αρχικά παρατήρησαν ότι αν και οι τιμές του Bitcoin παρουσιάζουν έναν αυξανόμενο σύνδεσμο με άλλα χρηματοοικονομικά περιουσιακά στοιχεία, το μέγεθος του συνδέσμου αυτού αποδεικνύεται μέτριο. Η διασύνδεση μέσω αρνητικών αποδόσεων είναι πολύ ισχυρότερη από ό, τι μέσω των θετικών και τις τελευταίες περιόδους παρουσιάζει σαφώς αυξανόμενη τάση. Τέλος καταλήγουν ότι τα αποτελέσματά τους αυτά ,στην πράξη είναι εξίσου ισχυρά και σε άλλα δημοφιλή κρυπτονομίσματα, όπως π.χ. το ETH και το Ripple.

Για τον έλεγχο ημερολογιακών ανωμαλιών του Bitcoin, σημαντική είναι η έρευνα των Kinateder, H. και Papavassiliou, V. G. (2019), που χρησιμοποίησαν ένα εικονικό μοντέλο GARCH για να μελετήσουν την επίδραση των ημερολογιακών επιδράσεων στις καθημερινές επιστροφές και την αστάθεια του Bitcoin κατά την περίοδο 2013-2019. Εξέτασαν την περίοδο του Halloween, της ημέρας της

εβδομάδας, και του μήνα του έτους. Τα αποτελέσματά τους δεν αποκαλύψαν στοιχεία για ανωμαλίες την περίοδο του Halloween , ούτε της ημέρας της εβδομάδας, ωστόσο, διαπίστωσαν σημαντικά χαμηλότερο κίνδυνο το Σαββατοκύριακο και εντονότερη μεταβλητότητα στις αρχές της εβδομάδας. Επιπλέον, εντόπισαν στοιχεία που δείχνουν αντίστροφη επίδραση του φαινομένου του Ιανουαρίου.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΓΟΡΑΣ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΑΓΟΡΩΝ

3.1. Κρυπτονόμισμα και Blockchain τεχνολογία

Τα Κρυπτονόμισματα είναι μία peer - 2 - peer αποκεντρωμένη ηλεκτρονική μορφή χρήματος η οποία βασίζεται πάνω στις αρχές της κρυπτογραφίας για την διασφάλιση του δικτύου και την επαλήθευση των συναλλαγών. Η κρυπτογραφία είναι η τεχνική της προστασίας της πληροφορίας μετασχηματίζοντάς την σε μια μορφή που δεν μπορεί να διαβαστεί και μπορεί μόνο να αποκρυπτογραφηθεί από κάποιον που διαθέτει ένα ‘‘μυστικό κλειδί’’. Τα κρυπτοσυστήματα όπως το Bitcoin, εξασφαλίζονται μέσω αυτής της τεχνικής, χρησιμοποιώντας ένα έξυπνο σύστημα δημόσιων και ιδιωτικών ψηφιακών κλειδιών. Τα περισσότερα κρυπτονομίσματα χρησιμοποιούν μια Βάση Δεδομένων η οποία λειτουργεί ως πυλώνας του συστήματος τους, το επονομαζόμενο Blockchain. Λόγω της ανοικτής φύσης του λογισμικού του, πολλοί προγραμματιστές μπόρεσαν να τροποποιήσουν τον κώδικα του με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν χιλιάδες κρυπτονομίσματα, με διαφορετικές λειτουργίες, με πιο διαδεδομένο το Bitcoin.

Τα Cryptocurrencies είναι ηλεκτρονικά συστήματα ταμειακών συναλλαγών, τα οποία επιτρέπουν να αποστέλλονται ηλεκτρονικές πληρωμές απευθείας από ένα συμβαλλόμενο μέρος σε ένα άλλο, χωρίς να διέρχεται από χρηματοπιστωτικό ίδρυμα. Επομένως, σε αντίθεση με τη συντριπτική πλειονότητα των άλλων διαθέσιμων χρηματοοικονομικών περιουσιακών στοιχείων, δεν έχουν καμία σχέση με οποιαδήποτε ανώτερη αρχή, δεν έχουν φυσική εκπροσώπηση και είναι απεριόριστα διαιρούμενα. Επίσης, σε αντίθεση με τα παραδοσιακά χρηματοοικονομικά περιουσιακά στοιχεία, η αξία των κρυπτονομισμάτων δεν βασίζεται σε κανένα

ενσώματο πάγιο, και σε καμιά οικονομία χωρών ή επιχείρηση, αλλά στηρίζεται στην ασφάλεια ενός αλγορίθμου ο οποίος είναι σε θέση να ανιχνεύει όλες τις συναλλαγές.

Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά του κρυπτονομίσματος είναι ο αποκεντρωτικός χαρακτήρας του και μέσω αυτού η ανθεκτικότητά του σε κάθε μορφής προσπάθεια για έλεγχο και παρέμβαση. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η ανωνυμία στις συναλλαγές και συχνά χωρίς δυνατότητα ανίχνευσης. Τέλος σημαντική είναι και η δυνατότητα συμμετοχής στην παραγωγή νομίσματος, διαδικασία που ονομάζεται mining.

Τα 10 Κρυπτονομίσματα με την υψηλότερη κεφαλαιοποίηση

Παρακάτω απεικονίζονται τα 10 μεγαλύτερα κρυπτονομίσματα με βάση το market capitalization τους (<https://coinmarketcap.com/> - link από <https://finance.yahoo.com/cryptocurrencies> -ημερομηνία ανάκτησης 11/01/2021). Σύμφωνα με στοιχεία που αντλήθηκαν 11/01/2021 από το <https://coinmarketcap.com/> υπάρχουν 8.222 κρυπτονομίσματα με Market Cap: \$1.060.610.766.911 με την αγορά και την δημιουργία νέων κρυπτονομισμάτων να αυξάνονται με γοργούς ρυθμούς διαχρονικά με το Bitcoin να κατέχει το 66,10% της αγοράς και να θεωρείται το κυρίαρχο και πιο διαδεδομένο ψηφιακό νόμισμα.

Συγκρίνοντας την αγορά των κρυπτονομισμάτων σε διάστημα ενός έτους παρατηρούμε ότι τις αρχές του 2020 υπήρχαν σχεδόν 5.000 κρυπτονομίσματα και μέσα σε ένα μόλις χρόνο διαμορφώθηκαν στα 8.222. Το Market Cap από \$245.473.305.315 που ήταν στις 17/01/2020 τετραπλασιάστηκε και αντιστοιχεί στις \$1.060.610.766.911 τις 11/01/2021 ενώ το 24h Vol που μας δείχνει τον όγκο των συναλλαγών σε 24ώρη βάση αυξήθηκε από \$121.950.457.058 σε \$184.641.030.367 στο διάστημα αυτό.

Το Bitcoin παρέμεινε το κυρίαρχο νόμισμα αυξάνοντας μάλιστα το ποσοστό που κατέχει από 66,10% σε 68,2% μέσα σε περίπου ένα χρόνο με την τιμή που διαπραγματεύεται να διαμορφώνεται στα \$38,567.12 έναντι των \$8,914.25 που διαπραγματευόταν στις 17/01/2020.

Παρατηρούμε επίσης την είσοδο νέων κρυπτονομισμάτων στα 10 με την μεγαλύτερη κεφαλαιοποίηση όπως το Polkadot, ενώ το Tether, το κρυπτόνμισμα που συνδέεται με το Αμερικάνικο δολάριο ανέβηκε στην 3^η θέση.

Cryptocurrencies		Exchanges	Watchlist	USD	Next 100	View All	
#	Name	Market Cap	Price	Volume (24h)	Circulating Supply	Change (24h)	Price Graph (7d)
1	Bitcoin	\$161.932.983.529	\$8.914,25	\$33.415.282.372	18.165.637 BTC	3,04%	
2	Ethereum	\$18.733.612.174	\$171,38	\$14.256.324.775	109.312.498 ETH	6,37%	
3	XRP	\$10.223.484.708	\$0,234195	\$2.111.736.685	43.653.776.034 XRP *	3,79%	
4	Bitcoin Cash	\$6.299.584.839	\$345,61	\$4.017.194.629	18.227.438 BCH	8,81%	
5	Bitcoin SV	\$5.782.613.419	\$317,33	\$3.902.740.433	18.222.577 BSV	9,65%	
6	Tether	\$4.603.064.750	\$0,992676	\$43.748.858.833	4.637.028.246 USDT *	-0,70%	
7	Litecoin	\$3.813.914.480	\$59,71	\$4.645.553.825	63.876.357 LTC	6,97%	
8	EOS	\$3.789.587.824	\$3,99	\$4.716.919.150	949.038.124 EOS *	10,57%	
9	Binance Coin	\$2.806.148.611	\$18,04	\$339.817.959	155.536.713 BNB *	8,62%	
10	TRON	\$1.170.839.046	\$0,017559	\$1.357.198.715	66.682.072.191 TRX	6,65%	

Εικόνα 1: Τоп 10 κρυπτονομίσματα με βάση την κεφαλαιοποίηση στις 17/01/2020 (Πηγή <https://coinmarketcap.com/>)

Watchlist		Cryptocurrencies	Derivatives	DeFi	Storage	Yield Farming	Show rows	100	Filters
#	Name	Price	24h	7d	Market Cap	Volume	Circulating Supply	Last 7 Days	
☆ 1	Bitcoin BTC	\$38,641.28	-4.77%	+15.80%	\$722,235,403,617	\$79,890,237,690 2,057,062 BTC	18,596,737 BTC		
☆ 2	Ethereum ETH	\$1,275.61	-0.40%	-34.69%	\$146,843,425,546	\$41,103,966,701 31,966,323 ETH	114,199,304 ETH		
☆ 3	Tether USDT	\$1.00	-0.20%	-0.04%	\$24,238,417,866	\$135,367,305,108 135,288,530,374 USDT	24,224,312,725 USDT		
☆ 4	XRP XRP	\$0.3166	-4.90%	-38.56%	\$14,432,772,799	\$9,595,491,939 30,198,437,277 XRP	45,404,028,640 XRP		
☆ 5	Litecoin LTC	\$171.14	-2.25%	-9.86%	\$11,366,304,342	\$12,875,349,773 75,040,706 LTC	66,245,618 LTC		
☆ 6	Bitcoin Cash BCH	\$598.85	+11.06%	-46.96%	\$11,194,270,540	\$19,060,163,372 31,671,155 BCH	18,600,863 BCH		
☆ 7	Cardano ADA	\$0.3051	-7.51%	-54.75%	\$9,608,052,316	\$3,869,695,026 12,530,721,432 ADA	31,112,484,646 ADA		
☆ 8	Polkadot DOT	\$9.23	-3.99%	-5.77%	\$8,374,259,339	\$1,633,675,121 175,293,339 DOT	898,558,018 DOT		
☆ 9	Chainlink LINK	\$16.37	-4.06%	-24.04%	\$6,620,379,903	\$3,122,922,473 188,925,758 LINK	400,509,556 LINK		
☆ 10	Stellar XLM	\$0.2896	-8.42%	-116.58%	\$6,443,187,640	\$1,984,761,931 6,787,570,444 XLM	22,034,677,966 XLM		

Εικόνα 2: Εικόνα 2: Τоп 10 κρυπτονομίσματα με βάση την κεφαλαιοποίηση στις 11/01/2021 (Πηγή <https://coinmarketcap.com/>)

Το Blockchain είναι ένας τύπος κατακεντρωμένης τεχνολογίας χαρτονομισμάτων που αποτελεί τη ραχοκοκαλιά της κρυπτογραφικής αγοράς. Είναι η τεχνολογία πίσω από τη μεγάλη ποικιλία κρυπτοσυχνοτήτων που κυκλοφορούν σήμερα. Ωστόσο το πεδίο εφαρμογής του δεν περιορίζεται. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το blockchain μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορους τομείς και μπορεί να έχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Το blockchain ουσιαστικά είναι μια κατακεντρωμένη βάση δεδομένων όπου όλες οι ψηφιακές συναλλαγές έχουν καταγραφεί και αποθηκευτεί σε ένα «ψηφιακό βιβλίο» χωρίς να υπάρχει η δυνατότητα διαγραφής των καταγραφών αυτών. Το blockchain δηλαδή περιλαμβάνει ένα ιστορικό αρχείο κάθε συναλλαγής που πραγματοποιήθηκε. Η βασική λειτουργία του είναι ότι δημιουργεί ένα σύστημα δημιουργίας κατακεντρωμένης συναίνεσης στον ψηφιακό κόσμο, ότι μία ψηφιακή συναλλαγή έλαβε χώρα και η παραδοχή της συναλλαγής αυτής αποτυπώνεται σε ένα ψηφιακό βιβλίο. Η τεχνολογία του Blockchain θεωρήθηκε πρωτοποριακή και άκρως λειτουργική, έκανε την εμφάνιση της παράλληλα με το Bitcoin και παρόλο που το Bitcoin και τα Κρυπτονομίσματα έχουν λάβει πολλές αρνητικές κριτικές, η τεχνολογία στην οποία βασίζονται είναι άρτια τεχνικά, παρέχει ασφάλεια και μπορεί να βρει πεδίο εφαρμογής και πέρα από τα κρυπτονομίσματα (π.χ. η χρηματοπιστωτική αγορά, η ιατρική κλπ.).

Τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας είναι: η αποκεντρωμένη λειτουργία χωρίς έλεγχο από κεντρικό φορέα, η διαφάνεια των συναλλαγών λόγω της καταγραφής και αποθήκευσης κάθε συναλλαγής, η διαθεσιμότητα της, καθώς οποιοσδήποτε μπορεί να κάνει συναλλαγές λόγω της χρήσης ανοικτού κώδικα, και τέλος η ασφάλεια και η ανωνυμία που παρέχει στον συναλλασσόμενο.

Για τις ψηφιακές ενέργειες μέσω του blockchain έχουμε μία αλυσίδα από blocks τα οποία αποθηκεύουν δεδομένα όπως π.χ. τον αποστολέα, τον δέκτη και το ποσό της συναλλαγής. Αυτά τα δεδομένα λαμβάνουν μία ψηφιακή υπογραφή που ονομάζεται Hash και είναι μοναδική όπως τα δακτυλικά αποτυπώματα. Κάθε αλλαγή στο block αλλάζει το Hash, όμως σε κάθε block υπάρχει αποθηκευμένο και το προηγούμενο hash. Για μεγαλύτερη ασφαλεία υπάρχει ένας μηχανισμός που ονομάζεται proof of work ο οποίος επιβραδύνει την διαδικασία δημιουργίας νέων τμημάτων ενώ γίνεται διαμοιρασμός μέσω peer to peer των block σε όλους τους χρήστες και υπάρχει συναίνεση για την ορθότητα του από όλους. Θα πρέπει να

παραβιαστεί το 51% τουλάχιστον από τα block και να επαναληφθεί η διαδικασία του proof of work για όλα αυτά τα blocks γεγονός που δεν είναι εύκολο.

Στην αγορά των κρυπτονομισμάτων έχουμε ψηφιακά νομίσματα όπως το Bitcoin, το Binance coin κλπ αλλά επίσης βλέπουμε πλατφόρμες ή tokens που επιτρέπουν το δανεισμό κρυπτονομισμάτων, με πιο γνωστό το Aave coin. Επίσης υπάρχουν τα Stablecoins που λειτουργούν ως μέτρο αντιμετώπισης των διακυμάνσεων των τιμών συνδέοντας την αξία των κρυπτονομισμάτων με fiat νομίσματα, όπως το ευρώ ή το δολάριο, τα οποία είναι πιο σταθερά. Τα πιο διαδεδομένα stablecoins είναι το Tether και το USD coin.

Τον τελευταίο καιρό στον κόσμο των κρυπτονομισμάτων έχει συγκεντρωθεί ενδιαφέρον στα NFT (Non-fungible Token) που επικεντρώνονται σε ψηφιακά περιουσιακά στοιχεία όπως έργα τέχνης, συλλεκτικά αντικείμενα, είδη παιχνιδιών, μουσικά αρχεία κλπ. Το πιο διαδεδομένο NFT είναι το Theta Network. Ο τρόπος που λειτουργεί είναι με την μέθοδο της ψηφιακής υπογραφής, όπου ένα ψηφιακό περιουσιακό στοιχείο μεταβιβάζεται σε κάποιον ιδιοκτήτη και μέσω κρυπτογράφησης και της τεχνολογίας του blockchain, το στοιχείο αυτό αποκτά κάποιο νόμιμο και μοναδικό κάτοχο. Σίγουρα ένα μουσικό κομμάτι ή ένα ψηφιακό έργο τέχνης μπορεί να υπάρχει σε δωρεάν αντίγραφα στο διαδίκτυο. Όμως όπως ένας πίνακας του Salvador Dali υπάρχει σε πολλά αντίγραφα μικρής αξίας, ο πρωτότυπος που συνοδεύεται από κάποιο πιστοποιητικό γνησιότητας, είναι ανεκτίμητης αξίας. Τα NFTs ορίζουν τον νόμιμο κάτοχο του ψηφιακού περιουσιακού στοιχείου, ο οποίος μέσω του blockchain δύναται να μεταβιβάσει το περιουσιακό στοιχείο αυτό σε κάποιον τρίτο.

Τέλος σημαντικό είναι να αναφερθούμε στο Staking κρυπτονομισμάτων. Με το staking ο επενδυτής δεσμεύει μέρος των νομισμάτων που διαθέτει για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, και λαμβάνει ένα ποσοστό από το κρυπτονόμισμα που έχει δεσμεύσει (π.χ. 5%), ως ανταμοιβή. Έτσι το δίκτυο διατηρεί αυξημένη ρευστότητα σε αυτά τα νομίσματα και λειτουργεί σαν αποτρεπτικός παράγοντας πώλησής μεγάλου μέρους του, ενώ για τον επενδυτή αποφέρει υψηλές αποδόσεις με μικρό ρίσκο. Ουσιαστικά έχει κοινά χαρακτηριστικά με τις προθεσμιακές καταθέσεις σε τράπεζα, όπου δεσμεύονται χρήματα με ανταμοιβή κατά την λήξη του διαστήματος δέσμευσης. Το staking ενδείκνυται σε long run επενδυτές που δεν

διατηρούν τα κρυπτονομίσματα που έχουν επενδύσει, για μεγάλο διάστημα στο χαρτοφυλάκιο τους.

3.2. Bitcoin

Το Bitcoin είναι το πιο διαδεδομένο κρυπτονόμισμα, με το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Ουσιαστικά είναι ένα ψηφιακό νόμισμα που μεταφέρεται από χρήστη σε χρήστη χωρίς να μεσολαβεί κάποιος ενδιάμεσος και χωρίς να παρεμβαίνει στην διαδικασία κάποια κεντρική τράπεζα.

Το bitcoin εφευρέθηκε το 2008 από ένα δημιουργό με ψευδώνυμο Satoshi Nakamoto και «τάραξε τα νερά» λόγω του πρωτοποριακού του χαρακτήρα και του γεγονότος ότι παρακάμπτει τελείως το τραπεζικό σύστημα και τις διαδικασίες έκδοσης και διαμοιρασμού του χρήματος. Επίσης το Bitcoin είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιεί το σύστημα blockchain, που αναλύθηκε παραπάνω, για την διασφάλιση των συναλλαγών, είναι δωρεάν στη χρήση του προς όλους και είναι δημόσιο. Το μόνο που απαιτείται είναι ελεύθερη πρόσβαση στο διαδίκτυο. Επιπλέον υπάρχει η δυνατότητα συναλλαγής μεταξύ χρηστών ή η «εξόρυξη» Bitcoin με την διαδικασία του mining, πάντα μέσω του blockchain.

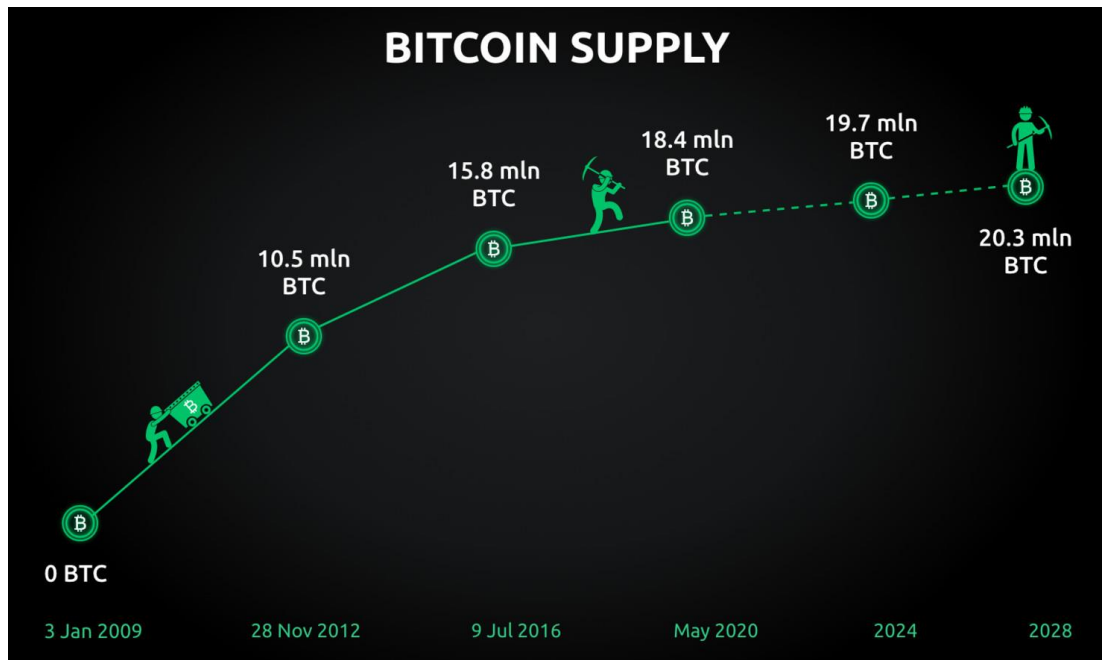
Εξόρυξη Bitcoin (Mining)

Η λειτουργία του Bitcoin βασίζεται στην συνεισφορά των χρηστών παγκοσμίως καθώς η διαδικασία δημιουργίας νέων block στο blockchain απαιτεί μεγάλη ενέργεια και υπολογιστική δύναμη. Η πηγή αυτής της ενέργειας παρέχεται από τους λεγόμενους miners, οι οποίοι μπαίνουν στην διαδικασία αυτή χρησιμοποιώντας τα δικά τους υπολογιστικά συστήματα και την δική τους ενέργεια (ηλεκτρικό ρεύμα) για να δημιουργήσουν νέα blocks. Η ανταμοιβή των miners για την εξόρυξη τους είναι να λαμβάνουν ένα μέρος από τα νέα Bitcoin που δημιουργούνται από αυτή την διαδικασία. Έτσι ουσιαστικά επειδή δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός φορέας να διασφαλίζει τις συναλλαγές, αυτό γίνεται από miners οι οποίοι «πληρώνονται» με ένα μερίδιο από τα νέα Bitcoin για της υπηρεσίες τους.

Το πρόβλημα με το «mining» είναι το υψηλό του κόστος. Ο χρήστης που κάνει εξόρυξη Bitcoin χρειάζεται να αγοράσει υψηλής τεχνολογίας εξοπλισμό που κοστίζει αρκετά χρήματα (π.χ. κάρτες γραφικών, τροφοδοτικά κ.α.), ενώ αύξηση της ζήτησης αυτών των προϊόντων λόγω mining οδήγησε σε περαιτέρω αύξηση των τιμών τους. Επίσης πρόβλημα είναι η διαθεσιμότητα των δεδομένων και η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές που χρησιμοποιούν για mining Bitcoin λειτουργούν αδιαλείπτως και καταναλώνουν πολλές κιλοβατώρες ρεύματος κάνοντας την διαδικασία αρκετά δαπανηρή. Έτσι το Bitcoin έχει λάβει πολλές κριτικές λόγω της υψηλής κατανάλωσης ρεύματος και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχει. Ένα ακόμα μειονέκτημα της διαδικασίας είναι ότι με την πάροδο του χρόνου το μερίδιο του miner σε Bitcoin μειώνεται καθώς υπάρχει συγκεκριμένο όριο παραγωγής Bitcoin.

Bitcoin Halving

Το Bitcoin Halving αποτελεί ένα βασικό όρο στον κώδικα του Bitcoin που ενδέχεται να επηρεάσει την τιμή και την παραγωγή του νομίσματος. Το Halving είναι μια προγραμματισμένη διαδικασία μείωσης των ανταμοιβών που λαμβάνουν οι miners. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μία φορά κάθε τέσσερα χρόνια και συγκεκριμένα, κάθε 210.000 μπλοκ συναλλαγών. Όπως υποδηλώνεται και από το όνομα, η διαδικασία του halving μειώνει το ποσό που λαμβάνουν ως ανταμοιβή ανά μπλοκ οι Miners Bitcoin, στο μισό. Αρχικά οι miners λάμβαναν 50 Bitcoin ανά μπλοκ ως ανταμοιβή, αλλά αυτή η ανταμοιβή μειώθηκε σε 25 το 2012, σε 12,5 το 2016, σε 6,25 το 2020 και θα μειωθεί σε 3,125 το 2024.



Εικόνα 3: Παραγωγή Bitcoin (Πηγή <https://currency.com/what-is-bitcoin-halving>)

Στο κώδικα του Bitcoin επίσης υπάρχει ο όρος του περιορισμού της παραγωγής στα 21 εκατομμύρια νομίσματα, γεγονός που παράλληλα με το halving έχει ως στόχο την προστασία του νομίσματος από τον πληθωρισμό. Επίσης παρατηρώντας τις προηγούμενες διαδικασίες halving φαίνεται ότι η τιμή διαπραγμάτευσης του Bitcoin ακολούθησε ανοδική πορεία με υψηλές αποδόσεις τους επόμενους μήνες από το halving, τόσο το 2012, το 2016 όσο και 2020, γεγονός που δείχνει ότι το halving επηρεάζει θετικά την τιμή του νομίσματος και θεωρείται σημαντική ψυχολογική συνιστώσα αγοράς.

Συναλλαγές μέσω Bitcoin

Μια συναλλαγή μέσω Bitcoin υπογράφεται ψηφιακά από τον ιδιοκτήτη και τους προηγούμενους ιδιοκτήτες και έτσι δίδεται εξουσιοδότηση για την μεταφορά του ποσού στο τρίτο μέλος. Έπειτα μεταδίδεται η συναλλαγή στο δίκτυο bitcoin, επιβεβαιώνεται η ορθότητα των στοιχείων και των υπογραφών από όλους τους χρήστες του δικτύου και στη πορεία ένας miner αναλαμβάνει την δημιουργία του νέου block στο blockchain καθώς και την έκδοση απόδειξης εργασίας (proof of work). Αφού καταγράφηκε στο blockchain και επιβεβαιώθηκε η συναλλαγή αποτελεί πλέον μόνιμο μέρος του αρχείου συναλλαγών και είναι αποδεκτή ως έγκυρη από όλους τους χρήστες του δικτύου και έτσι η μεταφορά έχει ολοκληρωθεί. Επιπλέον για να πραγματοποιηθεί η συναλλαγή, ο χρήστης που μεταβιβάζει πρέπει να διαθέτει ένα

“ιδιωτικό κλειδί”, που αποτελεί την απόδειξη κατοχής των Bitcoin και απαιτείται για την πρόσβαση στο ψηφιακό του πορτοφόλι. Επίσης πρέπει να γνωρίζει και το δημόσιο κλειδί του χρήστη που θα λάβει τα Bitcoin. Το δημόσιο κλειδί ουσιαστικά αποτελεί ένα ψηφιακό πορτοφόλι όπου λαμβάνει και αποθηκεύει κάποιος ψηφιακά νομίσματα. Είναι ουσιαστικά η διεύθυνση που μπορεί να σου στείλει κάποιος Bitcoin. Στην συνέχεια ο νέος κάτοχος μπορεί να κάνει την ίδια διαδικασία για να μεταβιβάσει εκ νέου μέρος από τα Bitcoin που διαθέτει.

Υπάρχουν διάφορα ανταλλακτήρια κρυπτονομισμάτων που διευκολύνουν τις συναλλαγές όπως το Coinbase, το Kraken, το Binance.com και πολλά άλλα τα οποία. Τα ανταλλακτήρια αυτά λαμβάνουν fees για τις συναλλαγές, ενώ πολλά από αυτά παρέχουν και υπηρεσία ψηφιακού πορτοφολιού.

Το Bitcoin είναι ένα νόμισμα το οποίο έχει πολύ μεγάλες διακυμάνσεις στην τιμή του και σίγουρα πρέπει να θεωρηθεί ως μια υψηλού ρίσκου επένδυση. Υψηλό ρίσκο όμως συνεπάγεται και υψηλές αποδόσεις. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα με τις ημερήσιες τιμές του νομίσματος (<https://coinmarketcap.com/> - link από <https://finance.yahoo.com/cryptocurrencies> - ημερομηνία ανάκτησης 24/01/2020).



Εικόνα 4: Ημερήσιες τιμές BITCOIN (Πηγή <https://finance.yahoo.com>)

Από το διάγραμμα βλέπουμε την ραγδαία αύξηση της τιμής του κρυπτονομίσματος το 2017 με all time high τα \$20.089 στις 17 Δεκεμβρίου 2017. Μέσα σε ένα χρόνο από \$900-930 έφτασε να κοστίζει παραπάνω από \$20.000. Είναι εύλογο λοιπόν να συμπεράνουμε ότι με το Bitcoin παρουσιάστηκαν μεγάλα περιθώρια κέρδους στο παρελθόν, καθώς κάποιος που αγόρασε π.χ. 100 Bitcoin με \$93.000 και τα πούλησε 17/12/2017 στα \$2.008.900 θα είχε κέρδος \$1.915.900 ενώ η επένδυση του θα είχε ποσοστό απόδοσης 2.060% που κρίνεται υπερβολικά υψηλό. Επίσης από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι το τελευταίο διάστημα και συγκεκριμένα από τα μέσα Οκτώβριου και έπειτα, το νόμισμα ξεκίνησε ένα νέο ανοδικό «ράλι» φτάνοντας σε νέο all time high με τιμή διαπραγμάτευσης τα \$41,962.36 στις 8 Ιανουαρίου 2021, γεγονός που σίγουρα θα αποτελέσει αντικείμενο μελέτης σε μελλοντικές έρευνες από την επιστημονική κοινότητα. Βεβαία η τιμή του Bitcoin παρουσιάζει πολλά και συχνά «σκαμπανεβάσματα», συνεπώς δεν προτείνεται σε έναν risk averse επενδυτή. Η διακύμανση αυτή των τιμών οφείλεται στο γεγονός ότι τα bitcoin μπορούν να μεταφερθούν σε οποιονδήποτε παγκοσμίως χωρίς να υπάρχει έλεγχος και περιορισμός για τον όγκο των συναλλαγών από κάποια κεντρική αρχή ή τράπεζα ενώ η συναλλαγή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης το Bitcoin έχει μικρότερο όγκο συναλλαγών (volume) συγκριτικά με τα fiat νομίσματα γεγονός που το καθιστά πιο επιρρεπές σε διακυμάνσεις, αναλογικά με την προσφορά και την ζήτηση του. Τέλος όπως συμβαίνει και στο χρηματιστήριο, καλές ή κακές ειδήσεις αναφορικά με το νόμισμα επηρεάζουν την προσφορά και την ζήτηση του, όπως για παράδειγμα κλοπές από χάκερ που γίνονται γνωστές.

Το καινοτόμο αυτό νόμισμα έχει διχάσει την κοινότητα των οικονομολόγων και αποτελεί αντικείμενο μελέτης, με ένα μέρος αυτών να υποστηρίζει ότι ήρθε για να μείνει και θα αποτελέσει το νόμισμα του μέλλοντος, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι αποτελεί μια «φούσκα» που κάποια στιγμή, θα «σκάσει» συγκρίνοντας το με την φούσκα της τουλίπας στην Ολλανδία το 1637, την φούσκα με την αγορά ακινήτων το 2007 κλπ.

Παρακάτω θα αναλύσουμε μερικά από τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ψηφιακού αυτού νομίσματος

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Bitcoin

Τα βασικά πλεονεκτήματα του Bitcoin είναι:

1. Ελευθερία, ευκολία και ταχύτητα συναλλαγών: Δίνει την δυνατότητα πραγματοποίησης οποιασδήποτε συναλλαγής αμέσως, σε οποιοδήποτε μέρος στον κόσμο, οποιαδήποτε στιγμή, ακόμα και σαββατοκύριακα και αργίες. Οι συναλλαγές μπορούν να γίνουν ακόμα και από κινητό τηλέφωνο αρκεί να υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο.
2. Μη ύπαρξη διαμεσολαβητή: Οι συναλλαγές διενεργούνται μεταξύ των χρηστών χωρίς να υπάρχει διαμεσολάβηση και έλεγχος από την κεντρική τράπεζα και με ελάχιστα ή μηδαμινά τέλη συναλλαγών.
3. Ανωνυμία στις συναλλαγές: Οι συναλλαγές είναι κρυπτογραφημένες και απρόσωπες και παρέχουν ανωνυμία στους χρήστες.
4. Διαφάνεια συναλλαγών: Μέσω του συστήματος blockchain όλες οι συναλλαγές καταγράφονται και αποθηκεύονται όποτε υπάρχει ένα ψηφιακό βιβλίο που περιλαμβάνει το ιστορικό όλων των συναλλαγών που έχουν γίνει.
5. Ασφάλεια συναλλαγών: Η δομή του συστήματος είναι έτσι δομημένη που είναι δύσκολο να παραβιαστεί από τρίτους. Μια ύποπτη συναλλαγή απορρίπτεται από το σύστημα του blockchain και δεν ολοκληρώνεται.

Τα βασικά μειονεκτήματα του Bitcoin είναι:

1. Αδυναμία πληρωμών και αποδοχής νομίσματος: Στην αγορά, το bitcoin δεν χαίρει ακόμα ευρείας αποδοχής καθώς οι επιχειρήσεις που δέχονται ως αντάλλαγμα bitcoin για τις υπηρεσίες ή τα εμπορεύματα που παρέχουν είναι ελάχιστες, ενώ η αξία του ψηφιακού νομίσματος έχει μεγάλες διακυμάνσεις στην αξία συγκριτικά με τα fiat νομίσματα, κάτι που αποτρέπει πολλές επιχειρήσεις από το να το αποδεχτούν.
2. Παράνομη χρήση: Η ανωνυμία που παρέχει το ψηφιακό αυτό νόμισμα και η δυνατότητα πραγματοποίησης συναλλαγών χωρίς την εποπτεία κάποιας κεντρικής τράπεζας έχουν προσελκύσει χρήστες που ενδιαφέρονται για παράνομες δραστηριότητες, όπως ξέπλυμα «μαύρου χρήματος», χρηματοδότηση τρομοκρατικών οργανώσεων κλπ.

3. Ασφάλεια: Το σύστημα blockchain έχει «δυνατές» δικλίδες ασφαλείας αλλά είναι σχετικά ένα νέο δίκτυο και δεν γνωρίζουμε στο μέλλον αν μπορέσουν διάφοροι χάκερς να ξεπεράσουν τις δικλίδες αυτές. Υπάρχουν βεβαία και κρούσματα κλοπών από χάκερς, κυρίως χακάροντας ανταλλακτήρια όπως η κλοπή 41 εκατ. Δολαρίων από το ανταλλακτήριο Binance τον Μάιο του 2019. Ο χρήστης σε αυτές τις περιπτώσεις δεν έχει νομική προστασία.
4. Μη αναστρέψιμες συναλλαγές: Όλες οι συναλλαγές που γίνονται μέσω bitcoin είναι τελικές και δεν δύναται να ανακληθούν. Έτσι ο αποστολέας δεν είναι σε θέση να «προσβάλει» την συναλλαγή και να απαιτήσει τα χρήματα του πίσω αν το εμπόρευμα ή η υπηρεσία που έλαβε διαφέρει σε ποιότητα από την συμφωνηθείσα.
5. Απώλεια κλειδιών: Ο κάτοχος bitcoin πρέπει να αποθηκεύσει τα ιδιωτικά κλειδιά των bitcoin του. Αν απωλέσει τον κωδικό του ιδιωτικού του κλειδιού δεν υπάρχει η δυνατότητα ανάκλησης του και ουσιαστικά χάνεται ο έλεγχος και η κατοχή των bitcoin που διαθέτει.
6. Μεγάλες διακυμάνσεις στην τιμή συναλλάγματος: Το bitcoin έχει μεγάλο συναλλαγματικό κίνδυνο. Η αξία του αλλάζει συνεχώς και έχει πολλά ανοδικά ή καθοδικά «ράλι». Συνεπώς θεωρείται υψηλού ρίσκου επένδυση για κάποιον επενδυτή.
7. Ασαφές νομικό και φορολογικό πλαίσιο: Δεν υπάρχει σαφή νομικό πλαίσιο στο διεθνές δίκαιο για το bitcoin ενώ ταυτόχρονα υπάρχει ασάφεια για την νομιμοποίηση κερδών από τις συναλλαγματικές διαφορές του.
8. Ανώτατο όριο παραγωγής bitcoin: Το ανώτατο όριο bitcoin είναι τα 21 εκατομμύρια οπότε η παραγωγή του θα εκλείψει στο μέλλον.
9. Υψηλή κατανάλωση ενέργειας: Η διαδικασία του mining απαιτεί τεράστια ποσότητα κιλοβατώραων ηλεκτρικού ρεύματος, με το σύνολο των καταναλώσεων που καταγράφονται να πλησιάζουν τις καταναλώσεις ενός ολόκληρου κράτους. Το ηλεκτρικό ρεύμα παράγεται κυρίως από καύση άνθρακα, ο οποίος θεωρείται φορέας ρύπανσης του περιβάλλοντος.

3.3. Ethereum

Μετά την επανάσταση που δημιούργησε το Bitcoin και η τεχνολογία blockchain, πολλοί προσπάθησαν να δημιουργήσουν κρυπτονομίσματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά και λειτουργίες.

Έτσι προτάθηκε στα τέλη του 2013 το Ethereum από τον Βιτάλικ Μπουτέριν, ερευνητή και προγραμματιστή. Η ανάπτυξη του χρηματοδοτήθηκε το καλοκαίρι του 2014 και δημιουργήθηκε, εν τέλει, τον Ιούλιο του 2015.

Όπως και το Bitcoin, το Ethereum είναι ένα έργο ανοικτού πηγαίου κώδικα με αποκεντρωμένη φύση που δεν ελέγχεται από κάποια κυβέρνηση αλλά μόνο από τους χρήστες του. Ουσιαστικά το Ethereum είναι παράλληλα και κρυπτονομίσμα αλλά και μια πλατφόρμα ή ένα δίκτυο υπολογιστών-χρηστών. Το νόμισμα που τροφοδοτεί την πλατφόρμα αυτή ονομάζεται Ether που είναι το νόμισμα που χρησιμοποιείται για την πληρωμή της αμοιβής ανά συναλλαγή. Το όραμα πίσω από την δημιουργία του Ethereum, είναι να δημιουργηθεί ένας παγκόσμιος υπολογιστής στον οποίο ο καθένας μπορεί να δημιουργήσει εφαρμογές με αποκεντρωμένο τρόπο, όπως αποκεντρωμένες (DEFI) εφαρμογές δανεισμού, ανταλλαγών, real estate κλπ. Όλα αυτά χωρίς να μεσολαβεί κάποια τράπεζα ή τρίτος στη συναλλαγή.

Η βασική του λειτουργία βρίσκεται στο ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει DEFI εφαρμογές, για την δημιουργία έξυπνων συμβολαίων (smart contracts) μεταξύ των χρηστών. Ένα smart contract είναι ένα προγραμματιζόμενο συμβόλαιο που επιτρέπει σε δύο αντισυμβαλλόμενους να καθορίσουν τους όρους μιας συναλλαγής χωρίς να χρειάζεται να μεσολαβήσει κάποιος τρίτος για την εκτέλεση. Οι έξυπνες συμβάσεις λειτουργούν με την αρχή «αν αυτό, τότε αυτό». Όποτε όταν μια συγκεκριμένη προϋπόθεση πληρείται, τότε η έξυπνη σύμβαση θα εκτελεί τη λειτουργία όπως έχει προγραμματιστεί.

Για παράδειγμα ένα έξυπνο συμβόλαιο δανεισμού θα μπορούμε να περιλαμβάνει τον δανεισμό 1.200€ με πληρωμή 120€ +5% τόκο από τον δανειζόμενο κάθε μήνα για 12 μήνες. Εφόσον αποδεχτούν οι αντισυμβαλλόμενοι τους όρους του δανείου το smart contract δημιουργείται χωρίς να έχουν εμπλακεί τράπεζες και λοιποί τρίτοι στη διαδικασία, και χωρίς χρέωση επιπλέον εξόδων όπως κόστος φακέλου δανείου κλπ.

Για την σύνταξη αυτών των «έξυπνων συμβολαίων» χρησιμοποιούνται γλώσσες προγραμματισμού με τις πιο διαδομένες να είναι η Solidity που έχει κοινά στοιχεία με την C++ και την Vyper που έχει πολλές ομοιότητες με την Python.

Ethereum Gas

Στο Ethereum, όλες οι συναλλαγές και η εκτέλεση έξυπνων συμβάσεων απαιτούν μια μικρή χρέωση που ονομάζεται Gas. Σε τεχνικούς όρους, το Gas αναφέρεται στη μονάδα μέτρησης του ποσού της υπολογιστικής προσπάθειας και ενέργειας που απαιτείται για την εκτέλεση μιας συναλλαγής ή ενός έξυπνου συμβολαίου. Όσο πιο περίπλοκη είναι η λειτουργία εκτέλεσης, τόσο περισσότερο αέριο απαιτείται για την εκπλήρωση αυτής της λειτουργίας. Η χρέωση gas εξοφλείτε με το βασικό νόμισμα του Ethereum το Ether.

Η έννοια του Gas εισήχθη για να διατηρήσει μια ξεχωριστή τιμή που δείχνει αποκλειστικά την κατανάλωση προς υπολογιστικά έξοδα στο δίκτυο Ethereum. Αυτό επιτρέπει τη διατήρηση της διάκρισης μεταξύ της πραγματικής αποτίμησης του κρυπτονομίσματος και του υπολογιστικού κόστους. Οι χρεώσεις Gas είναι πληρωμές που πραγματοποιούνται από τους χρήστες για να αντισταθμίσουν την υπολογιστική ενέργεια που απαιτείται για την επεξεργασία και την επικύρωση συναλλαγών στην blockchain πλατφόρμα του Ethereum. Το "όριο αερίου (Gas)" αναφέρεται στη μέγιστη ποσότητα Gas, που δηλώνει κάποιος χρήστης ότι είναι διατεθειμένος να δαπανήσει για μια συγκεκριμένη συναλλαγή και αναμένει αποδοχή από κάποιον Ethereum miner. Οι Ethereum miners, εκτελούν όλα τα σημαντικά καθήκοντα της επαλήθευσης και επεξεργασίας μιας συναλλαγής, και λαμβάνουν αυτή την αμοιβή για τις υπολογιστικές υπηρεσίες τους και για την ενέργεια που κατανάλωσαν. Εάν το όριο αμοιβής σε Gas έχει οριστεί πολύ χαμηλά, οι miners μπορούν να επιλέξουν να αγνοήσουν τέτοιες συναλλαγές.

Η τιμή του Gas μπορεί να κυμαίνεται στο χρόνο ανάλογα με τη ζήτηση του δικτύου. Εάν υπάρχουν περισσότερα άτομα που αλληλοεπιδρούν στο blockchain Ethereum, λόγω του περιορισμένου ποσού πόρων υπολογιστών στο δίκτυο, η τιμή του μπορεί να αυξηθεί. Αντίθετα, όταν το δίκτυο δεν χρησιμοποιείται, η αγοραία τιμή του Gas ενδέχεται να μειωθεί.

Από το Ethereum στο Ethereum 2.0

Στα τελευταία νέα του Ethereum, έχουμε στην επικείμενη αναβάθμιση που έχει προγραμματιστεί να συμβεί από το Ethereum στο Ethereum 2.0. Το Ethereum 2.0 είναι μια αναβάθμιση στο ήδη υπάρχον blockchain του Ethereum που βασικός του

στόχος του είναι να αυξήσει την ταχύτητα, την αποδοτικότητα και την επεκτασιμότητα του δικτύου Ethereum, επιτρέποντάς του να αντιμετωπίσει τα σημεία συμφόρησης και να αυξήσει τον αριθμό των συναλλαγών με μικρότερο κόστος.

Το Ethereum 2.0 έχει κάποιες θεμελιώδεις αλλαγές στη δομή και το σχεδιασμό του σε σύγκριση με την προηγούμενη έκδοση. Οι δύο σημαντικές αλλαγές είναι το «proof of stake» και το «sharding».

Με το «proof of stake» έχουμε επικυρωτές συναλλαγών αντί για miners. Ο κύριος ρόλος τους είναι να προτείνουν νέα μπλοκ, να παρέχουν υπολογιστική ισχύ, αποθήκευση και το εύρος ζώνης για την επικύρωση των συναλλαγών. Για την εργασία τους αυτή λαμβάνουν πληρωμές σε ETH. Για να εξασφαλιστεί η καλή πρακτική τους, οι επικυρωτές είναι υποχρεωμένοι να υπογράψουν ένα συμβόλαιο κατάθεσης 32 Ethereum που μένει δεσμευμένο.

Το «Sharding» είναι η διαδικασία διαχωρισμού μιας blockchain πλατφόρμας σε πολλαπλές blockchain πλατφόρμες γνωστές ως θραύσματα (shards). Η διαδικασία αυτή κάνει ολόκληρο το δίκτυο πιο αποτελεσματικό, καθώς ένας μεμονωμένος επικυρωτής δεν χρειάζεται να χειρίζεται μόνος του μεγάλο φόρτο εργασίας. Κάθε επικυρωτής διατηρεί πληροφορίες σχετικά με το shard του ενώ ανά καιρούς γίνεται ανακατανομή τους σε νέα shards για μεγαλύτερη ασφάλεια και για μην υπάρχει χειραγώγηση.

Η διαδικασία μετάβασης από το Ethereum στο Ethereum 2.0 θεωρείται αρκετά χρονοβόρα και θα πραγματοποιηθεί σε 3 φάσεις, όπου θα δοθεί η δυνατότητα ανταλλαγής των αρχικών Ethereum με Ethereum 2 με αναλογία 1 προς 1.

Η Φάση 0 ξεκίνησε τον Δεκέμβριο του 2020 με την εφαρμογή της Beacon Chain που χρησιμοποιείται για να αποθηκεύει το μητρώο επικυρωτών και να αναπτύσσει τον μηχανισμό συναίνεσης της απόδειξης εργασίας.

Η Φάση 1 αναμένεται να ξεκινήσει το 2021 όπου θα πραγματοποιηθεί το sharding με 64 shards να δημιουργούνται σε πρώτη φάση. Η αλυσίδα Ethereum 1.0 θα γίνει θραύση του Ethereum 2.0 και οι μεταφορές θα ενεργοποιηθούν.

Στη Φάση 2, τα θραύσματα θα καταστούν πλήρως λειτουργικά και συμβατά με τις έξυπνες συμβάσεις. Πλέον θα έχουμε την τελική μορφή του Ethereum 2.0 όπου το

ETH θα συγχωνευτεί στο ETH2 και θα ξεκινήσει μια νέα εποχή για το κρυπτονόμισμα .

Η κύρια διαφορά μεταξύ του Ethereum 2.0 και του αρχικού είναι ο μηχανισμός συναίνεσης που χρησιμοποιούν. Το Ethereum χρησιμοποιεί μηχανισμό απόδειξης εργασίας (Proof of work), ενώ το Ethereum 2.0 χρησιμοποιεί μηχανισμό απόδειξης πονταρίσματος (Proof of stake).

Η απόδειξη του μηχανισμού εργασίας είναι μια ενεργειακά εντατική διαδικασία στην οποία πολύπλοκοι μαθηματικοί γρίφοι αποκωδικοποιούνται από τους ανθρακωρύχους με τη βοήθεια της επεξεργαστικής δύναμης του υπολογιστή. Αυτό χρησιμοποιείται επίσης για την επαλήθευση νέων συναλλαγών. Όποιος αποκωδικοποιήσει πρώτα το γρίφο, προσθέτει μια νέα συναλλαγή που περιέχει τις προηγούμενες εγγραφές συναλλαγών που αποτελούν το blockchain. Το Proof of stake είναι ένας περισσότερο αποδοτικός ενεργειακά μηχανισμός σε σύγκριση με το Proof of work, δεδομένου ότι χρησιμοποιεί λιγότερη υπολογιστική ισχύ για να ασφαλίσει ένα blockchain.

Στην απόδειξη του μηχανισμού πονταρίσματος, το crypto χρησιμοποιείται για την επαλήθευση μιας συναλλαγής από τους επικυρωτές συναλλαγών αντί των miners. Όταν η πλειοψηφία των επικυρωτών επιβεβαιώσουν ότι έχουν δει το μπλοκ, προστίθεται στο blockchain και ανταμείβονται για την επιτυχή διεξαγωγή της πρότασης μπλοκ.

Διαφορές Ethereum με Bitcoin

Η βασική διαφορά μεταξύ αυτών των 2 περιουσιακών στοιχείων είναι ότι το Bitcoin αποτελεί μόνο ένα κρυπτονόμισμα που χρησιμοποιείται για συναλλαγές, ενώ το Ethereum είναι παράλληλα κρυπτονόμισμα αλλά και μια πλατφόρμα όπου βρίσκουν χώρο δράσης Defi εφαρμογές. Αυτό προσδίδει μεγαλύτερο εύρος λειτουργιών και επιλογών για το Ethereum. Το Ethereum είναι πιο γρήγορο από το Bitcoin καθώς μια συναλλαγή σε ένα μπλοκ διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα ενώ στο Bitcoin 9-10 λεπτά κατά μέσο όρο. Ο όρος halving δεν υπάρχει στο Ethereum και η παραγωγή του είναι σταθερή στα 5 ETH ανά μπλοκ. Επίσης διαφέρουν στο σκοπό που δημιουργήθηκαν, καθώς το Bitcoin δημιουργήθηκε για να ανταγωνιστεί τα παραδοσιακά νομίσματα και τον χρυσό με αποκεντρωμένη φύση, ενώ το Ethereum

για να δημιουργεί αποκεντρωμένες και μη ελεγχόμενες εφαρμογές μεταξύ χρηστών με τη χρήση έξυπνων συμβολαίων.

3.4. S&P 500

Ο δείκτης Standard & Poor's 500 που σε συντομογραφία αναφέρεται ως S&P 500 είναι ένας από τους πιο γνωστούς και αντιπροσωπευτικούς χρηματιστηριακούς δείκτες της Αμερικάνικης αγοράς. Εισήχθη το 1957 από την Αμερικανική εταιρεία παροχής χρηματοοικονομικών υπηρεσιών Standard & Poor's Financial Services και αποτελεί ένα βασικό δείκτη και σημείο αναφοράς για το χρηματιστήριο των ΗΠΑ. Περιλαμβάνει επιχειρήσεις από διάφορους τομείς δραστηριοτήτων όπως η υγειονομική περίθαλψη, η πληροφορική, οι επενδυτικές τραπεζικές υπηρεσίες, ο χρηματομεσιτικός τομέας, η συνδρομητική τηλεόραση κλπ. Συγκεκριμένα ο δείκτης περιλαμβάνει 500 εταιρείες, όπου ενδεικτικά κάποιες από αυτές είναι η Apple, η Procter & Gamble Company, η Johnson & Johnson, η Facebook Inc, η Amazon.com Inc, η Microsoft, η Walt Disney, το Netflix κλπ.

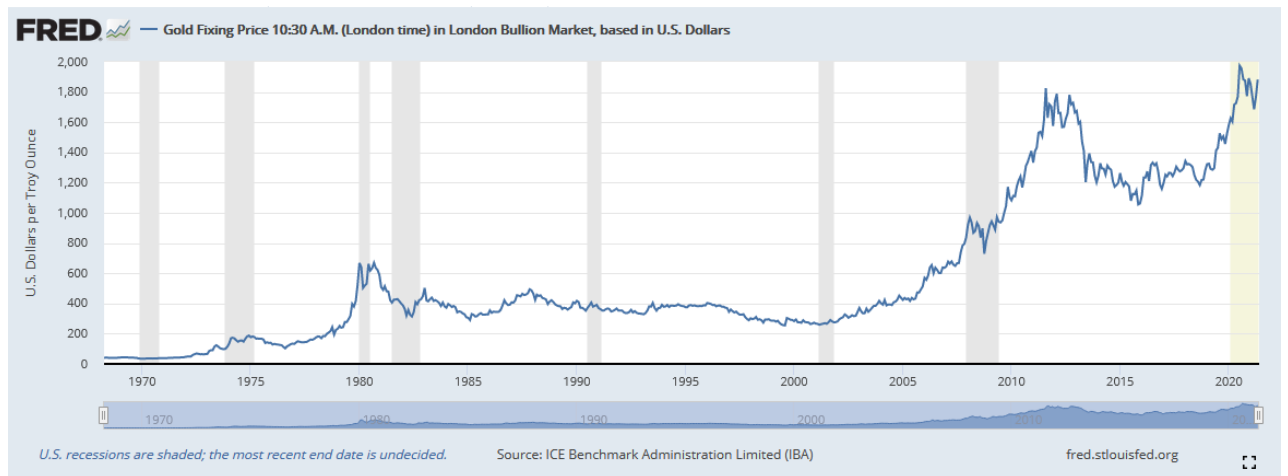
Ο S&P 500 παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη VIX και χρησιμοποιείται από επενδυτές για την πρόβλεψη και τον υπολογισμό της μεταβλητότητας της αγοράς του S&P 500. Ο δείκτης VIX δημιουργήθηκε από το Chicago Board Options Exchange (CBOE) το 1990 και δείχνει την μεταβλητότητα που αναμένεται να έχει η αγορά του S&P 500 τις επόμενες 30 ημέρες. Ο δείκτης αυτός έχει λάβει τις υψηλότερες τιμές του κατά τη διάρκεια της πτώσης της χρηματιστηριακής αγοράς τον Οκτώβριο του 1987, κατά την κρίση του 2008 και τον Μάρτιο του 2020 κατά την κρίση του COVID-19.

3.5. Χρυσός

Ο χρυσός αποτελεί ένα περιουσιακό στοιχείο, με την ιδιαιτερότητα ότι είναι παράλληλα μια πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται στην μεταποίηση αλλά και ένα διαδεδομένο επενδυτικό προϊόν.

Σαν επένδυση θεωρείται ασφαλής επιλογή με χαμηλό κίνδυνο για μακροχρόνια επένδυση, ανεξάρτητα την οικονομική κατάσταση στην οποία βρίσκεται μια οικονομία. Σε οικονομίες που επικρατεί οικονομική ευμάρεια, η ζήτηση προϊόντων

που βασίζονται σε χρυσό τείνει να αυξάνεται, ενώ σε οικονομίες σε ύφεση και σε περιπτώσεις συνεχών υποτιμήσεων οι επενδυτές τείνουν να επιλέγουν υψηλής ποιότητας επενδυτικά προϊόντα ώστε να προφυλάξουν το κεφάλαιο τους.



Εικόνα 5: Γράφημα Χρυσού ανά τα έτη (Πηγή <https://fred.stlouisfed.org/>)

Στο γράφημα του Χρυσού ανά τα έτη απεικονίζεται η δυναμική του και φαίνεται ότι η διάφορες κρίσεις επηρέασαν ελάχιστα την τιμή διαπραγμάτευσης του, καθιστώντας το ένα ασφαλές asset για αποταμίευση και επένδυση.

Ο Χρυσός και το Bitcoin θεωρούνται ανταγωνιστικά επενδυτικά προϊόντα με αρκετά κοινά αλλά και διαφορές. Αποτελούν και τα δύο επενδυτικά προϊόντα που προσφέρουν διαφοροποίηση στο χαρτοφυλάκιο. Παράλληλα και τα δύο θεωρούνται assets που προφυλάσσουν τα κεφάλαια από πληθωριστικές τάσεις και υποτιμήσεις νομισμάτων, κάτι που είδαμε να συμβαίνει και στην κρίση του Covid-19. Έχουν και πολλές διαφορές βέβαια, με την κυριότερη να είναι η υψηλή διακύμανση που παρουσιάζει το Bitcoin διαχρονικά, χαρακτηρίζοντας το έτσι ως πιο ριψοκίνδυνο επενδυτικό προϊόν.

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην έρευνα αυτή θα προσπαθήσουμε να εξετάσουμε τη σχέση των 2 πιο διαδεδομένων κρυπτονομισμάτων, το Bitcoin και το Ethereum μεταξύ τους, άλλα και τη σχέση που παρουσιάζουν με τον χρηματιστηριακό δείκτη S&P 500 και το περιουσιακό στοιχείο του Χρυσού. Το πρόγραμμα στατιστικής που θα χρησιμοποιηθεί στην έρευνα είναι το Gretl.

Το δείγμα που θα χρησιμοποιήσουμε αφορά 5 έτη και συγκεκριμένα το διάστημα από 01/01/2016 έως 31/12/2020 και αφορά ημερήσιες τιμές κλεισίματος. Ένα από τα προβλήματα που συναντήσαμε είναι ότι για το ίδιο διάστημα υπήρχε ασυμφωνία στις παρατηρήσεις των χρονοσειρών καθώς τα κρυπτονομίσματα είχαν τιμές και τα Σαββατοκύριακα. Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε τη σχέση τους έπρεπε να ο αριθμός των παρατηρήσεων όλων των χρονοσειρών να συμφωνεί οπότε αφαιρέθηκαν οι τιμές από τα Σαββατοκύριακα. Η κάθε χρονοσειρά λοιπόν περιλαμβάνει 1.258 παρατηρήσεις.

Επιπλέον στα δεδομένα που αντλήθηκαν από τους διαδικτυακούς τόπους <https://finance.yahoo.com> και <https://gr.investing.com> και <https://www.stlouisfed.org>, παρατηρήθηκαν μη διαθέσιμες τιμές σε κάποιες ημερομηνίες. Σε αυτές τις ημερομηνίες χρησιμοποιήθηκε η τιμή της επόμενης ημέρας. Οι μη διαθέσιμες τιμές ήταν λίγες σε αριθμό και συνεπώς δεν θα επηρεάσουν αισθητά το υπόδειγμα μας.

Αρχικά θα παρουσιάσουμε τα περιληπτικά στατιστικά δεδομένα των χρονοσειρών του υποδείγματος που θα εξετάσουμε, θα αναλύσουμε την κυρτότητα και την ασυμμετρία που παρουσιάζουν και θα εξετάσουμε αν ακολουθούν κανονική κατανομή ή όχι.

Έπειτα θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, ώστε να εξετάσουμε τη σχέση των μεταβλητών και πως μια ενδεχόμενη αλλαγή σε μια ανεξάρτητη μεταβλητή θα επηρεάσει την εξαρτημένη. Η μέθοδος θα υλοποιηθεί σε δύο στάδια, χρησιμοποιώντας την σειρά του Bitcoin στο πρώτο στάδιο ως εξαρτημένη και οι υπόλοιπες τρεις σειρές θα λειτουργούν ως ανεξάρτητες και την σειρά του Ethereum στο δεύτερο στάδιο ως εξαρτημένη και οι υπόλοιπες τρεις σειρές ως ανεξάρτητες.

Το επόμενο βήμα που θα ακολουθήσουμε αφορά στον έλεγχο μοναδιαίας ρίζας για τον έλεγχο στασιμότητας των μεταβλητών μας με την μέθοδο Augmented Dickey–Fuller (ADF) και την μέθοδο Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin (KPSS). Οι χρονοσειρές του υποδείγματος σπάνια παρουσιάζουν στασιμότητα και για αυτό το λόγο θα κάνουμε έλεγχο στασιμότητας και για τους λογάριθμους των μεταβλητών αλλά θα εξετάσουμε και τις λογαριθμικές διαφορές τους. Ο λόγος που θα γίνει ο έλεγχος αυτός είναι γιατί κάποια υποδείγματα που θα χρησιμοποιήσουμε απαιτούν στασιμότητα των μεταβλητών.

Συνεχίζοντας την έρευνα μας θα εξετάσουμε υποδείγματα GARCH. Το υπόδειγμα GARCH χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της μεταβλητότητας που εξαρτάται

από παρελθούσες τιμές του τετραγώνου των καταλοίπων (ϵ_i^2) και τις παρελθούσες τιμές διακύμανσης (σ_i^2). Θα ερευνήσουμε το κατά πόσο υπάρχουν οι προϋποθέσεις του υποδείγματος στις χρονοσειρές που είναι η στασιμότητα, η ομαδοποίηση μεταβλητότητας και Arch effect στα κατάλοιπα. Εφόσον τηρούνται οι προϋποθέσεις θα αναπτύξουμε και θα αναλύσουμε το GARCH(1,1) υπόδειγμα για την σειρά του Bitcoin και Ethereum. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε δύο παραλλαγές του υποδείγματος το Exponential GARCH (EGARCH) και το Threshold GARCH (TGARCH). Αυτά τα ασύμμετρα Garch υποδείγματα είναι χρήσιμα στο να εξετάσουμε αν παρατηρείται ή όχι φαινόμενο μόχλευσης στο υπόδειγμα μας και αν τα άσχημα νέα επηρεάζουν τις χρονοσειρές μας.

Στη συνέχεια θα κάνουμε έλεγχο εκθέτη Hurst, μια μέθοδο που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της μακροχρόνιας μνήμης των χρονοσειρών. Πιο συγκεκριμένα θα εξετάσουμε την τιμή του εκθέτη Hurst για τις χρονοσειρές Bitcoin και Ethereum, ώστε να παρατηρήσουμε αν υπάρχει μακροχρόνια μνήμη και αν οι παρελθούσες τιμές επηρεάζουν τις μελλοντικές.

Μετά τον έλεγχο του εκθέτη Hurst θα προχωρήσουμε σε έλεγχο συνολοκλήρωσης Johansen. Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης Johansen θα μας δείξει αν υπάρχει μακροχρόνια σχέση μεταξύ των τεσσάρων χρονοσειρών μας, αν κινούνται μαζί και εάν έχουν την ίδια τάση. Θα αντλήσουμε πληροφορίες δηλαδή για το κατά πόσο η σειρά του Bitcoin και του Ethereum κινούνται παράλληλα και με κοινή τάση, τόσο μεταξύ τους όσο και με τη σειρά S&P500 και τον Χρυσό για το εξεταζόμενο διάστημα.

Έπειτα θα κάνουμε έλεγχο αιτιότητας κατά Granger. Η αιτιότητα κατά Granger είναι μια μέθοδος που εξετάζει την ικανότητα πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών μιας χρονοσειράς χρησιμοποιώντας προηγούμενες τιμές μιας άλλης χρονοσειράς. Από τα αποτελέσματα θα εξαχθούν συμπεράσματα που θα τεκμηριώνουν αν κάποιες από τις χρονοσειρές μας αιτιάζουν κατά Granger κάποιες από τις υπόλοιπες χρονοσειρές του υποδείγματος μας.

Στη διεθνή βιβλιογραφία πολλές μελέτες έχουν ασχοληθεί με ημερολογιακά φαινόμενα σε δείκτες χρηματιστηρίου, μετοχές κλπ. Οι θεωρίες αυτές έρχονται σε αντιδιαστολή με την θεωρία της αποτελεσματικής αγοράς. Έχουν εξεταστεί θεωρίες σχετικά με το ποιες ημέρες της εβδομάδας, ποιοι μήνες του έτους, ακόμα και ποιες

καιρικές συνθήκες παρουσιάζουν υψηλότερες αποδόσεις. Ένα από αυτά τα φαινόμενα θα εξετάσουμε κα εμείς και με αυτό θα ολοκληρώσουμε την ερευνά μας. Το φαινόμενο λοιπόν που θα ερευνήσουμε είναι το φαινόμενο του Ιανουαρίου στα κρυπτονομίσματα του υποδείγματος και για το επιλεγμένο δείγμα μας. Η θεωρία του φαινομένου αναφέρει ότι παρατηρούνται υπεραποδόσεις κατά τον μήνα Ιανουάριο στα διάφορα επενδυτικά προϊόντα για λόγους όπως bonus στελεχών, αναδιαμόρφωση χαρτοφυλακίων, διακοπές Χριστουγέννων κλπ. Στη συγκεκριμένη έρευνα θα χρησιμοποιήσουμε μηνιαίες τιμές του Bitcoin και του Ethereum, θα δημιουργήσουμε ψευδομεταβλητές με το πρόγραμμα στατιστικής, μία ανά μήνα του έτους και θα πραγματοποιήσουμε δύο παλινδρόμσεις με εξαρτημένες μεταβλητές σε κάθε παλινδρόμηση τις `ld_BITCOIN` και `ld_ETHEREUM` και ανεξάρτητες τις ψευδομεταβλητές μας.

5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ- ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

5.1. Περιληπτικά στατιστικά δεδομένα χρονοσειρών

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε τα περιληπτικά στατιστικά δεδομένα των χρονοσειρών του υποδείγματος μας.

Τα στατιστικά αυτά συνοψίζονται:

	Μέσος	Διάμεσος	Ελάχιστο	Μέγιστο
SP500	2683,9	2711,8	1829,1	3735,4
GOLD	1388,4	1299,3	1077,0	2067,2
BITCOIN	6120,5	6450,1	364,33	28841
ETHEREUM	240,35	196,96	0,94200	1299,7
	Τυπ. Απ.	Συντ. μτβλ.	Ασυμμετρία	Κύρτωση-3
SP500	424,06	0,15800	0,19108	-0,53761
GOLD	216,89	0,15622	1,3380	0,72002
BITCOIN	4685,0	0,76547	0,82198	1,1701
ETHEREUM	228,34	0,95000	1,5041	2,6598
	5% εκατοστ.	95% εκατοστ.	IQ εύρος	Απούσεες
SP500	2046,5	3409,1	570,94	0
GOLD	1187,0	1891,3	236,54	0
BITCOIN	431,88	13988	8038,3	0
ETHEREUM	8,1734	727,36	279,86	0

Πίνακας 1: Περιληπτικά στατιστικά

Ο Μέσος μας δείχνει τον μέσο όρο των τιμών, η διάμεσος είναι η μεσαία θέση που χωρίζει τα ιεραρχημένα δεδομένα σε 2 ίσα μέρη, το Ελάχιστο και το Μέγιστο μας δείχνουν την ελάχιστη και μέγιστη τιμή στο δείγμα τιμών αντίστοιχα, η τυπική απόκλιση μετράει την μεταβλητότητα, ο συντελεστής μεταβλητότητας (CV) είναι το κλάσμα τυπ. απόκλισης/μέσο. Παρατηρούμε ότι και οι 4 χρονοσειρές έχουν θετική ασυμμετρία, δηλαδή εξόγκωση προς τα αριστερά και μεγάλη ουρά προς τα δεξιά. Επίσης και οι 4 χρονοσειρές ακολουθούν Πλατύκυρτη κατανομή καθώς ο δείκτης κύρτωσης είναι μικρότερος του 3.

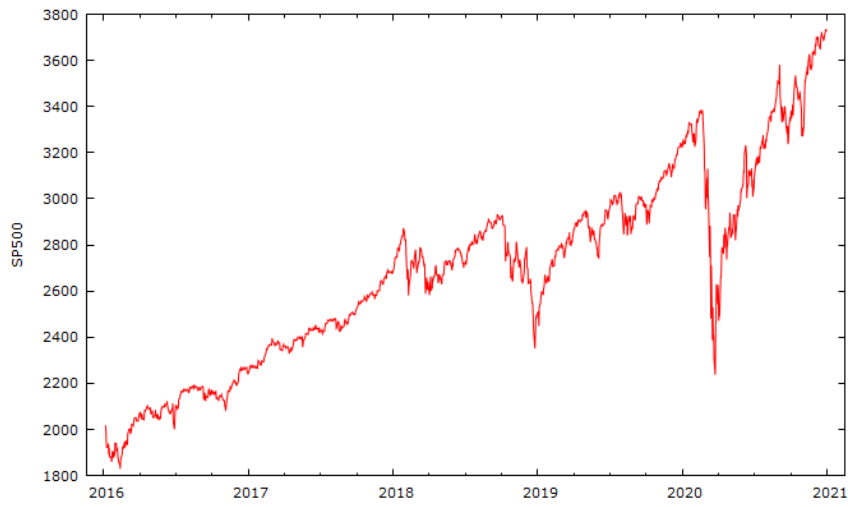
Για την S&P 500 το 5% των ημερήσιων τιμών είναι $\leq 2.046,50\$$ και το 95% $\leq 3.409,10\$$.

Για την GOLD το 5% των ημερήσιων τιμών είναι $\leq 1.187\$$ και το 95% $\leq 1.891.30\$$.

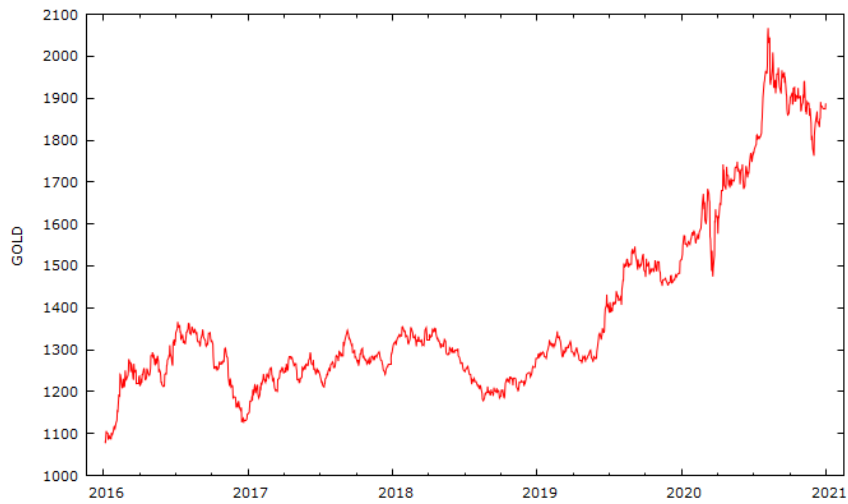
Για την BITCOIN το 5% των ημερήσιων τιμών είναι $\leq 431,88\$$ και το 95% $\leq 13.988\$$.

Για την ETHEREUM το 5% των ημερήσιων τιμών είναι $\leq 8,17\$$ και το 95% $\leq 727,36\$$.

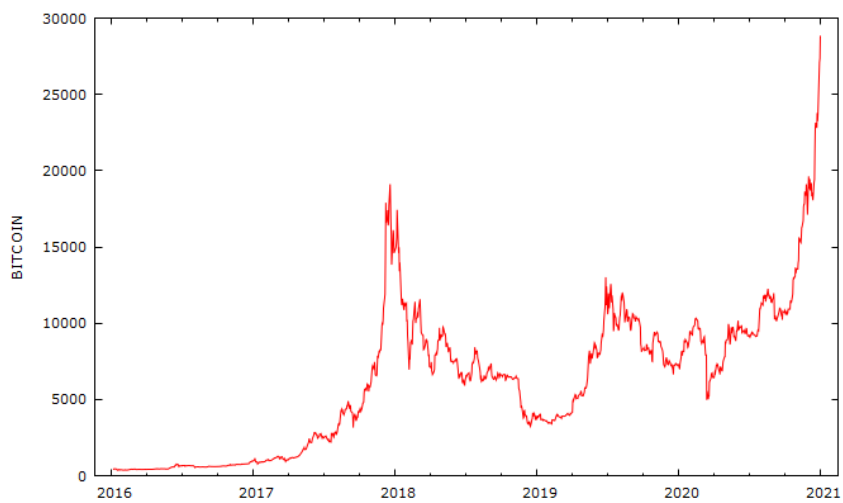
Η γραφικές απεικονίσεις των χρονοσειρών του υποδείγματος μας είναι:



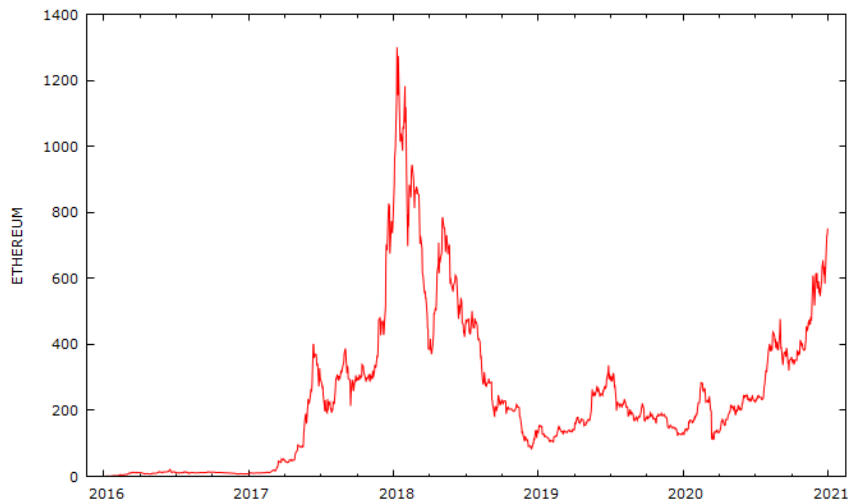
Πίνακας 2: Γραφική απεικόνιση S&P 500



Πίνακας 3: Γραφική απεικόνιση Χρυσού



Πίνακας 4: Γραφική απεικόνιση Bitcoin



Πίνακας 5: Γραφική απεικόνιση Ethereum

Παρατηρούμε ότι όλες οι χρονοσειρές παρουσιάζουν τάση και δεν είναι στάσιμες, Επίσης το γεγονός ότι και στις 4 χρονοσειρές, ο Μέσος διαφέρει από την διάμεσο, καθώς και το ότι έχουν θετική ασυμμετρία και πλατύκυρτη κατανομή, είναι μια ένδειξη ότι οι χρονοσειρές αυτές δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Αυτή την ένδειξη θα εξετάσουμε με τον έλεγχο κανονικότητας Jarque-Bera.

Έλεγχος για κανονικότητα της SP500:

Doornik-Hansen έλεγχος = 33,3837, με p-τιμή 5,63396e-008
 Shapiro-Wilk W = 0,98283, με p-τιμή 4,68663e-011
 Lilliefors έλεγχος = 0,0566671, με p-τιμή ~ 0
 Jarque-Bera έλεγχος = 22,8051, με p-τιμή 1,11667e-005

Έλεγχος για κανονικότητα της GOLD:

Doornik-Hansen έλεγχος = 1276,14, με p-τιμή 7,74486e-278
 Shapiro-Wilk W = 0,814235, με p-τιμή 9,16006e-036
 Lilliefors έλεγχος = 0,249455, με p-τιμή ~ 0
 Jarque-Bera έλεγχος = 402,548, με p-τιμή 3,87081e-088

Έλεγχος για κανονικότητα της BITCOIN:

Doornik-Hansen έλεγχος = 136, με p-τιμή 2,93821e-030
 Shapiro-Wilk W = 0,917282, με p-τιμή 1,15982e-025
 Lilliefors έλεγχος = 0,112302, με p-τιμή ~ 0
 Jarque-Bera έλεγχος = 213,425, με p-τιμή 4,52234e-047

Έλεγχος για κανονικότητα της ETHEREUM:

Doornik-Hansen έλεγχος = 742,45, με p-τιμή 6,01197e-162
 Shapiro-Wilk W = 0,857657, με p-τιμή 3,02739e-032
 Lilliefors έλεγχος = 0,147203, με p-τιμή ~ 0
 Jarque-Bera έλεγχος = 845,164, με p-τιμή 2,98555e-184

Πίνακας 6: Έλεγχος κανονικότητας Jarque-Bera

Από τον έλεγχο κανονικότητας Jarque-Bera απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση του ελέγχου ότι η μεταβλητές ακολουθούν κανονική κατανομή και για τις 4 χρονοσειρές του υποδείγματος, καθώς η p-τιμή και στις 4 περιπτώσεις είναι

μικρότερη του 0,05. Οπότε οι ενδείξεις που παρατηρήθηκαν παραπάνω επαληθεύτηκαν.

Η στασιμότητα των χρονοσειρών θα εξεταστεί αναλυτικά παρακάτω σε επόμενο κεφάλαιο.

5.2. Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση

Στο κεφάλαιο αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, για εκτιμήσουμε τη σχέση του Bitcoin και του Ethereum με τις υπόλοιπες χρονοσειρές.

Θα χρησιμοποιήσουμε τις ημερήσιες αποδόσεις των χρονοσειρών ποσοστιαία, καθώς λόγω της φύσης των χρονοσειρών μας, οι ποσοστιαίες μεταβολές θα παρουσιάσουν καλύτερα τη σχέση των χρονοσειρών μας, σε αντίθεση με τις τιμές κλεισίματος που ενδέχεται να υπερτιμήσουν το υπόδειγμα.

Για το σύνολο του αρχικού δείγματος κάθε χρονοσειράς, υπολογίστηκαν οι ημερήσιες αποδόσεις ποσοστιαία, από τον τύπο:

$$R = (CP_t - CP_{t-1}) / CP_{t-1} * 100$$

Όπου R = ημερήσια απόδοση, CP = Close Price, και t = περίοδος

Αρχικά εκτελέσαμε την παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τη χρονοσειρά R_BITCOIN και ανεξάρτητες τις R_S&P 500, R_GOLD και R_ETHEREUM. Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης είναι:

Υπόδειγμα 1: OLS, χρήση των παρατηρήσεων 2016-01-05:2020-12-30 (T = 1257)
Εξαρτημένη μεταβλητή: R_BITCOIN

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	t-λόγος	p-τιμή	
const	0,162961	0,112499	1,449	0,1477	
R_SP500	0,297113	0,0935800	3,175	0,0015	***
R_GOLD	0,414285	0,126686	3,270	0,0011	***
R_ETHEREUM	0,305156	0,0151748	20,11	3,59e-078	***

Μέσος εξαρτ. μεταβλ.	0,443269	T.A. εξαρτ. μτβλ.	4,649333
Αθρ. τετρ. καταλ.	19661,74	T.Σ. παλινδρόμησης	3,961279
R-τετράγωνο	0,275813	Προσαρμ. R-τετράγωνο	0,274079
F(3, 1253)	159,0717	P-τιμή (F)	2,34e-87
Λογ-πιθανοφάνεια	-3511,947	Akaike κριτήριο	7031,894
Schwarz κριτήριο	7052,440	Hannan-Quinn	7039,616
ρ	0,064445	Durbin-Watson	1,870376
Σημειώσεις σχετικά με τις συντιμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:			
T.A.: τυπική απόκλιση			
T.Σ.: τυπικό σφάλμα			

Πίνακας 7: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Bitcoin

Το υπόδειγμα της παλινδρόμησης μας θα έχει τη μορφή:

$$R_BITCOIN = 0,162961 + 0,297113R_SP500 + 0,414285R_GOLD + 0,305156R_ETHEREUM$$

Αρχικά κοιτάμε το προσαρμοσμένο R^2 που λειτουργεί ως αξιολογητής του υποδείματός μας. Παίρνει τιμές από 0 έως 1. Όσο μεγαλύτερο το προσαρμοσμένο R^2 τόσο πιο αξιόπιστο θεωρείτε το υπόδειγμα. Στο υπόδειγμα μας το προσαρμοσμένο R^2 είναι 0,2740 που θεωρείτε αρκετά μικρό κάνοντας το υπόδειγμα μας μη αξιόπιστο στατιστικά. Αυτό σημαίνει ότι οι μεταβλητές των ανεξάρτητων στοιχείων εξηγούν μόλις το 27,40% των μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή του BITCOIN. Το υπόλοιπο 72,60% οφείλεται σε τυχαία σφάλματα ή λοιπές μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στο υπόδειγμα μας.

Ο δείκτης F, αναφέρεται στην υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές μας ισούνται με μηδέν. Παρατηρούμε στο υπόδειγμα μας ότι η p-τιμή του F είναι 0. Αυτό μας δείχνει ότι η παλινδρόμηση είναι στατιστικά σημαντική εφόσον p-τιμή $< 0,05$, καθώς απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση ότι όλοι οι συντελεστές είναι μηδέν.

Τέλος, παρατηρώντας την p-τιμή των ανεξάρτητων μεταβλητών, βλέπουμε ότι όλες είναι μικρότερες από 0,05, οπότε και οι τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρούνται στατιστικά σημαντικές.

Τα κριτήρια Schwarz, Akaike και Hannan-Quinn αποτελούν μέσα επιλογής μεταξύ διαφόρων υποδειγμάτων, όπου το μοντέλο με την μικρότερη τιμή στα κριτήρια αυτά, επιλέγεται τις περισσότερες φορές ως το ιδανικότερο όμως αυτό δε μας ενδιαφέρει στο υπόδειγμα μας.

Εφόσον εξετάσαμε τη σημαντικότητα του υποδείματος και των μεταβλητών, σειρά έχουν τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης.

Αρχικά παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική σχέση των αποδόσεων του Bitcoin με τις αποδόσεις των S&P 500, Χρυσό και Ethereum, καθώς όλοι οι συντελεστές του υποδείματος έχουν θετικό πρόσημο. Για κάθε επιπλέον αύξηση της απόδοσης του δείκτη S&P 500 κατά 1 %, υποθέτοντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές, η απόδοση του Bitcoin θα αυξηθεί κατά 0,29%. Για κάθε επιπλέον αύξηση της απόδοσης του Χρυσού κατά 1 %, υποθέτοντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές, η απόδοση του Bitcoin θα αυξηθεί κατά 0,41 %, ενώ για κάθε επιπλέον αύξηση της απόδοσης του Ethereum κατά 1%,

υποθέτοντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές, η απόδοση του Bitcoin θα αυξηθεί κατά 0,30 %.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι οι μεταβολές στις αποδόσεις του Χρυσού, επηρεάζουν περισσότερο την απόδοση του Bitcoin, συγκριτικά με τις μεταβολές στις αποδόσεις του δείκτη S&P 500 και του Ethereum. Όπως αναφέραμε και παραπάνω όμως, το χαμηλό προσαρμοσμένο R-τετράγωνο του υποδείγματος, δηλώνει αναξιοπιστία στο υπόδειγμα μας, κάτι που δεν πρέπει να παραβλέψουμε.

Μετέπειτα εκτελέσαμε την παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τη χρονοσειρά ETHEREUM και ανεξάρτητες τις S&P 500, GOLD και BITCOIN. Τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης είναι:

Υπόδειγμα 2: OLS, χρήση των παρατηρήσεων 2016-01-05:2020-12-30 (T = 1257)
Εξαρτημένη μεταβλητή: R_ETHEREUM

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	t-λόγος	p-τιμή	
const	0,405002	0,181893	2,227	0,0262	**
R_SP500	0,327801	0,151803	2,159	0,0310	**
R_GOLD	0,415931	0,205603	2,023	0,0433	**
R_BITCOIN	0,799558	0,0397605	20,11	3,59e-078	***
Μέσος εξαρτ. μεταβλ.	0,798021	T.A. εξαρτ. μτβλ.	7,486175		
Αθρ. τετρ. καταλ.	51516,93	T.Σ. παλινδρόμησης	6,412087		
R-τετράγωνο	0,268119	Προσαρμ. R-τετράγωνο	0,266367		
F(3, 1253)	153,0091	P-τιμή (F)	1,73e-84		
Λογ-πιθανοφάνεια	-4117,341	Akaike κριτήριο	8242,682		
Schwarz κριτήριο	8263,228	Hannan-Quinn	8250,404		
ρ	0,101729	Durbin-Watson	1,796455		

Σημειώσεις σχετικά με τις συνιμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
T.A.: τυπική απόκλιση
T.Σ.: τυπικό σφάλμα

Πίνακας 8: Πολλαπλή παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή το Ethereum

Το υπόδειγμα της παλινδρόμησης μας θα έχει τη μορφή:

$$R_ETHEREUM = 0,405002 + 0,327801R_SP500 + 0,415931R_GOLD + 0,799558R_BITCOIN$$

Αρχικά κοιτάμε και πάλι το προσαρμοσμένο R² που λειτουργεί ως αξιολογητής του υποδείγματος μας. Παίρνει τιμές από 0 έως 1. Όσο μεγαλύτερο το προσαρμοσμένο R² τόσο πιο αξιόπιστο θεωρείτε το υπόδειγμα. Στο υπόδειγμα αυτό το προσαρμοσμένο R² είναι 0,266367. Αυτό σημαίνει ότι οι μεταβλητές των ανεξάρτητων στοιχείων εξηγούν το 26,64% των μεταβολών της εξαρτημένης μεταβλητής, δηλαδή του ETHEREUM. Το υπόλοιπο 73,36% οφείλεται σε τυχαία

σφάλματα ή λοιπές μεταβλητές που συμπεριλαμβάνονται στο υπόδειγμα μας. Ο δείκτης του υποδείγματος είναι χαμηλός και έτσι το υπόδειγμα μας δεν είναι αρκετά αξιόπιστο.

Παρατηρούμε επίσης ότι η p -τιμή του F είναι κοντά στο 0. Αυτό μας δείχνει ότι η παλινδρόμηση είναι στατιστικά σημαντική εφόσον p -τιμή $< 0,05$.

Τέλος παρατηρώντας την p -τιμή των ανεξάρτητων μεταβλητών, βλέπουμε ότι όλες είναι μικρότερες από 0,05, οπότε και οι τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές θεωρούνται στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας 95%.

Εφόσον εξετάσαμε τη σημαντικότητα του υποδείγματος και των μεταβλητών, θα εξετάσουμε τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης.

Αρχικά παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική σχέση των αποδόσεων του Ethereum με τις αποδόσεις των S&P 500, Χρυσό και Bitcoin, καθώς όλοι οι συντελεστές του υποδείγματος έχουν θετικό πρόσημο. Για κάθε επιπλέον αύξηση της απόδοσης του δείκτη S&P 500 κατά 1 %, υποθέτοντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές, η απόδοση του Ethereum θα αυξηθεί κατά 0,33 %. Για κάθε επιπλέον αύξηση της απόδοσης του Χρυσού κατά 1 %, υποθέτοντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές, η απόδοση του Ethereum θα αυξηθεί κατά 0,42 %, ενώ για κάθε επιπλέον αύξηση της απόδοσης του Bitcoin κατά 1 %, υποθέτοντας ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές, η απόδοση του Ethereum θα αυξηθεί κατά 0,799 %.

Μεγαλύτερη επίδραση φαίνεται να έχει η απόδοση του Bitcoin στην απόδοση του Ethereum, αλλά όπως είδαμε παραπάνω το υπόδειγμα δεν είναι αρκετά αξιόπιστο σύμφωνα με τον δείκτη Προσαρμ. R^2 .

5.3. Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας

Στα περιληπτικά στατιστικά αναφέραμε ότι οι χρονοσειρές δείχνουν μη στάσιμες. Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετάσουμε την στασιμότητα των χρονοσειρών του υποδείγματος μας με τη μέθοδο Επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller και με την μέθοδο KPSS, ώστε να επιβεβαιώσουμε τις ενδείξεις αυτές. Στη συνέχεια και εφόσον οι ενδείξεις περί μη στασιμότητας επιβεβαιωθούν, θα κάνουμε τον ίδιο έλεγχο και για τους λογάριθμους, αλλά και τις λογαριθμικές διαφορές των χρονοσειρών. Ο λόγος που θα κάνουμε αυτόν τον έλεγχο είναι διότι στα επόμενα κεφάλαια θα

χρησιμοποιήσουμε αυτοπαλίνδρομα υποδείγματα που έχουν ως προϋπόθεση την στασιμότητα των χρονοσειρών.

Επαυξημένου ελέγχου Dickey-Fuller (ADF)

Οι υποθέσεις του ελέγχου είναι:

H_0 : η σειρά δεν είναι στάσιμη

H_1 : η σειρά είναι στάσιμη

Παρακάτω έχουμε τα αποτελέσματα του ελέγχου για τις τέσσερις χρονοσειρές μας, χρησιμοποιώντας το Akaike (AIC) κριτήριο και 22 υστερήσεις που μας πρότεινε το πρόγραμμα στατιστικής Gretl.

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: SP500
ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 1248
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1
```

```
έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 9 υστερήσεις της (1-L)SP500
υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0020464
στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -0,982316
ασυμπτωτική p-τιμή 0,7617
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,003
υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(9, 1237) = 24,535 [0,0000]
```

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: GOLD
ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 1235
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1
```

```
έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 22 υστερήσεις της (1-L)GOLD
υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
εκτιμημένη τιμή της (a - 1): 0,000333742
στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = 0,187928
ασυμπτωτική p-τιμή 0,9719
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: 0,003
υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(22, 1211) = 4,328 [0,0000]
```

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: BITCOIN
ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 1240
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1
```

```
έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 17 υστερήσεις της (1-L)BITCOIN
υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
εκτιμημένη τιμή της (a - 1): 0,00280358
στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = 1,06824
ασυμπτωτική p-τιμή 0,9973
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,003
υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(17, 1221) = 5,796 [0,0000]
```

```
Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: ETHEREUM
ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 1240
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: a = 1
```

```
έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 17 υστερήσεις της (1-L)ETHEREUM
υπόδειγμα: (1-L)y = b0 + (a-1)*y(-1) + ... + e
εκτιμημένη τιμή της (a - 1): -0,0060783
στατιστική ελέγχου: tau_c(1) = -2,07524
ασυμπτωτική p-τιμή 0,2549
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e: -0,003
υστερήσεις πρώτων διαφορών: F(17, 1221) = 8,095 [0,0000]
```

Πίνακας 9: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας με ADF

Παρατηρούμε ότι η ασυμπτωτική p-τιμή είναι 0,7617 για την S&P500, 0,9719 για το GOLD, 0,9973 για το BITCOIN και 0,2549 για το ETHEREUM.

Βλέπουμε ότι και στις 4 περιπτώσεις η ασυμπτωτική p-τιμή είναι μεγαλύτερη από 0,05, οπότε αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση H_0 και καταλήγουμε ότι οι χρονοσειρές μας δεν είναι στάσιμες.

Έλεγχος KPSS

Οι υποθέσεις του ελέγχου είναι:

H_0 : η σειρά είναι στάσιμη

H_1 : η σειρά δεν είναι στάσιμη

Παρακάτω έχουμε τα αποτελέσματα του ελέγχου για τις τέσσερις χρονοσειρές μας με 7 τάξεις υστέρησης που προτείνει το Gretl.

Ελεγχος KPSS της SP500	Ελεγχος KPSS της GOLD
T = 1258 Παράμετρος περικοπής υστέρησης = 7 Στατιστική ελέγχου = 13,6073	T = 1258 Παράμετρος περικοπής υστέρησης = 7 Στατιστική ελέγχου = 10,4593
Κρίσιμες τιμές: 0,348 0,462 0,743 p-τιμή < .01	Κρίσιμες τιμές: 0,348 0,462 0,743 p-τιμή < .01
10% 5% 1%	10% 5% 1%

Ελεγχος KPSS της BITCOIN	Ελεγχος KPSS της ETHEREUM
T = 1258 Παράμετρος περικοπής υστέρησης = 7 Στατιστική ελέγχου = 9,49708	T = 1258 Παράμετρος περικοπής υστέρησης = 7 Στατιστική ελέγχου = 2,82528
Κρίσιμες τιμές: 0,348 0,462 0,743 p-τιμή < .01	Κρίσιμες τιμές: 0,348 0,462 0,743 p-τιμή < .01
10% 5% 1%	10% 5% 1%

Πίνακας 10: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας με KPSS

Βλέπουμε ότι και στις 4 περιπτώσεις, η p-τιμή είναι μικρότερη από 0,05, οπότε απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση H_0 και καταλήγουμε ότι οι χρονοσειρές μας δεν είναι στάσιμες. Το αποτέλεσμα μας συμφωνεί με τον ADF έλεγχο και επιβεβαιώνει τις ενδείξεις μας.

5.4. Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας λογάριθμων και λογαριθμικών διαφορών χρονοσειρών

Όπως αναφέραμε παραπάνω θα χρειαστούμε στάσιμες χρονοσειρές για κάποια από τα υποδείγματα που θα αναλύσουμε παρακάτω. Όμως οι χρονοσειρές μας, όπως είδαμε, δεν χαρακτηρίζονται από στασιμότητα. Η στασιμότητα είναι πολύ σημαντική στην ανάλυση χρονοσειρών καθώς σημαίνει ότι οι στατιστικές ιδιότητες μιας χρονοσειράς δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου.

Οπότε σε αυτό το υπό κεφάλαιο θα εξεταστεί αν οι λογάριθμοι των χρονοσειρών ή οι λογαριθμικές διαφορές τους παρουσιάζουν στασιμότητα. Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί είναι ο έλεγχος μοναδιαίας ρίζας με ADF έλεγχο.

Παρακάτω έχουμε τα αποτελέσματα του ελέγχου.

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: 1_SP500
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1248
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 9 υστερήσεις της $(1-L)1_SP500$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,00275086
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -1,35999$
 ασυμπτωτική p-τιμή 0,6035
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,002
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(9, 1237) = 25,776 [0,00001]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: 1_GOLD
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1235
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 22 υστερήσεις της $(1-L)1_GOLD$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,000229583
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -0,127893$
 ασυμπτωτική p-τιμή 0,9447
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,003
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(22, 1211) = 3,385 [0,00001]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $1_BITCOIN$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1257
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)1_BITCOIN$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,000985013
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -0,866436$
 p-τιμή 0,799
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,024

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $1_ETHEREUM$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1257
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)1_ETHEREUM$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,00430177
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -3,28612$
 p-τιμή 0,01574
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,020

Πίνακας 11: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας λογαρίθμων μεταβλητών

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $1d_SP500$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1248
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 8 υστερήσεις της $(1-L)1d_SP500$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,966292
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -10,8043$
 ασυμπτωτική p-τιμή 0,321e-022
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,002
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(8, 1238) = 18,181 [0,0000]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $1d_GOLD$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1235
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 21 υστερήσεις της $(1-L)1d_GOLD$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,10695
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -7,84488$
 ασυμπτωτική p-τιμή 1,416e-012
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,003
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(21, 1212) = 3,502 [0,0000]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $1d_BITCOIN$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1254
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 2 υστερήσεις της $(1-L)1d_BITCOIN$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,944907
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -19,1765$
 ασυμπτωτική p-τιμή 0,158e-046
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,000
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(2, 1250) = 2,006 [0,1350]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $1d_ETHEREUM$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1256
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)1d_ETHEREUM$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)y(-1) + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,975325
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a_c}(1) = -34,5476$
 p-τιμή 1,746e-026
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,000

Πίνακας 12: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας λογαριθμικών διαφορών μεταβλητών

Είναι φανερό από τα αποτελέσματα του ελέγχου ότι οι λογάριθμοι των χρονοσειρών δεν είναι στάσιμοι, εξαιρουμένης της χρονοσειράς $1_ETHEREUM$, ενώ οι λογαριθμικές διαφορές των χρονοσειρών παρουσιάζουν όλες στασιμότητα καθώς η p τιμή τους είναι μικρότερη του 0,05.

5.5. Υποδείγματα GARCH

Στο κεφάλαιο θα εξετάσουμε τα υποδείγματα GARCH των χρονοσειρών των κρυπτονομισμάτων Bitcoin και Ethereum.

Το υπόδειγμα GARCH παρουσιάστηκε από τον Bollerslev (1986) και χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της μεταβλητότητας ή αλλιώς διακύμανσης που εξαρτάται από παρελθούσες τιμές του τετραγώνου των καταλοίπων (ε_t^2) και παρελθούσες τιμές διακύμανσης (σ_t^2). Το υπόδειγμα αυτό ουσιαστικά είναι μια παραλλαγή του υποδείγματος ARCH που προτάθηκε από τον Engle το 1982.

Η μορφή του υποδείγματος είναι GARCH(q,p) και αναφέρεται στους q όρους GARCH και στους p όρους ARCH που θα έχει το υπόδειγμα. Η εξίσωση του υποδείγματος αποτυπώνεται ως:

$$\sigma^2 = \omega + a_1\varepsilon_{t-1}^2 + \dots + a_p\varepsilon_{t-p}^2 + b_1\sigma_{t-1}^2 + \dots + b_q\sigma_{t-q}^2$$

Μια απλουστευμένη μορφή που περιλαμβάνει 1 όρο GARCH και 1 όρο ARCH, δηλαδή το υπόδειγμα GARCH(1,1) που θα χρησιμοποιήσουμε και για τις χρονοσειρές μας αποτυπώνεται από τις συναρτήσεις:

$$\text{Mean: } Y_t = K + \varepsilon_t$$

$$\text{Variance: } \sigma^2 = \omega + a\varepsilon_{t-1}^2 + b\sigma_{t-1}^2$$

όπου Y_t είναι η απόδοση στον χρόνο t, K είναι ένας σταθερός όρος, ε_t είναι τα κατάλοιπα, σ^2 είναι η διακύμανση και ω ένας σταθερός όρος.

$$\text{Ενώ } \omega > 0, a \geq 0 \text{ και } b \geq 0$$

Ο όρος ARCH στο υπόδειγμα είναι $a\varepsilon_{t-1}^2$ ενώ ο όρος GARCH είναι $b\sigma_{t-1}^2$. Το alpha, που αφορά τον όρο ARCH, αντιπροσωπεύει τον τρόπο με τον οποίο αντιδρά η παρελθούσα μεταβλητότητα στην μεταβλητότητα της επόμενης (μελλοντικής) περιόδου. Το beta που αφορά τον όρο GARCH, αντιπροσωπεύει την επιμονή της μεταβλητότητας. Το alpha μαζί με το beta, δείχνει τη συνολική μέτρηση της «εμμονής» της μεταβλητότητας, όπου αν το άθροισμα τους πλησιάζει την τιμή 1 σημαίνει ότι η μεταβλητότητα παραμένει μεγάλη και επίμονη.

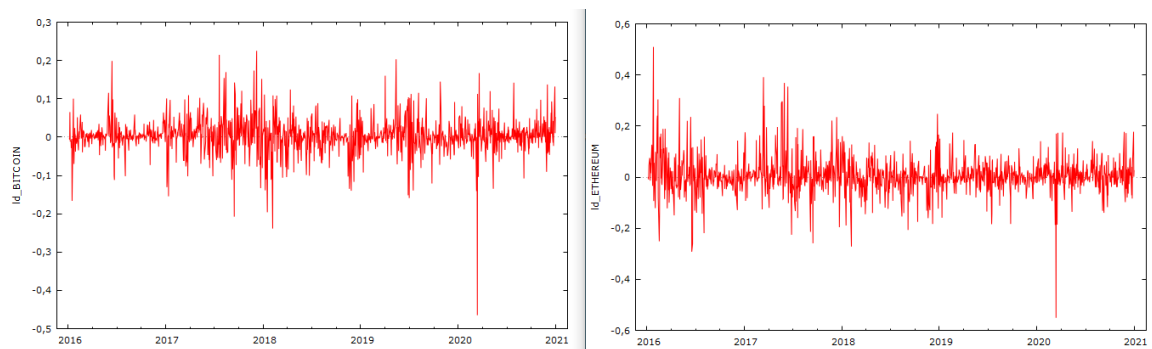
Προϋποθέσεις υποδείγματος GARCH

Το υπόδειγμα GARCH έχει τις παρακάτω τρεις προϋποθέσεις – συνθήκες που πρέπει να έχουν οι χρονοσειρές μας:

1. Στασιμότητα χρονοσειρών. Όπως είδαμε προηγουμένως οι χρονοσειρές μας δεν είναι στάσιμες οπότε θα χρησιμοποιήσουμε τις λογαριθμικές διαφορές τους που παρουσιάζουν στασιμότητα.
2. Ομαδοποίηση μεταβλητότητας (Volatility Clustering), δηλαδή αν μεγάλες αλλαγές της μεταβλητότητας ακολουθούνται από μεγάλες αλλαγές και ανάλογα, εάν μικρές αλλαγές ακολουθούνται από αντίστοιχα μικρές αλλαγές.
3. Ύπαρξη ARCH effect στα κατάλοιπα.

Η πρώτη προϋπόθεση ελέγχθηκε και ισχύει για τις λογαριθμικές διαφορές των χρονοσειρών Bitcoin και Ethereum, οπότε θα εξετάσουμε τις επόμενες.

Προϋπόθεση 2^η: Ομαδοποίηση μεταβλητότητας



Πίνακας 13: Ομαδοποίηση μεταβλητότητας

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι ισχύει και η δεύτερη προϋπόθεση της Ομαδοποίηση μεταβλητότητας για τις χρονοσειρές `ld_BITCOIN` και `ld_ETHEREUM`.

Προϋπόθεση 3^η: Έλεγχος ARCH

Έλεγχος για ARCH τάξεως 5

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	t-λόγος	p-τιμή
alpha (0)	0,00159732	0,000253673	6,297	4,20e-010 ***
alpha (1)	0,0730519	0,0282319	2,588	0,0098 ***
alpha (2)	0,0367569	0,0283074	1,298	0,1944
alpha (3)	0,0697884	0,0282961	2,466	0,0138 **
alpha (4)	0,00971890	0,0283465	0,3429	0,7318
alpha (5)	0,0828548	0,0282701	2,931	0,0034 ***

Μηδενική υπόθεση: Δεν υπάρχει επίδραση τύπου ARCH
 Στατιστική ελέγχου: LM = 27,3758
 με p-τιμή = $P(\chi\text{-τετρ.}(5) > 27,3758) = 4,81902e-005$

Έλεγχος για ARCH τάξεως 5

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	t-λόγος	p-τιμή
alpha (0)	0,00371142	0,000540011	6,873	9,92e-012 ***
alpha (1)	0,0894120	0,0282555	3,164	0,0016 ***
alpha (2)	0,0500311	0,0283664	1,764	0,0780 *
alpha (3)	0,0618605	0,0283746	2,180	0,0294 **
alpha (4)	0,0170926	0,0283935	0,6020	0,5473
alpha (5)	0,0729973	0,0282814	2,581	0,0100 ***

Μηδενική υπόθεση: Δεν υπάρχει επίδραση τύπου ARCH
 Στατιστική ελέγχου: LM = 31,2464
 με p-τιμή = $P(\chi\text{-τετρ.}(5) > 31,2464) = 8,37436e-006$

Πίνακας 14: Έλεγχος για Arch effect

Η μηδενική υπόθεση στο έλεγχο για ARCH effect είναι πως δεν υπάρχει επίδραση τύπου ARCH. Παρατηρούμε ότι $X^2 > 3,84$ και $p\text{-value} < 0,05$ οπότε απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και συμπεραίνουμε ότι έχουμε ARCH effect στα κατάλοιπα.

Το γεγονός ότι οι χρονοσειρές μας πληρούν όλες τις προϋποθέσεις μας οδηγεί στο επόμενο βήμα, δηλαδή στην εξέταση του υποδείγματος GARCH(1,1).

Υπόδειγμα GARCH(1,1) για $ld_BITCOIN$

```

Υπολογισμός συνάρτησης (φορές): 68
Υπολογισμός διανυσματικής κλίσης (φορές): 16

Υπόδειγμα 3: GARCH, χρήση των παρατηρήσεων 2016-01-05:2020-12-30 (T = 1257)
Εξαρτημένη μεταβλητή: ld_BITCOIN
Τυπικά σφάλματα βασισμένα στην Εσσισιανή

-----
                συντελεστής   τυπ. σφάλμα   z           p-τιμή
-----
const           0,00298167     0,00110618     2,695       0,0070   ***

alpha(0)        0,000148025     3,04237e-05     4,865       1,14e-06   ***
alpha(1)        0,165482         0,0270733       6,112       9,82e-010  ***
beta(1)         0,788594         0,0285701       27,60       1,05e-167  ***

Μέσος εξαρτ. μεταβλ.   0,003340   Τ.Α. εξαρτ. μτβλ.   0,046778
Λογ-πιθανοφάνεια     2165,870   Akaike κριτήριο    -4321,740
Schwarz κριτήριο     -4296,057   Hannan-Quinn       -4312,088
Σημειώσεις σχετικά με τις συντημήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
Τ.Α.: τυπική απόκλιση
Τ.Σ.: τυπικό σφάλμα

Μη-δεσμευμένη διακύμανση σφάλματος = 0,00322325
Έλεγχος λόγου πιθανοφάνειας για (G)ARCH όρους:
χ-τετρ. (2) = 199,201 [5,54697e-044]

```

Πίνακας 15: Υπόδειγμα GARCH(1,1) της μεταβλητής $ld_Bitcoin$

Ο συντελεστής const αναφέρεται στον σταθερό όρο της συνάρτησης του Μέσου (Mean), ενώ ο συντελεστής alpha(0) είναι η σταθερά ω , ο alpha(1) είναι το a και το beta(1) το b της συνάρτησης της διαμέσου (Variance).

Παρατηρούμε ότι όλοι συντελεστές είναι θετικοί, όπως ορίζει η θεωρία και στατιστικά σημαντικοί καθώς η p-τιμή είναι μικρότερη από 0,05.

Το Akaike κριτήριο, Schwarz κριτήριο και Hannan-Quinn αποτελούν κριτήρια επιλογής μεταξύ υποδειγμάτων GARCH (π.χ. σύγκριση του υποδείγματος

μας με το GARCH (2,2) υπόδειγμα), όπου θεωρείται ιδανικό υπόδειγμα αυτό με τις χαμηλότερες τιμές των κριτηρίων.

Υπόδειγμα GARCH(1,1) για Id_ETHEREUM

Υπολογισμός συνάρτησης (φορές): 71
 Υπολογισμός διανυσματικής κλίσης (φορές): 17

Υπόδειγμα 5: GARCH, χρήση των παρατηρήσεων 2016-01-05:2020-12-30 (T = 1257)
 Εξαρτημένη μεταβλητή: Id_ETHEREUM
 Τυπικά σφάλματα βασισμένα στην Εσσιανή

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	0,00234514	0,00175329	1,338	0,1810
alpha(0)	0,000309870	7,51755e-05	4,122	3,76e-05 ***
alpha(1)	0,146171	0,0254100	5,752	8,79e-09 ***
beta(1)	0,811400	0,0285229	28,45	5,26e-178 ***

Μέσος εξαρτ. μεταβλ. 0,005305 T.A. εξαρτ. μτβλ. 0,072264
 Λογ-πιθανοφάνεια 1607,105 Akaike κριτήριο -3204,210
 Schwarz κριτήριο -3178,527 Hannan-Quinn -3194,557
 Σημειώσεις σχετικά με τις συντιμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
 T.A.: τυπική απόκλιση
 T.Σ.: τυπικό σφάλμα

Μη-δεσμευμένη διακύμανση σφάλματος = 0,00730318
 Έλεγχος λόγου πιθανοφάνειας για (G)ARCH όρους:
 χ -τετρ. (2) = 175,07 [9,64023e-039]

Πίνακας 16: Υπόδειγμα GARCH(1,1) της μεταβλητής Id_Ethereum

Παρατηρούμε και εδώ ότι όλοι συντελεστές είναι θετικοί, όπως ορίζει η θεωρία και στατιστικά σημαντικοί καθώς η p-τιμή είναι μικρότερη από 0,05, εκτός τη σταθερά const της συνάρτησης του Μέσου που δεν είναι στατιστικά σημαντική.

5.6. Υποδείγματα Exponential GARCH (EGARCH)

Το μοντέλο EGARCH παρουσιάστηκε από τους Nelson και Cao το 1991. Διαφοροποιείται από το GARCH στο γεγονός ότι χρησιμοποιεί τον λογάριθμο της διακύμανσης ενώ προσθέτει ένα νεό όρο το gamma (g) που το πρόσημο του προσδιορίζει αν έχουμε επίδραση μόχλευσης (leverage effect), δηλαδή αν οι κακές ειδήσεις επιδρούν στο υπόδειγμα. Για να υπάρχουν leverage effects στο υπόδειγμα

πρέπει το gamma να είναι μικρότερο του μηδενός (αρνητικό πρόσημο) και στατιστικά σημαντικό.

Η συνάρτηση του υποδείγματος EGARCH έχει την μορφή:

$$\log \sigma_t^2 = w_0 + \sum_{i=1}^p \beta_i \log \sigma_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \left(\alpha_j \left| \frac{\varepsilon_{t-j}}{\sigma_{t-j}} \right| + \gamma_t \frac{\varepsilon_{t-j}}{\sigma_{t-j}} \right)$$

Στον έλεγχο όπως και στο υπόδειγμα GARCH θα χρησιμοποιήσουμε 1 όρο GARCH και 1 όρο ARCH.

Υπόδειγμα EGARCH(1,1) για ld_BITCOIN

Model: EGARCH(1,1) [Nelson] (Normal)
 Dependent variable: ld_BITCOIN
 Sample: 2016-01-05 -- 2020-12-30 (T = 1257), VCV method: Robust

Conditional mean equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	0,00236571	0,000178873	13,23	6,24e-040 ***

Conditional variance equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
omega	-0,925994	0,261882	-3,536	0,0004 ***
alpha	0,347615	0,119833	2,901	0,0037 ***
gamma	-0,0485668	0,0659425	-0,7365	0,4614
beta	0,888144	0,0357090	24,87	1,51e-136 ***

Llik: 2170,35400 AIC: -4330,70800
 BIC: -4305,02559 HQC: -4321,05580

Πίνακας 17: Υπόδειγμα EGARCH(1,1) της μεταβλητής ld_Bitcoin

Από τον έλεγχο παρατηρούμε ότι το gamma είναι αρνητικό με τιμή -0,0485668, αλλά το p-value του είναι 0,4614, δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05, οπότε δεν θεωρείται στατιστικά σημαντικό. Άρα συμπεραίνουμε ότι δεν έχουμε leverage effects.

Υπόδειγμα EGARCH(1,1) για ld_ETHEREUM

Model: EGARCH(1,1) [Nelson] (Normal)
 Dependent variable: ld_ETHEREUM
 Sample: 2016-01-05 -- 2020-12-30 (T = 1257), VCV method: Robust

Conditional mean equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	0,00310460	0,00178593	1,738	0,0821 *

Conditional variance equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή	
omega	-0,568591	0,220605	-2,577	0,0100	***
alpha	0,268081	0,0889330	3,014	0,0026	***
gamma	0,0265669	0,0406524	0,6535	0,5134	
beta	0,927744	0,0329737	28,14	3,57e-174	***

Llik: 1611,73516 AIC: -3213,47031
 BIC: -3187,78790 HQC: -3203,81811

Πίνακας 18: Υπόδειγμα EGARCH(1,1) της μεταβλητής ld_Ethereum

Από τον έλεγχο παρατηρούμε ότι το gamma είναι θετικό με τιμή 0,0265669, αλλά το p-value του είναι 0,5134, δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05, οπότε δεν θεωρείται στατιστικά σημαντικό. Άρα συμπεραίνουμε και σε αυτό το υπόδειγμα ότι δεν έχουμε leverage effects.

5.7. Υποδείγματα Threshold GARCH (TGARCH)

Το υπόδειγμα αυτό είναι μια παραλλαγή του προηγούμενου που προτάθηκε από τον Zakoian. Για να υπάρχουν leverage effects στο υπόδειγμα αυτό, πρέπει το gamma να είναι μεγαλύτερο του μηδενός (θετικό πρόσημο) και στατιστικά σημαντικό. Οπότε θα επανεξετάσουμε αν υπάρχουν leverage effects και με αυτό το μοντέλο.

Υπόδειγμα TGARCH(1,1) για ld_BITCOIN

Model: TAR(1,1) [Zakoian] (Normal)
 Dependent variable: ld_BITCOIN
 Sample: 2016-01-05 -- 2020-12-30 (T = 1257), VCV method: Robust

Conditional mean equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	0,00275625	0,00113233	2,434	0,0149 **

Conditional variance equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
omega	0,000189357	6,22002e-05	3,044	0,0023 ***
alpha	0,163873	0,0392490	4,175	2,98e-05 ***
gamma	0,124284	0,189627	0,6554	0,5122
beta	0,804532	0,0374701	21,47	2,89e-102 ***

Llik: 2162,08619 AIC: -4314,17238
 BIC: -4288,48996 HQC: -4304,52018

Πίνακας 19: Υπόδειγμα TGARCH(1,1) της μεταβλητής ld_Bitcoin

Από τον έλεγχο παρατηρούμε ότι το gamma είναι θετικό με τιμή 0,124284, αλλά το p-value του είναι 0,5122, δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05, οπότε δεν θεωρείται στατιστικά σημαντικό. Άρα συμπεραίνουμε ότι δεν έχουμε leverage effects, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με το προηγούμενο υπόδειγμα EGARCH που εξετάσαμε.

Υπόδειγμα TGARCH(1,1) για ld_ETHEREUM

Model: TAR(1,1) [Zakoian] (Normal)
 Dependent variable: ld_ETHEREUM
 Sample: 2016-01-05 -- 2020-12-30 (T = 1257), VCV method: Robust

Conditional mean equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	0,00321198	0,000114864	27,96	4,54e-172 ***

Conditional variance equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
omega	0,000341171	0,000169554	2,012	0,0442 **
alpha	0,142280	0,0488528	2,912	0,0036 ***
gamma	-0,131207	0,176569	-0,7431	0,4574
beta	0,837766	0,0585124	14,32	1,70e-046 ***

Llik: 1609,34765 AIC: -3208,69531
 BIC: -3183,01289 HQC: -3199,04311

Πίνακας 20: Υπόδειγμα TGARCH(1,1) της μεταβλητής ld_Ethereum

Από τον έλεγχο παρατηρούμε ότι το gamma είναι αρνητικό με τιμή $-0,131207$, και το p-value του είναι $0,4574$, δηλαδή μεγαλύτερο από $0,05$, οπότε δεν θεωρείται στατιστικά σημαντικό. Άρα και πάλι συμπεραίνουμε ότι δεν έχουμε leverage effects, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με το προηγούμενο υπόδειγμα EGARCH που εξετάσαμε.

5.8. Έλεγχος Hurst

Ο εκθέτης Hurst παρουσιάστηκε το 1880 από τον Harold Edwin Hurst και χρησιμοποιείται ως μέσο μέτρησης της μακροχρόνιας μνήμης των χρονοσειρών. Σχετίζεται με τις αυτοσυσχέτισεις των χρονοσειρών, και τον ρυθμό με τον οποίο μειώνονται, καθώς αυξάνεται η καθυστέρηση μεταξύ ζευγών τιμών.

Η τιμή του εκθέτη Hurst που κυμαίνεται στο εύρος από $0,5$ έως 1 υποδεικνύει μια χρονοσειρά με θετική αυτοσυσχέτιση σε μακροχρόνιο διάστημα. Αυτό σημαίνει ότι μια υψηλή τιμή στη σειρά, πιθανότατα θα ακολουθείται από επίσης υψηλή τιμή και ότι οι τιμές για μεγάλο χρονικό διάστημα στο μέλλον θα τείνουν επίσης να είναι υψηλές. Αντίστοιχα μια χαμηλή τιμή θα ακολουθείται πιθανότητα από μια χαμηλή τιμή με αντίστοιχη τάση στο μέλλον για χαμηλές τιμές.

Η τιμή του εκθέτη Hurst που κυμαίνεται στο εύρος μεταξύ 0 έως $0,5$, υποδεικνύει μια χρονοσειρά με μακροπρόθεσμη εναλλαγή μεταξύ υψηλών και χαμηλών τιμών, πράγμα που σημαίνει ότι μια ενιαία υψηλή τιμή πιθανότατα θα ακολουθείται από μια χαμηλή τιμή, και αυτή η τάση να εναλλαχθεί μεταξύ υψηλών και χαμηλών τιμών θα διαρκέσει πολύ καιρό στο μέλλον.

Όταν η τιμή του εκθέτη Hurst υπολογίζεται στο $0,5$, τότε αυτό πιθανώς υποδηλώνει μια εντελώς μη συσχετισμένη σειρά και την ύπαρξη του φαινομένου του «τυχαίου περιπάτου» (random walk). Αυτό σημαίνει ότι οι αλλαγές στις τιμές των χρονοσειρών έχουν την ίδια κατανομή και είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Επομένως, οι προηγούμενες τιμές ή η τάση τιμών μιας χρονοσειράς, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν τη μελλοντική της κίνηση.

Θα εξετάσουμε λοιπόν την τιμή του εκθέτη Hurst για τις λογαριθμικές διαφορές των χρονοσειρών Bitcoin και Ethereum, ώστε να παρατηρήσουμε αν υπάρχει μακροχρόνια μνήμη και αν οι παρελθούσες τιμές επηρεάζουν τις μελλοντικές.

Έλεγχος εκθέτη Hurst για Id BITCOIN

Αποτελέσματα επανακλιμάκωσης εύρους (Rescaled-range) για την Id_BITCOIN (λογάριθμοι με βάση το 2)

Μέγεθος	RS (μέσος)	log (Μέγεθος)	log (RS)
1257	68,807	10,296	6,1045
628	38,984	9,2946	5,2848
314	24,381	8,2946	4,6077
157	15,448	7,2946	3,9493
78	10,199	6,2854	3,3503
39	6,7519	5,2854	2,7553
19	4,3804	4,2479	2,1311
9	2,7716	3,1699	1,4707

Αποτελέσματα παλινδρόμησης (n = 8)

	συντ.	τυπ. σφάλμα
Τεταγμένη	-0,61459	0,093044
Κλίση	0,63820	0,012998

Εκτιμημένος εκθέτης Hurst = 0,638205

Πίνακας 21: Έλεγχος εκθέτη Hurst για Id_BITCOIN

Η τιμή του εκθέτη Hurst είναι 0,638205, δηλαδή ανάμεσα σε 0,5 και 1, οπότε συμπεραίνουμε ότι για την χρονοσειρά του Bitcoin έχουμε persistence effect, δηλαδή η χρονοσειρά μας ενισχύεται με βάση την τάση. Αυτό σημαίνει ότι μια υψηλή τιμή είναι πολύ πιθανών να ακολουθηθεί από μια εξίσου υψηλή τιμή ενώ για μεγάλο διάστημα στο μέλλον, θα υπάρχει τάση προς υψηλές τιμές.

Έλεγχος εκθέτη Hurst για Id ETHEREUM

Αποτελέσματα επανακλιμάκωσης εύρους (Rescaled-range) για την Id_ETHEREUM (λογάριθμοι με βάση το 2)

Μέγεθος	RS (μέσος)	log (Μέγεθος)	log (RS)
1257	74,358	10,296	6,2164
628	33,104	9,2946	5,0489
314	27,191	8,2946	4,7651
157	17,013	7,2946	4,0885
78	11,387	6,2854	3,5093
39	6,9947	5,2854	2,8063
19	4,4605	4,2479	2,1572
9	2,8418	3,1699	1,5068

Αποτελέσματα παλινδρόμησης (n = 8)

	συντ.	τυπ. σφάλμα
Τεταγμένη	-0,52180	0,17322
Κλίση	0,63271	0,024198

Εκτιμημένος εκθέτης Hurst = 0,632712

Πίνακας 22: Έλεγχος εκθέτη Hurst για Id_ETHEREUM

Η τιμή του εκθέτη Hurst είναι 0,632712, δηλαδή ανάμεσα σε 0,5 και 1, οπότε συμπεραίνουμε ότι και για την χρονοσειρά του Ethereum έχουμε persistence effect, δηλαδή η χρονοσειρά μας ενισχύεται με βάση την τάση και ότι μια υψηλή τιμή είναι πολύ πιθανών ότι θα ακολουθηθεί από μια εξίσου υψηλή τιμή και για μεγάλο διάστημα στο μέλλον, θα υπάρχει τάση προς υψηλές τιμές.

5.9. Έλεγχος Συνολοκλήρωσης Johansen

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης με τη μέθοδο Johansen είναι ένας τρόπος για να προσδιοριστεί εάν τρεις ή περισσότερες χρονοσειρές συνενώνονται. Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος αυτή, αξιολογεί την εγκυρότητα μιας σχέσης συνένωσης, χρησιμοποιώντας μια προσέγγιση εκτιμήσεων μέγιστης πιθανότητας. Προτάθηκε από τον Søren Johansen το 1988 και το 1991. Συγκριτικά με τον έλεγχο συνολοκλήρωσης Engle-Granger που αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο ελέγχου συνολοκλήρωσης, ο έλεγχος Johansen επιτρέπει περισσότερες από μία σχέσεις συνένωσης, ενώ ο έλεγχος Engle-Granger μόνο μία.

Ο έλεγχος συνολοκλήρωσης μας δείχνει τη μακροχρόνια σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών, αν κινούνται μαζί και εάν έχουν την ίδια τάση μακροχρόνια. Βραχυχρόνια βέβαια η σχέση τους ενδέχεται να βρίσκεται σε ασυμφωνία.

Αν εξετάζουμε x μεταβλητές ή χρονοσειρές, οι σχέσεις συνολοκλήρωσης δύνανται να είναι έως $x-1$.

Στο έλεγχο Johansen συναντάμε δύο επιμέρους ελέγχους τους:

1. Έλεγχος ίχνους (Ltrace), όπου εξετάζεται αν υπάρχουν y σχέσεις συνολοκλήρωσης και ορίζεται ως μηδενική υπόθεση, ενώ η εναλλακτική υπόθεση εξετάζει αν υπάρχουν περισσότερες από y σχέσεις συνολοκλήρωσης. Αν το y πάρει την τιμή μηδέν, τότε συμπεραίνουμε ότι δεν υπάρχει καμία σχέση συνολοκλήρωσης και μακροχρόνιας κοινής πορείας των μεταβλητών. Αν το y πάρει τιμή μεταξύ του μηδέν και του $x-1$, τότε υπάρχει σχέση συνολοκλήρωσης μεταξύ των μεταβλητών.

Η διαδικασία του ελέγχου υποθέσεων είναι η ακόλουθη:

1ος έλεγχος υποθέσεων:

$H_0: y=0$, $H_1: y \geq 1$

2ος έλεγχος υποθέσεων:

$H_0: y \leq 1$, $H_1: y \geq 2$

Και συνεχίζουμε μέχρι τον έλεγχο x-1.

Εφόσον η πιθανότητα του ελέγχου πάρει τιμή μικρότερη από 0,05 απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και συνεχίζουμε με τον επόμενο έλεγχο. Στον έλεγχο όπου η πιθανότητα του ελέγχου θα πάρει τιμή μεγαλύτερη από 0,05, αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση και δεν έχει νόημα να συνεχίσουμε σε περαιτέρω ελέγχους.

2. Έλεγχος ιδιοτιμής (L_{max}), όπου εξετάζεται αν υπάρχουν y σχέσεις συνολοκλήρωσης και ορίζεται ως μηδενική υπόθεση, ενώ η εναλλακτική υπόθεση εξετάζει αν υπάρχουν y+1 σχέσεις συνολοκλήρωσης.

Η διαδικασία του ελέγχου υποθέσεων είναι η ακόλουθη:

1ος έλεγχος υποθέσεων:

$H_0: y=0$, $H_1: y=1$

2ος έλεγχος υποθέσεων:

$H_0: y \leq 1$, $H_1: y=2$

Και συνεχίζουμε μέχρι τον έλεγχο x-1.

Εφόσον η πιθανότητα του ελέγχου πάρει τιμή μικρότερη από 0,05 απορρίπτουμε την μηδενική υπόθεση και συνεχίζουμε με τον επόμενο έλεγχο. Στον έλεγχο που η πιθανότητα του ελέγχου θα πάρει τιμή μεγαλύτερη από 0,05, αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση και δεν έχει νόημα να συνεχίσουμε σε περαιτέρω ελέγχους.

Για τον έλεγχο μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε τις χρονοσειρές μας αμετάβλητες, είτε τους λογάριθμους αυτών, αρκεί σε κάθε περίπτωση οι σειρές να ολοκληρώνονται στην ίδια τάξη, δηλαδή να παρουσιάζουν στασιμότητα στην ίδια τάξη. Στο υπόδειγμα μας θα χρησιμοποιήσουμε τους λογάριθμους των χρονοσειρών. Το γεγονός ότι η $I_ETHEREUM$ είναι στάσιμη όπως είδαμε προηγουμένως, ενώ οι λογάριθμοι των 3 άλλων χρονοσειρών δεν είναι. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει καμία εξίσωση συνολοκλήρωσης και για τις 4 μεταβλητές αυτές. Θα συνεχίσουμε οπότε την έρευνα μας εξετάζοντας αν υπάρχει συνολοκλήρωση για τις υπόλοιπες 3 χρονοσειρές.

Αρχικά θα εξετάσουμε με ADF test αν ολοκληρώνονται στην ίδια τάξη ελέγχοντας την στασιμότητα των πρώτων διαφορών τους.

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: d_1_SP500
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1248
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 8 υστερήσεις της $(1-L)d_1_SP500$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,966292
 στατιστική έλεγχου: $\tau_a(1) = -10,8043$
 ασυμπτωτική p-τιμή $8,321e-022$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,002
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(8, 1238) = 18,181 [0,0000]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: d_1_GOLD
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1235
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 21 υστερήσεις της $(1-L)d_1_GOLD$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,10695
 στατιστική έλεγχου: $\tau_a(1) = -7,84488$
 ασυμπτωτική p-τιμή $1,416e-012$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,003
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(21, 1212) = 3,502 [0,0000]$

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $d_1_BITCOIN$
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 22 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 1254
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 2 υστερήσεις της $(1-L)d_1_BITCOIN$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,944907
 στατιστική έλεγχου: $\tau_a(1) = -19,1765$
 ασυμπτωτική p-τιμή $8,158e-046$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,000
 υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(2, 1250) = 2,006 [0,1350]$

Πίνακας 23: Έλεγχος μοναδιαίας ρίζας πρώτες διαφορές μεταβλητών

Οι πρώτες διαφορές των λογαρίθμων των χρονοσειρών παρουσιάζουν στασιμότητα σύμφωνα με το ADF test, καθώς το p-value είναι μικρότερο από 0,05, οπότε ολοκληρώνονται στην ίδια τάξη.

Έπειτα με τη χρήση του υποδείγματος VAR επιλογής υστερήσεων, θα αναζητήσουμε τις ιδανικές υστερήσεις για τον έλεγχο συνολοκλήρωσης με Johansen.

Με βάση το κριτήριο BIC επιλέγουμε 3 υστερήσεις στον έλεγχο Johansen που ακολουθεί για το υπόδειγμα 1 που ακολουθεί και 1 υστέρηση με βάση τα κριτήρια BIC και HQC για το υπόδειγμα 2

Υπόδειγμα Johansen 1: Ζεύγος 1 BITCOIN με 1 SP500:

Βαθμός	Ιδιοτιμή	Έλ. Ίχνους	p-τιμή	Έλ. Lmax	p-τιμή
0	0,0067763	9,0010	0,3720	8,5332	0,3347
1	0,00037270	0,46783	0,4940	0,46783	0,4940

Πίνακας 24: Υπόδειγμα Johansen 1: Ζεύγος 1 BITCOIN με 1 SP500

Παρατηρούμε ότι από τον 1^ο έλεγχο το p-value τόσο του Ltrace, όσο και του Lmax παίρνουν τιμές μεγαλύτερες από 0,05. Συγκεκριμένα το p-value του Ltrace στον 1^ο έλεγχο είναι 0,3720 και του Lmax είναι 0,3347. Το γεγονός ότι το p-value είναι μεγαλύτερο από 0,05 συνεπάγεται ότι απορρίπτεται η εναλλακτική υπόθεση ήδη από τον 1^ο έλεγχο και δεχόμαστε την μηδενική υπόθεση $H_0: y=0$. Άρα συμπεραίνουμε ότι οι χρονοσειρές μας, για το εξεταζόμενο διάστημα, δεν παρουσιάζουν συνολοκλήρωση και μακροχρόνια κοινή τάση. Δεν υπάρχει δηλαδή κάποια σχέση ή μαθηματική συνάρτηση που να τεκμηριώνει ότι οι χρονοσειρές του Bitcoin και του S&P500 έχουν μακροχρόνια σχέση.

Υπόδειγμα Johansen 2: Ζεύγος 1 BITCOIN με 1 GOLD:

Βαθμός	Ιδιοτιμή	Έλ. Τχνους	p-τιμή	Έλ. Lmax	p-τιμή
0	0,0015921	2,2168	0,9863	2,0028	0,9835
1	0,00017025	0,21403	0,6436	0,21403	0,6436

Πίνακας 25: Υπόδειγμα Johansen 2: Ζεύγος 1 BITCOIN με 1 GOLD

Παρατηρούμε και σε αυτό το υπόδειγμα, ότι από τον 1^ο έλεγχο το p-value τόσο του Ltrace, όσο και του Lmax παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 0,05. Συγκεκριμένα το p-value του Ltrace στον 1^ο έλεγχο είναι 0,9863 και του Lmax είναι 0,9835. Το γεγονός ότι το p-value είναι μεγαλύτερο από 0,05 συνεπάγεται ότι απορρίπτεται η εναλλακτική υπόθεση ήδη από τον 1^ο έλεγχο και δεχόμαστε την μηδενική υπόθεση $H_0: y=0$. Οπότε συμπεραίνουμε ότι οι χρονοσειρές μας για το εξεταζόμενο διάστημα δεν παρουσιάζουν συνολοκλήρωση και μακροχρόνια κοινή τάση. Δεν υπάρχει δηλαδή κάποια σχέση ή μαθηματική συνάρτηση που να τεκμηριώνει ότι οι χρονοσειρές του Bitcoin και του Χρυσού παρουσιάζουν μακροχρόνια σχέση.

5.10. Αιτιότητα κατά Granger

Η αιτιότητα κατά Granger παρουσιάστηκε από τον Clive Granger το 1969 και ουσιαστικά αποτελεί ένα υπόδειγμα που εξετάζει την ικανότητα πρόβλεψης των μελλοντικών τιμών μιας χρονοσειράς π.χ. Y χρησιμοποιώντας προηγούμενες τιμές μιας άλλης χρονοσειράς π.χ. X.

Μια χρονοσειρά X λέγεται ότι αιτιάζει κατά Granger μια χρονοσειρά Y εάν στη συνάρτηση της Y περιλαμβάνονται παρελθούσες τιμές της X, δηλαδή τιμές με

χρονικές υστερήσεις, όπου οι τιμές αυτές παρουσιάζουν πληροφορίες στατιστικά σημαντικές για την συνάρτηση Y.

Η σχέση αιτιότητας μεταξύ δύο χρονοσειρών δύναται να είναι μονόδρομη ή αμφίδρομη. Είναι πιθανό για παράδειγμα, η χρονοσειρά X αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά Y, αλλά η χρονοσειρά Y να μη αιτιάζει την X. Σε αυτή την περίπτωση έχουμε μονόδρομη σχέση αιτιότητας. Όταν όμως και οι δύο χρονοσειρές αιτιάζουν η μία την άλλη τότε έχουμε αμφίδρομη σχέση αιτιότητας.

Θα εξετάσουμε τη σχέση αιτιότητας των χρονοσειρών μας ανά ζεύγη και συγκεκριμένα θα εξεταστούν τα ζεύγη BITCOIN – ETHEREUM, BITCOIN – S&P 500, BITCOIN – GOLD, ETHEREUM – S&P 500 και ETHEREUM – GOLD. Το ζεύγος S&P 500 – GOLD δεν θα εξεταστεί καθώς η σχέση αυτή δεν αφορά την έρευνα.

Στα υποδείγματα θα χρησιμοποιήσουμε τις λογαριθμικές διαφορές των χρονοσειρών που παρουσιάζουν όλες στασιμότητα και σύμφωνα με το VAR επιλογή υστερήσεων θα χρησιμοποιήσουμε το κριτήριο με τις λιγότερες υστερήσεις σε κάθε υπόδειγμα. Ουσιαστικά πραγματοποιούμε ένα υπόδειγμα VAR όπου ο έλεγχος της σχέσης αιτιότητας προκύπτει από τον έλεγχο των τιμών της F σε κάθε εξίσωση και την τιμή p-value που λαμβάνει. Σε επίπεδο σημαντικότητας 5% αν το p-value λάβει τιμή μικρότερη του 0,05 θεωρούμε ότι υπάρχει σχέση αιτιότητας, ενώ αν λάβει μεγαλύτερη από 0,05 ότι δεν υπάρχει. Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται τα αποτελέσματα του υποδείγματος που αντλήσαμε από το πρόγραμμα στατιστικής.

Υπόδειγμα 1: Ζεύγος Id BITCOIN με Id ETHEREUM:

Με βάση την VAR επιλογή υστερήσεων, χρησιμοποιήσαμε 1 υστερήση. Παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά ETHEREUM δεν αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά BITCOIN αφού το p-value της F είναι 0,2639 δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05. Επίσης παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά BITCOIN αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά ETHEREUM αφού το p-value της F είναι 0,0006 δηλαδή μικρότερο από 0,05.

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	P-VALUE ΤΗΣ F	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
-------------------	--------------------------	-------------------

ETHEREUM	0,2639	ΔΕΝ ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ BITCOIN
BITCOIN	0,0006	ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ ETHEREUM

Πίνακας 26: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος Id_BITCOIN με Id_ETHEREUM

Υπόδειγμα 2: Ζεύγος Id_BITCOIN με Id_SP500:

Με βάση την VAR επιλογή υστερήσεων, χρησιμοποιήσαμε 2 υστερήσεις. Παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά S&P 500 δεν αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά BITCOIN αφού το p-value της F είναι 0,5433 δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05. Επίσης παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά BITCOIN αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά SP500 αφού το p-value της F είναι 0,0005 δηλαδή μικρότερο από 0,05.

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	P-VALUE ΤΗΣ F	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
SP500	0,5433	ΔΕΝ ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ BITCOIN
BITCOIN	0,0005	ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ SP500

Πίνακας 27: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος Id_BITCOIN με Id_SP500

Υπόδειγμα 3: Ζεύγος Id_BITCOIN με Id_GOLD:

Με βάση την VAR επιλογή υστερήσεων, χρησιμοποιήσαμε 1 υστερήση. Παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά GOLD αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά BITCOIN αφού το p-value της F είναι 0,0256 δηλαδή μικρότερο από 0,05. Επίσης παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά BITCOIN δεν αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά GOLD αφού το p-value της F είναι 0,5914 δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05.

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	P-VALUE ΤΗΣ F	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
GOLD	0,0256	ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ BITCOIN
BITCOIN	0,5914	ΔΕΝ ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ GOLD

Πίνακας 28: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος Id_BITCOIN με Id_GOLD

Υπόδειγμα 4: Ζεύγος Id_ETHEREUM με Id_SP500:

Με βάση την VAR επιλογή υστερήσεων, χρησιμοποιήσαμε 2 υστερήσεις. Παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά S&P 500 δεν αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά ETHEREUM αφού το p-value της F είναι 0,1182 δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05. Επίσης παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά ETHEREUM αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά S&P 500 αφού το p-value της F είναι 0,0038 δηλαδή μικρότερο από 0,05.

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	P-VALUE ΤΗΣ F	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
SP500	0,1182	ΔΕΝ ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ ETHEREUM
ETHEREUM	0,0038	ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ SP500

Πίνακας 29: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος Id_ETHEREUM με Id_SP500

Υπόδειγμα 5: Ζεύγος Id_ETHEREUM με Id_GOLD:

Με βάση την το VAR επιλογή υστερήσεων, χρησιμοποιήσαμε 1 υστερήσεις. Παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά GOLD δεν αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά ETHEREUM αφού το p-value της F είναι 0,4694 δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05. Επίσης Παρατηρούμε ότι η χρονοσειρά ETHEREUM δεν αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά GOLD αφού το p-value της F είναι 0,2796 δηλαδή μεγαλύτερο από 0,05

ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ	P-VALUE ΤΗΣ F	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
GOLD	0,4694	ΔΕΝ ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ ETHEREUM
ETHEREUM	0,2796	ΔΕΝ ΑΙΤΙΑΖΕΙ ΚΑΤΑ GRANGER ΤΗΝ GOLD

Πίνακας 30: Αιτιότητα κατά Granger: Ζεύγος Id_ETHEREUM με Id_GOLD

Συνοψίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα καταλήγουμε:

- 1) Η χρονοσειρά BITCOIN: αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά ETHEREUM και την χρονοσειρά S&P 500, δηλαδή οι παρελθούσες τιμές του Bitcoin είναι σημαντικές στην πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της S&P 500 και του κρυπτονομίσματος Ethereum.

- 2) Η χρονοσειρά ETHEREUM: αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά S&P 500, δηλαδή οι παρελθούσες τιμές του Ethereum είναι σημαντικές στην πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της S&P 500.
- 3) Η χρονοσειρά SP500: Δεν αιτιάζει κατά Granger καμία από τις χρονοσειρές των κρυπτονομισμάτων Bitcoin και Ethereum, οπότε οι παρελθούσες τιμές της θεωρούνται ήσσονος σημασίας για τον υπολογισμό μελλοντικών τιμών των κρυπτονομισμάτων αυτών.
- 4) Η χρονοσειρά GOLD: αιτιάζει κατά Granger την χρονοσειρά BITCOIN, δηλαδή οι παρελθούσες τιμές του Χρυσού είναι σημαντικές στην πρόβλεψη μελλοντικών τιμών του Bitcoin.
- 5) Τέλος παρατηρούμε ότι σε κανένα ζεύγος δεν υπάρχει αμφίδρομη αιτιότητα κατά Granger. Υπάρχει μονόδρομη αιτιότητα σε κάθε ζεύγος, εκτός το ζεύγος ETHEREUM – GOLD που δεν παρατηρείται καθόλου αιτιότητα.

Τα αποτελέσματα αυτού του υποδείγματος δηλώνουν σχέση αιτιότητας μεταξύ χρονοσειρών, γεγονός που εν μέρει έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα του ελέγχου συνολοκλήρωσης Johansen που έδειξαν ότι δεν υπάρχει μακροχρόνια συνολοκλήρωση μεταξύ των μεταβλητών. Ενδέχεται η σχέση αιτιότητας που προέκυψε να αφορά βραχυχρόνια σύνδεση των μεταβλητών μας.

5.11. Το φαινόμενο του Ιανουαρίου

Το φαινόμενο του Ιανουαρίου αναφέρεται στις θεωρίες και τις έρευνες που έχουν δημιουργηθεί και αναφέρουν ότι κατά τον μήνα Ιανουάριο συνηθίζεται να έχουμε μεγαλύτερες αποδόσεις. Πιθανοί λόγοι για αυτό είναι αφενός ότι πολλές επιχειρήσεις πουλάνε μετοχές τον Δεκέμβρη για φορολογική ελάφρυνση και ξανά αγοράζουν τον Ιανουάριο ή προβαίνουν σε πώληση μετοχών που δεν απέδωσαν ικανοποιητικά ώστε να βελτιώσουν το χαρτοφυλάκιο τους και αφετέρου σε περιπτώσεις παροχών Bonus σε στελέχη, για λόγους ρευστότητας στις Χριστουγεννιάτικες διακοπές κλπ. Έρευνες βέβαια έχουν δείξει ότι το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε αγορές με μικρή κεφαλαιοποίηση, ενώ στις αγορές με μεγάλη κεφαλαιοποίηση εμφανίζεται το ακριβώς αντίθετο αποτέλεσμα, δηλαδή αρνητικές αποδόσεις κατά τον μήνα Ιανουάριο.

Αυτό το φαινόμενο θα εξετάσουμε τώρα για το BITCOIN και το ETHEREUM (μηνιαίες τιμές) για την περίοδο από 01-01-2016 έως 31-12-2020.

Αρχικά έγινε προσθήκη περιοδικών ψευδομεταβλητών για την κάθε χρονοσειρά, D1 έως D12 όπου D1 = Ιανουάριος, D2 = Φεβρουάριος κλπ. Οι D μεταβλητές παίρνουν τιμή 1 για τον μήνα που αναφέρονται και 0 για τους άλλους. Στην πορεία συνεχίσαμε με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων όπου εξαρτημένη μπήκε η λογαριθμική διαφορά της κάθε χρονοσειράς (ld_BITCOIN και ld_ETHEREUM) και ανεξάρτητες οι D ενώ αφαιρέσαμε την σταθερά.

Στον πίνακα παρακάτω παρατηρούμε τα αποτελέσματα του ελέγχου για το BITCOIN:

Υπόδειγμα 1: OLS, χρήση των παρατηρήσεων 2016:02-2020:12 (T = 59)
Εξαρτημένη μεταβλητή: ld_Close

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	t-λόγος	p-τιμή
dm1	-0,0339404	0,105716	-0,3211	0,7496
dm2	0,0818003	0,0945555	0,8651	0,3914
dm3	-0,154226	0,0945555	-1,631	0,1096
dm4	0,228983	0,0945555	2,422	0,0194 **
dm5	0,209830	0,0945555	2,219	0,0313 **
dm6	0,0717532	0,0945555	0,7588	0,4517
dm7	0,0823347	0,0945555	0,8708	0,3883
dm8	0,0589250	0,0945555	0,6232	0,5362
dm9	-0,0624374	0,0945555	-0,6603	0,5123
dm10	0,167947	0,0945555	1,776	0,0822 *
dm11	0,0452789	0,0945555	0,4789	0,6343
dm12	0,169953	0,0945555	1,797	0,0787 *
Μέσος εξαρτ. μεταβλ.	0,073982	T.A. εξαρτ. μτβλ.	0,220096	
Αθρ. τετρ. καταλ.	2,101073	T.Σ. παλινδρόμησης	0,211432	
R-τετράγωνο	0,252191	Προσαρμ. R-τετράγωνο	0,077172	
F(11, 47)	1,440934	P-τιμή (F)	0,186790	
Λογ-πιθανοφάνεια	14,66776	Akaike κριτήριο	-5,335517	
Schwarz κριτήριο	19,59493	Hannan-Quinn	4,396321	
ρ	0,255145	Durbin-Watson	1,474555	

Σημειώσεις σχετικά με τις συντιμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος:
T.A.: τυπική απόκλιση
T.Σ.: τυπικό σφάλμα

H μεγαλύτερη p-τιμή παρατηρήθηκε στη μεταβλητή 3 (dm1)

Πίνακας 31: Πολλαπλή παλινδρόμηση με ψευδομεταβλητές με εξαρτημένη το Bitcoin

Παρατηρούμε ότι ο συντελεστής dm1 που αφορά στον Ιανουάριο, έχει αρνητικό συντελεστή και δεν είναι στατιστικά σημαντικός. Βλέπουμε ότι ο Απρίλιος και ο Μάιος είναι στατιστικά σημαντικοί σε επίπεδο 5% και έχουν θετικό συντελεστή. Για να τεκμηριώσουμε την ύπαρξη του φαινομένου θα πρέπει ο συντελεστής του Ιανουαρίου να είχε θετικό πρόσημο, να ήταν στατιστικά σημαντικός και να είχε

μεγαλύτερες τιμές από τους άλλους μήνες. Αυτό δεν συμβαίνει στο υπόδειγμα μας, οπότε καταλήγουμε ότι το φαινόμενο αυτό δεν λαμβάνει χώρα.

Στον πίνακα παρακάτω παρατηρούμε τα αποτελέσματα του ελέγχου για το Ethereum:

Υπόδειγμα 1: OLS, χρήση των παρατηρήσεων 2016:02-2020:12 (T = 59)
Εξαρτημένη μεταβλητή: `ld_Close`

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	t-λόγος	p-τιμή
dm1	0,199349	0,196210	1,016	0,3148
dm2	0,314948	0,175496	1,795	0,0791 *
dm3	0,101311	0,175496	0,5773	0,5665
dm4	0,260201	0,175496	1,483	0,1448
dm5	0,400153	0,175496	2,280	0,0272 **
dm6	-0,0107994	0,175496	-0,06154	0,9512
dm7	-0,0653709	0,175496	-0,3725	0,7112
dm8	0,0358411	0,175496	0,2042	0,8391
dm9	-0,0914075	0,175496	-0,5209	0,6049
dm10	-0,0482736	0,175496	-0,2751	0,7845
dm11	-0,0294716	0,175496	-0,1679	0,8674
dm12	0,127018	0,175496	0,7238	0,4728
Μέσος εξαρτ. μεταβλ.	0,097765	T.A. εξαρτ. μτβλ.	0,386986	
Αθρ. τετρ. καταλ.	7,237698	T.Σ. παλινδρόμησης	0,392420	
R-τετράγωνο	0,166736	Προσαρμ. R-τετράγωνο	-0,028283	
F(11, 47)	0,854974	P-τιμή (F)	0,588324	
Λογ-πιθανοφάνεια	-21,81946	Akaike κριτήριο	67,63893	
Schwarz κριτήριο	92,56937	Hannan-Quinn	77,37076	
ρ	0,120125	Durbin-Watson	1,692513	
Σημειώσεις σχετικά με τις συντιμήσεις των στατιστικών του υποδείγματος: T.A.: τυπική απόκλιση T.Σ.: τυπικό σφάλμα				

H μεγαλύτερη p-τιμή παρατηρήθηκε στη μεταβλητή 8 (dm6)

Πίνακας 32: Πολλαπλή παλινδρόμηση με ψευδομεταβλητές με εξαρτημένη το Ethereum

Εδώ ο συντελεστής του dm1 υποδείγματος μας έχει θετικό πρόσημο, αλλά δεν είναι στατιστικά σημαντικός και δεν παρουσιάζει μεγαλύτερο μέγεθος από τους υπόλοιπους μήνες. Οπότε και για το Ethereum συμπεραίνουμε ότι δεν παρουσιάζεται το φαινόμενο του Ιανουαρίου για το δείγμα μας. Παρατηρούμε ότι ο Μάιος είναι στατιστικά σημαντικός μήνας και με τον μεγαλύτερο συντελεστή, συγκριτικά με τους υπόλοιπους μήνες.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

H αγορά των κρυπτονομισμάτων γιγαντώνεται με τα χρόνια, προσεγγίζοντας συνεχώς νέους επενδυτές που αναζητούν εναλλακτικές επενδύσεις. Ειδικότερα με στην κρίση του COVID-19, στην αγορά αυτή επενδύθηκαν πολλά χρήματα, με την

συνολική κεφαλαιοποίηση της αγοράς να προσεγγίζει ακόμα και τα 2,6 τρισεκατομμύρια δολάρια. Θεωρήθηκε λοιπόν σημαντικό και άξιο έρευνας να εξετάσουμε κάποια χαρακτηριστικά της αγοράς αυτής. Τα αποτελέσματα θα αποτελέσουν χρήσιμο υλικό για μελλοντικούς ερευνητές, αλλά και για επενδυτές που μελετούν τα χαρακτηριστικά της αγοράς αυτής.

Τα υποδείγματα της πολλαπλής παλινδρόμησης της έρευνας, έδειξαν θετική συσχέτιση των αποδόσεων τόσο του Bitcoin όσο και του Ethereum, με στατιστικά σημαντικούς τους συντελεστές. Όμως και τα δύο υποδείγματα είχαν χαμηλό προσαρμοσμένο R^2 με αποτέλεσμα να μη θεωρούνται αξιόπιστα.

Στην αγορά των Κρυπτονομισμάτων έχουμε συχνά αρνητικές ειδήσεις, ενώ παράλληλα η αποκέντρωση που την χαρακτηρίζει την καθιστά ευάλωτη σε χειραγώγηση καθώς δε ελέγχεται από κάποια ρυθμιστική αρχή. Για το διάστημα από 01/01/2016 έως 31/12/2020 που εξετάστηκε, παρατηρήθηκε ότι τα αρνητικά νέα στην αγορά των κρυπτονομισμάτων, δεν φαίνεται να επιδρούν στις χρονοσειρές του Bitcoin και του Ethereum. Δεν υπάρχουν δηλαδή ενδείξεις ότι υπάρχει το φαινόμενο της μόχλευσης στα νομίσματα αυτά. Το αποτέλεσμα αυτό, αποτελεί σημαντική γνώση για τους επενδυτές που επενδύουν σε αυτά τα κρυπτονομίσματα.

Στον έλεγχο της μακροχρόνιας μνήμης της αγοράς που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε ότι τόσο στο Bitcoin, όσο και στο Ethereum υπάρχει το «φαινόμενο της επιμονής». Αυτό σημαίνει ότι μια υψηλή τιμή είναι πολύ πιθανόν ότι θα ακολουθηθεί από μια εξίσου υψηλή τιμή ενώ για μεγάλο διάστημα στο μέλλον θα υπάρχει τάση προς υψηλές τιμές. Αντίστοιχα μια χαμηλή τιμή είναι πολύ πιθανόν ότι θα ακολουθηθεί από μια εξίσου χαμηλή τιμή και η τάση θα οδηγήσει προς φθίνουσες τιμές για ένα διάστημα στο μέλλον. Αυτό το εύρημα παρουσιάζει ένα βασικό χαρακτηριστικό της αγοράς αυτής, ενώ αποτελεί και ένα χρήσιμο εργαλείο πρόβλεψης για τους επενδυτές.

Όσο αφορά την ενδεχόμενη σχέση του Bitcoin και του Ethereum με τον δείκτη S&P 500 και τον Χρυσό σε μακροχρόνιο ορίζοντα, παρατηρήσαμε ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις ή σημάδια για την ύπαρξη μακροχρόνιας σχέσης μεταξύ τους. Οι αγορές αυτές δηλαδή δε συσχετίζονται μακροχρόνια.

Από τον έλεγχο αιτιότητας κατά Granger που πραγματοποιήθηκε καταλήξαμε στα συμπεράσματα ότι οι παρελθούσες τιμές του Bitcoin είναι σημαντικές στην πρόβλεψη

μελλοντικών τιμών της S&P 500 και του κρυπτονομίσματος Ethereum, οι παρελθούσες τιμές του Ethereum είναι σημαντικές στην πρόβλεψη μελλοντικών τιμών της S&P 500, οι παρελθούσες τιμές της S&P 500 θεωρούνται ήσσονος σημασίας για τον υπολογισμό μελλοντικών τιμών των Bitcoin και Ethereum και οι παρελθούσες τιμές του Χρυσού είναι σημαντικές στην πρόβλεψη μελλοντικών τιμών του Bitcoin. Τέλος παρατηρήσαμε ότι σε κανένα ζεύγος δεν υπάρχει αμφίδρομη αιτιότητα κατά Granger. Υπάρχει ωστόσο μονόδρομη αιτιότητα σε κάθε ζεύγος, εκτός από το ζεύγος ETHEREUM – GOLD που δεν παρατηρείται καθόλου αιτιότητα. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν χρήσιμο υλικό για επενδυτές και traders που προσπαθούν να προβλέψουν μελλοντικές κινήσεις της αγοράς.

Ολοκληρώνοντας την έρευνα μας με την εξέταση ημερολογιακών φαινομένων και συγκεκριμένα με το «φαινόμενο του Ιανουαρίου», συμπεραίνουμε ότι δεν εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό στο Bitcoin και στο Ethereum, στο εξεταζόμενο δείγμα. Οπότε η αρχική υπόθεση ότι τα δύο αυτά περιουσιακά στοιχεία εμφανίζουν μεγαλύτερες αποδόσεις τον μήνα Ιανουάριο δεν επιβεβαιώνεται από την έρευνα. Υψηλές αποδόσεις σχετικά με τους υπόλοιπους μήνες, παρουσιάστηκαν τον Απρίλιο και τον Μάιο για το Bitcoin και τον μόνο τον Μάιο για το Ethereum. Οι επενδυτές οπότε, δε πρέπει να αναμένουν μεγαλύτερες αποδόσεις τον Ιανουάριο για την αγορά των κρυπτονομισμάτων, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας.

Ως πρόταση για μελλοντική έρευνα, αναφορικά με την ανάλυση και τα χαρακτηριστικά της αγοράς των κρυπτονομισμάτων, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την εξέταση της σχέσης της αγοράς αυτής και με άλλα περιουσιακά στοιχεία και δείκτες χρηματιστηρίου, όπως το πετρέλαιο και ο Dow Jones ώστε να έχουμε μεγαλύτερη εικόνα για τις πιθανές σχέσεις που μπορεί να υπάρχουν, ενώ σημαντικό θα ήταν να εξεταστεί και η σχέση της αγοράς των κρυπτονομισμάτων με τον μακροοικονομικό δείκτη του πληθωρισμού που φαίνεται να επηρεάζει την αγορά.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bollerslev, T. (1986). *Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity*. Journal of econometrics, 31(3), 307-327.
- Bouri, E., Roubaud, D., & Shahzad, S. J. H. (2020). *Do Bitcoin and other cryptocurrencies jump together?*. The Quarterly Review of Economics and Finance, 76, 396-409.
- Cerboni Baiardi, L., Costabile, M., De Giovanni, D., Lamantia, F., Leccadito, A., Massabó, I., ... & Staino, A. (2020). *The Dynamics of the S&P 500 under a Crisis Context: Insights from a Three-Regime Switching Model*. Risks, 8(3), 71.
- Charfeddine, L., Benlagha, N., & Maouchi, Y. (2020). *Investigating the dynamic relationship between cryptocurrencies and conventional assets: Implications for financial investors*. Economic Modelling, 85, 198-217.
- Erdas, M. L., & Caglar, A. E. (2018). *Analysis of the relationships between Bitcoin and exchange rate, commodities and global indexes by asymmetric causality test*. Eastern Journal of European Studies, 9(2), 27.
- Huynh, T. L. D., Hille, E., & Nasir, M. A. (2020). *Diversification in the age of the 4th industrial revolution: The role of artificial intelligence, green bonds and cryptocurrencies*. Technological Forecasting and Social Change, 159, 120188.
- Huynh, T. L. D., Nasir, M. A., Vo, X. V., & Nguyen, T. T. (2020). *“Small things matter most”: The spillover effects in the cryptocurrency market and gold as a silver bullet*. The North American Journal of Economics and Finance, 54, 101277.
- Huynh, T. L. D., Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Ullah, S. (2020). *Financial modelling, risk management of energy instruments and the role of cryptocurrencies*. Annals of Operations Research, 1-29.
- Jaroenwiriyaikul, S., & Tanomchat, W. (2020). *Exploring the Dynamic Relationships between Cryptocurrencies and Stock Markets in the ASEAN-5*. วารสาร เศรษฐศาสตร์ และ กลยุทธ์ การ จัดการ (Journal of Economics and Management Strategy), 7(1), 129-144.

Kinateder, H., & Papavassiliou, V. G. (2019). *Calendar effects in Bitcoin returns and volatility*. Finance Research Letters, 101420.

Klein, T., Thu, H. P., & Walther, T. (2018). *Bitcoin is not the New Gold—A comparison of volatility, correlation, and portfolio performance*. International Review of Financial Analysis, 59, 105-116.

Kostika, E., & Laopodis, N. T. (2019). *Dynamic linkages among cryptocurrencies, exchange rates and global equity markets*. Studies in Economics and Finance.

Kurka, J. (2019). *Do cryptocurrencies and traditional asset classes influence each other?*. Finance Research Letters, 31, 38-46.

Manavi, S. A., Jafari, G., Rouhani, S., & Ausloos, M. (2020). *Demythifying the belief in cryptocurrencies decentralized aspects. A study of cryptocurrencies time cross-correlations with common currencies, commodities and financial indices*. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 556, 124759.

Okorie, D. I., & Lin, B. (2020). *Crude oil price and cryptocurrencies: Evidence of volatility connectedness and hedging strategy*. Energy Economics, 87, 104703.

Tiwari, A. K., Raheem, I. D., & Kang, S. H. (2019). *Time-varying dynamic conditional correlation between stock and cryptocurrency markets using the copula-ADCC-EGARCH model*. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 535, 122295.

Zeng, T., Yang, M., & Shen, Y. (2020). *Fancy Bitcoin and conventional financial assets: Measuring market integration based on connectedness networks*. Economic Modelling, 90, 209-220.

Σημειώσεις δρ. Φλώρος Χ., (2020)

<https://coinmarketcap.com/>

<https://finance.yahoo.com>

<https://gr.investing.com>

<https://www.stlouisfed.org>