



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΝΕΑΠΟΛΗΣ ΠΑΦΟΥ

**Σχολή Οικονομικών Επιστημών, Διοίκησης και
Πληροφορικής Διαπανεπιστημιακό Μεταπτυχιακό
Πρόγραμμα Σπουδών Ανάλυσης Δεδομένων και
Χρηματοοικονομικής Τεχνολογίας**

**Σε συνεργασία με το Ελληνικό Μεσογειακό
Πανεπιστήμιο**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάλυση παραγόντων επιρροής της μεταβλητότητας
κρυπτονομισμάτων με τη μέθοδο GARCH**

Οικονόμου Ιωάννα

Επιβλέπων Καθηγητής: Χατζηαντωνίου Ιωάννης

ΚΥΠΡΟΣ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2025



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΝΕΑΠΟΛΗΣ ΠΑΦΟΥ

**Σχολή Οικονομικών Επιστημών, Διοίκησης και
Πληροφορικής Διαπανεπιστημιακό Μεταπτυχιακό
Πρόγραμμα Σπουδών Ανάλυσης Δεδομένων και
Χρηματοοικονομικής Τεχνολογίας**

**Σε συνεργασία με το Ελληνικό Μεσογειακό
Πανεπιστήμιο**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Ανάλυση παραγόντων επιρροής της μεταβλητότητας
κρυπτονομισμάτων με τη μέθοδο GARCH**

**Διπλωματική Εργασία προς απόκτηση τίτλου σπουδών π.χ.
στη Δημόσια Διοίκηση στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις Πάφου.**

Οικονόμου Ιωάννα

ΚΥΠΡΟΣ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2025

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Οικονόμου Ιωάννα, έτος κατάθεσης Διπλωματικής Εργασίας 2025

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Πανεπιστημίου Νεάπολις δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Πανεπιστημίου.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8

1 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	9
ΟΡΙΣΜΟΙ	9
1.1 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ.....	9
1.1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ	9
1.2.2 Η ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	9
2 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	10
2.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΝΟΜΙΣΜΑΤΑ	10
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΑΜΟΙΒΗΣ ΚΑΙ BLOCKCHAIN	10
ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ.....	11
ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΝΟΜΙΣΜΑ	12
ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΣ	13
2.2 ΤΑ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΑΝΑΛΥΘΟΥΝ	13
2.2.1 Bitcoin	13
2.2.2 Ethereum	14
2.2.3 Tether	15
2.3 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ.....	16
2.3.1 Exponential Garch EGarch.....	16
2.3.2 GJR GARCH.....	16
2.3.3 Threshold Garch TGARCH	17
2.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	18
ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΙΑ ΣΤΟ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑ BITCOIN	18
ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΙΑ ΣΤΟ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑ ETHEREUM.....	19
ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΙΑ ΣΤΟ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑ TETHER.....	19
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	21
3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	21
Η ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	21
ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ.....	21
Η ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	25
ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΚΕΙΣ.....	26
ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	26
ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ	28
3.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ARCH-GARCH	30
3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ARCH/GARCH	30
3.4.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ARCH.....	31
3.4.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GARCH.....	31
3.4.2.1 Το βασικό μοντέλο Garch(1,1)	31

4° ΚΕΦΑΛΑΙΟ	32
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	32
ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ	33
4.1 ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	33
4.1.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΗ ΣΤΑΣΙΜΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΣΕ ΣΤΑΣΙΜΗ.....	33
4.1.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ.....	33
ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΟΡΟ ΚΑΙ ΤΑΣΗ	33
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ BITCOIN.....	34
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ETHEREUM	34
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ TETHER.....	34
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ SP_500.....	34
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ BITCOIN_ETF	34
ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΟΡΟ ΧΩΡΙΣ ΤΑΣΗ.....	35
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ BITCOIN.	35
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ETHEREUM.....	35
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ TETHER	35
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ SP_500	36
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ BITCOIN_ETF	36
4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ.....	36
4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ BITCOIN	36
4.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ETHEREUM.....	37
4.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ TETHER.....	38
4.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GRACH.....	39
5° ΚΕΦΑΛΑΙΟ	40
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	40
ΠΗΓΕΣ	41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	44
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ADF TEST.....	53

Σελίδα Εγκυρότητας

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή/Φοιτήτριας: Οικονόμου Ιωάννα

Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας: Ανάλυση παραγόντων επιρροής της μεταβλητότητας κρυπτονομισμάτων με τη μέθοδο GARCH

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών για την απόκτηση εξ αποστάσεως μεταπτυχιακού τίτλου στο Πανεπιστήμιο Νεάπολις και εγκρίθηκε στις [ημερομηνία έγκρισης] από τα μέλη της Εξεταστικής Επιτροπής.

Εξεταστική Επιτροπή:

Πρώτος επιβλέπων:..... Ιωάννης Χατζηαντωνίου,
Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής: Δημήτριος Βορτελίνος,
Επίκουρος Καθηγητής

Μέλος Εξεταστικής Επιτροπής: Χρήστος Φλώρος,
Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έχει γίνει γνωστό πώς ο κόσμος της χρηματοοικονομικής αγοράς παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια υψηλά ποσοστά μεταβλητότητας. Η απεικόνιση των χρονολογικών σειρών αποτελεί ένα ιδιαίτερο σύνθετο ζήτημα αφού πρέπει να συμπεριληφθεί ο μεταβλητός χαρακτήρας των τιμών και των αποδόσεων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετηθεί η μεταβλητότητα τριών βασικών κρυπτονομισμάτων εκείνων των Bitcoin, Ethereum και Tether. Μέσα από την εργασία περιγράφονται διάφορα μοντέλα που αφορούν την μεταβλητότητα των κρυπτονομισμάτων και αξιοποιείται το καταλληλότερο με στόχο την απόδοση της. Η επιλογή των κρυπτονομισμάτων αυτών δεν είναι τυχαία. Το κρυπτονόμισμα bitcoin είναι ένα από τα παλιότερα κρυπτονομίσματα όπου η επενδυτική αγορά το έχει κάνει σημαντικό παράγοντα επιρροής άλλων κρυπτονομισμάτων.

Ο λόγος που οδηγηθήκαμε στη μελέτη της μεταβλητότητας και της απόδοσης των τριών προς μελέτη κρυπτονομισμάτων παρουσιάζονται παρακάτω:

- Τα κρυπτονομίσματα Ethereum και Tether θα μελετηθούν σε σχέση με την επιρροή που τους ασκεί το Bitcoin μιας και το Bitcoin είναι το κρυπτονόμισμα εκείνο με το μεγαλύτερα αριθμό συναλλαγών.
- Η μεταβλητότητα των κρυπτονομισμάτων μπορεί εύκολα να προβλεφθεί κάτι που δεν ισχύει για την απόδοσή τους.
- Τέλος, όπως συμβαίνει σε όλες τις επενδύσεις έτσι και στις επενδύσεις των κρυπτονομισμάτων υπάρχει ο κίνδυνος της αβεβαιότητας και της απώλειας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οικονομική κρίση που έκανε την εμφάνισή της τα τελευταία χρόνια και κυρίως από το 2008 δημιούργησε πρόσφορο έδαφος σε πρωτοποριακές μορφές συναλλαγών στο χρηματοπιστωτικό τομέα. Οι αποκεντρωμένες ηλεκτρονικές μορφές χρήματος ή κατά την κοινή τους ονομασία κρυπτονομίσματα αύξησαν το ενδιαφέρον των ανθρώπων για καινούργιους τρόπους συναλλαγών. Έτσι μπορούσαν να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες τους χωρίς να υπάρχουν χρεώσεις αλλά και έλεγχος από τις τράπεζες. Από την πλευρά τους οι επενδυτές αποσκοπούσαν στο γρήγορο κέρδος με αποτέλεσμα τα κρυπτονομίσματα από την μία να βελτιώνονται και από την άλλη να εμφανίζονται και άλλα νεότερα.

Στην παρούσα μελέτη γίνεται προσπάθεια να μελετηθούν τρία κρυπτονομίσματα: Bitcoin, Ethereum, Tether καθώς και δύο παράγοντες SP500 και BitcoinETF οι οποίοι ενδεχομένως επηρεάζουν τη μεταβλητότητα αυτών των τριών κρυπτονομισμάτων. Η επιλογή των ανωτέρω κρυπτονομισμάτων βασίστηκε στα χαρακτηριστικά τους καθώς είναι τα σημαντικότερα με το υψηλότερο όριο αγοράς και τη μεγαλύτερη επιρροή στην τιμή άλλων νομισμάτων και tokens βασικό στοιχείο στην κατάταξη τους. Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να μελετηθεί η μεταβλητότητα που αναφέρεται στη διακύμανση της τιμής των κρυπτονομισμάτων σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Στόχος μας είναι να μελετήσουμε τους παράγοντες εκείνους που επιδρούν είτε θετικά είτε αρνητικά στην μεταβλητότητα των τριών κρυπτονομισμάτων.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός της μεταβλητότητας τριών κρυπτονομισμάτων. Μέσα από την εργασία αυτή παρουσιάζονται και προσδιορίζονται πολύ σημαντικές έννοιες που αφορούν την μεταβλητότητα της διακύμανσης και μοντέλα εύρεσης, ενώ παράλληλα αναπτύσσονται και άλλες σημαντικές έννοιες, όπως εκείνη του ψηφιακού νομίσματος. Για την εύρεση της μεταβλητότητας θα αξιοποιήσουμε ημερήσια μοντέλα στη διάρκεια ενός έτους από το Δεκέμβριο του 2023 έως τον Δεκέμβριο του 2024. Για τον έλεγχο της μεταβλητότητας θα υποθέσουμε ότι οι τιμές των μεταβλητών SP 500 και Bitcoin ETF επηρεάζουν τα κρυπτονομίσματα που μελετάμε. Για να μπορέσουμε να ελέγξουμε τη μεταβλητότητα πρέπει πρώτα να ελέγξουμε τις μεταβλητές μας ως προς τη στασιμότητα τους. Ο έλεγχος αυτός θα πραγματοποιηθεί χάρη στο επαυξημένο μοντέλο Dickey Fuller ενώ το αυτό παλίνδρομο υπόδειγμα του γκαρντ και πιο συγκεκριμένα του Garch(1,1) θα βοηθήσει να μοντελοποιήσουμε την απόδοση των προς μελέτη κρυπτονομισμάτων. Θα αναζητήσουμε ARCH effects, GARCH effects. Η μεταβαλλόμενη απόδοση των κρυπτονομισμάτων αλλά και η μοντελοποίηση της αποτελούν κύριο στόχο για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αγορά των κρυπτονομισμάτων είναι ριψοκίνδυνη καθώς η μεταβλητότητα των τιμών αποτελεί το μεγαλύτερο μειονέκτημα για την αγορά τους.

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά ορισμών για την καλύτερη κατανόηση των εννοιών. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται βιβλιογραφική αναφορά στις έρευνες που αναφέρονται στα τρία υπό έλεγχο κρυπτονομίσματα. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα δεδομένα της μελέτης και την εμπειρική μέθοδο όπου παρουσιάζονται οι βασικές αξιώσεις του μοντέλου GARCH(1,1). Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται η ανάλυση και τα αποτελέσματα της μεταβλητότητας των κρυπτονομισμάτων. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και οι μελλοντικές σκέψεις για περαιτέρω έρευνα.

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ

Η αβεβαιότητα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την οικονομική ανάλυση και ένα από τα βασικά της μέτρα είναι η μεταβλητότητα. Υπάρχουν χρονοσειρές κυρίως της χρηματοοικονομικής αγοράς οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγάλα διαστήματα μεταβλητότητας. Οι σειρές αυτές χαρακτηρίζονται από περιόδους υψηλής ανόδου αλλά και πτώσης μέσα στη διάρκεια των οποίων η διακύμανση μεταβάλλεται σημαντικά. Στις χρονολογικές αυτές σειρές η διακύμανση χαρακτηρίζεται ως υπό συνθήκη διακύμανση. Το 1982 ο Engle πρότεινε για πρώτη φορά την επεξήγηση της μεταβλητής διακύμανσης ενός αυτό παλίνδρομου μοντέλου συνάρτηση των προηγούμενων τιμών της. Έτσι το υπόδειγμα αυτό φέρει το όνομα ετεροσκεδαστικότητα υπόδειγμα.

1.1.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Σε ότι αφορά τη μεταβλητότητα ενός περιουσιακού στοιχείου γίνεται ορατό ότι εκείνη εξελίσσεται ραγδαία κατά το πέρασμα του χρόνου χωρίς να αποκλίνει επ' άπειρον. Ακόμα συναντάται και μια ασύμμετρη κίνηση. Παρατηρώντας την κατανομή αυτής της ασυμμετρίας διαπιστώνουμε πως σε ορισμένα σημεία συναντάται μεγάλη κύρτωση δηλαδή η εμφάνιση οριακών τιμών ο παρουσιάζεται με μεγάλες πιθανότητες. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που περιγράφει την μεταβλητότητα είναι πως τα χρονικά διαστήματα μεγάλων μεταβολών εναλλάσσονται με διαστήματα όπου οι τιμές παρουσιάζουν μεγάλη δυσκολία στην αλλαγή τους. Το χαρακτηριστικό αυτό χαρακτηρίζεται ως μεταβλητότητα του συμπλέγματος.

1.2.2 Η ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Τα τελευταία 20 χρόνια η οπτικοποίηση αλλά και η πρόβλεψη της μεταβλητότητας στην οικονομία τράβηξαν την προσοχή των μελετητών. Πολυάριθμες έρευνες και μελετητές έθεσαν ως στόχο την εκτίμηση με μεγάλη ακρίβεια της μεταβλητότητας καθώς εκείνη αποτελεί το κύριο γνώρισμα του τομέα της τιμολόγησης αλλά και άλλων στρατηγικών με σκοπό την κερδοφορία. Προσπαθώντας να γίνουμε πιο συγκεκριμένοι σ αυτό ένα μεγάλο τμήμα της διαχείρισης ρίσκου των περιουσιακών στοιχείων αλλά και του εμπορίου είναι ο φόβος της απώλειας. Οι μελετητές για να καταφέρουν να μετρήσουν την πιθανή απώλεια χρειάστηκε να εκτιμήσουν όλους τους κινδύνους που την προκαλούν. Η αναμενόμενη τιμή της αβεβαιότητας χαρακτηρίζει τη μεταβλητότητα και αυτό γιατί αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μέτρα κινδύνου της αγοράς. Για οποιαδήποτε επένδυση χρηματοοικονομικής φύσης είναι σημαντικό να μπορούμε να βρούμε μια μέση λύση μεταξύ της απόδοσης αλλά και του κινδύνου της επένδυσης. Στις οικονομικές επιστήμες με τον όρο απόδοση εννοούμε το κλάσμα που έχει ως αριθμητή τον πλούτο που κατακτά ή χάνει μια επένδυση και παρανομαστή το ποσό που επενδύθηκε αρχικά στην επένδυση αυτή. Πιο συγκεκριμένα το χρηματικό ποσό ή αλλιώς πλούτος που κερδίζει ή χάνει κάποιος επενδύοντας χαρακτηρίζεται ως τόκος κέρδος ή απώλεια ενώ το ποσό της αρχικής επένδυσης ο ονομάζεται αρχικό κόστος ή κεφάλαιο.

Η μεταβλητότητα έχει εργαλεία τα οποία διευκολύνουν την εκτίμηση της όμως γίνεται σημαντικά δύσκολη η πρόβλεψη των αποδόσεων. Πρακτικά η μεταβλητότητα μετρά το κατά πόσο οι αποδόσεις περιστρέφονται γύρω από το μέσο όρο τους. Η τυχαία λήψη των τιμών αλλά και των αποδόσεων μιας επένδυσης κάνει σημαντική την χρήση της στατιστικής επιστήμης για τον υπολογισμό και την εκτίμηση των διακυμάνσεων.

Υπάρχουν όμως και ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία κάνουν το έργο του υπολογισμού της μεταβλητότητας πιο εύκολο και τα χαρακτηριστικά αυτά καλούνται ως συσσωμάτωση, μόχλευση και επιστροφή στο μέσο. Πιο συγκεκριμένα μια χρονολογική σειρά παρουσιάζει συσσωμάτωση αν συναντούνται σε αυτή χρονικά διαστήματα υψηλής μεταβλητότητας και άλλα χαμηλής μεταβλητότητας. Αναφερόμενη στη μόχλευση μιας χρονοσειράς η μεταβλητότητα εμφανίζει μη θετική συσχέτιση ως προς τις αποδόσεις. Πιο αναλυτικά η μόχλευση αξιοποιείται ως μέτρο υπολογισμού της ασυμμετρίας καθώς επίσης και της αντιπαράθεσης που υπάρχει μεταξύ της μεταβλητότητας και των αποδόσεων. Τέλος, η μεταβλητότητα έχει παρουσιάζει την ικανότητα να μπορεί να διέρχεται από το μέσον της κατά το πέρασμα του χρόνου.

2ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΝΟΜΙΣΜΑΤΑ

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΝΤΑΜΟΙΒΗΣ ΚΑΙ BLOCKCHAIN

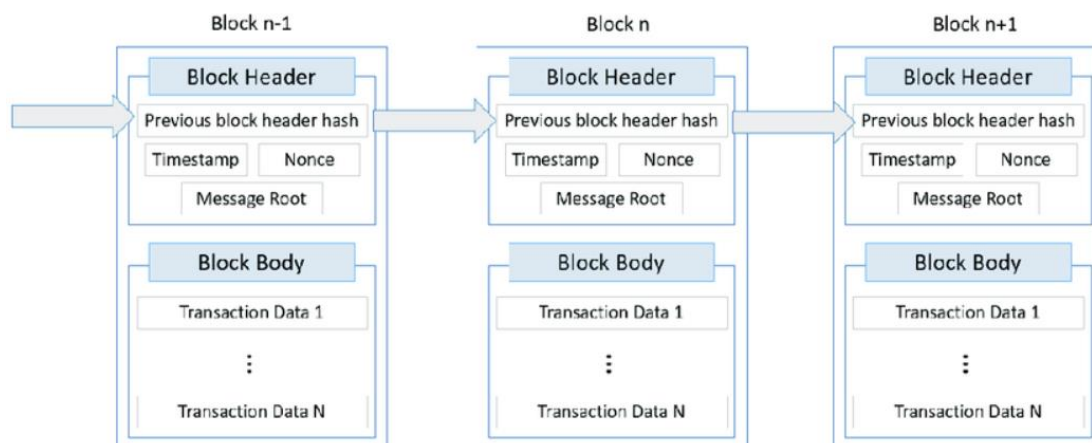
Στην παρούσα εργασία συχνά θα αναφερθούμε στις έννοιες blockchain και μηχανισμοί ανταμοιβής. Έτσι στο παρόν κεφάλαιο της εργασίας αυτής θα αποδοθούν οι ερμηνείες των δύο αυτών όρων.

Αναφέροντας τον όρο μηχανισμοί ανταμοιβής εννοούμε ένα πλαίσιο κανονισμών που προσφέρουν επιβραβεύσεις ή οφέλη στα μέλη ενός δικτύου ή συστήματος. Οι μηχανισμοί ανταμοιβής χρησιμοποιούνται στο δίκτυο των blockchain για την διατήρηση της ασφάλειας του δικτύου και τον περιορισμό ανεπιθύμητων δράσεων εξαιτίας της εξισορρόπησης των παρακινήσεων και των επιδιώξεων του συστήματος. Τα σημαντικότερα συστήματα που συγκαταλέγονται στους μηχανισμούς αυτούς είναι το PROOF OF WORK (PoW), σύμφωνα με το οποίο οι χρήστες εξάγουν κρυπτονομίσματα αξιοποιώντας επεξεργαστική ισχύ αμειβόμενοι με tokens για την διαφύλαξη του συστήματος και το δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό των μηχανισμών αυτών είναι το σύστημα PROOF OF STAKE (PoS), στο οποίο τα tokens που εξοικονομούνται κρατούνται για να αξιοποιηθούν στην υλοποίηση συμβιβασμών, παίρνοντας επιβραβεύσεις σύμφωνα με τη συμμετοχή τους στην υλοποίηση αυτή.

Αναφερόμενοι στον όρο blockchain, όπου στην ελληνική γλώσσα περιγράφεται από ποικίλες ερμηνείες με πιο διαδεδομένη την αλυσίδα μπλοκ, περιγράφουμε μία καινούρια καινοτόμα τεχνολογία που χαρακτηρίζεται από την ακεραιότητα του ιστορικού της μιας και είναι αδύνατο να υποστεί αλλαγές ως προς αυτό. Η αλυσίδα αυτή αποτελείται από πολλά διαδοχικά τμήματα τα blocks. Αξιοποιώντας την χρονολογικής σειράς τα δεδομένα εισάγονται μέσα σε αυτά. Κάθε block αποτελείται από τρία βασικά χαρακτηριστικά την πληροφορία, η οποία εξαρτάται από τη χρήση της αλυσίδας, ένα χαρακτηριστικό ψηφιακό αριθμό που αντιπροσωπεύει κάθε block. Ο αριθμός αυτός φέρει την ονομασία hash. Τέλος κάθε block εκτός από το δικό του hash περιλαμβάνει και τον κωδικό hash που ανήκει στο αμέσως προηγούμενο block. Αυτού του είδους αλυσίδες παρέχουν στο χρήστη τη δυνατότητα να εισάγει και νέα μπλοκ εφόσον εκείνα πληρούν το βασικό κριτήριο των blocks που είναι η εγκυρότητα. Η επιβεβαίωση της εγκυρότητας πραγματοποιείται μέσω της αξιοποίησης μηχανισμών ανταμοιβής και πιο συγκεκριμένα της PROOF OF WORK που είναι ιδανική για την επίλυση πολυσύνθετων μαθηματικών προβλημάτων και την PROOF OF STAKE που συμβάλλει στην αποδοχή των χρηστών με μεγάλη συμμετοχή στο δίκτυο. Μόλις τα δεδομένα επικυρωποιηθούν τα νέα block συνδέονται στην αλυσίδα αξιοποιώντας τον κωδικό hash του προηγούμενου μπλοκ. Στόχος της διαδικασίας αυτής είναι να διαφυλάξει τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στην αλυσίδα blockchain αξιοποιώντας τη μέθοδο της κρυπτογράφησης. Μέσω της ασφαλούς διαφύλαξης των δεδομένων επιτυγχάνεται η

σταθερότητα και η ασφάλεια των συναλλαγών. Μια ευρέως διαδεδομένη αλυσίδα blockchain είναι τα κρυπτονομίσματα.

Στην Εικόνα 1 που παρατίθεται πιο κάτω παρατηρούμαι την αλληλουχία των block μέσα σε μία αλυσίδα blockchain. Κάθε block αποτελείται από όλα τα στοιχεία που προαναφέρθηκαν παραπάνω, ώστε να καταφέρει να συνδεθεί με τα επόμενα και να διαφυλάξει τα δεδομένα του.



Εικόνα 1: Τμήμα μιας αλυσίδας blockchain.

ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ

Τα κρυπτονομίσματα αποτελούν μια μορφή ψηφιακού χρήματος δημιουργήθηκαν με σκοπό να αξιοποιούνται όπως και τα κανονικά νομίσματα, δηλαδή αποτελούν έναν τρόπο αποπληρωμής αγαθών και υπηρεσιών, με βασική διαφορά τον τρόπο παραγωγής τους. Τα συμβατικά νομίσματα εκδίδονται μέσω των τραπεζών, ενώ τα κρυπτονομίσματα μέσω του υπολογιστή. Η παραγωγή τους γίνεται με χρήση αλγορίθμων και το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι πως δημιουργούνται μέσω της αξιοποίησης κρυπτογραφικών μεθόδων. Με τον τρόπο αυτό αποτρέπεται η πλαστογράφηση τους. Η ψηφιακή μορφή των κρυπτονομισμάτων, τα χαρακτηρίζει ως αποκεντρωμένα, όμως μπορούν μέσα από κατάλληλους ιστότοπους ή ανταλλακτήρια ψηφιακού νομίσματος να πάρουν φυσική μορφή και να μετατραπούν σε φυσικά νομίσματα, όπως ευρώ, γεν, δολάρια και άλλα, προσέχοντας πάντα πως η ισοτιμία του δεν βρίσκεται κάτω από την κρατική ευθύνη.

Τα κρυπτονομίσματα μπορούν να κατανεμηθούν σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο αξιοποίησης τους, την υποδομή τους και την αποτελεσματικότητά τους. Μερικές κατηγορίες αυτών περιγράφονται παρακάτω.

1^η κατηγορία κρυπτονομισμάτων Bitcoin: στην κατηγορία αυτή βρίσκεται και πρώτο και ευρέως διαδεδομένο κρυπτονόμισμα που αξιοποιείται για αποταμίευση χρημάτων και την πληρωμή υπηρεσιών.

2^η κατηγορία κρυπτονομισμάτων Altcoins: στην κατηγορία αυτή κατανέμονται τα κρυπτονομίσματα που δεν ανήκουν στα Bitcoin, όπως είναι το Ethereum.

3^η κατηγορία κρυπτονομισμάτων Stablecoins: στην κατηγορία αυτή τα κρυπτονομίσματα έχουν συνδεθεί με τα μη ψηφιακά νομίσματα με σκοπό να μην μεταβάλλεται η αξία τους. Σε αυτά ανήκουν το Tether, USD Coin.

4^η κατηγορία κρυπτονομισμάτων Tokens: στην κατηγορία αυτή υπάρχουν τα κρυπτονομίσματα που δεν αποτελούνται από αυτοδιοικούμενα blockchain, αλλά αξιοποιούνται σε ήδη υπάρχοντα.

Τα Tokens διακρίνονται σε:

Utility Tokens αυτά αποκτούν δυνατότητα πρόσβασης στην εξυπηρέτηση ή στα αποτελέσματα ενός blockchain.

Security Tokens εκπροσωπούν ένα τμήμα μια επιχείρησης ή υλικών αγαθών κάτω από ρυθμιστικούς ελέγχους

Governance Tokens με αυτά οι ιδιοκτήτες τους μπορούν να πάρουν μέρος στη διαχείριση και στην εκτίμηση ενός έργου.

5^η κατηγορία κρυπτονομισμάτων Privacy Coins: στην κατηγορία αυτή ταξινομούνται τα κρυπτονομίσματα που βασίζονται στην διατήρηση του απορρήτου μιας συναλλαγής μερικά από αυτά είναι Monero και Zcash.

ΦΥΣΙΚΟ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΝΟΜΙΣΜΑ

Τι εννοούμε με τον όρο χρήμα;

Με τον όρο χρήμα αναφερόμαστε στο επίσημο και κοινά αποδεκτό από το νομοθετικό πλαίσιο στοιχείο ολοκλήρωσης πληρωμών και συναλλαγών. Το χρήμα μπορεί να πάρει τη μορφή χάρτινου χρήματος ή μεταλλικού νομίσματος.

Τι εννοούμε με τον όρο ψηφιακό νόμισμα;

Είναι και αυτό μέσο που αξιοποιείται στην πληρωμή αγαθών και υπηρεσιών, όμως η μορφή του είναι μόνο ψηφιακή. Ουσιαστικά με το ψηφιακό χρήμα μπορούν να ολοκληρωθούν συναλλαγές μόνο μέσα από το υπολογιστικό δίκτυο.

Τι εννοούμε με τον όρο ηλεκτρονικό χρήμα;

Η έννοια αυτή σηματοδοτεί τη χρηματική αξία που αποταμιεύεται ηλεκτρονικά. Αξιοποιείται ως ένα αποδεκτό μέσο πληρωμών και οι χρήστες του μπορούν να το λάβουν κατά την έκδοση κεφαλαίων ίσης αξίας.

Πώς λειτουργεί ουσιαστικά το χρήμα;

Ουσιαστικά το χρήμα αποτελεί ένα μέσο συναλλαγών το οποίο εξυπηρετεί τόσο στις εμπορικές συναλλαγές όσο και στη διευκόλυνση οποιασδήποτε επενδυτικής επενδυτικής κίνησης χωρίς να επιφέρει επιπλέον κόστη ή δυσκολίες. Όπως όλα τα μεγέθη έτσι και η αξία του χρήματος έχει μονάδα μέτρησης η οποία εκφράζει την τιμή των προϊόντων. Ακόμα λειτουργεί ως ένα μέσο προστασίας των αξιών μιας και μπορεί να αποταμιευθεί και να αξιοποιηθεί σε οποιαδήποτε μελλοντική οικονομική κίνηση.

Γίνεται αντιληπτό ότι όπως όλα τα προϊόντα και οι υπηρεσίες έχουν τα θετικά τους χαρακτηριστικά έτσι συμβαίνει και στο ψηφιακό νόμισμα. Μέσα από τα ψηφιακά νομίσματα η διαδικασία της πληρωμής γίνεται ευκολότερη μιας και δεν απαιτείται η χρήση οποιασδήποτε κάρτας ή έγκριση ορισμένων εγγράφων. Η απομάκρυνση των καρτών και των εγγράφων κάνει τη διαδικασία πληρωμής με χρήση ψηφιακού νομίσματος ταχύτερη ενώ παράλληλα προσφέρει υψηλά επίπεδα ασφάλειας εξαιτίας των κρυπτογραφικών χαρακτηριστικών που διαθέτει. Τα τραπεζικά συστήματα καθώς επίσης και οι εταιρείες οι οποίες συμβάλλουν στη μεταφορά χρημάτων από τον έναν πελάτη στον άλλον συχνά απαιτούν και ένα μικρό ποσό προμήθειας. Πλέον το κόστος αυτό μηδενίζεται μιας και τα ψηφιακά νομίσματα δεν απαιτούν κάποιο έξτρα κόστος για την ολοκλήρωση της συναλλαγής ή αν απαιτείται είναι σχεδόν μηδαμινό.

Γίνεται αντιληπτό πως και τα ψηφιακά νομίσματα παρουσιάζουν ορισμένα αρνητικά χαρακτηριστικά. Ένας βασικός κίνδυνος της χρήσης των ψηφιακών νομισμάτων είναι οι

πληρωμές που δεν μπορούν να ανακληθούν. Είναι πιθανό πως κατά την ολοκλήρωση των πληρωμών να γίνει λάθος στα στοιχεία του παραλήπτη, εάν η πληρωμή ολοκληρωθεί τότε τα χρήματα δεν μπορούν να επιστρέψουν πίσω στον κάτοχό τους αυτόματα και θα παραμείνουν στο λάθος αποδέκτη. Σε περίπτωση που ο λανθασμένος παραλήπτης θέλει να επιστρέψει τα χρήματα στον κάτοχο τους αρκεί να κάνει μια νέα συναλλαγή και να επιστρέψει πίσω τα χρήματα που δεν του αναλογούν. Ένα άλλο πρόβλημα της χρήσης των ψηφιακών νομισμάτων είναι πως τα ψηφιακά νομίσματα δεν γίνονται πάντα αποδεκτά σε φυσικά καταστήματα άγλη ενώ παράλληλα ο αριθμούς των συναλλασσόμενων με χρήση ψηφιακών νομισμάτων είναι αρκετά μικρός. Σε περίπτωση που το φυσικό πορτοφόλι χαθεί τότε είναι πολύ πιθανό να βρεθεί και να επιστραφεί πίσω στον ιδιοκτήτη του. Κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί στο ψηφιακό χρήμα μιας και το ψηφιακό πορτοφόλι είναι κατοχυρωμένο με έναν κωδικό χρήσης που σε περίπτωση απώλειάς του το πορτοφόλι δεν μπορεί να επιστραφεί στον κάτοχο του με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην έχει πρόσβαση στο περιεχόμενο αυτού.

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΝΟΜΙΣΜΑΤΟΣ

Η κρυπτογραφικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται κατά την έκδοσή τους διασφαλίζουν την ανωνυμία των χρηστών κάτι που μπορεί να επιφέρει πολυάριθμους κινδύνους. Αρχικά μέσω της ανταλλαγής από ψηφιακό νόμισμα σε συμβατικό μπορεί να χαθεί ένα μέρος των χρημάτων μιας και τα ανταλλακτήρια αυτά δεν συνάβουν με κάποια ρύθμιση και μερικά εξ αυτών έχουν καταστραφεί. Επιπλέον, η αξία των κρυπτονομισμάτων μεταβάλλεται ραγδαία με σημαντικές αυξήσεις και μειώσεις που πολλές φορές μπορούν να οδηγήσουν και στο μηδενισμό της αξίας τους. Τέλος, τα κρυπτονομίσματα αποθηκεύονται σε ένα ψηφιακό πορτοφόλι. Το πορτοφόλι αυτό έχει έναν κωδικό-κλειδί πρόσβασης που σε περίπτωση κλοπής του πορτοφολίου είναι σχεδόν ακατόρθωτο ο κωδικός να βρεθεί.

2.2 ΤΑ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΑ ΑΝΑΛΥΘΟΥΝ

Υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός κρυπτονομισμάτων με ποιο γνωστά τα Bitcoin, Ethereum και Tether.

2.2.1 Bitcoin

Το 2008 ένας ερευνητής ή μια ομάδα ερευνητών που παρουσιάζονταν με το όνομα Satoshi Nakamoto ανακαλύπτουν την πιο γνωστή μορφή ψηφιακού χρήματος και αυτή είναι το Bitcoin. Ο λόγος δημιουργίας του ήταν η αξιοποίηση του ως μέσο συναλλαγών, το οποίο δεν θα μπορούσε να εξαρτηθεί από την κυβέρνηση και τις τράπεζες της χώρας. Πολλά είναι τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν το ψηφιακό αυτό νόμισμα. Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι η σπανιότητα του μιας και παράχθηκε ένας πολύ μικρός αριθμός νομισμάτων που αγγίζει τα 21 εκατομμύρια. Όσο αναφορά τις συναλλαγές οι κινήσεις που πραγματοποιούνται καταχωρούνται σε ένα κοινό απaráλλακτο ηλεκτρονικό βιβλίο μέσα από το οποίο διατηρείται η ασφάλεια αυτών και η ανωνυμία των χρηστών μιας και το μόνο στοιχείο που χρειάζεται για την καταχώρηση των Bitcoin είναι η κρυπτογραφική διεύθυνση. Αυτό συμβαίνει συμβαίνει εξαιτίας της φύσης των bitcoin αφού αυτά λειτουργούν ως ένα peer to peer δίκτυο, το οποίο δεν βρίσκεται κάτω από τον έλεγχο καμίας αρχής. Όλες οι συναλλαγές πριν καταχωρηθούν στο ηλεκτρονικό βιβλίο επιβεβαιώνονται από τους εξορυκτές των δεδομένων (miners) αξιοποιώντας τον μηχανισμό Proof of Work. Κατά των έλεγχου των συναλλαγών παράγονται νέα Bitcoin και οι miners παίρνουν ως αμοιβή ποσοστά και Bitcoin.

Πέρα από τα χαρακτηριστικά τους τα Bitcoin ξεχωρίζουν και για τον τρόπο αξιοποίησης τους μιας και μπορούν να αξιοποιηθούν ως μέσω συναλλαγών αποφεύγοντας τους διαμεσολαβητές, ενώ άλλοι χρήστες εκμεταλλευόμενοι την μοναδικότητά τους τα αξιοποιούν ως μέσα αποθήκευσης των χρημάτων τους ή ως μέσα επενδύσεων εξαιτίας των μεταβολών που συναντώνται στην τιμή τους.

Τα Bitcoin παρουσιάζουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Όσο αναφορά τα πλεονεκτήματα τα Bitcoin προσφέρουν μηδαμινό κόστος συναλλαγών σε σχέση με εκείνων των τραπεζών, ενώ επιτρέπουν σε συναλλασσόμενους που δεν διαθέτουν τραπεζικούς λογαριασμούς να μπορούν να αξιοποιήσουν χρηματοοικονομικές υπηρεσίες. Ακόμα η φύση δημιουργίας τους προσφέρει ασφάλεια και αποτροπή τυχόν παραβιάσεων. Από την άλλη πλευρά τα Bitcoin έχουν αξιοποιηθεί ως μέσω αποπληρωμής παράνομων δραστηριοτήτων μια κατάσταση που έχει οδηγήσει τους επενδυτές τους στην αποδοκιμασία τους. Επιπλέον οι συχνές μεταβολές της τιμής τους είναι ένα λόγος που προκαλεί έναν δισταγμό προς τους νέους χρήστες να επενδύσουν σε αυτά.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως τα Bitcoin έχουν αποτελέσει τη βάση για τη δημιουργία πολλών κρυπτονομισμάτων αφού έθεσαν τα θεμέλια για την αποκεντρωμένη οικονομία.

2.2.2 Ethereum

Μερικά χρόνια αργότερα και πιο συγκεκριμένα το 2015 μια ομάδα συνεργατών με επικεφαλής τον Vitalik Buterin ανακαλύπτουν αποκεντρωμένη εφαρμογή blockchain και του δίνουν το όνομα Ethereum. Το νέο αυτό κρυπτονόμισμα αποτελεί μία καινοτόμα δημιουργία μιας και προσφέρει τη δυνατότητα για ανάπτυξη και ενεργοποίηση προγραμμάτων χωρίς κεντρικό διακομιστή και συμβόλαια blockchain. Μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά του Ethereum είναι πως έχει σχηματίσει δικό του κρυπτονόμισμα με το όνομα Ether. Το Ether χρησιμοποιείται σε διαδικτυακές συναλλαγές. Μέσα από το Ethereum βρίσκει εφαρμογή και στα έξυπνα συμβόλαια. Κάνοντας χρήση του όρο έξυπνα συμβόλαια αναφερόμαστε σε διαδικασίες, οι οποίες έχουν καθοριστεί εκ των προτέρων και εκτελούνται όταν ικανοποιούνται προαποφασισμένες προϋποθέσεις. Παράλληλα μέσα από τα έξυπνα συμβόλαια επιτρέπεται η εκτέλεση περιπλεγμένων συναλλαγών χωρίς την εμπλοκή ενδιαμέσων ατόμων. Ένα άλλο στοιχείο που χαρακτηρίζει το Ethereum είναι οι αποκεντρωμένες εφαρμογές εκτελούνται πάνω σε αλυσίδες blockchain. Στις εφαρμογές αυτές ανήκουν παιχνίδια, NFTs και άλλα. Το 2022 το Ethereum μεταπηδά από το Proof of Work που βασιζόταν στην αρχή στο Proof of Stake και αυτό συμβαίνει έπειτα από την ολοκλήρωση μιας ενημέρωσης, η οποία φέρει το όνομα The Merge. Η μετάβαση αυτή πραγματοποιήθηκε μιας και το Proof of Stake αξιοποιεί λιγότερη ενέργεια και ενισχύει την εμπλοκή μέσω staking.

Εκτός από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους τα κρυπτονομίσματα Ether ξεχωρίζουν και για τον τρόπο χρήσης τους. Αρχικά και αυτός ο τύπος κρυπτονομίσματος συναντάται σαν μέσω πληρωμής συναλλαγών και ως επενδυτικό στοιχείο. Οι εφαρμογές που στηρίζονται στο Ethereum συμμετέχουν στην έκδοση και παροχή δανείων, στην μετατροπή νομίσματος από την μία μορφή σε μία άλλη, αλλά και σε διάφορες άλλες οικονομικές συναλλαγές απομακρύνοντας τους διαμεσολαβητές που συμμετείχαν στο παρελθόν. Ένα ακόμα μέσω χρήσης των κρυπτονομισμάτων Ether είναι το NFTs μιας και το Ethereum είναι η βασική εφαρμογή για NFTs, τα οποία αξιοποιούνται σε παιχνίδια, στην ηλεκτρονική δημιουργία και σε ό,τι αναφορά την περιουσιακή βάση.

Όπως όλα τα κρυπτονομίσματα έτσι και το Ether παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του. Ξεκινώντας από τα πλεονεκτήματα του Ether διαπιστώνουμε πως το κρυπτονόμισμα αυτό παρέχει στους χρήστες διαφάνεια, σιγουριά και αξιοπιστία εξαιτίας της στήριξης που παρέχει στα έξυπνα συμβόλαια. Ένα άλλο μέσο που διασφαλίζει την ασφάλεια και την αξιοπιστία του Ethereum είναι το γεγονός πως το blockchain είναι μη ιδιωτικό και έτσι μπορούν να αναγνωριστούν τυχόν προβλήματα. Μέσα από την μετάβαση που πραγματοποιήθηκε το 2022 το Ethereum ελαχιστοποιήθηκε η χρήση ενέργειας κατά 99% και έτσι αναβαθμίστηκε η οικολογική του απόδοση. Το Ethereum έχει το πλεονέκτημα να δημιουργεί ένα σταθερό περιβάλλον ανάμεσα στους προγραμματιστές και στους χρήστες

συμβάλλοντας έτσι στην αδιάκοπη εξέλιξη και ανανέωση εξαιτίας των εφαρμογών και tokens που στηρίζονται από το Ethereum και δρουν μέσα στο ίδιο περιβάλλον. Ως προς τα μειονεκτήματα του κρυπτονομίσματος αυτού παρατηρείται πως σε χρονικά διαστήματα, όπου αυξάνεται η ζήτηση του αυξάνεται παράλληλα και το κόστος συναλλαγών αποτρέποντας έτσι τους χρήστες να το αξιοποιούν καθημερινά. Μπορεί το κόστος των συναλλαγών να μεταβάλλεται όμως ο αριθμός των συναλλαγών που μπορούν να πραγματοποιηθούν ανά δευτερόλεπτο παραμένει ελαχιστοποιημένος με αποτέλεσμα το Ethereum να μην μπορεί να έχει την ίδια υψηλή ταχύτητα συγκριτικά με πιο σύγχρονα blockchain. Η χαμηλή ταχύτητα των συναλλαγών σε σχέση με το υψηλό κόστος δημιουργεί φέρνει το Ethereum σε ανταγωνιστικά χαμηλότερη θέση έναντι άλλων ταχύτερων εφαρμογών, όπως είναι Solana και Cardano. Τέλος, ο σχηματισμός αποκεντρωμένων εφαρμογών χρειάζεται καταρτισμένες γνώσεις, οι οποίες μπορεί να κάνουν τη χρήση των εφαρμογών ιδιαίτερα δύσκολη.

Παρατηρείται πως η πλατφόρμα του Ethereum είναι επαναστατική για τα blockchain εξαιτίας της προσαρμοστικότητάς της και της πρωτοπορίας της. Παρόλα αυτά έρχεται αντιμέτωπη με ζητήματα που αφορούν την αντιπαλότητα και την οικονομική επιβάρυνση. Με τις συνεχείς αναβαθμίσεις της προσμένει να διατηρήσει τη θέση της στο χώρο των blockchain.

2.2.3 Tether

Το Tether ανήκει στην κατηγορία των stablecoins και η αξία του είναι βασισμένη στην αξία κλασικών νομισμάτων, όπως είναι το δολάριο των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (ΗΠΑ) η αναλογία του Tether έναντι του δολαρίου είναι 1 προς 1. Το Tether κυκλοφόρησε το 2014 από μια επιχείρηση με το όνομα Tether Limited. Η σταθερότητα της τιμής του είναι ένα στοιχείο που αξιοποιείται σε αποταμιεύτηκες συναλλαγές κατά την περίοδο συνεχών μεταβολών της αξίας των κρυπτονομισμάτων. Μέσα από την ικανότητα του Tether να μπορεί να προσαρμοστεί και να δουλεύουν σε πολλές αλυσίδες blockchain επιτυγχάνεται η βελτίωση της ταχύτητας και η ελαχιστοποίηση του κόστους των συναλλαγών. Ως προς το κόστος των συναλλαγών το Tether χρησιμοποιείται ως ένα ενδιάμεσο νόμισμα για την απόκτηση νέων κρυπτονομισμάτων και ως ένα μέσο διατήρησης της τιμής στα σημεία ανταλλαγής νομίσματος.

Το Tether αξιοποιείται σε πολυάριθμες συναλλαγές, οι οποίες χρειάζονται τη σταθερή τιμή των νομισμάτων. Οι κάτοχοι του κρυπτονομίσματος αυτού εκμεταλλεύονται την σταθερότητα και την ταχύτητά του το χρησιμοποιούν σε χρηματικές μεταφορές και σε χρηματοοικονομικές συναλλαγές όπου δεν μπορεί να αξιοποιηθεί το δολάριο. Επειδή στον χώρο των κρυπτονομισμάτων υπάρχουν και κρυπτονομίσματα μεταβλητής αξίας οι χρήστες μετατρέπουν τα ασταθή ψηφιακά νομίσματα σε Tether ώστε να προφυλαχτούν από αναπάντεχες μεταβολές.

Ως προς τα πλεονεκτήματα του Tether παρατηρείται πως η σταθερή του αξία αποτελεί το πιο βασικό μιας και μειώνεται το αίσθημα ανασφάλειας εξαιτίας της διακύμανσης των τιμών. Ένας άλλος λόγος που το Tether είναι τόσο διαδεδομένο είναι η μεγάλη ρευστότητά του και το γεγονός πως μπορεί να αξιοποιηθεί σε πολλές αλυσίδες blockchain. Εκτός από τα πλεονεκτήματα όπως όλα τα κρυπτονομίσματα έτσι και το Tether έχει τα μειονεκτήματά του. Το κύριο μειονέκτημα του είναι η διαφάνεια. Η εταιρεία παραγωγής του έχει έρθει αντιμέτωπη με ρυθμιστικούς οργανισμούς εξαιτίας της ασαφούς εικόνας του Tether, ενώ παράλληλα οι χρήστες του θέτουν ερωτήματα σχετικά με τα αποθέματα του Tether κάτι που προκαλεί ανασφάλεια ως προς την σταθερότητά του.

Όλα τα παραπάνω καταλήγουν στο συμπέρασμα πως το Tether έχει εδραιωθεί ως ένα σημαντικό στοιχείο των κρυπτονομισμάτων. Τα ερωτήματα που τίθενται γύρω από την διαφάνεια του θα πρέπει να καθιστούν τους επενδυτές του πιο προσεκτικούς.

2.3 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

2.3.1 Exponential Garch EGarch

Μέσα από τροποποιήσεις στο απλό μοντέλο Garch ο Nelson το 1991 παρουσιάζει ένα νέο εξελιγμένο μοντέλο με το όνομα EGarch. Το νέο αυτό μοντέλο δημιουργήθηκε με σκοπό την αντιμετώπιση βασικών προβλημάτων κυρίως της ασυμμετρίας των δεδομένων που αντιμετωπίζει το μοντέλο Garch.

Το μοντέλο EGarch περιγράφεται αρχικά από την λογαριθμική διατύπωση της διακύμανσης. Μέσα από το μοντέλο αυτό εικάζεται πως η τιμή του λογαρίθμου της διακύμανσης βασίζεται στις διακυμάνσεις του παρελθόντος. Με τον τρόπο αυτό κατοχυρώνεται η θετική τιμή της διακύμανσης χωρίς να απαιτείται κάποιος περιορισμός στις μεταβλητές α, β .

$$\log(h_t) = \omega + \beta \log(h_{t-1}) + \alpha \frac{|z_{t-1}|}{\sqrt{h_{t-1}}} + \gamma \frac{z_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}}$$

Μελετώντας τις μεταβλητές του παραπάνω τύπου η τιμή h_t εκφράζει την υπό συνθήκη διακύμανση κατά τη χρονική στιγμή t . Ο σταθερός όρος ω και οι συντελεστές α, β, γ αποτελούν τις παραμέτρους του μοντέλου. Η τιμή της μεταβλητής z_t είναι ίση με $\frac{\varepsilon_t}{\sqrt{h}}$ και

εκφράζει τα τυποποιημένα σφάλματα. Ο όρος $\gamma \frac{z_{t-1}}{\sqrt{h_{t-1}}}$ που παρουσιάζεται στο μοντέλο παρέχει την παρουσία ασύμμετρων επιρροών στη διακύμανση. Αν το γ έχει θετική τιμή σηματοδοτεί πως οι θετικές τετραγωνικές αποκλίσεις είναι πιο ισχυρές έναντι των αρνητικών στην αύξηση της διακύμανσης. Αν το γ είναι αρνητικό τότε τα αρνητικά τετράγωνα των αποκλίσεων επιδρούν σε μεγαλύτερο βαθμό.

Ως προς τα πλεονεκτήματα του μοντέλου αυτού παρατηρείται η έλλειψη περιορισμών ως προς τη μεταβλητότητα μιας και δεν απαιτείται η μη αρνητική τιμή των παραμένων για να διατηρήσει η διακύμανση το θετικό της πρόσημο. Επιπλέον παρατηρείται η καταχώριση ασυμμετριών, η οποία εμφανίζει τον τρόπο με τον οποίο παρεμβαίνουν οι θετικές και οι αρνητικές τιμές των σοκς στη τιμή της διακύμανσης. Εκτός από πλεονεκτήματα έχει και ορισμένα μειονεκτήματα. Κύριο μειονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η πολυπλοκότητα των υπολογισμών σε σχέση με το μοντέλο Garch(1,1). Επιπλέον, γίνεται δύσκολη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων κάτι που προκύπτει από την λογαριθμική προέλευση του μοντέλου.

2.3.2 GJR GARCH

Επειδή η ασυμμετρία αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη των νέων μοντέλων Garch το 1993 οι μελετητές Glosten, Jagannathan, Runkle ανέπτυξαν ένα νέο μοντέλο με στόχο την ένταξη της ασυμμετρίας στη μεταβλητότητα. Το μοντέλο αυτό αξιοποιείται στη στατιστική αλλά και στη χρηματοοικονομική ανάλυση με στόχο τη μοντελοποίηση της μη σταθερής διακύμανσης σε σημαντικά οικονομικά στοιχεία, όπως είναι οι μετοχές ή οι ισοτιμίες των συναλλαγμάτων.

Το κύριο χαρακτηριστικό του είναι η ύπαρξη ασυμμετρίας στη μεταβλητότητα της διακύμανσης. Το μοντέλο αυτό δίνει τη δυνατότητα στη διακύμανση να επηρεάζεται με διαφορετικό τρόπο από τις θετικές διαταραχές και με διαφορετικό από τις αρνητικές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η τάση της μεταβλητότητας να παίρνει μεγαλύτερες τιμές όταν υπάρχουν αρνητικές αποδόσεις. Το χαρακτηριστικό αυτό είναι εξαιρετικά σημαντικό στα χρηματοοικονομικά δεδομένα όπου αρνητικές επιδράσεις προκαλούν μεγαλύτερες αστάθειες από ότι οι θετικές. Ένα ακόμα στοιχείο του μοντέλου αυτού είναι η ευελιξία του. Το μοντέλο αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί σε περιπτώσεις όπου το βασικό μοντέλο Garch δεν μπορεί να αποδώσει με μεγάλη ακρίβεια την ασυμμετρία.

Μιας και αποτελεί ένα στατιστικό μοντέλο υπό συνθήκη διακύμανση (h_t) την οποία μελετά περιγράφεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση.

$$h_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta h_{t-1}$$

Ως προς τις μεταβλητές που περιγράφουν την παραπάνω σχέση το ω αποτελεί σταθερό όρο και οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι πάντα θετικές. Η μεταβλητή ε_{t-1}^2 εκφράζει τις τιμές των προηγούμενων μεταβλητών. Οι μεταβλητές α και γ αποτελούν τους συντελεστές των προηγούμενων διαταραχών και της ασσυμετρίας αντίστοιχα. Αν το γ έχει θετική τιμή τότε προκύπτει το συμπέρασμα πως οι τιμές των αρνητικών διαταραχών επιδρούν στη διακύμανση και την αυξάνουν. Ο συντελεστής β συνδέεται και τις υπό συνθήκη διακυμάνσεις της προηγούμενης χρονικής στιγμής. Τέλος, η μεταβλητή $I(\varepsilon_{t-1} < 0)$ αποτελεί έναν δείκτη με τιμή 1 αν το ε_{t-1} είναι θετικό διαφορετικά λαμβάνει την τιμή 0.

2.3.3 Threshold Garch TGARCH

Το μοντέλο αυτό αξιοποιείται για την αναπαράσταση της ετεροσκεδαστικότητας σε χρονοσειρές οικονομικού χαρακτήρα, δίνοντας έμφαση στην ασσυμετρία που παρουσιάζει η μεταβλητότητα. Το μοντέλο αυτό εμφανίζεται για πρώτη φορά το 1993 από του μελετητές Rabemananjara και Zakoian, ενώ το 1994 εισάγεται εκ νέου από τον Zakoian.

Μιας και αποτελεί ένα στατιστικό μοντέλο υπό συνθήκη διακύμανση (h_t) την οποία μελετά περιγράφεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση.

$$h_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \gamma \varepsilon_{t-1}^2 I(\varepsilon_{t-1} < 0) + \beta h_{t-1}$$

Ως προς τις μεταβλητές που περιγράφουν την παραπάνω σχέση το ω αποτελεί σταθερό όρο και οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι πάντα θετικές. Η μεταβλητή ε_{t-1}^2 εκφράζει τις τιμές των προηγούμενων μεταβλητών. Οι μεταβλητές α και γ αποτελούν τους συντελεστές των προηγούμενων διαταραχών και της ασσυμετρίας αντίστοιχα. Αν το γ έχει θετική τιμή τότε προκύπτει το συμπέρασμα πως οι τιμές των αρνητικών διαταραχών επιδρούν στη διακύμανση και την αυξάνουν. Ο συντελεστής β συνδέεται και τις υπό συνθήκη διακυμάνσεις της προηγούμενης χρονικής στιγμής. Τέλος, η μεταβλητή $I(\varepsilon_{t-1} < 0)$ αποτελεί έναν δείκτη με τιμή 1 αν το ε_{t-1} είναι θετικό διαφορετικά λαμβάνει την τιμή 0.

Γίνεται αντιληπτό πως η εξίσωση του μοντέλου TGarch μοιάζει με την εξίσωση του μοντέλου GJR-Garch, όμως υπάρχουν ορισμένες διαφοροποιήσεις στον τρόπο ορισμού της ασσυμετρίας. Μιας και το μοντέλο GJR-Garch αναφέρεται σε περιπτώσεις που βασίζονται στη θεωρία των μελετητών του, ενώ το μοντέλο TGarch μπορεί να χρησιμοποιήσει πολυάριθμες προσεγγίσεις για την ασσυμετρία.

Μελετώντας το μοντέλο αυτό παρατηρούμε ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και περιορισμούς. Ως προς τους περιορισμούς του το μοντέλο αυτό τείνει να προαπαιτεί σωστή προσαρμογή στις παραμέτρους του με στόχο τη βέλτιστη απόδοση. Ακόμα παρατηρείται πως είναι ένα μοντέλο όχι και τόσο ευέλικτο συγκριτικά με πιο σύγχρονα μοντέλα του Garch. Μελετώντας το μοντέλο αυτό ως προς τα πλεονεκτήματά του παρατηρούμε πως είναι σχετικά απλό στη χρήση και στην επεξήγηση των σχέσεων συγκριτικά με άλλα μοντέλα ασυμμετρίας ως προς τη μεταβλητότητα. Επιπλέον καταφέρνει να διατυπώσει την ασυμμετρία στη μεταβαλλόμενη τιμή της διακύμανσης κάτι που το κάνει πολύ σημαντικό για χρονοσειρές με έντονες μεταβολές στις αποδόσεις αλλά και τη μεταβλητότητα τους.

2.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Στο κεφάλαιο αυτό της παρούσας εργασίας θα δώσουμε έμφαση σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν γύρω από τα κρυπτονομίσματα και πιο συγκεκριμένα γύρω από τα κρυπτονομίσματα που μελετάμε, αξιοποιώντας κυρίως υποδείγματα Garch.

ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΙΑ ΣΤΟ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑ BITCOIN

Το 2014 ο μελετητής Adam Hayes έθεσε ως στόχο την εύρεση της αξίας που παρουσιάζουν τα κρυπτόνομίσματα στην αγορά. Για τον εντοπισμό αυτής της άξιος αξιοποίησε τα 16 δημοφιλέστερα κρυπτό νομίσματα από τα ευρέως δεδομένα. Από τη μελέτη αυτή προέκυψαν 3 βασικά χαρακτηριστικά των κρυπτονομισμάτων η ανάγκη για εμφάνιση αλγορίθμου κρυπτογραφίας έτσι ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν τα κρυπτονομισματα, η δυσκολία που εμφανίζεται στην εξόρυξη τους και τέλος το ποσοστό που εμφανίζεται στη μονάδα παραγωγής. Για την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής ο Adam Hayes με στόχο την ολοκλήρωση του μοντέλου αξιοποίησε τις τιμές κλεισίματος του bitcoin αποφεύγοντας έτσι άλλα κρυπτονομίσματα που είναι συνδεδεμένα με την ισοτιμία του δολαρίου.

Μεγάλος αριθμός κρυπτονομισμάτων τα οποία εμφανίζουν τις προδιαγραφές ενός επενδυτικού περιουσιακού στοιχείου χαρακτηρίζονται ως νέος χρυσός Σε αυτά τα κρυπτονομίσματα συγκαταλέγεται και το Bitcoin. Η Anne Haunt Dyhrberg Το 2015 μελέτησε τις δυνατότητες του κρυπτονομίσματος Bitcoin να παρουσιάζεται ως περιουσιακό στοιχείο οικονομικού χαρακτήρα. Για την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής αξιοποίησε τα υποδείγματα Garch. Το αρχικό μοντέλο έδειξε μια συσχέτιση του κρυπτονομίσματος με το χρυσό και το δολάριο. Οι ομοιότητες που εμφανίστηκαν ήταν τόσο σημαντικές ώστε να βγει το αποτέλεσμα προς το κρυπτονόμισμα μπορεί να παρουσιάσει αρκετά πλεονεκτήματα ως μέσο συναλλαγής αλλά και ότι περιέχει ευχέρεια αντιστάθμισης. Από την άλλη πλευρά από το ασύμμετρο μοντέλο Garch. Προέκυψε το συμπέρασμα πώς το κρυπτονόμισμα μπορεί εύκολα να διαχειριστεί κινδύνους της επενδυτικής αγοράς. Ωστόσο οι μελετητές Tony Klein, Thomas Walter και HienPham Thu το 2018 κατάφεραν να αναλύσουν και να συγκρίνουν τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες της υπό συνθήκης διακύμανσης του κρυπτονομίσματος bitcoin σε συνδυασμό με άλλων περιουσιακών αγαθών. Αξιοποιώντας ένα μοντέλο Bekk Garch Κατάφεραν να προσεγγίσουν και να παρουσιάσουν τη μεταβολή της υπό συνθήκη συσχέτισης σε ορισμένα χρονικά διαστήματα έτσι έδειξαν ότι ο Χρυσός και το Bitcoin είναι δύο ξεχωριστά αγαθά. Τα δεδομένα που προέκυψαν έδειξαν πως η συμπεριφορά των δύο αυτών στοιχείων είναι εντελώς διαφορετική. Μιας και το κρυπτονόμισμα bitcoin παρουσιάζει θετική σχέση με τις αγορές που παρουσιάζουν πτώση. Τέλος οι ερευνητές έλεγξαν και την περίπτωση όπου το bitcoin εμφανίζεται ως στοιχείο χαρτοφυλακίου εκεί διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει ικανότητα αντιστάθμισης. Έτσι έφτασαν στο συμπέρασμα ότι ο χρυσός και το Bitcoin έχουν ουσιαστικές διαφορές ως περιουσιακά αγαθά και ότι το κρυπτονόμισμα δεν παρουσιάζει καμία εμφανή ιδιότητα του χρυσού.

Το 2017 η Παρασκευή Κατσιάμπα ερευνήσε το καλύτερο μοντέλο ετεροσκεδαστικότητας υπό όρους σχετικά με την εύκολη προσαρμοστικότητα των τιμών του κρυπτονομίσματος bitcoin. Στην εργασία με τίτλο «Volatility estimation for Bitcoin : A comparison of GARCH models» παρουσιάζεται πως το βέλτιστο μοντέλο είναι εκείνο του υποδείγματος AR GARCH τονίζοντας την έννοια της ενσωμάτωσης τόσο του βραχυχρόνιο όσο και του μακροπρόθεσμου παράγοντα στην υπό συνθήκη διακύμανση. Ένα χρόνο μετέπειτα χρησιμοποιώντας ένα μη συμμετρικό διαγωνισμό μοντέλο Bekk εξέτασε την Ικανότητα της μεταβλητότητας των 5 βασικών κρυπτονομισμάτων. Με τον τρόπο αυτό απέδειξε ότι τα κρυπτονομίσματα που μελετώνται επηρεάζονται ουσιαστικά από τις τιμές του παρελθόντος που φέρουν τα τετραγωνικά σφάλματα αλλά και από τις παρελθοντικές μεταβλητότητας. Ακόμα απέδειξε ότι τα μη συμμετρικά σοκ του παρελθόντος δεν επηρεάζουν όλα τα κρυπτονομίσματα παρά μόνο το bitcoin και το Ether ασκώντας διαφορετική επιρροή στα καλά και στα κακά νέα. Η ίδια

ερευνήτρια σε μια άλλη εργασία που πραγματοποίησε το 2018 αξιοποιώντας και πάλι το ίδιο διαγώνιο μοντέλο για τα κρυπτονομίσματα bitcoin και Ether έφτασε στο συμπέρασμα πως υπάρχει αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αγορά κρυπτονομισμάτων. Τέλος έφτασε στο συμπέρασμα πως η υπό συνθήκη μεταβλητότητα αλλά και η σχέση των δυο κρυπτονομισμάτων εμφανίζεται στις νέες πληροφορίες.

ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΙΑ ΣΤΟ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑ ETHEREUM

Μια από τις πρώτες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν αναλύοντας τη μεταβλητότητα κρυπτονομισμάτων με χρήση μοντέλων garage φέρει τον τίτλο «GARCH Modelling of Cryptocurrencies». Η έρευνα αυτή μελετά 7 βασικά κρυπτονομίσματα στα οποία περιλαμβάνεται και το Ethereum. Στην έρευνα αυτή αξιοποιήθηκε το βασικό μοντέλο garch αλλά και όλα τα μοντέλα garch που έχουν προέλθει από το βασικό, όπως είναι το egarch. Στόχος της μελέτης αυτής ήταν να αξιολογηθεί η απόδοση των κρυπτονομισμάτων μέσα από 5 διαφορετικά κριτήρια. Μόλις οι μελετητές ολοκλήρωσαν την έρευνά τους οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα πως το garch ανάλογα με το κρυπτονόμισμα στο οποίο εφαρμόζεται παρουσιάζει διαφορετικά αποτελέσματα. Αυτό συμβαίνει και με το κρυπτονόμισμα Ethereum όπου παρατηρήθηκε πως το μοντέλο egarch μπορεί να αποδώσει με μεγαλύτερη ακρίβεια την πρόβλεψη της μεταβλητότητας μιας και η μεταβλητότητα του βρίσκεται σε υψηλότερα επίπεδα. Παρατηρήθηκε λοιπόν πως το κρυπτονόμισμα Ethereum επωφελείται κατά κύριο λόγο από μοντέλα, τα οποία βασίζονται στην ασυμμετρία και στις «μακριές» ουρές των αποδόσεων.

Η μελέτη με τίτλο «Skewed non-Gaussian GARCH models for cryptocurrencies volatility modelling» εξετάζει τη μεταβλητότητα τριών βασικών κρυπτονομισμάτων ένα εκ των οποίων είναι και το Ethereum. Στόχος της έρευνας αυτής είναι να παρουσιάσει τα δεδομένα που προκύπτουν με χρήση των μη γκουασσιανών μοντέλων garch με την παρουσία ασυμμετρίας ως προς τη μοντελοποίηση της μεταβλητότητας. Η έρευνα αυτή οδήγησε στο συμπέρασμα πως θα μη γκουασσιανα μοντέλα με ασυμμετρία είναι πιο αποτελεσματικά για τη μεταβλητότητα των κρυπτονομισμάτων. Μιας και μέσα από την αξιοποίηση αυτών των μοντέλων μπορεί να διαχειριστεί καλύτερα ο κίνδυνος των επενδύσεων σε αγορές που παρουσιάζουν μεγάλη αστάθεια.

ΕΡΕΥΝΕΣ ΠΟΥ ΑΝΑΦΕΡΟΝΤΙΑ ΣΤΟ ΚΡΥΠΤΟΝΟΜΙΣΜΑ TETHER

Το 2020 οι μελετητές John Griffin και Amin Shams παρουσιάζουν μια μελέτη που φέρει τον τίτλο «Is Bitcoin Really Unthered?». Η μελέτη αυτή αποτελεί μια από τις πιο γνωστές και αμφιταλαντευόμενες εργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί και μελετούν τη σχέση μεταξύ Bitcoin και Tether. Η έρευνα αυτή ελέγχει τον τρόπο με τον οποίο η έκδοση νέων κρυπτονομισμάτων Tether έχει επιρροή στην τιμή των bitcoin. Παράλληλα παρουσιάζει και μια άλλη οπτική στην οποία η έκδοση Tether είναι πιθανό να ασκήσει επιρροή στην αγορά κατά τη χρονική περίοδο όπου τα κρυπτονομίσματα bitcoin παρουσιάζουν έντονη αύξηση στην τιμή τους. Στόχος πραγματοποίησης της εργασίας αυτής ήταν να απαντηθεί ένα βασικό ερώτημα στο οποίο οι ερευνητές αναρωτιούνται εάν η έκδοση νέων Tethrr μπορεί να συνδεθεί με την ραγδαία αύξηση της τιμής το bitcoin αλλά και άλλων γνωστών κρυπτονομισμάτων κατά τα χρονικά διαστήματα υψηλών τιμών ανόδου στην αγορά. Μέσα από την εξέλιξη της έρευνας οι μελετητές αναφέρουν πως είναι ορατή η σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ της παραγωγής Tether αλλά και της αύξησης στην τιμή των Bitcoin.

Πιο συγκεκριμένα οι μελετητές υποστηρίζουν πώς είναι πιθανό η αγορά κρυπτονομισμάτων να ενισχύεται από την παραγωγή Tether μιας και εμφανίζονταν υψηλά επίπεδα παραγωγής του για το χρονικό διάστημα στο οποίο το bitcoin έπαιρνε μια ώθηση προς τα πάνω. Οι μελετητές αξιοποίησαν επίσης και στατιστικά μοντέλα για να μπορέσουν να ερμηνεύσουν τη σχέση αυτή. Ακόμα και με τη χρήση των μοντέλων διαπιστώθηκε ότι η έκδοση μεγάλου αριθμού Tether συνέβαινε λίγο πριν την άνοδο της τιμής του Bitcoin. Η μελέτη αυτή προκάλεσε και θετικές και αρνητικές αντιδράσεις. Οι υποστηρικτές του κρυπτονομίσματος Tether θεωρούν πως δεν υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ της παραγωγής του κρυπτονομίσματος αυτού αλλά και της τιμής του bitcoin στην αγορά αλλά θεωρούν πως η σχέση αυτή δείχνει την ανάγκη των επενδυτών για σταθερά νομίσματα. Από την άλλη πλευρά εκείνοι που δεν υποστηρίζουν το κρυπτονόμισμα Tether θεωρούν πως τα stablecoins μπορούν να προκαλέσουν πολλές επιπτώσεις στην αγορά και πως πλέον απαιτείται ένα πιο αυστηρό πλαίσιο που θα ρυθμίζει την παραγωγή τους.

Το 2021 σε μια έρευνα με τίτλο «The influence of stablecoin issuances on cryptocurrency markets» οι μελετητές Lennart Ante, Ingo Fielder και Elias Strehle από τους οποίους πραγματοποιήθηκε η έρευνα έδωσαν έμφαση στην επιρροή των stablecoins για όπως είναι το TETHER, που μελετάμε, μέσα στην αγορά των κρυπτονομισμάτων. Οι ερευνητές εξετάζοντας πώς η έκδοση καινούργιων κρυπτονομισμάτων της κατηγορίας αυτής είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με τις τιμές και τις αποδόσεις των κρυπτονομισμάτων. Μέσα από τη μελέτη που ολοκλήρωσαν οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η κατηγορία αυτή των stablecoins συνδέεται με υψηλές δραστηριότητες της αγοράς των κρυπτονομισμάτων, όπως Bitcoin Ethereum. Μέσα από τη μελέτη αυτή οι ερευνητές έφτασαν στο συμπέρασμα πως η έκδοση stablecoins επηρεάζει ουσιαστικά την απόδοση των κρυπτονομισμάτων. Πρακτικά οι ερευνητές αναφέρουν ότι η κατηγορία των κρυπτονομισμάτων που μελετάμε προσφέρει μια έντονη χρηματική ροή στον χώρο των κρυπτονομισμάτων κάτι που καταλήγει σε άνοδο των τιμών και της δραστηριότητας στην αγορά. Η αύξηση της χρηματικής ροής οδηγεί σε πιθανή ζήτηση και άλλων κρυπτονομισμάτων αυξάνοντας έτσι τις τιμές αλλά και τις αποδόσεις. Οι ερευνητές συμπεραίνουν πώς το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε περιόδους όπου η παραγωγή των stablecoins είναι μεγάλη και συνδυάζεται με την υψηλή αγορά bitcoin ή Ether. Επιπλέον, παρατηρείται πως η παραγωγή των stablecoins αυξάνει τη ζήτηση και άλλων κρυπτονομισμάτων καθώς πλέον οι επενδυτές κρυπτονομισμάτων αγοράζουν stablecoins για να τα ανταλλάξουν με άλλα κρυπτονομίσματα. Με τον τρόπο αυτό εμφανίζεται μια ανατροφοδότηση στην αγορά η οποία μπορεί να επιφέρει μόνο θετικά αποτελέσματα μιας και οδηγεί σε άνοδο των τιμών και των αποδόσεων για τα κρυπτονομίσματα. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πώς η έρευνα αυτή αύξησε της συζήτησης γύρω από τα stablecoins αλλά και τη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ των κρυπτονομισμάτων και των stablecoins. Αρκετοί από τους υπερασπιστές των δυο αυτών κατηγοριών εκφράζουν την άποψη πώς ο συνδυασμός κρυπτονομισμάτων και stablecoins συντελούν στην ορθή λειτουργία και οργάνωση της αγοράς καθώς επίσης και την διατήρηση των τιμών σε σταθερά επίπεδα. Από την άλλη πλευρά εκείνοι που δεν υποστηρίζουν την θέση των stablecoins στην αγορά θεωρούν πως η υπερβολική παραγωγή τους μπορεί να κατευθύνει την αγορά και να προκαλέσει ψεύτικη η άνοδο των τιμών. Η ανησυχία αυτή περιστρέφεται γύρω από τη μεγάλη παραγωγή stablecoins και πιο συγκεκριμένα του Tether, το οποία συχνά συνδυάζεται με πρακτικές, οι οποίες δεν παρουσιάζουν βιώσιμο χαρακτήρα για την υποστήριξη της διατήρησης των σταθερών τιμών στην αγορά.

Παρά το γεγονός ότι η βιβλιογραφία δεν είναι επαρκής και έχοντας μελετήσει ακαδημαϊκά άρθρα προχωρούμε και εμείς σε μία μελέτη η οποία εξετάζει συγκεκριμένα το ρόλο των χρηματιστηριακών αγορών –SP500- αλλά και του νέου δείκτη BitcoinETF στη μεταβλητότητα τριών βασικών κρυπτονομισμάτων, του Bitcoin, του Ethereum και του Tether.

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Πολλά αξιοσημείωτα στοιχεία των οικονομικών στοιχείων δεν είναι δυνατό να αποσαφηνιστούν από την γραμμική δομή των μοντέλων. Μερικά από αυτά τα στοιχεία παρουσιάζονται στην γραφική παράσταση της κατανομής, όπου παρατηρείται υψηλή συσσώρευση τιμών γύρω από τη μέση τιμή της κατανομής, ενώ οι οριακές τιμές είναι πιο έντονες συγκριτικά με την καμπύλη της κανονικής κατανομής. Το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται με τον όρο Leptokurtosis. Ένα άλλο φαινόμενο που παρατηρείται χαρακτηρίζεται ως Volatility Pooling. Αποτελεί μια τεχνική που συλλέγει μεταβλητότητες από πολυάριθμες πηγές με στόχο την ελάττωση του ρίσκου. Τέλος τα Leverage effects που περιγράφουν την αρνητική σχέση ανάμεσα στην τιμή μιας μεταβλητής και της μεταβλητότητάς της. Πιο συγκεκριμένα τα Leverage effects περιγράφουν την ικανότητα της μεταβλητής να ανεβαίνει έπειτα την κατάρρευση της τιμής ενός περιουσιακού στοιχείου, ενώ κατά την αύξηση της τιμής του στοιχείου παρατηρείται το άκρως αντίθετο.

Το κλασσικό γραμμικό μοντέλο είναι πιθανό να έχει την παρακάτω μορφή:

$$y_t = \beta_1 + \beta_2 x_{2t} + \dots + \beta_k x_{kt} + u_t, \text{ με } u_t \sim N(0, \sigma^2)$$

Η παραπάνω σχέση ακολουθεί κανονική κατανομή με μέση τιμή $\mu=0$ και διακύμανση σ^2 , όπου $\sigma_u^2 = \text{Var}(u_t)$ δηλαδή η διακύμανση του όρου σφάλματος. Η διακύμανση του όρου αυτού θεωρείται σταθερή. Παρόλα αυτά υπάρχει περίπτωση η σταθερή διακύμανση να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Το έτος 1977 οι μελετητές Campbell, Lo και MacKinlay παρουσιάζουν μία νέα μη γραμμικό διαδικασία γενικής μορφής με τον παρακάτω τύπο:

$$y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \gamma y_{t-1}^2 + \varepsilon_t, \text{ όπου}$$

α, β, γ αποτελούν συντελεστές του γραμμικού όρου (είναι οι α, β) και του μη γραμμικού όρου (είναι ο γ)

ε_t είναι το σφάλμα

y_{t-1}^2 αποτελεί τον μη γραμμικό όρο

Οι τρεις παραπάνω ερευνητές παρουσίασαν και ένα μη γραμμικό μοντέλο όπως φαίνεται παρακάτω:

$$y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \gamma f(y_{t-1}) + \varepsilon_t, \text{ όπου } f(y_{t-1}) \text{ με περιγράφεται μια μη γραμμική συνάρτηση της προηγούμενης μεταβλητής.}$$

ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Η ανάγκη για την πρόβλεψη της μεταβλητότητας οδήγησε στην ανάπτυξη αρκετών προσεγγίσεων γύρω από αυτό το θέμα και οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικότερα παρακάτω:

- ΜΟΝΤΕΛΟ ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ: στηριζόμενοι σε πληροφορίες/δεδομένα που έχουν ληφθεί από το παρελθόν το μοντέλο αυτό αξιοποιείται για τη την εύρεση του μέτρου της αστάθειας χρηματοοικονομικών δεδομένων. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης μέσα από τιμές που

λαμβάνονται σε μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Στην προκαθορισμένη χρονική περίοδο τα δεδομένα αυτά λαμβάνονται κάθε μέρα ή μέσα στην εβδομάδα επεξεργάζονται και έτσι εκτιμάται η τυπική απόκλιση. Το μοντέλο αυτό αξιοποιείται στην τιμολόγηση προϊόντων, στην εύρεση των κινδύνων και στην παρατήρηση της αγοράς στο μέλλον.

- **ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΥΧΑΙΟΥ ΠΕΡΙΠΑΤΟΥ:** το μοντέλο αυτό αποτελεί μια μαθηματική έννοια που περιγράφεται από την τυχαία επιλογή μιας διαδοχικής πορείας, στην οποία κάθε βήμα δεν εξαρτάται από τα προηγούμενα. Το μοντέλο αυτό χωρίζει την τιμή ενός στοιχείου σε τρέχουσα και μελλοντική. Μέσα από την παρούσα τιμή του μοντέλου παρουσιάζονται όλες οι πληροφορίες που είναι διαθέσιμες προς χρήση πληροφορίες. Οι καινούριες τιμές μεταβάλλουν τις μελλοντικές τιμές. Η πορεία που ακολουθούν είναι ανεξάρτητη χωρίς να απαιτεί προκαθορισμένα μοτίβα. Όλα τα παραπάνω σηματοδοτούν πως δεν είναι εφικτό να είμαστε συνεπείς στον υπολογισμό τιμών μια μελλοντικής κίνησης των τιμών. Μιας και μιλάμε για μια μαθηματική έννοια η εξίσωση που την περιγράφει είναι:

$$P_t = P_{t-1} + e_t$$
 Με P_t συμβολίζουμε την τιμή τη χρονική στιγμή t , με P_{t-1} την τιμή τη χρονική στιγμή $t-1$ και με e_t συμβολίζουμε μια τυχαία μεταβλητή που ακολουθεί την κανονική κατανομή με μέση τιμή ίση με το 0. Το μοντέλο τυχαίου περιπάτου χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της αποδοτικότητας των αγορών, στις ποσοτικές ανάλυσης για την δημιουργία διαπραγματευτικών κινήσεων και στην προσομοίωση Monte Carlo για την πρόβλεψη κινδύνων και επερχόμενων τιμών. Το μοντέλο αυτό έχει ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ως προς τα πλεονεκτήματα του ο απλός και κατανοητός τρόπος αναπαράστασης των τυχαίων δεδομένων είναι ένα από αυτά. Ενώ το κύριο μειονέκτημά του είναι η αδυναμία αναγνώρισης εξωτερικών στοιχείων ή παραγόντων που μπορεί να έχουν τιμές.
- **ΙΣΤΟΡΙΚΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:** το μοντέλο αυτό αξιοποιείται για τον υπολογισμό της μέσης τιμής των στοιχείων από τα οποία αποτελείται ένα δείγμα με τιμές που ανήκουν στο παρελθόν. Ο κύριος λόγος αξιοποίησής του είναι ο υπολογισμός της μέσης απόδοσης ενός δείγματος. Η μέση απόδοση αποτελεί μια μαθηματική έννοια του κλάδου της στατιστικής και υπολογίζεται από τον μαθηματικό τύπο: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ με την μεταβλητή n συμβολίζουμε το σύνολο των παρατηρήσεων, x_i συμβολίζεται κάθε απόδοση και τέλος με $\bar{x}$ συμβολίζουμε την μέση απόδοση. Το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται στην διαχείριση κινδύνων μιας και μπορεί να συγκριθεί ο μέσος όρος ιστορικών δεδομένων με τον μέσο όρο τωρινών δεδομένων και να υπολογιστούν έτσι τυχόν αποκλίσεις. Επιπλέον εφαρμόζεται στον κλάδο της χρηματοοικονομικής και της στατιστικής ανάλυσης.
- **ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:** αποτελεί έναν στατιστικό δείκτη που αξιοποιείται στην εξισορρόπηση των δεδομένων μιας χρονικής περιόδου με σκοπό την εξομάλυνση των συνεπειών από βραχυπρόθεσμες διακυμάνσεις. Πιο αναλυτικά, ο κινητικός μέσος όρος αποτελεί ένα τρόπο υπολογισμού της μέσης τιμής μη σταθερών δεδομένων σε μια χρονική στιγμή. Αφού οι τιμές είναι μεταβαλλόμενες κάθε νέο στοιχείο του μέσου όρου υπολογίζεται σύμφωνα με τις χρονικά κοντινότερες τιμές. Ο στατιστικός αυτός δείκτης αποτελείται από δύο τύπους. Τον απλό τύπο για το κινητό μέσο όρο, ο οποίος περιγράφεται από τη σχέση $SMA = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i$, όπου η μεταβλητή SMA εκφράζει τον κινητό μέσο, η μεταβλητή N τον αριθμό των χρονικών διαστημάτων και τέλος με την μεταβλητή P_i περιγράφεται η τιμή του κάθε χρονικού πλαισίου. Μέσα από τον απλό τύπο υπολογίζεται η τιμή του αριθμητικού μέσου για ένα χρονικό διάστημα. Ο δεύτερος τύπος από τον οποίο αποτελείται ο κινητικός μέσος όρος χαρακτηρίζεται ως εκθετικός

- ΕΚΘΕΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ:** πρόκειται για μια διαφοροποίηση του κινητού μέσου όρου. Ο εκθετικά σταθμισμένος κινητός μέσος όρος δίνει έμφαση στις νεότερες τιμές και ελαχιστοποιεί εκθετικά τις τιμές του παρελθόντος. Ο υπολογισμός του επιτυγχάνεται πολλαπλασιάζοντας έναν εκθετικό αριθμό (συντελεστή) με τη διαφορά της τιμής από την παρούσα τιμή. Συμπεραίνουμε πως και το μοντέλο αυτό αποτελεί μια μαθηματική έκφραση, η οποία περιγράφεται από τον τύπο:

$$EMA_t = aP_t + (1 - a)EMA_{t-1}$$

με EMA_t συμβολίζεται ο εκθετικός σταθμικός μέσος τη χρονική στιγμή t , με P_t η τιμή που έχει η σειρά κατά τη χρονική περίοδο t και με a ο συντελεστής που περιγράφεται από τη σχέση $\frac{2}{N+1} = a$ και N το πλήθος των χρονικών περιόδων που θέλουμε να εξομαλύνουμε. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού είναι η επιρροή των πιο πρόσφατων τιμών στο μοντέλο καθώς και η ταχύτητα του που εξαρτάται από την τιμή της μεταβλητής N . Όσο πιο μικρό είναι το N τόσο πιο ευάλωτο είναι στις καινούριες τιμές, ενώ όσο μεγαλώνει το N το μοντέλο γίνεται πιο αργό. Ο εκθετικά σταθμισμένος κινητός μέσος όρος άλλη χρησιμοποιείται στη διαχείριση κινδύνων στη βιομηχανία και στον έλεγχο της ποιότητας των αγαθών και για την ανάλυση χρονικών σειρών. Όπως όλα τα μοντέλα έτσι και αυτό έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Ως προς τα πλεονεκτήματα του συγκριτικά με τον απλό κινητό μέσο μπορεί να αναπτύξει μεγαλύτερη ταχύτητα ανταπόκρισης ενώ παράλληλα επικεντρώνεται κατά κύριο λόγο στις πιο πρόσφατες τιμές χωρίς να περιθωριοποιεί τις παλαιότερες. Για τα μειονεκτήματά του στο μοντέλο αυτό μπορεί να επηρεαστούν οι ακραίες τιμές του εξαιτίας του πολύ μεγάλου συντελεστή a .
- ΔΙΑΚΡΙΤΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ:** αποτελεί ένα στατιστικό μοντέλο που χρησιμοποιεί δεδομένα κυρίως ιστορικά με σκοπό τον υπολογισμό μελλοντικών τιμών ή την ανάλυση προβλέψεων σε διακριτά χρονικά διαστήματα. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μοντέλου αυτού είναι τα διακριτά χρονικά διαστήματα στα οποία μελετά τα δεδομένα. Με τον όρο διακριτά χρονικά διαστήματα ουσιαστικά εννοείται συγκεκριμένα χρονικά περιθώρια όπως είναι οι μέρες οι μήνες τα χρόνια και τα λοιπά. Για τη χρήση του μοντέλου αυτού απαιτούνται ιστορικά δεδομένα τα οποία στηρίζονται σε καταστάσεις του παρελθόντος μιας κι αυτά περιέχουν αξιόλογες πληροφορίες. Τέλος ο απλός τρόπος χρήσης του είναι ένα από τα σημαντικά του χαρακτηριστικά μιας και λειτουργεί με συγκεκριμένες χρονικές στιγμές και όχι με μια συνεχή ροή. Για να μπορέσει να λειτουργήσει το μοντέλο αυτό χρειάζεται να συλλεχθούν όλα τα απαραίτητα δεδομένα και να χωριστούν σε επιμέρους χρονικές σε επιμέρους χρονικά διαστήματα να αναλυθούν ως προς το μέσο όρο τη διακύμανση αλλά και την πιθανότητα εμφάνισης συγκεκριμένων γεγονότων και τέλος να αξιοποιηθούν με σκοπό να βρεθούν όλα τα αποτελέσματα που αναζητούνται. Τα κύρια χαρακτηριστικά του όπως η απλότητα, η χρήση δεδομένων του παρελθόντος αλλά και τα διακριτά χρονικά διαστήματα αποτελούν τα κύρια πλεονεκτήματα του μοντέλου αυτού. Τα μειονεκτήματα του συναντώνται κατά κύριο λόγο στην απώλεια της πληροφορίας μιας και εξαιτίας των διακριτών χρονικών διαστημάτων αγνοούνται ορισμένες λεπτομέρειες αλλά και της περιορισμένης ακρίβειας που προσφέρει το μοντέλο αυτό σε μελέτες που αφορούν μεγάλη μεταβλητότητα. Συμπεραίνουμε λοιπόν πως το μοντέλο αυτό αποτελεί μια σημαντική προσέγγιση για την ανάλυση δεδομένων και τη λήψη ορθών αποφάσεων των οποίων τα δεδομένα που μελετώνται ανταποκρίνονται σε ιστορικά δεδομένα. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε πως η καλύτερη χρήση του μοντέλου αυτού γίνεται όταν τα δεδομένα είναι τοποθετημένα κατά χρονικά διαστήματα και οι προβλέψεις μπορούν να γίνουν πολύ γρήγορα.
- ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΚΙΝΗΤΟ ΜΕΣΟ ΟΡΟ:** στο μοντέλο αυτό συνδυάζεται η αυτό παλινδρόμηση και κινητός μέσος όρος με σκοπό την αξιοποίηση

των δεδομένων για την πρόβλεψη χρονοσειρών. Το μοντέλο αυτό αξιοποιείται κατά κύριο λόγο σε στατιστικές χρονοσειρές όπου οι τάσεις δεν αλλάζουν σημαντικά. Στο μοντέλο αυτό η αυτό παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για να δείξει ότι υπάρχει μια γραμμική σχέση μεταξύ της προηγούμενης τιμής και την παρούσα τιμή της χρονοσειράς. Μιας και αναφέραμε είμαστε στη γραμμικότητα των αυτών σχέσεων παρακάτω παρουσιάζεται ο τύπος που μάθημα παρουσιάζει μαθηματικά την έννοια αυτήν. $X_t = c + \varphi_1 X_{t-1} + \varphi_2 X_{t-2} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + e_t$ με X_t συμβολίζεται η τιμή για τον χρόνο t c συμβολίζεται η σταθερά με φ_i ο συντελεστής για την αυτό παλινδρόμηση και με e_t συμβολίζεται το σφάλμα. Για την μαθηματική έκφραση του κινητού μέσου όρου έχουμε $X_t = \mu + \varepsilon_t + \varepsilon_1 \theta_{t-1} + \dots + \varepsilon_p \theta_{t-p}$ οι μεταβλητές μ και θ_i συμβολίζουν το μέσο όρο και το συντελεστή κινητού μέσου αντίστοιχα. Από τον συνδυασμό των δύο παραπάνω σχέσεων προκύπτει ο τύπος $X_t = c + \sum_{i=1}^k \varphi_i X_{t-i} + e_t + \sum_{j=1}^p \theta_j e_{t-j}$. Για την εφαρμογή του μοντέλου αυτού απαιτείται ο έλεγχος στατικότητας προσδιορισμός των τάξεων p και k , εκτίμηση των συντελεστών και έλεγχος ακριβείας του μοντέλου και τέλος απαιτείται η πρόβλεψη που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μελλοντικές προβλέψεις. Τα πλεονεκτήματα του αποτελούνται από την απλότητα για την ανάλυση των χρονοσειρών καθώς επίσης και για την εύκολη εφαρμογή του. Στα μειονεκτήματα του μοντέλου συγκαταλέγονται η δύσκολη επιλογή των τάξεων η μη ενσωμάτωση της εποχικότητας και τέλος ο περιορισμός στη διαχείριση μη στατιστικών σειρών χωρίς να έχουν μετατραπεί σε στατιστικές.

- **ΥΠΟΝΟΟΥΜΕΝΗ ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ:** το μοντέλο αυτό αξιοποιείται για την εκτίμηση της τυπικής απόκλισης που προκύπτει από τις τιμές της αγοράς ενός περιουσιακού στοιχείου. Είναι γνωστό πως την υπονοούμενη τυπική απόκλιση δεν μπορούμε να την παρατηρήσουμε άμεσα αλλά μπορούμε να την υπολογίσουμε αξιοποιώντας την παρούσα τιμή της αγοράς. Με τον όρο υπονοούμενη τυπική απόκλιση αναφερόμαστε στην εκτίμηση της αγοράς για τις μελλοντικές τιμές ενός χρηματοοικονομικού στοιχείου. Επιπλέον ο όρος αυτός εκφράζει τη μεταβολή της παρούσας τιμής στηριζόμενοι σε ένα μοντέλο αποτίμησης. Το μοντέλο αυτό αξιοποιείται για την διαχείριση και πρόβλεψη μελλοντικών κινδύνων την τιμολόγηση χρηματοοικονομικών στοιχείων καθώς επίσης και για την ανάλυση της αγοράς και την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών. Το κύριο πλεονέκτημά του είναι η πρόβλεψη του κινδύνου μιας και μπορεί να παρατηρείται ο μελλοντικός κίνδυνος όπου δεν είναι πολλές φορές διαθέσιμος κάνοντας χρήση ιστορικών δεδομένων. Ένα ακόμα πλεονέκτημά του είναι η πραγματική εκτίμηση της τυπικής απόκλισης η οποία στηρίζεται στις ανάγκες της αγοράς αξιοποιώντας και μελετώντας τις πραγματικές τιμές. Στα κύρια μειονεκτήματά του συγκαταλέγονται η υπολογιστική του πολυπλοκότητα και η έλλειψη ακρίβειας γύρω από την πρόβλεψη της τυπικής απόκλισης.
- **ΑΥΤΟΠΑΛΙΝΔΡΟΜΑ ΜΟΝΤΕΛΑ:** πρόκειται για μοντέλα τα οποία στηρίζονται στην ιδέα πως η τιμή μιας μεταβλητής σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο χρονική στιγμή εξαρτάται από την τιμή των μεταβλητών σε προηγούμενες χρονικές στιγμές. Η εξάρτηση αυτή είναι γραμμική. Το μοντέλο αυτό συγκαταλέγεται στην κατηγορία της στατιστικής. Η τιμή της χρονικής στιγμής t στα αυτό παλίνδρομα μοντέλα όπως περιγράψαμε και στο αυτό παλίνδρομο μοντέλα με κινητό μέσο όρο περιγράφεται από μια γραμμική σχέση η οποία αποτελείται από μια σταθερή μεταβλητή τους συντελεστές αυτό παλινδρόμησης ένα σφάλμα για τη χρονική στιγμή t καθώς επίσης και τις τιμές που μπορεί να πάρει το μοντέλο μας τη χρονική στιγμή t . Αίτια μοντέλο αυτό χαρακτηρίζεται από τη γραμμική σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ της μεταβλητής που συζητάμε για τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή καθώς επίσης και για αυτούς προηγούμενες μεταβλητές από τους στατισμότητα των μεταβλητών καθώς επίσης και από τους συντελεστές και την εκτίμησή τους. Για να μπορέσουμε να

χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο αυτό ακολουθούμε μια αφηρημένη διαδικασία ανάλυσης αρχικά ελέγχουμε τις μεταβλητές γύρω από τη στασιμότητα τους προσδιορίζουμε την τάξη του γραμμικού μοντέλου ενώ παράλληλα μελετάμε τους συντελεστές. Εξετάζουμε εάν το σφάλμα είναι ανεξάρτητο ή κατανέμεται κανονικά τέλος προβλέπουμε τις μελλοντικές τιμές τις οποίες μπορεί να πάρει το μοντέλο. Αναφερθήκαμε στα αυτό παλίνδρομα μοντέλα ανήκουν στην κατηγορία της στατιστικής ενώ παράλληλα αξιοποιούνται στη μετεωρολογία αλλά και στην οικονομία. Όπως όλα τα μοντέλα έτσι και αυτό έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Μελετώντας το μοντέλο αυτό παρατηρείται ότι η απλότητα στην χρήση του καθώς επίσης και η ακριβής εύρεση της τιμής σε στατιστικές σειρές είναι τα δυο αυτά χαρακτηριστικά αποτελούν τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα του μοντέλου. Από την άλλη στα μειονεκτήματα του μοντέλου αυτού συγκαταλέγονται η αδυναμία εφαρμογής του σε μη στατιστικές σειρές καθώς επίσης και η δυσκολία αξιοποίησης του μοντέλου σε σύνθετες σχέσεις οι οποίες μεταβάλλονται με την εποχικότητα ή με άλλες σχέσεις οι οποίες δεν είναι γραμμικές.

Στην παρούσα εργασία θα αξιοποιηθεί το αυτό παλίνδρομο μοντέλο με κινητό μέσο όρο για την ανάλυση των τριών κρυπτονομισμάτων BITCOIN, ETHERIUM και TETHER.

Η ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Η έννοια της στασιμότητας σε μια χρονοσειρά αποτελεί ένα βασικό στοιχείο των μεταβλητών της. Για να είναι η χρονοσειρά στάσιμη θα πρέπει η μέση τιμή, η διακύμανση και η αυτοσυσχέτιση να παραμένουν σταθερές. (Η αυτοσυσχέτιση εξαρτάται από την διαφορά των χρονικών τιμών).

Η στασιμότητα διακρίνεται σε δύο κατηγορίες την ασθενή και την ισχυρή στασιμότητα. Αναφερόμενοι στην ασθενή στασιμότητα εξετάζεται η σταθερότητα των μεταβλητών ως προς τη μέση τιμή και την διακύμανση, ενώ στην ισχυρή στασιμότητα μελετάται η σταθερότητα όλης της χρονοσειράς.

Η μελέτη της στασιμότητας γίνεται σημαντική μιας και αποτελεί βασικό πυλώνα για πολλές μεθόδους ανάλυσης δεδομένων.

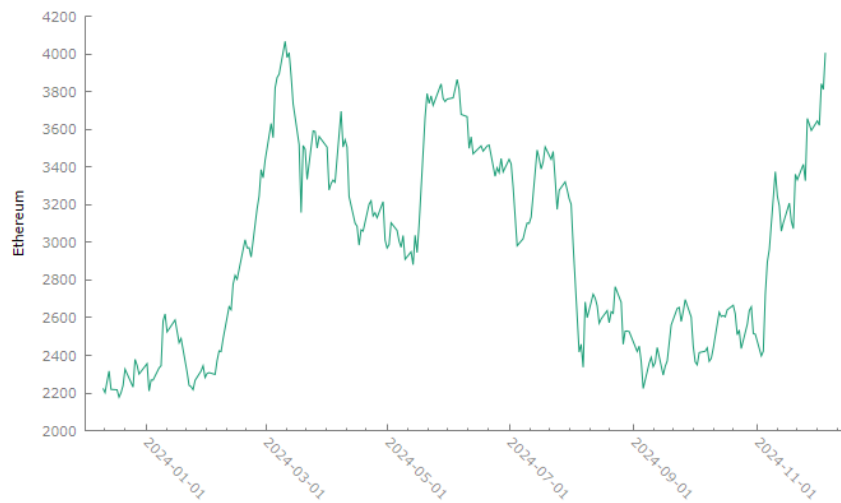
Η στασιμότητα μιας χρονοσειράς μπορεί να ελεγχθεί με τρεις τρόπους. Μέσω της οπτικής παρατήρησης του γραφήματος τιμών, από στατιστικούς ελέγχους που αναζητούν την ύπαρξη ρίζας ή την στασιμότητα γύρω από τη μέση τιμή και τέλος μέσα από την μελέτη της αυτοσυσχέτισης.

ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΚΕΙΣ

ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ



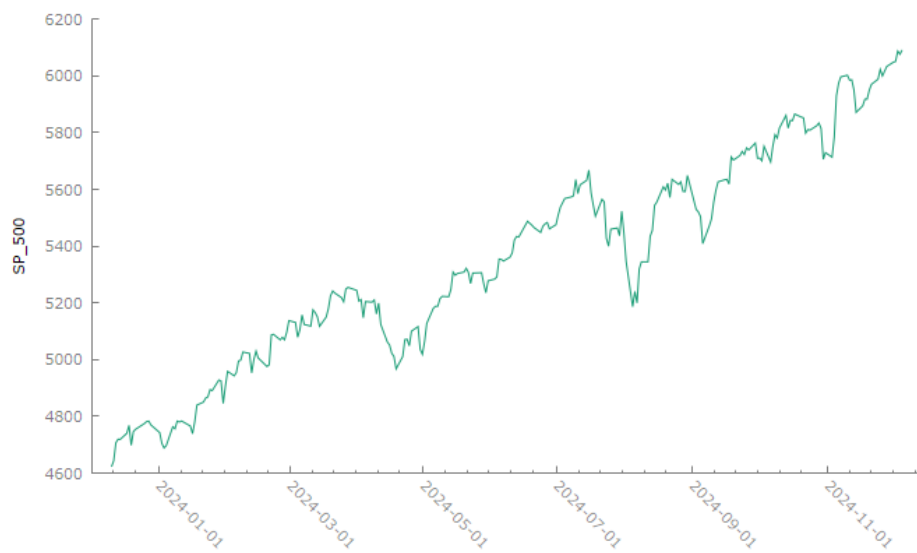
Γράφημα 1: BITCOIN



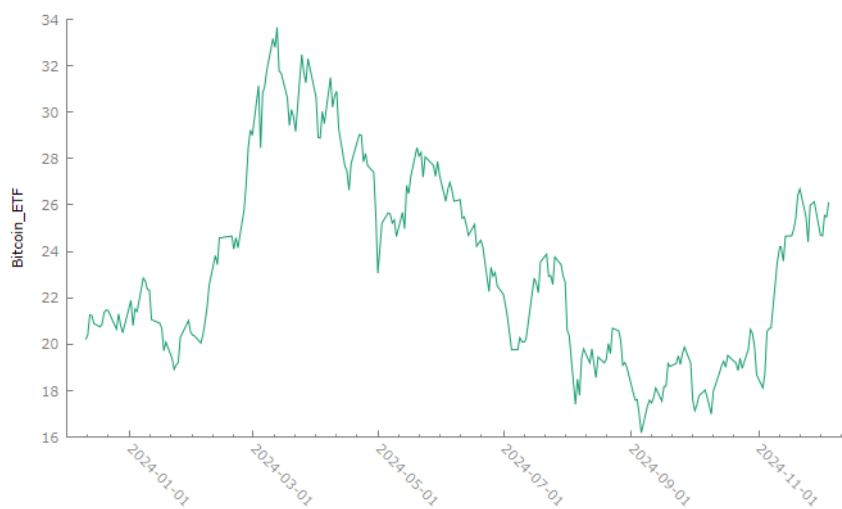
Γράφημα 2: ETHEREUM



Γράφημα 3: TETHER



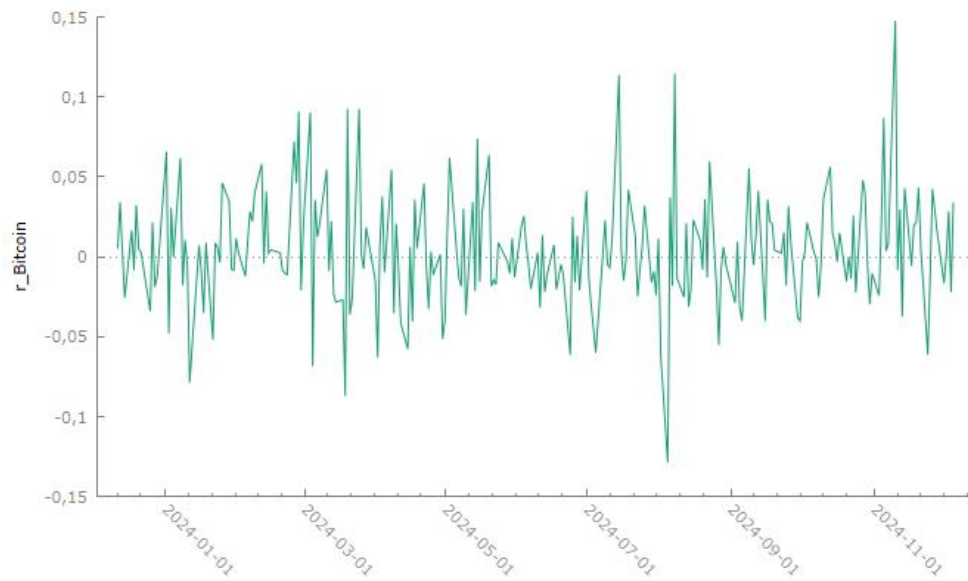
Γράφημα 4: SP_500



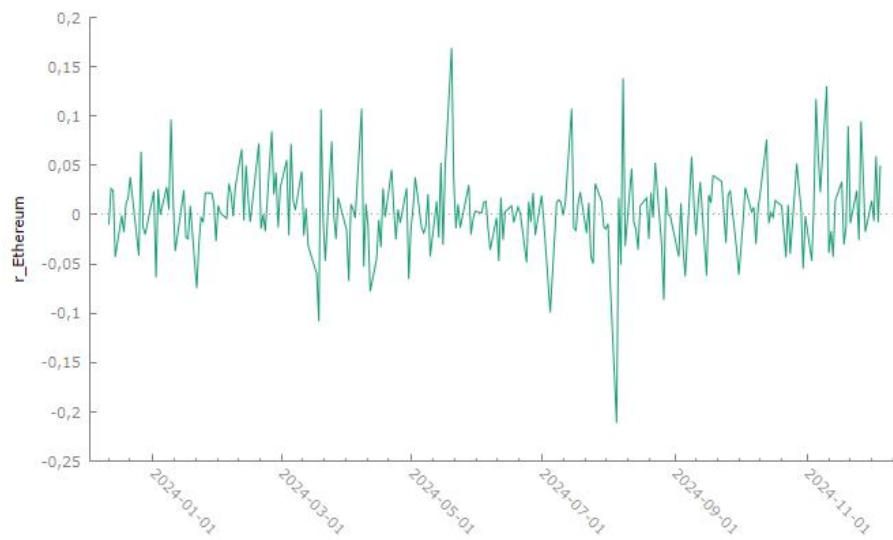
Γράφημα 5: BITCOIN ETF

Παρατηρώντας τα παραπάνω γραφήματα συμπεραίνουμε πως τα παραπάνω δεδομένα εμφανίζουν τάση.

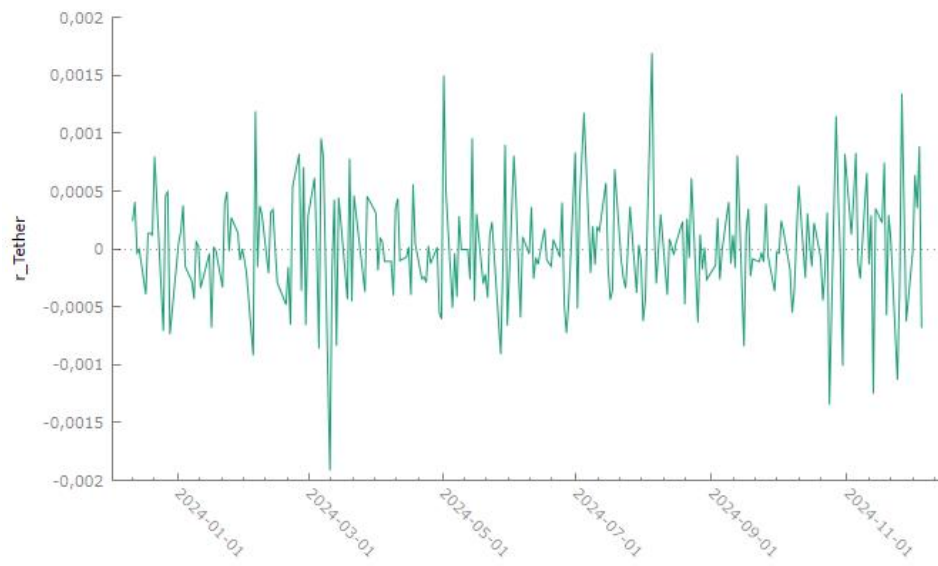
ΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ



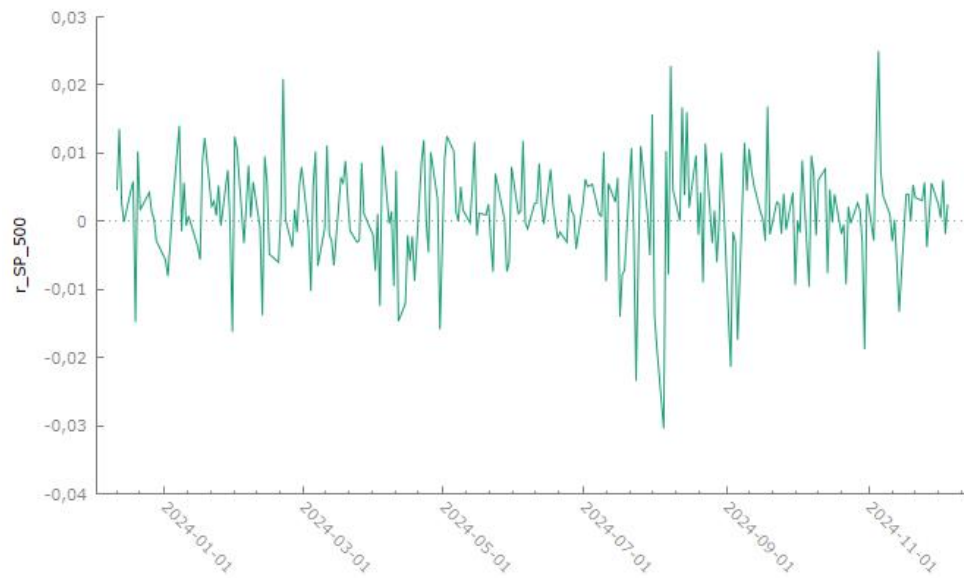
Γράφημα 6: Γραφική απεικόνιση των αποδόσεων r_{BITCOIN} .



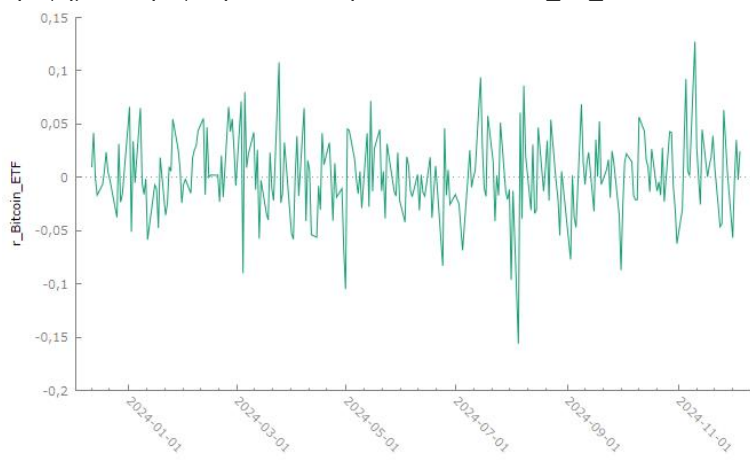
Γράφημα 7: Γραφική απεικόνιση των αποδόσεων r_{ETHEREUM} .



Γράφημα 8: Γραφική απεικόνιση των αποδόσεων r_{TETHER} .



Γράφημα 9: Γραφική απεικόνιση των αποδόσεων r_{SP_500} .



Γράφημα 10: Γραφική απεικόνιση των αποδόσεων $r_{BITCOIN_ETF}$.

Από τις παραπάνω απεικονίσεις γίνεται ορατό πως οι μεταβλητές παρουσιάζουν στασιμότητα μιας και φαίνεται πως μέσω λογαριθμικών σχέσεων έχουν αφαιρεθεί οι τάσεις. Φαίνεται επίσης πως ορισμένες μεταβλητές παρουσιάζουν ακραίες τιμές και έτσι θα πρέπει με χρήση ελέγχου στασιμότητας να επιβεβαιώσουμε την παρατήρηση αυτή.

3.4 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ARCH-GARCH

Τα υποδείγματα ARCH/ GARCH αποτελούν στατιστικά στοιχεία τα οποία αξιοποιούνται για την πρόβλεψη και την μοντελοποίηση της μεταβλητότητας σε χρονοσειρές. Ή είναι απαραίτητα σε περιόδους όπου η διακύμανση της σειράς εξαρτάται από τις μεταβολές του χρόνου καθετί το οποίο συναντάμε συνήθως στις αγορές. Τα μοντέλα των υποδειγμάτων βασίστηκαν σε ορισμένες σημαντικές προϋποθέσεις οι οποίες συμβάλλουν στην υπό όρους μοντελοποίηση της διακύμανσης στις σειρές που μελετάμε. Οι υποθέσεις στις οποίες στηρίχθηκαν τα μοντέλα παρουσιάζονται παρακάτω.

- Η κύρια υπόθεση έχει να κάνει με τη διακύμανση στα μοντέλα αυτά η διακύμανση για τα χρονικά διαστήματα τα οποία μελετάμε είναι μεταβαλλόμενη και εξαρτάται από τις προηγούμενες τιμές που έχουν τα στοιχεία στην χρονοσειρά. Θεωρείται λοιπόν πως η διακύμανση παρουσιάζει μεταβολές ανάλογα με το χρόνο. Έτσι συναντιούνται χρονικά διαστήματα με υψηλές μεταβολές στις διακυμάνσεις ενώ άλλα με χαμηλότερες.
- Παραπάνω αναφέραμε τη μεταβλητότητα της διακύμανσης μια άλλη βασική υπόθεση των υποδειγμάτων αυτών είναι η σταθερή τιμή της μέσης τιμής. Διαπιστώνεται πως ο μέσος όρος είναι ανεξάρτητος από τη μεταβολή του χρόνου ενώ η χρονοσειρά θεωρείται στατική ως προς τον μέσο όρο της.
- Κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις η διακύμανση παραμένει σταθερή αυτό οφείλεται στο σφάλμα που συναντάμε κατά τη χρονική στιγμή το οποίο χαρακτηρίζεται και ως λευκός θόρυβος με σταθερή χωρίς περιορισμούς διακύμανση.
- Ο λευκός θόρυβος ή σφάλμα στα υποδείγματα περιγράφεται από την κανονική κατανομή με μέση τιμή ίση με το μηδέν.
- Μια ακόμα υπόθεση των μοντέλων αυτών είναι η διαδοχή υψηλών περιόδων μεταβλητότητας πιο συγκεκριμένα κατά τη χρονική περίοδο όπου συναντάμε υψηλή μεταβολή της διακύμανσης παρατηρείται ότι θα δεχθεί μια άλλη περίοδο με εξίσου υψηλή μεταβλητότητα. Αυτό το φαινόμενο περιγράφεται από την εξαρτημένη είναι η σχέση που υπάρχει μεταξύ της διακύμανσης και της προηγούμενης τιμής μιας χρονοσειράς.
- Αφού η συμπεριφορά της διακύμανσης είναι μη γραμμική τότε ο μη γραμμικός χαρακτήρας είναι και αυτός που προσδιορίζει τα υποδείγματα αυτά. Το γεγονός αυτό παρατηρείται επειδή η τρέχουσα διακύμανση εξαρτάται από τις προηγούμενες διακυμάνσεις υψωμένες στο τετράγωνο.
- Σύμφωνα με το μοντέλο GARCH η τρέχουσα διακύμανση επηρεάζεται από προηγούμενες διακυμάνσεις.
- Η διακύμανση είναι ένας θετικός αριθμός ίσος με το μηδέν και για αυτό οι συντελεστές της δεν μπορούν να πάρουν αρνητικές τιμές.
- Παρατηρείται σε αυτό το σημείο ότι για να είναι το μοντέλο στατικό θα πρέπει το άθροισμα των συντελεστών να είναι μικρότερο του ένα.

3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ARCH/GARCH

Τα υποδείγματα που μελετάμε αποτελούν μοντέλα της στατιστικής που αξιοποιούνται για την απεικόνιση της μεταβλητότητας σε δεδομένα τα οποία αφορούν την οικονομία και σε αυτά μπορούμε να συμπεριλάβουμε τις αποδόσεις των μετοχών και των κρυπτονομισμάτων. Τα

μοντέλα αυτά βασίζονται στη μεταβαλλόμενη δυναμική της διακύμανσης με το πέρασμα του χρόνου.

3.4.1 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ARCH

Το 1982 ο μελετητής Robert Engle εισάγει το μοντέλο ARCH. Το μοντέλο αυτό θεωρείται το αρχικό μοντέλο που αξιοποίησε τη μη σταθερή διακύμανση της χρονοσειράς. Το κύριο χαρακτηριστικό του μοντέλου αυτού είναι η κατασκευή μοντέλων για τη μη σταθερή απόδοση. Για την μοντελοποίηση αυτή το μοντέλο ARCH στηρίζεται στις παρελθοντικές τιμές των αποκλίσεων υψωμένες στο τετράγωνο από τον μέσο όρο.

Αφού το μοντέλο αυτό αποτελεί ένα στατιστικό μοντέλο περιγράφεται από μια μαθηματική εξίσωση στην οποία εμφανίζεται ότι η διακύμανση σε συνάρτηση με το χρόνο (h_t) εξαρτάται από τα q προηγούμενα τετραγωνικά shocks. Αυτή η μαθηματική έκφραση περιγράφεται παρακάτω.

$$h_t = \omega + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2$$
 Η μεταβλητή ω συμβολίζει τον σταθερό όρο. Οι συντελεστές α_i υποδηλώνουν την επιρροή των παρελθόντων και τέλος οι μεταβλητές ε_{t-i}^2 εκφράζουν τις τετραγωνικές αποκλίσεις. Το μοντέλο αυτό είναι κατάλληλο για δεδομένα τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη ομαδοποίηση μεταβλητότητας, όπως χρονικά διαστήματα έντονης ηρεμίας ή μεταβλητότητας.

Στο μοντέλο αυτό παρατηρούνται και ορισμένοι περιορισμοί. Για μεγαλύτερη ακρίβεια στην περιγραφή των πιο περίπλοκων δεδομένων απαιτούνται οι υψηλές τιμές των q προηγούμενων τετραγωνικών shocks, ενώ ορισμένες φορές είναι πιθανό να μην ληφθούν υπόψη οι μεταβλητότητες των παρελθοντικών γεγονότων.

3.4.2 ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GARCH

Για λίγο αργότερα το 1986 ο μελετητής Tim Bollerslev εισάγει ένα νέο μοντέλο το οποίο αποτελεί μια επέκταση του Arch και φέρει το όνομα Garch. Το μοντέλο αυτό δεν στηρίζεται μόνο στις τετραγωνικές αποκλίσεις αλλά βασίζεται πλέον και στις προηγούμενες διακυμάνσεις.

Ο σκοπός δημιουργίας αυτού του μοντέλου είναι η ανάγκη για επέκταση του μοντέλου Arch με μοναδικό σκοπό την ελάττωση των απαιτούμενων παραμέτρων εισάγοντας παράλληλα την προηγούμενη μεταβλητότητα.

Όπως το μοντέλο Arch έτσι και το μοντέλο Garch περιγράφεται από μαθηματικές έννοιες μέσα από τις οποίες γίνεται αντιληπτό πως η διακύμανση μιας χρονοσειράς είναι άμεσα συνδεδεμένη από τις τιμές των προηγούμενων διακυμάνσεων και αποκλίσεων.

3.4.2.1 Το βασικό μοντέλο Garch(1,1)

Το μοντέλο αυτό αποτελεί το πιο σημαντικό και γνωστό μοντέλο για την υπό συνθήκη διακύμανση σε χρονολογικές σειρές. Το μοντέλο αυτό αξιοποιείται κατά κύριο λόγο σε εξειδικευμένα χρηματοοικονομικά δεδομένα.

Το μοντέλο αυτό περιγράφεται από δύο βασικές εξισώσεις εκείνη του υπό συνθήκη μέσου όρου και της υπό διακύμανσης.

Η μαθηματική έκφραση που περιγράφει την υπό συνθήκη διακύμανση παρουσιάζεται παρακάτω.

$$h_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

Η μεταβλητή h_t εκφράζει την υπό συνθήκη διακύμανση κατά τη χρονική στιγμή t . Ο όρος ω είναι σταθερός λαμβάνοντας πολύ μικρές θετικές τιμές. Η μεταβλητή $\alpha \varepsilon_{t-1}^2$ χαρακτηρίζεται ως όρος Arch και αναφέρεται στην επιρροή των προηγούμενων τετραγωνικών σφαλμάτων, ενώ ο όρος βh_{t-1} χαρακτηρίζεται ως όρος Garch και απαριθμεί την επιρροή των προαναφερθέντων διακυμάνσεων στην υπάρχουσα διακύμανση. Τέλος, η μεταβλητή h_{t-1} σηματοδοτεί της προαναφερθέντες υπό συνθήκη διακυμάνσεις.

Ο μαθηματικός τύπος που εκφράζει το μοντέλο της υπό συνθήκης μεταβλητότητας φαίνεται πιο κάτω.

$$r_t = \mu + \varepsilon_t$$

Η μεταβλητή μ αποτελεί τον σταθερό όρο. Το r_t δηλώνει την απόδοση, ενώ το σφάλμα που συμβολίζεται με $\varepsilon_t \sim N(0, h_t)$ με μηδενικό μέσο όρο και η διακύμανση της κανονικής κατανομής είναι η υπό συνθήκη διακύμανση h_t .

Παρατηρώντας το μοντέλο Garch(1,1) αιτιολογεί γιατί οι διακυμάνσεις στην αγορά παρουσιάζουν περιόδους έντονες διακύμανσης οι οποίες ακολουθούνται από άλλες περιόδους εξίσου έντονης διακύμανσης.

Στο μοντέλο αυτό εξίσου σημαντικό ρόλο έχουν και οι παράμετροι. Η κύρια διακύμανση καθορίζεται από την μεταβλητή ω . Η μεταβλητή α υπολογίζει την επίδραση των πρόσφατων τετραγωνικών αποκλίσεων. Όσο πιο μεγάλο είναι το α εξηγεί πως γεγονότα του παρόντος επιδρούν έντονα στη διακύμανση. Η μεταβλητή β καταγράφει την συνεχή επιρροή της προκαθορισμένης διακύμανσης. Μεγάλη τιμή της τιμής β σηματοδοτεί την επιρροή προηγούμενων γεγονότων στη διακύμανση.

Για να αξιοποιηθεί το μοντέλο αυτό ως προς τη σταθερότητα της μεταβλητής θα πρέπει το $\alpha + \beta < 1$. Αν το άθροισμα αυτό είναι πολύ κοντά στο 1 εκφράζει πως η διακύμανση δεν παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές κάτι που συναντάται σε χρηματοοικονομικά δεδομένα.

Εκτός από την σταθερότητα το μοντέλο μπορεί να αξιοποιηθεί και για την αυτοσυσχέτιση της τιμής της διακύμανσης. Στα χρηματοοικονομικά μοντέλα η αυτοσυσχέτιση είναι πολύ σημαντικός παράγοντας που χαρακτηρίζει την απόδοση τους.

Από την μελέτη του Garch(1,1) προκύπτουν και ορισμένοι περιορισμοί. Το μοντέλο αυτό αδυνατεί να παρουσιάσει ασυμμετρίες μιας και θεωρεί πως σε όλες τις χρονοσειρές που μελετώνται υπάρχουν θετικές και αρνητικές επιρροές των τετραγωνικών αποκλίσεων κάτι που δεν είναι εφικτό για όλα τα δεδομένα. Μία ακόμα δυσκολία που εμφανίζεται κατά την χρήση του μοντέλου αυτού είναι η υπεραπλούστευσή του και η δυσκολία που μπορεί να αντιμετωπίσει κατά την χρήση πιο σύνθετων δεδομένων. Τέλος η υπόθεση πως τα σφάλματα ακολουθούν την κανονική κατανομή μπορεί να μην αληθεύει. Παρά τους περιορισμούς του το μοντέλο παρουσιάζει και κάποια πλεονεκτήματα, όπως είναι η απλή χρήση του και η προσαρμογή του σε όλα τα μοντέλα χρονοσειρών.

4ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στην παρούσα εργασία θα αξιοποιήσουμε ημερήσια δεδομένα κατά την χρονική διάρκεια ενός χρόνου. Οι βασικές μεταβλητές που θα αναλυθούν είναι τα κρυπτονομίσματα BITCOIN, ETHEREUM και TETHER. Ακόμα θεωρούμε πως οι μεταβλητές Bitcoin ETF και S.P_500 επηρεάζουν την τιμή των τριών κρυπτονομισμάτων. Οι τιμές του δείγματος καλύπτουν την χρονική περίοδο από 11 Δεκεμβρίου 2023 έως και 6 Δεκεμβρίου 2024.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ

Από το δεδομένα που παρουσιάζονται στο παράρτημα Α, όπου παρουσιάζονται οι αποδόσεις των 5 μεταβλητών για τις 250 μέρες που μελετάμε. Παρατηρήθηκε πως οι προς μελέτη αποδόσεις των μεταβλητών είναι αρκετά μικρές και ορισμένες από αυτές φέρουν αρνητικές τιμές.

4.1 ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Τα υποδείγματα που θα χρησιμοποιήσουμε στην παρούσα εργασία μπορούν να αξιοποιήσουν μόνο στάσιμες μεταβλητές. Έτσι ελέγχουμε τις μεταβλητές ως προς την ιδιότητά τους αυτή. Αυτό συμβαίνει διότι μπορεί να προκληθεί σύγχυση. Για παράδειγμα μια φαινομενική παλινδρόμηση μπορεί να παρουσιάζει μεγάλες τιμές στο R^2 και έτσι να οδηγηθούμε στη μελέτη εξαρτημένων μεταβλητών. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πως η ουσιαστική επιβεβαίωση της στασιμότητας δεν πραγματοποιείται μέσα από τα γραφήματα. Η χρήση στάσιμων μεταβλητών απαιτείται εξαιτίας του γεγονότος πως μόνο μέσα από αυτές μπορεί να γίνει χρήση ελέγχων υποθέσεων μιας και δεν θα αξιοποιηθούν μεταβλητές που ακολουθούν την κατανομή t . Τέλος αξίζει να σημειωθεί πως η στασιμότητα των τιμών μιας χρονοσειράς επιδρά στις ιδιότητές της.

4.1.1 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΜΗ ΣΤΑΣΙΜΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΣΕ ΣΤΑΣΙΜΗ.

Για να μετατρέψουμε μια χρονοσειρά σε στάσιμη υπολογίζουμε την διαφορά της επόμενης από την προηγούμενη τιμή της μεταβλητής. Μέσα από την αξιοποίηση γραμμικών μοντέλων αφαιρούμε την τάση. Υπολογίζουμε την εποχικότητα και την αφαιρούμε, ενώ με χρήση λογαριθμικών σχέσεων επιτυγχάνουμε την ελάττωση της διακύμανσης.

4.1.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ

Μέσα από το πρόγραμμα `gretl` και με χρήση του επαυξημένου ελέγχου DICKEY-FULLER, που έχει τη δυνατότητα να επεμβαίνει στην αυτοσυσχέτιση και να την διορθώνει, θα εξετάσουμε τις μεταβλητές ως προς τη στασιμότητά τους.

Ο έλεγχος DICKEY-FULLER διαμορφώνεται ως εξής

H_0 : η μεταβλητή δεν είναι στάσιμη έναντι της εναλλακτική υπόθεσης
 H_1 : η μεταβλητή είναι στάσιμη.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΟΡΟ ΚΑΙ ΤΑΣΗ

Αν από τον έλεγχο διαπιστωθεί πως η p -τιμή είναι μικρότερη του 5% τότε δεν δέχομαι τη μηδενική υπόθεση και παρατηρώ πως σε ποσοστό 95% η μεταβλητή που εξετάζω είναι στάσιμη.

Μεταβλητή	Ελάχιστη	Μέσος Όρος	Μέγιστη	Τυπική Απόκλιση	ADF-Test
Bitcoin	39507	62569	99921	12782	-0,02009
Ethereum	2177,87	2960,14	4066,45	517,797	-0,0261595
Tether	0,998137	1,00005	1,00222	0,000611392	-0,218362**
SP500	4622,44	5353,06	6090,27	370,885	0,0942087**
Bitcoin.ETF	16,19	23,2547	33,65	4,1603	-1,52924

Πίνακας 1: Αποτελέσματα ADF TEST για τις τιμές των μεταβλητών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ BITCOIN

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα που προήλθαν από την χρήση ADF TEST ελέγχου. Ξεκινώντας από το κρυπτονομίσμα Bitcoin παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -0,02009 και έχει p τιμή που ισούται με 0,8962 που είναι μεγαλύτερη από το μηδεν ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή και έτσι η μεταβλητή που εξετάζουμε δεν είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 12782 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος είναι αρκετά μεγάλη. Τέλος, η τιμή του κρυπτονομίσματος σήμερα είναι 99920,7109375 όσο σχεδόν και ο μέσος όρος δείχνει πως οι τιμές του κρυπτονομίσματος είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ακόμα στοιχείο ένδειξης στασιμότητας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ ETHEREUM

Ως προς το κρυπτονομίσμα Ethereum παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -0,0261595 και έχει p τιμή που ισούται με 0,7599 που είναι μεγαλύτερη από το μηδεν ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και πως η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή και έτσι η μεταβλητή που εξετάζουμε δεν είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 517,797 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος είναι αρκετά μεγάλη. Τέλος, η τιμή του κρυπτονομίσματος σήμερα είναι 4005,810546875 όχι πολύ κοντά στο μέσο όρο δείχνει πως οι τιμές του κρυπτονομίσματος είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό μπορεί να σηματοδοτήσει πως η προς μελέτη μεταβλητή δεν είναι στάσιμη.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ TETHER.

Για το κρυπτονομίσμα Tether παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι 0.218362 και έχει p τιμή που ισούται με $0,01064 < 0,05$ και $0,01064 > 0,01$ και $0,01064 < 0,10$ όπου είναι πιθανό να αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 10% το οποίο σημαίνει πως η μεταβλητή που μελετάμε είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 0,000611392 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος είναι αρκετά μικρή μιας και η τιμή της τυπικής απόκλισης είναι πολύ κοντά στο μηδέν. Τέλος, η τιμή του κρυπτονομίσματος σήμερα είναι 1,00153994560242 όσο σχεδόν και ο μέσος όρος δείχνει πως οι τιμές του κρυπτονομίσματος είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ακόμα στοιχείο ένδειξης στασιμότητας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ SP_500

Για τον εξωγενή παράγοντα SP_500 παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι 0,0942087 και έχει p τιμή που ισούται με $0,04144 < 0,05$ και $0,04144 < 0,10$ όπου είναι πιθανό να αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 10% το οποίο σημαίνει πως η μεταβλητή που μελετάμε είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 370,885 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του SP_500 είναι αρκετά μεγάλη. Τέλος, η τιμή του παράγοντα σήμερα είναι 6090,27001953125 αρκετά κοντά στο μέσο όρο δείχνει πως οι τιμές του παράγοντα είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ακόμα στοιχείο ένδειξης στασιμότητας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ BITCOIN ETF

Για τον εξωγενή παράγοντα Bitcoin ETF παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -1,52924 και έχει p τιμή που ισούται με 0,8198 που είναι μεγαλύτερη από το μηδεν ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση γίνεται αποδεκτή και έτσι η μεταβλητή

που εξετάζουμε δεν είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 4,1603 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του παράγοντα είναι αρκετά μεγάλη. Τέλος, η τιμή του παράγοντα σήμερα είναι 26,1200008392334 αρκετά κοντά στο μέσο όρο δείχνει πως οι τιμές του παράγοντα είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ακόμα στοιχείο ένδειξης στασιμότητας.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΟΡΟ ΧΩΡΙΣ ΤΑΣΗ

Αφαιρώντας τις λογαριθμικές σχέσεις και κάνοντας ξανά έλεγχο ADF-Test καταλήγουμε στα παρακάτω αποτελέσματα.

Μεταβλητή	Ελάχιστη	Μέσος Όρος	Μέγιστη	Τυπική Απόκλιση	ADF-Test
r_Bitcoin	-0,12883	0,0035537	0,14739	0,035015	-1,08848***
r_Ethereum	-0,21133	0,00236216	0,169013	0,0420257	-1,03338***
r_Tether	-0,00191	8,00E-06	0,001691	0,000483577	-1,57506***
r_SP500	-0,03043	0,00110751	0,024981	0,00773893	-0,996933***
r_Bitcoin.ETF	-0,15604	0,0010322	0,127292	0,037885	-1,20516***

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ADF TEST για την απόδοση των μεταβλητών.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ BITCOIN.

Στον παραπάνω πίνακα φαίνονται τα αποτελέσματα που προήλθαν από την χρήση ADF TEST ελέγχου. Ξεκινώντας από το κρυπτονόμισμα Bitcoin παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -1,08848 και έχει p τιμή που ισούται με $4,75e-41$ που είναι πολύ κοντά στο μηδέν και έτσι ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητα 1%, 5% και 10% είναι λοιπόν πιθανό η προς μελέτη μεταβλητή να είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 0,035015 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος είναι αρκετά μικρή. Τέλος, η τιμή του κρυπτονομίσματος σήμερα είναι 0,0338648017678089 όσο σχεδόν και ο μέσος όρος δείχνει πως οι τιμές του κρυπτονομίσματος είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα ακόμα στοιχείο ένδειξης στασιμότητας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ETHEREUM

Ως προς το κρυπτονόμισμα Ethereum παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -1,03338 και έχει p τιμή που ισούται με $1,493e-38$ που είναι πολύ κοντά στο μηδέν και έτσι ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητα 1%, 5% και 10% είναι λοιπόν πιθανό η προς μελέτη μεταβλητή να είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 0,0420257 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος είναι αρκετά μικρή. Τέλος, η τιμή του κρυπτονομίσματος σήμερα είναι 0,0498521437821609 αρκετά κοντά στο μέσο όρο δείχνει πως οι τιμές του κρυπτονομίσματος είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο. Το γεγονός αυτό μπορεί να σηματοδοτήσει πως η προς μελέτη μεταβλητή είναι στάσιμη.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ TETHER

Για το κρυπτονόμισμα Tether παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -1,57506 και έχει p τιμή που ισούται με $2,595e-38$ που είναι πολύ κοντά στο μηδέν και έτσι ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητα 1%, 5% και 10% είναι λοιπόν πιθανό η προς μελέτη μεταβλητή να είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την

τυπική απόκλιση που έχει τιμή 0,000483577 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος είναι αρκετά μικρή μιας και η τιμή της τυπικής απόκλισης είναι πολύ κοντά στο μηδέν. Τέλος, η τιμή του κρυπτονομίσματος σήμερα είναι 1,00153994560242 αρκετά μακριά από τον μέσο όρο κάτι που δείχνει πως οι τιμές του κρυπτονομίσματος είναι δεν είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ SP_500

Για τον εξωγενή παράγοντα SP_500 παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -0,996933 και έχει p τιμή που ισούται με $4,849e-37$ όπου είναι πιθανό να αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση σε επίπεδο σημαντικότητας 5% και 10% το οποίο σημαίνει πως η μεταβλητή που μελετάμε είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 370,885 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του SP_500 είναι αρκετά μεγάλη. Τέλος, η τιμή του παράγοντα σήμερα είναι -0,000682738046327894 αρκετά μακριά από τον μέσο όρο κάτι που δείχνει πως οι τιμές του παράγοντα είναι δεν είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ BITCOIN_ETF

Για τον εξωγενή παράγοντα Bitcoin ETF παρατηρούμε πως η τιμή του ADF-Test είναι -1,20516 και έχει p τιμή που ισούται με $2,137e-05$ που είναι πολύ κοντά στο μηδέν και έτσι ερχόμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται σε επίπεδο σημαντικότητα 1%, 5% και 10% είναι λοιπόν πιθανό η προς μελέτη μεταβλητή να είναι στάσιμη. Παρατηρώντας την τυπική απόκλιση που έχει τιμή 0,037885 καταλαβαίνουμε πως η μεταβλητότητα του παράγοντα είναι αρκετά μεγάλη. Τέλος, η τιμή του παράγοντα σήμερα είναι 0,0244151271293997 αρκετά μακριά από τον μέσο όρο κάτι που δείχνει πως οι τιμές του παράγοντα είναι δεν είναι πολύ κοντά στο μέσο όρο.

4.2 ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ

Για τον έλεγχο της μεταβλητότητας των τιμών της χρονοσειράς θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο GARCH(1,1). Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται οι δείκτες α και β , όπου στο κεφάλαιο 3 τους περιγράψαμε και τους συμβολίσαμε ως α και β αντίστοιχα. Ο συντελεστής ω περιγράφεται από το αποτέλεσμα const .

4.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ BITCOIN

Μελετώντας τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα διαπιστώνουμε πως για το κρυπτονόμισμα BITCOIN η p -τιμή του δείκτη α είναι 0.0002, δηλαδή πολύ κοντά στο μηδέν, σημαίνει πως η μεταβλητή α είναι στατιστικά σημαντική και έχει σημαντική επιρροή στην υπό συνθήκη διακύμανση. Αυτό σημαίνει πως οι διακυμάνσεις του παρόντος επιδρούν σημαντικά στην υφιστάμενη διακύμανση, δηλαδή πως περίπου το 7,59% του υπάρχοντος σοκ έχει μεταβεί στην τωρινή μεταβλητότητα κάτι που κάνει την μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος ευάλωτη σε νέα δεδομένα. Κάτι που σηματοδοτεί η αρνητική τιμή του δείκτη β είναι πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος μειώνετε την μεταβλητότητα του ίδιου του κρυπτονομίσματος σήμερα. Η p -τιμή του δείκτη β είναι $2,03e-06$ μια τιμή πολύ κοντά στο μηδέν που δείχνει πως και αυτή η μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική. Επιπλέον, μέσα από τον δείκτη β λαμβάνεται το δεδομένο πως το 62,68% της τωρινής διακύμανσης έχει επηρεαστεί από τις διακυμάνσεις του παρελθόντος. Επιπλέον ο συντελεστής της μεταβλητής const είναι 0,00188050 κάτι που εκφράζει το κατώτερο σημείο αβεβαιότητας. Επιπλέον, η p τιμή της είναι $8,40e-12$ και επισημαίνει πως ο συντελεστής αυτός είναι στατιστικά σημαντικός με ουσιώδη θέση στον υπολογισμό της διακύμανσης. Η αρνητική τιμή του συντελεστή SP_500 εκφράζει την αρνητική επιρροή που ασκεί στη τιμή του Bitcoin. Πιο συγκεκριμένα όσο η τιμή του Bitcoin πέφτει τόσο η

μεταβλητή SP_500 ανεβαίνει. Η ρ τιμή του είναι $0,1662 > 0,05$ που σημαίνει πως δεν είναι στατιστικά σημαντικός και έτσι δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για την εύρεση αξιόπιστου συμπεράσματος. Μέσα από την θετική τιμή του Bitcoin_ETF προκύπτει το συμπέρασμα πως όσο μεγαλώνει η απόδοση του αυξάνεται και η απόδοση του Bitcoin. Παρατηρώντας την ρ -τιμή που είναι ίση με $0,0252 < 0,05$ διαπιστώνουμε πως ο δείκτης αυτός είναι στατιστικά σημαντικός, δηλαδή η απόδοση του επηρεάζει ουσιαστικά την απόδοση του Bitcoin.

Model: GARCH(1,1) [Bollerslev] (Normal)*

Dependent variable: r_Bitcoin

Sample: 2023-12-12 -- 2024-12-06 (T = 249), VCV method: Robust

Conditional mean equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	0,000970211	0,00247518	0,3920	0,6951

Conditional variance equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή	
const	0,00188050	0,000275267	6,832	8,40e-12	***
r_SP_500	-0,0282755	0,0204203	-1,385	0,1662	
r_Bitcoin_ETF	0,00579973	0,00259066	2,239	0,0252	**
alpha	0,0758832	0,0205227	3,698	0,0002	***
beta	-0,626833	0,131954	-4,750	2,03e-06	***

Llik: 489,93897 AIC: -967,87794

BIC: -946,77322 HQC: -959,38294

Εικόνα 16: Εκτέλεση του μοντέλου GRACH για το κρυπτονόμισμα BITCOIN.

4.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ETHEREUM.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα διαπιστώνουμε πως για το κρυπτονόμισμα ETHEREUM η p -τιμή του δείκτη alpha είναι 0.4596, δηλαδή πολύ μακριά από το μηδέν, σημαίνει πως η μεταβλητή alpha δεν είναι στατιστικά σημαντική και έτσι δεν μπορούμε να επιβεβαιώσουμε πως οι πρόσφατες διακυμάνσεις δεν ασκούν επιρροή στη μεταβλητότητα. Κάτι που σηματοδοτεί η αρνητική τιμή του δείκτη beta είναι η έλλειψη σταθερότητας στο μοντέλο. Η p -τιμή του δείκτη beta είναι 0,7211 μια τιμή πολύ μεγαλύτερη του μηδενός που δείχνει πως και αυτή η μεταβλητή είναι στατιστικά μη σημαντική. Από την παρακάτω φωτογραφία προκύπτει επίσης το συμπέρασμα πως η τιμή του bitcoin έχει θετικό συντελεστή. Ο θετικός συντελεστής σημαίνει πως το κρυπτονόμισμα bitcoin επηρέασε θετικά το κρυπτονόμισμα Ethereum. Αυτό συνέβη το 2021 ο όπου τον Οκτώβριο του έτους αυτού το bitcoin ανέβηκε σημαντικά καταλαμβάνοντας ένα νέο υψηλό ιστορικό ρεκόρ εκείνο των 67.000 δολαρίων. Η άνοδος αυτή είχε ως αποτέλεσμα οι επενδυτές των κρυπτονομισμάτων να στραφούν στην αναζήτηση νέων ψηφιακών νομισμάτων με αποτέλεσμα λίγο αργότερα το Νοέμβριο του 2021 το Ethereum να καταλάβει μια νέα υψηλή τιμή για τα δεδομένα του εκείνη των 4800 δολαρίων. Επιπλέον ο συντελεστής της μεταβλητής const είναι 0,00152981 κάτι που εκφράζει το κατώτερο σημείο αβεβαιότητας. Επιπλέον, η ρ τιμή της είναι $0,0018 < 0,05$ μέσα από την οποία επισημαίνεται πως ο συντελεστής αυτός είναι στατιστικά σημαντικός με ουσιώδη θέση στον υπολογισμό της διακύμανσης. Η αρνητική τιμή του συντελεστή SP_500 που είναι ίση με -0,0382801 εκφράζει την αρνητική επιρροή που ασκεί στη τιμή του Ethereum. Πιο συγκεκριμένα όσο η τιμή του Bitcoin πέφτει τόσο η μεταβλητή SP_500 ανεβαίνει. Η ρ τιμή του είναι $0,0656 > 0,05$ που

σημαίνει πως δεν είναι στατιστικά σημαντικός και έτσι δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για την εύρεση αξιόπιστου συμπεράσματος. Μέσα από την θετική τιμή του Bitcoin_ETF 0,00728657 προκύπτει το συμπέρασμα πως όσο μεγαλώνει η απόδοση του αυξάνεται και η απόδοση του Ethereum. Παρατηρώντας την p -τιμή που είναι ίση με $0,0319 < 0,05$ διαπιστώνουμε πως ο δείκτης αυτός είναι στατιστικά σημαντικός, δηλαδή η απόδοση του επηρεάζει ουσιαστικά την απόδοση του Ethereum.

Model: GARCH(1,1) [Bollerslev] (Normal)*
 Dependent variable: r_Ethereum
 Sample: 2023-12-12 -- 2024-12-06 (T = 249), VCV method: Robust

Conditional mean equation					
	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή	
const	0,00189611	0,00250185	0,7579	0,4485	
Conditional variance equation					
	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή	
const	0,00152981	0,000491293	3,114	0,0018	***
r_SP_500	-0,0382801	0,0207950	-1,841	0,0656	*
r_Bitcoin_ETF	0,00728657	0,00339616	2,146	0,0319	**
alpha	0,239200	0,321487	0,7440	0,4569	
beta	-0,0483720	0,135489	-0,3570	0,7211	
Llik:	442,51235	AIC:	-873,02470		
BIC:	-851,91998	HQC:	-864,52970		

Εικόνα 17: Εκτέλεση του μοντέλου GRACH για το κρυπτονόμισμα ETHEREUM.

4.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ TETHER

Μελετώντας τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα διαπιστώνουμε πως για το κρυπτονόμισμα TETHER η p -τιμή του δείκτη alpha είναι 0.0355, δηλαδή πολύ κοντά στο μηδέν, σημαίνει πως η μεταβλητή alpha είναι στατιστικά σημαντική και έχει σημαντική επιρροή στην υπό συνθήκη διακύμανση. Αυτό σημαίνει πως οι διακυμάνσεις του παρόντος επιδρούν σημαντικά στην υφιστάμενη διακύμανση, δηλαδή πως περίπου το 27,93% του υπάρχοντος σοκ έχει μεταβεί στην τωρινή μεταβλητότητα κάτι που κάνει την μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος ευάλωτη σε νέα δεδομένα. Κάτι που σηματοδοτεί η αρνητική τιμή του δείκτη beta είναι πως η μεταβλητότητα του κρυπτονομίσματος μειώνετε την μεταβλητότητα του ίδιου του κρυπτονομίσματος σήμερα. Η p -τιμή του δείκτη beta είναι 0,0018 μια τιμή πολύ κοντά στο μηδέν που δείχνει πως και αυτή η μεταβλητή είναι στατιστικά σημαντική. Επιπλέον, μέσα από τον δείκτη beta λαμβάνεται το δεδομένο πως το 45,72% της τωρινής διακύμανσης έχει επηρεαστεί από τις διακυμάνσεις του παρελθόντος.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση του κρυπτονομίσματος διαπιστώνουμε πως και εδώ το κρυπτονομισμα Bitcoin έχει θετική επιρροή στο κρυπτονόμισμα αυτό. Το Μάιο του 2021 η τιμή του bitcoin αρχίζει να κατρακυλά ακραία φοβισμένοι οι επενδυτές του απομακρύνουν όλα τα χρήματα που είχαν επενδύσεις στο bitcoin και τα επενδύουν στο Tether με μόνο σκοπό τη διατήρησή τους. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό πόση πτώση το bitcoin είχε θετική επιρροή στην άνοδο του Tether. Επιπλέον ο συντελεστής της μεταβλητής const είναι 7.03376e-08 κάτι που εκφράζει το κατώτερο σημείο

αβεβαιότητας. Επιπλέον, η p τιμή της είναι $0,0054 > 0,05$ μέσα από την οποία επισημαίνεται πως ο συντελεστής αυτός δεν είναι στατιστικά σημαντικός με ουσιώδη θέση στον υπολογισμό της διακύμανσης. Η αρνητική τιμή του συντελεστή SP_500 που είναι ίση με $-2,69222e-06$ εκφράζει την αρνητική επιρροή που ασκεί στη τιμή του Tether. Πιο συγκεκριμένα όσο η τιμή του Bitcoin πέφτει τόσο η μεταβλητή SP_500 ανεβαίνει. Η p τιμή του είναι $0,3950 > 0,05$ που σημαίνει πως δεν είναι στατιστικά σημαντικός και έτσι δεν μπορεί να αξιοποιηθεί για την εύρεση αξιόπιστου συμπεράσματος. Μέσα από την θετική τιμή του Bitcoin_ETF $1.06679e-07$ προκύπτει το συμπέρασμα πως όσο μεγαλώνει η απόδοση του αυξάνεται και η απόδοση του Tether. Παρατηρώντας την p -τιμή που είναι ίση με $0,8518 > 0,05$ διαπιστώνουμε πως ο δείκτης αυτός δεν είναι στατιστικά σημαντικός, δηλαδή η απόδοση του δεν επηρεάζει ουσιαστικά την απόδοση του Tether.

Model: GARCH(1,1) [Bollerslev] (Normal)*
 Dependent variable: r_Tether
 Sample: 2023-12-12 -- 2024-12-06 (T = 249), VCV method: Robust

Conditional mean equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	5,84588e-07	2,86090e-05	0,02043	0,9837

Conditional variance equation

	συντελεστής	τυπ. σφάλμα	z	p-τιμή
const	7,03376e-08	2,52640e-08	2,784	0,0054 ***
r_SP_500	-2,69222e-06	3,16510e-06	-0,8506	0,3950
r_Bitcoin_ETF	1,06679e-07	5,71170e-07	0,1868	0,8518
alpha	0,279299	0,132836	2,103	0,0355 **
beta	0,457197	0,146690	3,117	0,0018 ***

Llik: 1557,86553 AIC: -3103,73105
 BIC: -3082,62633 HQC: -3095,23605

Εικόνα 18: Εκτέλεση του μοντέλου GRACH για το κρυπτονόμισμα TETHER.

4.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ GRACH

Κατά την εκτέλεση του μοντέλου grach και την λήψη των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκαν οι παρακάτω μεταβλητές.

Η μεταβλητή const εκφράζει τον σταθερό όρο του μοντέλου GRACH(1,1) η τιμή της μεταβλητής αυτής πρέπει να φέρει πάντα θετικό πρόσημο. Αυτό συμβαίνει, επειδή η διακύμανση δεν μπορεί να έχει αρνητικό πρόσημο μιας και υπολογίζει την διαφορά των τιμών γύρω από το μέσο όρο. Μέσα από τη μεταβλητή αυτή εκφράζεται η κύρια διακύμανση όταν οι άλλες μεταβλητές δεν συμμετέχουν. Ουσιαστικά σηματοδοτεί τη βασική διακύμανση που δεν μεταβάλλεται από άλλους παράγοντες.

Η τιμή της μεταβλητής SP_500 δείχνει πως η μεταβλητή αυτή επηρεάζει την απόδοση του στοιχείου που μελετάμε. Με το θετικό της πρόσημο πως όταν η απόδοση του SP_500 αυξάνεται θα αυξάνεται παράλληλα και η διακύμανση της προς μελέτης μεταβλητής. Με τον τρόπο αυτό φαίνεται η θετική αστάθεια μεταξύ των 2 μεταβλητών. Αν έχει αρνητικό πρόσημο δείχνει ότι όσο η απόδοση του sp_500 αυξάνεται η τιμή της διακύμανσης για τη μεταβλητή που μελετάμε μειώνεται. Παρατηρούμε λοιπόν πως υπάρχει μια αρνητική σχέση ανάμεσα στις μεταβλητές, αφού όσο αυξάνεται η αστάθεια της αγοράς τόσο θα μειώνεται η αστάθεια της μεταβλητής.

Η τιμή της μεταβλητής BITCOIN ETF σηματοδοτεί πως οι αποδόσεις της ασκούν επιρροή στη διακύμανση της μεταβλητής που μελετάμε. Ελέγχοντας την τιμή της μεταβλητής BITCOIN ETF ως προς το πρόσημο της διαπιστώνουμε πως το θετικό πρόσημο δείχνει ότι όσο αυξάνεται η τιμή του BITCOIN ETF μεγαλώνει και η απόδοση της μεταβλητής. Αυτό μπορεί να σημαίνει πως η μεταβλητή αλληλοεπιδρά με τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά των κρυπτονομισμάτων μιας και το BITCOIN ETF είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με αυτά. Εάν το πρόσημο είναι αρνητικό σημαίνει ότι όσο μεγαλώνει η απόδοση του BITCOIN ETF τόσο μειώνεται η διακύμανση της μεταβλητής δηλαδή υπάρχει μια αντίστροφη σχέση που αναπτύσσεται ανάμεσα σε αυτά τα 2 στοιχεία. Αυτό σηματοδοτεί πως η μεταβλητή που μελετάμε είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες που επικρατούν στην αγορά κρυπτονομισμάτων.

Εκτός από τις μεταβλητές που έχουμε ήδη αναφέρει συναντάμε και τον δείκτη alpha. Ο δείκτης αυτός παρουσιάζει την εξαρτημένη προσωρινή σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ της διακύμανσης με τα τετραγωνικά σφάλματα παρελθοντικών χρονικών διαστημάτων. Μελετώντας το δείκτη ως προς το πρόσημο του διαπιστώνουμε πως αν το πρόσημο είναι θετικό τότε τωρινά σοκ επιδρούν και αυξάνουν τη νέα διακύμανση της μεταβλητής. Το γεγονός αυτό παρουσιάζει πως οι πιο μεγάλες μεταβολές ίσως δημιουργήσουν μια πιο ασταθή συμπεριφορά στην εξαρτημένη μεταβλητή που μελετά. Αν το πρόσημο είναι αρνητικό αυτό σημαίνει πως σοκ του παρόντος ελαχιστοποιούν την τρέχουσα διακύμανση. Μέσα από την αναφορά αυτή παρατηρείται πως η διακύμανση της μεταβλητής έχει την τάση να παρουσιάζει πτώση έπειτα από ένα μεγάλο σοκ.

Τέλος, ο δείκτης beta παρουσιάζει τη μακρά διάρκειας εξαρτημένη σχέση της διακύμανσης από την προηγούμενη τιμή της. Αν το πρόσημο του δείκτη είναι θετικό αυτό σημαίνει πως η διακύμανση παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του χρόνου. Πιο απλά η αστάθεια που παρουσιάζεται στο παρελθόν ασκεί επιρροή στην αστάθεια του μέλλοντος. Αν ο δείκτης πάρει αρνητική τιμή αυτό σημαίνει πόση διακύμανση ελαχιστοποιείται κατά το πέρασμα του χρόνου.

Δίπλα σε όλους τους δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω συναντάμε και ρ -τιμή. Αν η τιμή αυτή είναι μικρότερη από το 0,05 διαπιστώνουμε ότι ο δείκτης είναι στατιστικά σημαντικός πράγμα που σηματοδοτεί ότι το πρόσημο του ασκεί σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της διακύμανσης. Αν η τιμή είναι μεγαλύτερη από το 0,05 τότε ο δείκτης δεν είναι στατιστικά σημαντικός και έτσι δεν ασκεί ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση της διακύμανσης της εξαρτημένης μεταβλητής.

5ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η μεταβλητότητα που αναφέρεται στη διακύμανση της τιμής των κρυπτονομισμάτων. Για τη μελέτη αξιοποιήσαμε ημερήσια μοντέλα στη διάρκεια ενός έτους από το Δεκέμβριο του 2023 έως τον Δεκέμβριο του 2024. Στην ανάλυση, μέσω της μοντελοποίησης της μεταβλητότητας των κρυπτονομισμάτων BITCOIN, ETHEREUM και TETHER τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όλα τα κρυπτονομίσματα παρουσιάζουν μια μεταβλητότητα. Επιπλέον, η μεταβλητότητα δείχνει μία «σταθερή συμπεριφορά». Ο κίνδυνος επενδύσεων για την αγορά κρυπτονομισμάτων αναδικνύεται μέσα από την παρούσα εργασία. Μέσα από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτή τη μελέτη οδηγηθήκαμε στην ανακάλυψη της θετικής επιρροής που έχει το κρυπτονόμισμα bitcoin στα κρυπτονομίσματα ethereum και tether.

Συμπερασματικά μέσα από την ανωτέρω μελέτη έγινε μια προσπάθεια ανίχνευσης της μεταβλητότητας των κρυπτονομισμάτων προκειμένου οι επενδυτές, και οι διαχειριστές χρηματοοικονομικών εργαλείων να αξιολογήσουν τις στρατηγικές τους στην αγορά των κρυπτονομισμάτων.

Τέλος η σκέψη μιας μελλοντικής έρευνας με περισσότερα δεδομένα αλλά και μεταβλητές που πιθανώς θα επηρεάζουν τη μεταβλητότητα των κρυπτονομισμάτων αποτελεί κίνητρο για περαιτέρω μελέτη

ΠΗΓΕΣ

<https://www.euro2day.gr/investments/crypto/article/2116491/pos-exhgeitai-h-entoni-metavlihtothta-sta-kryptonom.html>

<https://el.wikipedia.org/wiki/Blockchain>

<https://www.papaki.com/blog/2023/01/10/blockchain-ti-einai/>

<https://www.northcrypto.com/learn/blog/what-are-proof-of-work-and-proof-of-stake>

<https://medium.com/biased-algorithms/reward-function-in-reinforcement-learning-c9ee04cabe7d>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CF%81%CE%AE%CE%BC%CE%B1>

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A8%CE%B7%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C_%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B1

<https://www.geeksforgeeks.org/how-to-make-a-reward-function-in-reinforcement-learning/>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CF%85%CF%80%CF%84%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B1#:~:text=%CE%A4%CE%BF%20%CE%9A%CF%81%CF%85%CF%80%CF%84%CE%BF%CE%BD%CF%8C%CE%BC%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B1%20%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9%20%CE%BC%CE%AF%CE%B1%20peer-to-peer%20%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B7%20%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%BC%CE%BF%CF%81%CF%86%CE%AE,%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CE%BF%CF%85%20%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%8D%CE%BF%CF%85%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CF%84%CE%B7%CE%BD%20%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BB%CE%AE%CE%B8%CE%B5%CF%85%CF%83%CE%B7%20%CF%84%CF%89%CE%BD%20%CF%83%CF%85%CE%BD%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B3%CF%8E%CE%BD>

https://monolith.law/el/it/comparison-electronicmoney-virtualcurrency#%CE%A4%CE%B9_%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9_%CF%84%CE%B1_%CE%9A%CF%81%CF%85%CF%80%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1_%CE%A8%CE%B7%CF%86%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC_%CE%9D%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CF%83%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1

<https://cyberalert.gr/kriptonomismata/>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Bitcoin>

<https://www.bankofgreece.gr/enimerosi/epeksigiseis/ti-einai-to-bitcoin>

<https://kriptomat.io/gr/kryptonomismata-times/bitcoin-btc-timi/ti-einai-to/>

<https://www.ecb.europa.eu/ecb-and-you/explainers/tell-me/html/what-is-bitcoin.el.html>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Ethereum>

<https://ethereum.org/el/eth/>

<https://expertmoney.gr/crypto/ethereum/>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Tether_\(cryptocurrency\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Tether_(cryptocurrency))

<https://kriptomat.io/gr/kryptonomismata-times/tether-usdt-timi/ti-einai-to/>

<https://www.cafeconcriptos.com/el/%CE%A0%CF%8E%CF%82-%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%AF-%CF%84%CE%BF-tether-usdt-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B3%CE%B9%CE%B1%CF%84%CE%AF-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CF%8C%CF%83%CE%BF-%CE%B1%CE%BC%CF%86%CE%B9%CE%BB%CE%B5%CE%B3%CF%8C%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%BF/>

https://www.economicpolicyresearch.org/econ/2015/NSSR_WP_052015.pdf

https://www.mdpi.com/1911-8074/10/4/17?utm_source=chatgpt.com

<https://eclass.aueb.gr/modules/document/file.php/STAT117/Statistical%20Models%20in%20Finance.pdf>

<https://support.numxl.com/hc/en-us/articles/214502046-Exponential-General-Autoregressive-Conditional-Heteroskedastic-EGARCH-Model>

https://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_conditional_heteroskedasticity

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

	A	B	C	D	E	F
1		r_Bitcoin	r_Ethereum	r_Tether	r_S.P_500	r_Bitcoin ETF
2	2023-12-12	0,00499	-0,01018	0,00024	0,00459	0,00936
3	2023-12-13	0,03416	0,02627	0,00040	0,01356	0,04178
4	2023-12-14	0,00310	0,02444	-0,00004	0,00264	-0,00094
5	2023-12-15	-0,02576	-0,04288	-0,00001	-0,00008	-0,01662
6	2023-12-18	0,01641	-0,00093	-0,00039	0,00452	-0,00672
7	2023-12-19	-0,00832	-0,01793	0,00013	0,00585	0,00577
8	2023-12-20	0,03216	0,01098	0,00014	-0,01479	0,02368
9	2023-12-21	0,00496	0,01695	0,00012	0,01025	0,00513
10	2023-12-22	0,00293	0,03810	0,00080	0,00166	-0,00186
11	2023-12-26	-0,03416	-0,04172	-0,00071	0,00422	-0,03754
12	2023-12-27	0,02146	0,06391	0,00046	0,00143	0,03146
13	2023-12-28	-0,01894	-0,01319	0,00049	0,00037	-0,02326
14	2023-12-29	-0,01247	-0,02017	-0,00074	-0,00283	-0,01598
15	2024-01-02	0,06569	0,02369	0,00006	-0,00568	0,06609
16	2024-01-03	-0,04806	-0,06356	0,00015	-0,00805	-0,05108
17	2024-01-04	0,03061	0,02602	0,00037	-0,00343	0,03403
18	2024-01-05	-0,00039	-0,00017	-0,00015	0,00182	-0,00512
19	2024-01-08	0,06164	0,02799	-0,00028	0,01402	0,06509
20	2024-01-09	-0,01785	0,00504	-0,00043	-0,00148	-0,00571
21	2024-01-10	0,01052	0,09639	0,00006	0,00565	-0,01597
22	2024-01-11	-0,00557	0,01442	0,00002	-0,00067	-0,00134
23	2024-01-12	-0,07884	-0,03700	-0,00034	0,00075	-0,05856
24	2024-01-16	0,00702	0,02474	-0,00004	-0,00374	-0,00715
25	2024-01-17	-0,00960	-0,02319	-0,00068	-0,00563	-0,01106
26	2024-01-18	-0,03525	-0,02456	0,00002	0,00877	-0,04753
27	2024-01-19	0,00860	0,00907	-0,00002	0,01224	0,01859

Εικόνα 2: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 2 έως και την τιμή 27.

	A	B	C	D	E	F
28	2024-01-22	-0,05206	-0,07448	-0,00033	0,00219	-0,03546
29	2024-01-23	0,00852	-0,03082	0,00039	0,00292	-0,02454
30	2024-01-24	0,00579	-0,00318	0,00049	0,00081	0,00999
31	2024-01-25	-0,00358	-0,00712	-0,00002	0,00525	0,00574
32	2024-01-26	0,04608	0,02207	0,00027	-0,00065	0,05467
33	2024-01-29	0,03458	0,02176	0,00014	0,00753	0,02625
34	2024-01-30	-0,00778	0,01177	-0,00010	-0,00060	0,00860
35	2024-01-31	-0,00865	-0,02678	0,00000	-0,01624	-0,02407
36	2024-02-01	0,01151	0,00928	-0,00010	0,01242	-0,00636
37	2024-02-02	0,00255	0,00183	-0,00022	0,01063	-0,00196
38	2024-02-05	-0,01228	-0,00397	-0,00092	-0,00319	-0,01485
39	2024-02-06	0,00994	0,03139	0,00119	0,00231	0,01829
40	2024-02-07	0,02823	0,02150	-0,00016	0,00821	0,02562
41	2024-02-08	0,02195	-0,00159	0,00037	0,00057	0,02963
42	2024-02-09	0,03993	0,02756	0,00029	0,00573	0,04352
43	2024-02-12	0,05791	0,06633	-0,00021	-0,00095	0,05523
44	2024-02-13	-0,00433	-0,00601	0,00031	-0,01377	-0,01651
45	2024-02-14	0,04105	0,05009	0,00034	0,00953	0,04710
46	2024-02-15	0,00216	0,01659	0,00001	0,00580	0,00000
47	2024-02-16	0,00426	-0,00735	-0,00029	-0,00482	0,00203
48	2024-02-20	0,00239	0,07217	-0,00048	-0,00602	0,00203
49	2024-02-21	-0,00856	-0,01442	-0,00016	0,00126	-0,02297
50	2024-02-22	-0,01036	0,00022	-0,00065	0,02090	0,02053
51	2024-02-23	-0,01123	-0,01675	0,00054	0,00035	-0,01846
52	2024-02-26	0,07206	0,08441	0,00082	-0,00379	0,06609
53	2024-02-27	0,04594	0,02040	-0,00036	0,00170	0,04287
54	2024-02-28	0,09070	0,04259	0,00071	-0,00166	0,05491

Εικόνα 3: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 28 έως και την τιμή 54.

	A	B	C	D	E	F
55	2024-02-29	-0,02112	-0,01302	-0,00066	0,00522	0,02705
56	2024-03-01	0,02010	0,02749	0,00028	0,00798	-0,00790
57	2024-03-04	0,09014	0,05532	0,00061	-0,00119	0,07120
58	2024-03-05	-0,06858	-0,02101	0,00002	-0,01025	-0,08999
59	2024-03-06	0,03550	0,07170	-0,00086	0,00513	0,07999
60	2024-03-07	0,01231	0,01433	0,00096	0,01025	0,00904
61	2024-03-08	0,02033	0,00456	0,00079	-0,00655	0,02194
62	2024-03-11	0,05447	0,04383	-0,00191	-0,00112	0,04218
63	2024-03-12	-0,00895	-0,02142	-0,00018	0,01114	-0,01152
64	2024-03-13	0,02217	0,00656	0,00042	-0,00193	0,02589
65	2024-03-14	-0,02335	-0,03126	-0,00084	-0,00288	-0,05749
66	2024-03-15	-0,02831	-0,03884	0,00044	-0,00650	-0,00284
67	2024-03-18	-0,02709	-0,05992	-0,00021	0,00630	-0,03403
68	2024-03-19	-0,08712	-0,10807	-0,00044	0,00563	-0,03998
69	2024-03-20	0,09251	0,10676	0,00078	0,00886	0,02318
70	2024-03-21	-0,03632	-0,00582	-0,00045	0,00323	-0,01035
71	2024-03-22	-0,02650	-0,04668	0,00046	-0,00140	-0,02171
72	2024-03-25	0,09249	0,07432	-0,00004	-0,00306	0,10783
73	2024-03-26	0,00041	-0,00094	-0,00020	-0,00280	-0,02399
74	2024-03-27	-0,00764	-0,02466	-0,00037	0,00859	-0,01429
75	2024-03-28	0,01840	0,01733	0,00045	0,00112	0,03273
76	2024-04-01	-0,01485	-0,01592	0,00031	-0,00202	-0,05276
77	2024-04-02	-0,06299	-0,06720	-0,00019	-0,00727	-0,05812
78	2024-04-03	0,00812	0,01038	0,00009	0,00109	-0,00069
79	2024-04-04	0,03760	0,00560	0,00006	-0,01241	0,03870
80	2024-04-05	-0,00985	-0,00336	-0,00011	0,01104	-0,01747
81	2024-04-08	0,05442	0,10743	-0,00011	-0,00037	0,06494

Εικόνα 4: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 55 έως και την τιμή 81.

	A	B	C	D	E	F
82	2024-04-09	-0,03541	-0,05282	-0,00040	0,00144	-0,04117
83	2024-04-10	0,02074	0,01094	0,00035	-0,00950	0,01576
84	2024-04-11	-0,00750	-0,01092	0,00043	0,00742	0,00649
85	2024-04-12	-0,04175	-0,07775	-0,00010	-0,01466	-0,05385
86	2024-04-15	-0,05773	-0,04459	-0,00007	-0,01209	-0,05619
87	2024-04-16	0,00606	-0,00539	0,00002	-0,00206	-0,00798
88	2024-04-17	-0,04054	-0,03302	-0,00040	-0,00580	-0,03032
89	2024-04-18	0,03584	0,02687	0,00056	-0,00221	0,04154
90	2024-04-19	0,00520	-0,00220	0,00004	-0,00880	0,01181
91	2024-04-22	0,04583	0,04549	-0,00026	0,00869	0,03256
92	2024-04-23	-0,00646	0,00569	-0,00024	0,01189	-0,00069
93	2024-04-24	-0,03261	-0,02519	-0,00029	0,00021	-0,04081
94	2024-04-25	0,00318	0,00531	0,00003	-0,00459	0,01320
95	2024-04-26	-0,01133	-0,00838	-0,00013	0,01016	-0,01860
96	2024-04-29	0,00134	0,02688	0,00001	0,00317	-0,01052
97	2024-04-30	-0,05149	-0,06526	-0,00055	-0,01586	-0,06792
98	2024-05-01	-0,04009	-0,01421	-0,00061	-0,00344	-0,10488
99	2024-05-02	0,01481	0,00617	0,00150	0,00909	0,04536
100	2024-05-03	0,06176	0,03788	0,00049	0,01248	0,04418
101	2024-05-06	0,00432	-0,01324	-0,00051	0,01027	0,01730
102	2024-05-07	-0,01318	-0,01850	-0,00004	0,00134	-0,00195
103	2024-05-08	-0,01857	-0,01101	-0,00042	-0,00001	-0,01535
104	2024-05-09	0,02998	0,02076	0,00028	0,00508	0,00554
105	2024-05-10	-0,03646	-0,04247	-0,00001	0,00165	-0,02880
106	2024-05-13	0,03410	0,01351	-0,00001	-0,00024	0,04134
107	2024-05-14	-0,02167	-0,02340	-0,00026	0,00483	-0,02764
108	2024-05-15	0,07380	0,05270	0,00095	0,01165	0,07182

Εικόνα 5: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 82 έως και την τιμή 108.

	A	B	C	D	E	F
109	2024-05-16	-0,01576	-0,03074	-0,00045	-0,00208	-0,01313
110	2024-05-17	0,02752	0,04935	0,00030	0,00116	0,02718
111	2024-05-20	0,06351	0,16901	-0,00030	0,00092	0,04490
112	2024-05-21	-0,01853	0,03367	-0,00022	0,00250	-0,01273
113	2024-05-22	-0,01457	-0,01384	-0,00042	-0,00271	0,00568
114	2024-05-23	-0,01741	0,01057	0,00012	-0,00741	-0,03858
115	2024-05-24	0,00874	-0,01332	0,00023	0,00698	0,03148
116	2024-05-28	-0,00336	0,02995	-0,00091	0,00025	-0,01291
117	2024-05-29	-0,01057	-0,02027	-0,00014	-0,00739	-0,01747
118	2024-05-30	0,01158	-0,00435	0,00090	-0,00599	0,02323
119	2024-05-31	-0,01286	0,00351	-0,00066	0,00800	-0,02140
120	2024-06-03	0,01927	0,00169	0,00080	0,00112	-0,04192
121	2024-06-04	0,02530	0,01217	0,00042	0,00150	0,01931
122	2024-06-05	0,00727	0,01348	-0,00010	0,01178	0,01119
123	2024-06-06	-0,00459	-0,01372	-0,00059	-0,00020	-0,01231
124	2024-06-07	-0,02019	-0,03551	0,00010	-0,00112	-0,01818
125	2024-06-10	0,00244	-0,00324	-0,00004	0,00258	0,00267
126	2024-06-11	-0,03187	-0,04701	0,00036	0,00271	-0,03097
127	2024-06-12	0,01341	0,01737	-0,00026	0,00847	0,00236
128	2024-06-13	-0,02200	-0,02571	-0,00008	0,00234	-0,01422
129	2024-06-14	-0,01123	0,00316	-0,00013	-0,00039	-0,01766
130	2024-06-17	0,00723	0,00890	0,00017	0,00764	0,01886
131	2024-06-18	-0,02051	-0,00792	-0,00010	0,00252	-0,03808
132	2024-06-20	-0,00480	0,00784	-0,00015	-0,00253	0,01068
133	2024-06-21	-0,01136	0,00142	0,00008	-0,00156	-0,01150
134	2024-06-24	-0,06143	-0,04831	-0,00007	-0,00307	-0,08311
135	2024-06-25	0,02502	0,01328	0,00040	0,00393	0,04607

Εικόνα 6: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 109 έως και την τιμή 135.

	A	B	C	D	E	F
136	2024-06-26	-0,01620	-0,00755	-0,00048	0,00157	-0,01687
137	2024-06-27	0,01296	0,02211	-0,00073	0,00091	0,00695
138	2024-06-28	-0,02107	-0,02087	-0,00046	-0,00409	-0,02544
139	2024-07-01	0,04112	0,01958	0,00083	0,00267	-0,01612
140	2024-07-02	-0,01318	-0,00700	-0,00052	0,00618	-0,02099
141	2024-07-03	-0,03036	-0,03680	0,00040	0,00507	-0,02474
142	2024-07-05	-0,06013	-0,09931	0,00117	0,00543	-0,06845
143	2024-07-08	0,00075	0,01238	-0,00021	0,00102	0,00051
144	2024-07-09	0,02274	0,01490	0,00019	0,00074	0,02547
145	2024-07-10	-0,00461	0,01239	-0,00014	0,01016	-0,00941
146	2024-07-11	-0,00691	-0,00061	0,00019	-0,00880	0,00000
147	2024-07-12	0,00962	0,01085	0,00015	0,00550	0,00645
148	2024-07-15	0,11368	0,10741	0,00057	0,00282	0,09387
149	2024-07-16	0,00349	-0,01328	-0,00017	0,00637	0,02841
150	2024-07-17	-0,01514	-0,01603	-0,00044	-0,01403	-0,01012
151	2024-07-18	-0,00226	0,01101	-0,00035	-0,00785	-0,01784
152	2024-07-19	0,04188	0,02293	0,00069	-0,00717	0,05771
153	2024-07-22	0,01303	-0,01881	-0,00010	0,01073	0,01434
154	2024-07-23	-0,02483	0,01201	-0,00026	-0,00156	-0,04103
155	2024-07-24	-0,00846	-0,04273	-0,00034	-0,02342	0,00174
156	2024-07-25	0,00618	-0,04975	-0,00001	-0,00516	-0,01713
157	2024-07-26	0,03194	0,03148	0,00036	0,01103	0,05138
158	2024-07-29	-0,01621	0,01352	-0,00038	0,00081	-0,01399
159	2024-07-30	-0,00931	-0,01269	0,00003	-0,00497	-0,02070
160	2024-07-31	-0,02418	-0,01455	-0,00010	0,01567	-0,01139
161	2024-08-01	0,01136	-0,00924	-0,00063	-0,01379	-0,09615
162	2024-08-02	-0,06222	-0,06970	-0,00043	-0,01855	-0,01270

Εικόνα 7: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 136 έως και την τιμή 162.

	A	B	C	D	E	F
163	2024-08-05	-0,12883	-0,21133	0,00169	-0,03043	-0,15604
164	2024-08-06	0,03714	0,01703	0,00021	0,01030	0,06073
165	2024-08-07	-0,01813	-0,05095	-0,00030	-0,00776	-0,03857
166	2024-08-08	0,11462	0,13837	0,00001	0,02278	0,08607
167	2024-08-09	-0,01354	-0,03171	0,00030	0,00466	0,02041
168	2024-08-12	-0,02538	0,04690	-0,00040	0,00004	-0,03077
169	2024-08-13	0,02092	-0,00765	0,00009	0,01671	0,03077
170	2024-08-14	-0,03138	-0,01519	0,00002	0,00382	-0,03390
171	2024-08-15	-0,02024	-0,03548	-0,00005	0,01600	-0,03077
172	2024-08-16	0,02291	0,00895	0,00005	0,00199	0,04684
173	2024-08-19	0,01013	0,01687	0,00023	0,00968	-0,01294
174	2024-08-20	-0,00811	-0,02464	-0,00048	-0,00199	0,00778
175	2024-08-21	0,03599	0,02240	0,00026	0,00423	0,03454
176	2024-08-22	-0,01305	-0,00321	-0,00008	-0,00897	-0,02170
177	2024-08-23	0,05967	0,05254	0,00061	0,01142	0,05412
178	2024-08-26	-0,01912	-0,03052	-0,00064	-0,00316	-0,00533
179	2024-08-27	-0,05519	-0,08667	0,00013	0,00159	-0,02012
180	2024-08-28	-0,00804	0,02795	-0,00018	-0,00599	-0,05451
181	2024-08-29	0,00609	0,00015	0,00001	-0,00004	0,00574
182	2024-08-30	-0,00453	-0,00118	-0,00027	0,01004	-0,01099
183	2024-09-03	-0,02898	-0,04255	-0,00014	-0,02138	-0,07711
184	2024-09-04	0,00937	0,01165	0,00027	-0,00160	0,00170
185	2024-09-05	-0,03174	-0,03374	-0,00026	-0,00302	-0,03759
186	2024-09-06	-0,04018	-0,06268	-0,00001	-0,01741	-0,04705
187	2024-09-09	0,05536	0,05877	0,00040	0,01151	0,06862
188	2024-09-10	0,01097	0,01310	-0,00013	0,00446	0,01431
189	2024-09-11	-0,00531	-0,02103	0,00012	0,01061	-0,00685

Εικόνα 8: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 163 έως και την τιμή 189.

	A	B	C	D	E	F
190	2024-09-12	0,01358	0,00933	-0,00016	0,00747	0,01308
191	2024-09-13	0,04119	0,03324	0,00081	0,00539	0,02345
192	2024-09-16	-0,04006	-0,06180	-0,00084	0,00126	-0,03196
193	2024-09-17	0,03572	0,02002	0,00015	0,00026	0,03527
194	2024-09-18	0,02199	0,01190	0,00035	-0,00290	0,00055
195	2024-09-19	0,02072	0,03932	-0,00024	0,01683	0,05247
196	2024-09-20	0,00400	0,03833	-0,00009	-0,00194	-0,00680
197	2024-09-23	0,00216	0,03359	-0,00011	0,00281	0,00733
198	2024-09-24	0,01523	0,00219	-0,00003	0,00251	0,01655
199	2024-09-25	-0,01819	-0,02865	-0,00011	-0,00186	-0,01916
200	2024-09-26	0,03176	0,02027	0,00039	0,00403	0,02478
201	2024-09-27	0,00931	0,02391	-0,00006	-0,00125	0,01367
202	2024-09-30	-0,03813	-0,03504	-0,00037	0,00423	-0,03532
203	2024-10-01	-0,04015	-0,06104	-0,00003	-0,00937	-0,08706
204	2024-10-02	-0,00336	-0,03477	-0,00004	0,00014	-0,02592
205	2024-10-03	0,00209	-0,00655	0,00024	-0,00168	0,01391
206	2024-10-04	0,02130	0,02729	0,00016	0,00893	0,02219
207	2024-10-07	0,00272	0,00290	-0,00018	-0,00963	0,01453
208	2024-10-08	-0,00168	0,00742	-0,00055	0,00964	-0,01734
209	2024-10-09	-0,02526	-0,02977	-0,00035	0,00709	-0,02110
210	2024-10-10	-0,00509	0,00655	0,00014	-0,00207	-0,02097
211	2024-10-11	0,03538	0,02185	0,00055	0,00603	0,05664
212	2024-10-14	0,05607	0,07600	-0,00025	0,00768	0,04300
213	2024-10-15	0,01495	-0,00874	0,00031	-0,00764	0,01638
214	2024-10-16	0,00849	0,00195	0,00003	0,00467	0,00991
215	2024-10-17	-0,00315	-0,00262	-0,00015	-0,00017	-0,01358
216	2024-10-18	0,01500	0,01421	0,00022	0,00396	0,02647

Εικόνα 9: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 190 έως και την τιμή 216.

	A	B	C	D	E	F
217	2024-10-21	-0,01548	0,00910	-0,00007	-0,00182	-0,01289
218	2024-10-22	-0,00010	-0,01722	-0,00045	-0,00047	-0,00416
219	2024-10-23	-0,01389	-0,04333	-0,00019	-0,00923	-0,01682
220	2024-10-24	0,02569	0,01007	0,00031	0,00214	0,02770
221	2024-10-25	-0,02253	-0,03967	-0,00135	-0,00030	-0,02294
222	2024-10-28	0,04784	0,05176	0,00114	0,00265	0,04285
223	2024-10-29	0,03945	0,02791	0,00042	0,00161	0,04205
224	2024-10-30	-0,00525	0,00733	-0,00010	-0,00331	-0,00876
225	2024-10-31	-0,02981	-0,05475	-0,00101	-0,01879	-0,02876
226	2024-11-01	-0,01049	-0,00156	0,00082	0,00408	-0,06226
227	2024-11-04	-0,02434	-0,04680	0,00012	-0,00282	-0,03044
228	2024-11-05	0,02257	0,01063	0,00044	0,01219	0,03311
229	2024-11-06	0,08667	0,11730	0,00083	0,02498	0,09225
230	2024-11-07	0,00351	0,06102	-0,00011	0,00740	0,00631
231	2024-11-08	0,00840	0,02278	-0,00026	0,00375	0,00145
232	2024-11-11	0,14739	0,13038	0,00066	0,00097	0,12729
233	2024-11-12	-0,00844	-0,03884	-0,00013	-0,00290	0,02851
234	2024-11-13	0,02944	-0,01667	0,00029	0,00023	0,00000
235	2024-11-14	-0,03750	-0,04276	-0,00125	-0,00607	-0,02554
236	2024-11-15	0,04280	0,01431	0,00035	-0,01329	0,04478
237	2024-11-18	-0,00576	0,03322	0,00022	0,00391	0,00041
238	2024-11-19	0,01970	-0,03054	0,00075	0,00396	0,01129
239	2024-11-20	0,02138	-0,01268	-0,00057	0,00002	0,01866
240	2024-11-21	0,04320	0,08986	0,00029	0,00533	0,03896
241	2024-11-22	0,00499	-0,00880	0,00007	0,00346	0,00979
242	2024-11-25	-0,06140	0,02430	-0,00113	0,00302	-0,04640
243	2024-11-26	-0,01207	-0,02583	-0,00034	0,00571	-0,04331

Εικόνα 10: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 217 έως και την τιμή 243.

	A	B	C	D	E	F
243	2024-11-26	-0,01207	-0,02583	-0,00034	0,00571	-0,04331
244	2024-11-27	0,04233	0,09479	0,00134	-0,00381	0,06313
245	2024-11-29	0,01550	-0,01759	-0,00063	0,00559	0,00575
246	2024-12-02	-0,01651	0,01401	-0,00002	0,00245	-0,05666
247	2024-12-03	0,00143	-0,00647	0,00064	0,00045	-0,00122
248	2024-12-04	0,02841	0,05915	0,00035	0,00603	0,03505
249	2024-12-05	-0,02227	-0,00793	0,00089	-0,00187	-0,00235
250	2024-12-06	0,03386	0,04985	-0,00068	0,00249	0,02442

Εικόνα 11: Παρουσιάζει την απόδοση των μεταβλητών από τη τιμή 243 έως και την τιμή 250.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ADF TEST

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $r_Bitcoin$
ελέγχοντας προς τα πίσω από 15 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 248
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)r_Bitcoin$
υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,08848
στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-c}(1) = -17,1133$
ασυμπτωτική p-τιμή 4,75e-41
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,002

με σταθερό όρο και τάση
περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)r_Bitcoin$
υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,08874
στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-ct}(1) = -17,0845$
ασυμπτωτική p-τιμή 7,156e-54
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,002

Εικόνα 12: Αποτελέσματα ελέγχου για τη μεταβλητή BITCOIN.

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $r_Ethereum$
ελέγχοντας προς τα πίσω από 15 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 248
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)r_Ethereum$
υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,03338
στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-c}(1) = -16,1778$
ασυμπτωτική p-τιμή 1,493e-38
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,003

με σταθερό όρο και τάση
περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)r_Ethereum$
υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,03338
στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-ct}(1) = -16,1452$
ασυμπτωτική p-τιμή 6,251e-49
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : 0,003

Εικόνα 13: Αποτελέσματα ελέγχου για τη μεταβλητή ETHEREUM.

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: r_Tether
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 15 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 247
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνεται μία υστέρηση της $(1-L)r_Tether$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,57317
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-c}(1) = -16,0913$
 ασυμπτωτική p-τιμή $2,595e-38$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,012

με σταθερό όρο και τάση
 περιλαμβάνεται μία υστέρηση της $(1-L)r_Tether$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,57506
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-ct}(1) = -16,0807$
 ασυμπτωτική p-τιμή $1,357e-48$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,012

Εικόνα 14: Αποτελέσματα ελέγχου για τη μεταβλητή TETHER.

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: r_SP_500
 ελέγχοντας προς τα πίσω από 15 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
 μέγεθος δείγματος 248
 μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
 περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)r_SP_500$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,996933
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-c}(1) = -15,6418$
 ασυμπτωτική p-τιμή $4,849e-37$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,003

με σταθερό όρο και τάση
 περιλαμβάνονται 0 υστερήσεις της $(1-L)r_SP_500$
 υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + e$
 εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -0,997044
 στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-ct}(1) = -15,6109$
 ασυμπτωτική p-τιμή $3,757e-46$
 συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,003

Εικόνα 15: Αποτελέσματα ελέγχου για τη μεταβλητή SP_500.

Επαυξημένος Dickey-Fuller έλεγχος για την: $r_Bitcoin_ETF$
ελέγχοντας προς τα πίσω από 15 υστερήσεις, κριτήριο: AIC
μέγεθος δείγματος 235
μηδενική υπόθεση μοναδιαίας ρίζας: $a = 1$

έλεγχος με σταθερό όρο
περιλαμβάνονται 13 υστερήσεις της $(1-L)r_Bitcoin_ETF$
υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,20516
στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-c}(1) = -4,99033$
ασυμπτωτική p-τιμή $2,137e-05$
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,003
υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(13, 220) = 2,196 [0,0106]$

με σταθερό όρο και τάση
περιλαμβάνονται 13 υστερήσεις της $(1-L)r_Bitcoin_ETF$
υπόδειγμα: $(1-L)y = b_0 + b_1*t + (a-1)*y(-1) + \dots + e$
εκτιμημένη τιμή της $(a - 1)$: -1,20564
στατιστική ελέγχου: $\tau_{a-ct}(1) = -4,981$
ασυμπτωτική p-τιμή $0,0001968$
συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης για e : -0,003
υστερήσεις πρώτων διαφορών: $F(13, 219) = 2,185 [0,0111]$

Εικόνα 16: Αποτελέσματα ελέγχου για τη μεταβλητή BITCOIN_ETF.